

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

***Análisis del Paisaje Chisec – Lachuá como base para la formulación de su
manejo y conservación.***



Edgar E. Sacayón M.

Biólogo

Guatemala, Noviembre 2011

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

***Análisis del Paisaje Chisec – Lachuá como base para la formulación de su
manejo y conservación.***

Informe de Tesis

Presentado por
Edgar E. Sacayón M.

Para optar al título de
Biólogo

Guatemala, Noviembre 2011

Junta Directiva

| | |
|--|------------|
| Óscar Cobar Pinto, Ph.D. | Decano |
| Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A. | Secretario |
| Licda. Liliana Vides de Urizar | Vocal I |
| Dr. Sergio Alejandro Melgar Valladares | Vocal II |
| Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli | Vocal III |
| Br. José Roy Morales Coronado | Vocal IV |
| Br. Cecilia Liska de León | Vocal V |

Dedicatoria

*A mis papas: Eduardo y Verónica,
A mi hermano Juan Luis y su esposa Laura
A mi hija Dánae y su familia*

*A mis amigos de Chisec:
Ernesto Tzi y su esposa Carmela
A Don Teodoro Maas, Hector Asig, Armando Gutiérrez, Justo Rufino Baac, Domingo Chub,
Rogelio Ico Chub, Erwin Molina,*

Curan Bonham, Brian Smith y Jason Pelemier, voluntarios del cuerpo de paz de los E.U.

Benito María y Pascal Huwart

*A las comunidades de la Sierra de Chinajá, Parque Nacional Cuevas de Candelaria y el
Corredor Biológico del Jaguar Tzuul Taqa.*

A todos mis compañeros de la Escuela de Biología.

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco infinitamente a mis padres y hermano por su apoyo y amor durante todo el periodo de mi vida universitaria.

A mis asesores Claudio Méndez y Mercedes Barrios por haberme guiado a concretar este sueño.

A mi revisor Dr. Jorge Erwin Lopez, por su dedicación a las correcciones y observaciones del documento.

A los compañeros de APROBA SANK y a los voluntarios del cuerpo de paz por abrirme las puertas de su institución.

A mis compañeras Laura Sáenz y Silvia Duarte por su compañía durante las intensas jornadas de campo.

A Raúl Calderón por su tiempo y asesoría en Sistemas de Información Geográfico.

Enio Cano por su apoyo en las colecciones de referencia.

A Domingo Chub, por su asistencia en todas las giras de campo a las Cuevas de Candelaria.

A los guarda recursos del parque Lachuá: Don Paulino y Pedro por su colaboración

Al Dr. Nicholas Hellmuth por el equipo fotográfico.

Y a todos mis compañeros, amigos y profesores de la Escuela de Biología por su amistad incondicional

Índice

| | |
|--|----|
| 1. Resumen | 7 |
| 2. Introducción | 8 |
| 3. Antecedentes..... | 9 |
| 3.1 Chisec, Puerta al Mundo Maya | 9 |
| 3.2 Ecología del Paisaje | 11 |
| 3.3 Niveles Jerárquicos de la Biodiversidad..... | 15 |
| 3.3.1 Paisaje Regional..... | 15 |
| 3.3.2 Comunidad-Ecosistema..... | 16 |
| 3.4 Evaluación de la Biodiversidad a Nivel del Paisaje | 18 |
| 3.5 Diversidad Alfa, Beta y Gama | 20 |
| 3.5.1 Diversidad Alfa..... | 20 |
| 3.5.2 Diversidad Beta | 20 |
| 3.5.3 Diversidad Gama | 21 |
| 3.6 Fragmentación..... | 22 |
| 4. Justificación | 23 |
| 5. Objetivos..... | 25 |
| 5.1 General..... | 25 |
| 5.2 Específicos | 25 |
| 6. Hipótesis..... | 26 |
| 7. Materiales y Métodos..... | 27 |
| 7.1 Análisis del Paisaje..... | 27 |
| 7.1.1 Procesamiento de Imágenes Landsat en ERDAS Imagine 8.7. | 27 |
| 7.1.2 Procesamiento en ArcMap 9.2 y Patch Analyst ver. 4.0..... | 29 |
| 7.2 Análisis de biodiversidad..... | 34 |
| 7.2.1 Diseño Experimental..... | 34 |
| 7.2.2 Sitios de Muestreo | 35 |
| 7.2.3 Colecta de especímenes | 37 |
| 7.2.4 Diversidad Alfa..... | 37 |
| 7.2.5 Diversidad Beta | 38 |
| 7.2.6 Diversidad Gamma | 39 |
| 7.1 Manejo y conservación | 40 |
| 8. Resultados..... | 42 |
| 8.1 Análisis del Paisaje | 42 |
| 8.1.1 Deforestación..... | 42 |

| | | |
|-------|--|----|
| 8.1.2 | Índices de Composición..... | 43 |
| 8.1.3 | Índices de Forma..... | 45 |
| 8.1.4 | Configuración espacial..... | 47 |
| 8.2 | Análisis de Biodiversidad..... | 50 |
| 8.2.1 | Estimación de la riqueza y diversidad alfa..... | 50 |
| 8.2.2 | Graficas de Abundancia Relativas..... | 52 |
| 8.2.3 | Diversidad Beta..... | 55 |
| 8.2.4 | Diversidad Gama..... | 58 |
| 8.3 | Análisis de Planes de Manejo..... | 60 |
| 9. | Discusión de Resultados..... | 64 |
| 9.1 | Análisis del Paisaje..... | 64 |
| 9.2 | Análisis de Biodiversidad..... | 66 |
| 9.3 | Análisis del manejo y conservación..... | 71 |
| 10. | Conclusiones..... | 74 |
| 11. | Recomendaciones..... | 75 |
| 12. | Bibliografía..... | 76 |
| 13. | Anexo 1 - Índices del Análisis del Paisaje..... | 80 |
| 14. | Anexo 2 – Diversidad de escarabajos copronecrófagos del paisaje Chisec-Lachuá..... | 85 |

1. Resumen

La fragmentación de los ecosistemas, la incertidumbre jurídica de la posesión de la tierra y los megaproyectos de la franja transversal del norte, son problemas que afectan a muchas comunidades del norte de Chisec y vecinas de la eco-región Lachuá. Para abordar esta problemática, organizaciones locales están utilizando la conservación de los ecosistemas y el patrimonio cultural como una estrategia de desarrollo sostenible, utilizando estudios de diversidad biológica a escala local para fundamentar sus planes de manejo. Para poder realizar un estudio sistemático de los ecosistemas y proponer algunos lineamientos de conservación, se utilizó el enfoque de la Ecología del Paisaje. Para comprender la fragmentación se realizó un análisis espacial de la cobertura del suelo utilizando sistemas de información geográfico durante el periodo de tiempo 1979-2003. Como resultados de este primer análisis se evidenció que el aumento en la tasa de deforestación coincidió con la finalización del asfalto de la carretera Cobán-Flores en el año 2001. El tamaño promedio de los parches de bosque se redujo de 327 a 52 ha. y los parches de uso agropecuario aumentaron de 4 a 25 ha. La forma de los parches de usos agropecuarios se fue haciendo más compleja mientras que los remanentes boscosos presentan formas cada vez más simétricas aumentando su grado de aislamiento. Para entender los patrones de distribución de la biodiversidad en los ecosistemas remanentes, se planteó la hipótesis que la geomorfología tiene un efecto sobre la distribución de los ensambles de escarabajos copronecrófagos a diferentes alturas. Para poner a prueba la hipótesis se seleccionaron cuatro sitios de muestreo, el Parque Nacional Laguna Lachuá y el Parque Nacional Cuevas de Candelaria ubicados a 200 msnm, el Área de Protección Especial Sierra de Chinajá y el Corredor Biológico del Jaguar encima de los 400 msnm. Utilizando el mismo esfuerzo de captura 15 trampas/24horas en cada lugar, se calcularon los índices de diversidad alfa, beta y gama. La diversidad alfa estimada (20 especies) en los cuatro sitios es muy similar y parece no estar afectada por la geomorfología, sin embargo la abundancia parece estar reflejando las diferencias geomorfológicas que existen entre las Tierras Bajas Interiores de Peten con las Tierras Altas Sedimentarias. La diversidad beta en los cuatro sitios se encuentra por encima del 60% de complementariedad. El índice de similitud de Jaccard y la presencia de la especie *Copris nubilosus* asocia a los dos sitios encima de los 400 msnm, lo que apoya la hipótesis de investigación. Al revisar los planes de manejo de estos cuatro lugares se pudo comprobar que los planes de manejo de Chisec no tienen acciones dirigidas a la conservación de la biodiversidad a escala del paisaje. Como recomendación se propone la creación de una entidad administrativa y la presencia de instituciones académicas que involucren activamente a las comunidades en acciones concretas de conservación dirigidas a mitigar los efectos futuros de megaproyectos ejecutados en la franja transversal del norte.

2. Introducción

El “Paisaje Chisec-Lachuá” se encuentra al norte del municipio de Alta Verapaz colindando con el departamento de Peten y México. Esta región posee ecosistemas clasificados como bosques tropicales lluviosos que han sido identificados como áreas prioritarias de conservación a nivel mundial por poseer altos niveles de diversidad biológica (Barrios, 2009). Villar (1998) se refiere a esta región como las selvas tropicales lluviosas y Méndez (com.pers. 2011) ha proporcionado el término de arco húmedo para denominar la importancia única dentro de las eco-regiones de Guatemala.

Esta región a pesar de poseer una serie de riquezas naturales y culturales ha tenido una historia de conflicto agrario dada las políticas de colonización empleadas por el gobierno durante 36 años de guerra interna que ha generado condiciones de pobreza extrema, incertidumbre jurídica sobre la tenencia de la tierra, avance de la frontera agrícola y fragmentación de los ecosistemas. A partir del año 2000 varias instituciones dieron inicio en la región de Chisec a una serie de actividades para promover el desarrollo sostenible de las comunidades indígenas, que giraran alrededor de la gestión territorial, diversificación agrícola productiva, comercialización, género, participación comunitaria, protección del patrimonio cultural y conservación de la biodiversidad.

Estas actividades motivaron la realización de esta investigación como un aporte al desarrollo del conocimiento científico de la biodiversidad, para proporcionar los criterios técnicos que guían las actividades de conservación y manejo. Para poder realizar una aproximación sistemática al estudio de los ecosistemas, se utilizó el enfoque de la ecología del paisaje, la cual trata de comprender los procesos implicados en la distribución de la diversidad biológica y la relación entre los remanentes de bosques a diferentes escalas.

Las preguntas que dirigieron la investigación fueron: ¿Los remanentes de bosque del paisaje Chisec-Lachuá en algún momento de la historia formaban parte de un ecosistema continuo y es la geomorfología un factor que influye en la distribución de las comunidades ecológicas? Para poder responderlas, la primera parte del trabajo se enfocó en estudiar la dinámica de uso del suelo del paisaje desde el año 1979 hasta el año 2003, mediante el uso de imágenes satelares y análisis espaciales con sistemas de información geográfico. Luego se realizó un análisis de las comunidades de escarabajos copronecrófagos como indicadores de la biodiversidad del paisaje. Para esto se seleccionaron cuatro remanentes de bosque en el paisaje, dos sitios ubicados a alturas por encima de los 400msnm y dos ubicados a 200msnm y de esta manera poner a prueba la hipótesis de que la geomorfología (altura) tiene un efecto sobre la distribución de los ensambles de escarabajos copronecrófagos. Por último se analizaron los planes de manejo para las áreas protegidas del paisaje y se evaluó si existen acciones concretas dirigidas a promover la conservación de la biodiversidad a escala del paisaje.

3. Antecedentes

3.1 Chisec, Puerta al Mundo Maya

Chisec es el segundo municipio más grande en extensión territorial del departamento de Alta Verapaz, posee la mayor concentración de población de la etnia Qeqchí, siendo este el idioma hablado en la región. Chisec *significa en idioma Qeqchí “Lugar de la navajuela”*, la cual es una hoja larga, angosta y cortante. Desde el año 2000 algunas instituciones como CONAP, Counterpart Internacional, AID y APROBA-SANK promueven una ruta turística alterna para llegar a Petén, a través de Chisec, aprovechando el trayecto asfaltado entre este municipio y Sayaxché. Esta ruta se ha denominado “*Puerta al Mundo Maya*” y comprende los recientes descubrimientos de vestigios de la cultura prehispánica en la región, por lo que se promueve las visitas a sitios arqueológicos como “Cuevas de Bombil Pek”, “Cuevas de Candelaria”, “Lagunas de Sepalau”, Sitio Arqueológico “Cancuen” y algunos otros sitios turísticos ubicados en la región.

La Asociación Pro-Bienestar en Acción SANK¹, es una organización local formada por miembros de varias comunidades de Chisec; que han trabajado desde el año 1999 en la solución de conflictos de regularización de la tenencia de la tierra por medio del manejo comunitario de áreas protegidas. SANK participó activamente en la formulación de la propuesta de zonificación del área del Parque Nacional Cuevas de Candelaria y en el diseño del respectivo Plan de Manejo, lo cual contribuyó a la solución negociada del conflicto inicial entre las comunidades, el MICUDE, y un espeleólogo francés. Posteriormente, estas comunidades avanzaron hacia el establecimiento de la administración comunitaria del parque.

A partir de esta experiencia, otras comunidades se acercaron a la Asociación SANK para solicitarle apoyo en la regularización de la tenencia de sus tierras. De esa cuenta, la asociación se involucró en el proceso que condujo a la legalización de las tierras de 21 comunidades del oeste de Chisec en el año 2004, en las cuales apoyó la elaboración participativa de planes de manejo comunitarios, la discusión y aprobación de un reglamento interno que promueve la protección comunitaria del “área de reserva forestal” denominada como el Corredor Biológico del Jaguar Tzuul Taqa; y previene la individualización de derechos de propiedad en detrimento de los derechos y el bienestar colectivos.

¹ Sank = hormiga en Qeqchí

En 2005, a solicitud de las comunidades asentadas en la Sierra de Chinajá, la asociación SANK inició el “Estudio Técnico” orientado hacia la definición y declaratoria legal del “Área de Protección Especial Sierra de Chinajá” como área protegida y la regularización de la tenencia de la tierra para las comunidades locales.

La Asociación SANK trabaja actualmente con estos tres bloques de comunidades en los siguientes ejes prioritarios de trabajo: (i) tierra y gestión del territorio, (ii) diversificación agrícola productiva, (iii) comercialización, (iv) género (v) participación y organización comunitaria, y (vi) conservación y desarrollo sostenible.

Los trabajos de investigación sobre la biodiversidad de Chisec han estado limitados a escalas locales o colectas de grupos específicos, por ejemplo: Redell (1981) realizó un estudio sobre la entomofauna cavernícola de Chisec, Belize y México, en la cual identificó algunas especies endémicas en la región. Jolón (2003) realizó un estudio de flora y fauna como parte de las actividades para la declaratoria del Parque Nacional Cuevas de Candelaria, en su estudio encontró: 94 especies de aves, 10 especies de reptiles, 4 especies de anfibios, 16 especies de escarabajos, 44 especies de mamíferos y 81 especies de árboles. Bonham (2005) y un grupo de biólogos del CDC² realizaron una evaluación ecológica rápida de la Sierra de Chinajá ubicada entre los municipios de Chisec y Raxrujha, en este se lograron identificar: 77 especies de árboles, 4 especies de roedores, 1 especie de marsupial, 22 especies de murciélagos, 22 especies de reptiles, 15 especies de anfibios y 110 especies de aves.

Novack y colaboradores (2003) realizaron un análisis de viabilidad poblacional de Jaguares *Panthera onca goldmanii*, en la región sureste del PNLL y Chisec, en el cual determinó en base a encuestas la existencia de una población de 3 a 4 jaguares; este estima que las probabilidades de supervivencia de esta población es menos del 5% para los próximos 20 años.

² Centro de Datos para la Conservación del Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.2 Ecología del Paisaje

La ecología del paisaje es una ciencia que se ha desarrollado a partir de la segunda mitad del siglo XX. Se inicia a finales de la década de 1930 a raíz de diversas aplicaciones en geografía y estudios de la vegetación. El término ecología del paisaje fue utilizado por primera vez por Troll en 1939 quien la definió como: “el estudio de la complejidad de relaciones causa-efecto que existen entre las comunidades de seres vivos y sus condiciones ambientales en una sección específica del paisaje” (Vila, *et al.* 2006).

En la actualidad se puede decir que la ecología del paisaje es un enfoque científico de carácter multidisciplinario para destacar la variabilidad espacial, escalar y temporal para resolver los principales retos ambientales en la conservación del patrimonio cultural y natural. (Vila *et al.* 2006).

Según Vila y colaboradores (2006) la ecología del paisaje se puede definir desde una visión holística que intenta integrar la interpretación de la heterogeneidad horizontal, un enfoque de la geografía para estudiar la distribución horizontal de los paisajes a lo largo del territorio y por otra parte la heterogeneidad vertical, una perspectiva propia de la ecología con énfasis en los elementos bióticos en una porción determinada del paisaje.

Para Forman y Godron (1986) un paisaje se puede definir como un área terrestre heterogénea compuesta de un conjunto de ecosistemas interactivos que se repiten de forma similar, a lo largo de un área. El desarrollo de un paisaje resulta de 3 mecanismos principales: procesos geomorfológicos que se desarrollan a lo largo del tiempo, colonización de organismos y perturbaciones de ecosistemas locales en periodos de tiempo corto y reciente.

Por lo tanto un paisaje puede ser una unidad definida por el conjunto de ecosistemas repetitivos espacialmente, su geomorfología y su régimen de perturbación. El enfoque de la ecología del paisaje se dirige hacia tres características: la **estructura**, **función** y **cambio**. (Forman y Godron, 1986). El enfoque paisajístico analiza las unidades estructurales y morfológicas que componen un territorio en un momento determinado y su evolución a lo largo del tiempo, infiriendo en su funcionalidad ecológica (Vila, *et al.* 2006).

La **estructura** se refiere a la forma, tamaño, tipos de configuración de los componentes del paisaje. **Función** es la interacción entre elementos espaciales, flujo de energía, materiales y organismos entre los ecosistemas. **Cambio** se refiere a la alteración en la estructura y función del mosaico ecológico a través del tiempo (Turner, 1989).

La ecología del paisaje enfatiza escalas temporales amplias y los efectos ecológicos de los patrones espaciales de los ecosistemas. Considera el desarrollo y dinámica de la heterogeneidad espacial, las interacciones e intercambios entre paisajes heterogéneos, las influencias de la heterogeneidad espacial en los procesos bióticos y abióticos y el manejo de heterogeneidad espacial (Turner, 1989).

La unidad fundamental del paisaje es el **elemento**, ya sea de origen antrópico o natural. Desde el punto de vista ecológico estos elementos pueden ser ecosistemas, pero para fines prácticos se denominaran únicamente como elementos del paisaje. (Forman y Godron, 1986). Uno de los conceptos claves para la interpretación del paisaje es el concepto de **mosaico**, que está compuesto por todo un conjunto de elementos y se puede aplicar a varias escalas. Los mecanismos que originan estos elementos se deben a diferencias en el substrato, dinámica natural y actividad humana (Vila, *et al.* 2006).

En el mosaico se pueden distinguir tres grandes tipos de elementos: los **fragmentos**, **corredores** y la **matriz**. Los **fragmentos** son las diferentes unidades morfológicas que se pueden diferenciar en el territorio. Los **corredores** son las conexiones existentes entre unos fragmentos y otros. La **matriz** es el elemento dominante que ocupa una mayor superficie y esta mejor conectado y acaba desempeñando un papel fundamental en la dinámica del paisaje (Vila, *et al.* 2006).

La superficie, la forma, la cantidad y la disposición de los elementos del paisaje condicionan de forma clave su realidad y dinámica como también sus perspectivas futuras. El área de los fragmentos tiene una correlación con la diversidad de especies que puede albergar. Según la teoría de la biogeografía de islas (McArthur y Wilson 1967) existe una relación directamente proporcional entre el tamaño de los parches y la diversidad biológica (Vila, *et al.* 2006).

La forma de los fragmentos tiene importancia y algunos autores la valoran más que la dimensión. La forma está condicionada por la actividad humana y condiciones naturales como geomorfología. Se considera que las formas compactas facilitan la conservación de valores naturales, las formas irregulares facilitan los intercambios con su entorno y las formas en red proporcionan una fácil conducción o transporte (Vila, *et al.* 2006).

Los corredores desempeñan un papel fundamental al aumentar la conectividad y reducir el efecto distancia que determina la presencia de un menor número de especies en fragmentos más aislados. Según Vila *et al.* (2006) los corredores pueden tener hasta 5 funciones: Hábitat, conducción, filtro, fuente y sumidero. La función hábitat puede diferenciarse entre corredores lineales que pueden estar dominados por especies generalistas y corredores de franja que disponen de una dimensión suficiente para permitir la presencia de especies propias de hábitats más especializados. La función de conducción facilita el desplazamiento y está condicionada por su tamaño y presencia de discontinuidades. Los corredores pueden funcionar como filtros presentándose como barreras absolutas para algunas especies o parciales para otras. Las funciones de fuente y sumidero son las que permiten la interacción de metapoblaciones (Vila *et al.*, 2006).

La **composición** del paisaje es la variedad y abundancia de fragmentos que existen y la **configuración** del paisaje se refiere a la distribución espacial de los fragmentos en el paisaje. Estos conceptos están afectados por la teoría jerárquica que postula que los sistemas ecológicos están estructurados en niveles de organización discretos; la teoría de metapoblaciones, la escala y la teoría de percolación. La teoría de metapoblaciones está estrechamente relacionada con la teoría de la biogeografía de islas. La teoría de percolación fue formulada a partir del comportamiento de un fluido en un medio determinado, la cual es utilizada en ecología del paisaje para analizar las posibilidades de movimiento de fauna y su acceso a los recursos (Vila *et al.*, 2006).

Los métodos cuantitativos aportan información con datos numéricos sobre la composición y configuración del paisaje. Los índices permiten una comparación entre distintas configuraciones paisajísticas. Estos puede ser aplicados en tres niveles: a nivel de fragmento, a nivel de clase y a nivel del paisaje. Vila *et al.* resumen en cinco grandes tipos los índices del paisaje que se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Índices cuantitativos para el análisis del paisaje, basado en Vila *et al.* 2006

| Tipos de Índice | Aplicaciones | Índices utilizados |
|--|--|---|
| Índices de área, superficie, densidad y variabilidad. | Nos permite disponer de una primera aproximación general a las características morfológicas de un paisaje. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Área 2. Clase de área 3. Área total del paisaje 4. Numero de fragmentos 5. Densidad de fragmentos 6. Media del tamaño de fragmentos 7. Desviación estándar del tamaño de fragmentos. |
| Índices de forma. | Se basan en la relación área perímetro y permite la comprensión de este factor a nivel morfológico y funcional. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Índice de forma 2. Media del índice de forma 3. Índice de la forma del paisaje 4. Dimensiones fractales. |
| Índices de ecotono y hábitat interior | Calculan el efecto de borde | <ol style="list-style-type: none"> 1. Perímetro, 2. Borde total 3. Densidad del borde 4. Contraste del borde 5. Área núcleo 6. Área núcleo total (clase o paisaje) 7. Porcentaje del paisaje de área núcleo. |
| Índices de distancia, vecindad y conectividad | Estos índices calculan la distancia desde el hábitat de borde de un fragmento hasta el fragmento más próximo del mismo tipo. Son esenciales para valorar el grado de aislamiento y conectividad. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Vecino más próximo (Nearest Neighbor Distance) 2. Distancia máxima 3. Índice de proximidad. 4. Media del índice de proximidad. |
| Índices de Diversidad | Se utilizan para comparar distintos paisajes o la evolución de un paisaje a lo largo del tiempo | <ol style="list-style-type: none"> 1. Índice de diversidad de Shannon 2. Índice de diversidad de Simpson |

En términos generales estos índices sirven para responder las siguientes preguntas: ¿Cuántos parches de bosques existen aun? ¿De que tamaño son los parches que todavía existen? ¿Cuál es el área? ¿Tiene un tamaño adecuado para mantener los procesos ecológicos viables? ¿Cuánto es lo necesario para mantener a las especies y a los procesos ecológicos viables? ¿Cuál es el tamaño promedio de los parches? ¿Cuál es el grado de fragmentación? ¿Cómo ha cambiado el uso del suelo a través del tiempo? ¿Cuáles son las areas que deben ser protegidas y cuales pueden ser utilizadas. ¿Cómo se pueden alterar las relaciones espaciales de los parches remanentes para mitigar los efectos de fragmentación? ¿Cuáles son las características de los parches y matriz que son más importantes para las especies dentro de los parches? (Conservation and Research Center, 2008).

3.3 Niveles Jerárquicos de la Biodiversidad

De acuerdo a Noss no existe una definición simple sobre la biodiversidad por lo que propone que más útil podría ser una caracterización que identifica sus componentes principales en varios niveles de organización. Esto permitirá establecer un marco para identificar indicadores específicos y medibles para monitorear cambios y evaluar el estatus de la biodiversidad (Noss, 1990).

Según la teoría Jerárquica los niveles más altos de organización incorporan y limitan el comportamiento de los niveles más bajos. El concepto jerárquico sugiere que la biodiversidad puede ser interpretada en niveles múltiples de organización, y en escalas múltiples de tiempo y espacio. Según Noss (1990) los tres atributos de la biodiversidad son, estructura, composición y función. Estos 3 atributos determinan y constituyen la biodiversidad de un área. La **composición** se ocupa de la identidad y variedad de elementos en una colección e incluye listas y medidas de diversidad de especies, y medidas de diversidad genética. La **estructura** es la organización física del sistema o patrón, desde las comunidades como medida de la complejidad del hábitat hasta el patrón de los parches y otros elementos a una escala del paisaje. La **función** involucra a todos los procesos ecológicos y evolutivos, incluyendo el flujo de genes, perturbación, ciclos de nutrientes. Ningún nivel es fundamental y diferentes niveles de resolución son apropiados para responder distintas preguntas, los efectos estresantes pueden ser percibidos de distintas maneras a través de las diferentes escalas (Noss, 1990).

3.3.1 Paisaje Regional

El termino paisaje regional se refiere a la complejidad espacial de una región. Paisaje se refiere a un mosaico heterogéneo de formas de la tierra, tipos de vegetación y usos del suelo. La escala espacial de un paisaje regional puede variar desde el tamaño de un parque nacional y sus alrededores hasta una región fisiográfica o provincia biogeográfica de 100 hasta 10^7 km² (Noss, 1990).

Las características del paisaje como el tamaño de los parches, heterogeneidad, relación perímetro-área, y conectividad pueden controlar la composición y abundancia de especies, y la

viabilidad poblacional para algunas especies más sensibles. La combinación funcional de hábitats en el mosaico del paisaje es vital para especies que utilizan una amplia gama de hábitats y se distribuyen a lo largo de gradientes ambientales (Noss, 1990).

3.3.2 Comunidad-Ecosistema

Una *comunidad* es la unidad estructural y funcional de un ecosistema que incluye a todos los organismos de un área que interactúan entre sí con el espacio físico, de manera que el flujo de energía tiende a una bien definida estructura trófica, la misma naturaleza como limitaciones de recursos y espacio, organización de cadenas tróficas, lleva a la manifestación de algunas regularidades que son una expresión estadística emergente de las propiedades de la comunidad como sistema complejo (Halffter y Moreno, 2005).

Los ensamblajes son un conjunto de especies (poblaciones) que coexisten dentro de los límites de espacio y tiempo. El concepto de comunidad hace énfasis en la interacción, el de ensamblajes en la coexistencia. Los ensamblajes locales pueden verse como un conjunto de especies cuya área de distribución geográfica coincide en un punto, pero ambos no son conceptos excluyentes (Halffter y Moreno, 2005).

Otra aproximación de comunidad es que es una realidad histórica, es el resultado de la evolución en espacio y tiempo, las especies forman ensamblajes pero su existencia no depende de la naturaleza de los ensamblajes al contrario estas determinan las características de los ensamblajes (Halffter y Moreno, 2005).

El número y calidad de las especies de una determinada comunidad no puede ser interpretado si no se toma en cuenta su relación con el *pool* regional de especies y por lo tanto de la evolución y de los paisajes que comprende (Halffter y Moreno, 2005).

La comunidad comprende poblaciones de especies que coexisten en un sitio. El término ecosistema incluye los factores abióticos del ambiente de la cual la comunidad es interdependiente. En comparación con la escala de paisaje regional, la comunidad es relativamente homogénea cuando es observada a una escala de fotografía aérea. Por lo que el monitoreo depende de medidas a nivel del terreno (Noss, 1990).

Las variables indicadoras para el nivel de comunidad-ecosistema, incluyen riqueza y diversidad de especies, curvas de dominancia-diversidad, proporciones de ensambles, y otras variables de composición. Las variables estructurales incluyen muchas de las variables de hábitat medidas en ecología (Noss, 1990). En la Tabla 2 se presenta un listado de las variables enunciadas por Noss para el monitoreo de la biodiversidad a escalas de paisaje regional y comunidad-ecosistema.

Tabla 2. Variables indicadoras para el monitoreo y evaluación de la biodiversidad terrestre en dos escalas: Paisaje Regional y Comunidad-Ecosistemas, incluyendo sus componentes estructural, funcional y de composición. Basado en Noss 1990

| | Composición | Estructura | Función | Herramientas de monitoreo y evaluación |
|-----------------------------|---|--|---|---|
| Paisaje regional | Identidad, distribución, riqueza y proporciones de parches (tipo de hábitat), patrones colectivos de distribución de especies (riqueza y endemismos) | Heterogeneidad; conectividad; vinculación espacial; porosidad; contraste; tamaño de grano; fragmentación; configuración, yuxtaposición; frecuencia de distribución de los tamaños de parches; relación área-perímetro; patrón de la distribución de capas de hábitat | Procesos de perturbación, ciclos de nutrientes, flujo de energía, índices de insistencia de parches y recambio, índices de erosión y procesos hidrológicos y geomorfológicos; tendencias en el uso del suelo. | Fotografía aérea, imágenes satelares, sistemas de información geográficos, estadística espacial, índices matemáticos de patrones, heterogeneidad, conectividad, capas, diversidad, bordes, morfología, auto correlación y dimensiones fractales. |
| Comunidad-Ecosistema | Identidad, abundancias relativas, frecuencia, riqueza, equidad, y diversidad de especies y gremios; proporciones de especies endémicas, exóticas, amenazadas y en peligro de extinción; curvas de dominancia, coeficientes de similaridad | Variables de suelo y sustrato, pendiente y aspecto; biomasa y fisionomía vegetal, densidad de follaje y solapamiento, abertura del dosel y proporción de vacíos; abundancia, densidad y distribución de rasgos físicos y elementos estructurales; disponibilidad de recursos y agua. | Biomasa y productividad; índices de herbivoría, parasitismo y depredación, tasas de colonización y extinción; dinámica de parches (procesos de perturbación a escala fina). Tasas de efectos antropogénicos. | Fotografía aérea y otras técnicas de sensores remotos; análisis temporales; inventarios de hábitats y recursos; observaciones, censos, inventarios, capturas y otras metodologías de muestreo; índices matemáticos (diversidad, heterogeneidad, etc.) |

3.4 Evaluación de la Biodiversidad a Nivel del Paisaje

Según Halffter y Favila (2000) la única manera de tener una medida coherente de biodiversidad es a nivel del paisaje, pues las consecuencias de las actividades humanas son más evidentes a esta escala, puesto que desde una perspectiva ecológica las medidas de biodiversidad (alfa diversidad) pueden parecer desproporcionadas. Además solo aquí se puede tener una medida que refleje las características heterogéneas, relaciones históricas, factores climáticos y procesos geomorfológicos de una región.

Para la evaluación de la biodiversidad a escala del paisaje, Halffter y Favila (1998) proponen una estrategia la cual parte de la suposición de que será imposible estudiar todos los organismos extantes y todos los paisajes, por lo tanto solo se puede estimar la riqueza total basado en una serie de muestras o comparar situaciones diferentes y monitorear cambios en la diversidad biológica a través del tiempo. El uso de indicadores es una gran ventaja pues se puede planificar estudios con objetivos concretos a través de periodos de tiempo determinados, la desventaja es que a pesar de que las deducciones pueden ser muy solidas, serán únicamente válidas para el grupo indicador, pues las relaciones entre diferentes unidades jerárquicas pueden variar de un sitio a otro.

Para que se pueda evaluar la biodiversidad se debe cumplir con los siguientes supuestos:

1. Definir los límites de la unidad geográfica. Cuando los límites no son conocidos, estudios previos son necesarios para asegurarse que el paisaje comparta la misma historia biogeográfica y cierta homogeneidad ecológica.
2. El grupo indicador debe ser seleccionado, basado en el conocimiento del grupo y experiencia en los métodos de muestreo.
3. Los resultados deben ser expresados en términos de diversidad alfa o local, diversidad gama o diversidad total del paisaje; y diversidad beta (una medida del recambio de especies entre comunidades diferentes. Solo la expresión conjunta de estos valores permite saber cuánto de la diversidad observada es un resultado de la complejidad de los ecosistemas y cuanto es resultado de la heterogeneidad del paisaje.
4. Por último la estrategia debe ser diseñada para producir datos comparables.

Una medida de la riqueza total solo puede ser alcanzada para algunos grupos de organismos como plantas o mamíferos filopátricos. Uno de los problemas principales en cualquier muestreo es la estimación de hasta qué punto el valor obtenido representa la realidad. Para estudios de biodiversidad en el paisaje es necesario utilizar estimaciones basadas en datos de presencia-ausencia de especies, con la excepción de especies representadas por uno o dos individuos (Halffter y Favila, 2000).

La ausencia de información sobre la frecuencias de aparición no permiten el uso de pruebas paramétricas, para realizar cálculos reales de la riqueza de especies. Sin embargo las curvas de acumulación de especies pueden ser muy útiles cuando se tienen un buen número de muestras. La curva de acumulación de especies es una función de la medida de las especies encontradas contra el esfuerzo utilizado para encontrarlas (Halffter y Favila, 2000).

Si la curva de acumulación alcanza y mantiene una asíntota, no se utiliza ningún tratamiento estadístico para obtener un estimado del número de especies presentes. Para evitar replicaciones innecesarias a la hora del muestreo y para obtener una medida de la riqueza con menor esfuerzo, Colwell y Coddington (1994) proponen el uso de estimadores no paramétricos como Chao-2 y Jackknife de segundo orden.

3.5 Diversidad Alfa, Beta y Gama

3.5.1 Diversidad Alfa

En general la medida más simple de diversidad es el número de especies por unidad de área. Para la comparación de diferentes localidades debemos considerar que el valor alfa expresado como el número de especies no es independiente del tamaño de la muestra, o sea es dependiente del tiempo dedicado a su colecta. Por lo tanto una curva de acumulación de especies debe establecerse para cada localidad que corresponde a una comunidad en un área geográfica, para conocer el esfuerzo de captura necesario para llegar al valor que represente la diversidad real del área, y así poder ejercer el mismo esfuerzo a todas las localidades similares dentro del paisaje (Halffter y Favila, 2000).

La **diversidad alfa** refleja las relaciones ecológicas que se encuentran en un espacio puntual, y es un balance de los factores bióticos y abióticos del lugar, por lo que no se pueden esperar valores estables y de aquí surge la necesidad de trabajar con valores alfa promedios que corresponden a diferentes capturas dentro del mismo tipo de comunidad en un paisaje determinado (Halffter y Favila, 2000; Halffter y Moreno, 2005).

3.5.2 Diversidad Beta

Por **diversidad beta** podemos entender el recambio de especies que existe de forma temporal, si es dentro de una misma comunidad o espacialmente si es entre varias comunidades o paisajes. (Halffter y Moreno, 2005). La diversidad beta es el enlace entre las diversidades local y regional, mientras que la diversidad alfa se asocia con factores ambientales locales e interacciones poblacionales (competencia inter específica) la diversidad beta está ligada con factores como la distancia (espacio y tiempo) de muestreos y la heterogeneidad ambiental. Para análisis comparados, la diversidad beta es una medida de la heterogeneidad del paisaje para los grupos indicadores considerados (Halffter y Moreno, 2005).

Donde Beta es

Para la comparación de dos hábitats o comunidades continuas se puede utilizar la siguiente fórmula:

Donde T_1 y T_2 corresponden al número de especies en los sitios de muestreo 1 y 2 respectivamente. C es el número de especies compartidas por las localidades 1 y 2.

La diversidad beta puede ser determinada para hábitats diferentes, pero también puede ser un elemento dependiente de la distancia entre sitios de muestreo, bajo estas circunstancias, el valor puede reflejar la distribución alopátrica de grupos taxonómicos equivalentes.

Que especies ocurren en una comunidad o ensambles concretos dependerá de las características estructurales de la comunidad (biológicas y físicas) pero también del pool regional de especies, de la historia natural y demografía de cada una de las especies, de la disposición topológica del paisaje como conjunto y del azar. A nivel de paisajes es donde existe la mayor homeostasis de las especies pues existe un flujo entre comunidades, hábitats fuente y sumidero o de metapoblaciones (Halffter y Moreno, 2005).

3.5.3 Diversidad Gama

La **diversidad gama** de un paisaje es producto de las diversidad alfa de sus comunidades y del grado de la diferenciación de la diversidad beta entre ellos, mientras que la diversidad alfa es un resultado de las condiciones ecológicas, la diversidad gama es consecuencia de los procesos históricos geográficos que actúan a nivel de meso-escala. Es a nivel del paisaje donde las acciones humanas como cambio y fragmentación de comunidades tienen sus efectos más importantes (permanencia o extinción de especies) (Halffter y Favila, 2000; Halffter y Moreno, 2005).

La diversidad gama corresponde a la riqueza de especies de una unidad espacial extensa y heterogénea, en principio un paisaje. Esta puede ser expresada por el número total de especies encontradas en todo el paisaje, por lo que dependerá de la heterogeneidad

espacial del paisaje y el número de sitios de muestreo para establecer la diversidad alfa. Sin embargo siempre se recomienda utilizar los estimadores no paramétricos y curvas de acumulación de especies para obtener un valor que se acerque a la realidad.

De acuerdo con Halffter y Favila (2000) la fórmula para calcular diversidad gama es la siguiente:

3.6 Fragmentación

La fragmentación de un hábitat se puede entender como la reducción total de un tipo determinado de hábitat y la desmembración del hábitat remanente en pedazos más pequeños y aislados (Groom, *et al.* 2006). La fragmentación de un paisaje modifica las diversidades alfa y beta porque implica el establecimiento de nuevas condiciones, nuevos ensamblajes y la posible desaparición de otros. Sin embargo mientras no se introduzcan especies exóticas y mientras no desaparezcan especies dentro del conjunto del paisaje, la fragmentación no altera la diversidad gamma. Si puede cambiar las proporciones y su distribución espacial y por lo tanto las posibilidades de supervivencia.

La fragmentación facilita la penetración al paisaje de especies que antes no existían en el o sea nuevos ensamblajes de especies de borde o claros sin embargo estos ensamblajes deberían ser inestables y remplazados por una sucesión a la comunidad original. Es posible que debido a la presión continua de alguna actividad antrópica haga a los nuevos ensamblajes más estables.

4. Justificación

Los estudios de biodiversidad en la región norte del municipio de Chisec han estado limitados a evaluaciones ecológicas rápidas, evaluaciones de diversidad a escala local, o enfocados a grupos taxonómicos específicos. Como ejemplo podemos citar los estudios biológicos en el Parque Nacional Cuevas de Candelaria, (Jolón, 2003) y el Área de Protección Sierra de Chinajá (APROBA-SANK/CONAP, 2006).

La biodiversidad puede ser expresada cuantitativamente en diferentes escalas espaciales y temporales (Noss, 1990). Sin embargo Halffter y Favila (1997) proponen que la biodiversidad debe ser evaluada a escala del paisaje, pues solo aquí se puede tener una medida coherente que refleje las relaciones históricas, factores climáticos y procesos geomorfológicos de una región. Además estos autores coinciden en que es a escala del paisaje donde los efectos de las actividades humanas son más notables.

Las estrategias y planes de conservación deben reconocer que los organismos se mueven a través de paisajes heterogéneos y por lo tanto proteger un área determinada será insuficiente para el mantenimiento de poblaciones viables. También se deben considerar los patrones del paisaje y usos del suelo afuera de las unidades de conservación sin restringirse por los límites políticos para generar estrategias regionales de conservación (Groom, *et al.* 2006).

Los patrones de biodiversidad son el resultado de una variedad de procesos ecológicos y evolutivos que se han dado a través del tiempo y en un espacio determinado. El análisis de biodiversidad puede ser llevado a cabo desde una perspectiva ecológica como una manera de entender la diversidad local, la estructura de la comunidad y su función. La otra perspectiva es la de analizar los factores históricos y geográficos que han determinado el grupo de especies a escala del paisaje regional. Cualquiera de estas perspectivas trata a las especies como unidades de estudio (Favila y Halffter, 1997).

Las dificultades que existen para evaluar la biodiversidad se pueden resolver mediante el uso de organismos que poseen relaciones estables que pueden ser interpretadas a escalas locales y comparadas a escalas globales. Esto no significa que la diversidad de un taxa refleja

la diversidad total, más bien el uso de grupos indicadores hace posible obtener un valor de biodiversidad que pueden ser utilizado para comparar o para monitorear el estado del ecosistema, estos valores solo son útiles si se comparan con otros grupos o con los valores obtenidos para otras localidades (Favila y Halffter, 1997).

Los escarabajos del grupo Scarabaeinae han sido propuestos como buenos indicadores ecológicos por las siguientes razones: los ensambles están bien definidos tanto funcionalmente como taxonómicamente, puesto que son un grupo monofilético, están bien representados en los trópicos, con números que van de los 25 a 70 especies en las selvas lluviosas; su importancia en el reciclamiento de excremento y carroña los hace elementos clave en la dinámica del ecosistema; la biología, comportamiento y ecología del grupo está bien estudiada; la información disponible facilita su estudio; los métodos de captura están estandarizados y los resultados pueden ser comparados estadísticamente (Favila y Halffter, 1997).

Por las razones, expuestas en este trabajo se realizaron análisis del paisaje y de biodiversidad, de los ecosistemas de Chisec y Lachuá para obtener información que permita a los actores locales tomar decisiones más apropiadas para mantener los procesos ecológicos viables y se puedan aprovechar los recursos naturales a largo plazo.

5. Objetivos

5.1 General

5.1.1. Realizar un análisis de la diversidad de escarabajos copronecrófagos en el paisaje regional Chisec-Lachuá como base para su manejo y conservación.

5.2 Específicos

5.2.1. Realizar un análisis del paisaje regional de la zona norte del municipio de Chisec, Alta Verapaz.

5.2.2. Determinar los índices de diversidad alfa, beta y gama de los escarabajos copronecrófagos de los parches de bosques lluviosos de la zona norte del municipio de Chisec, Alta Verapaz.

5.2.3. Proporcionar algunos lineamientos de manejo para los actores locales (OGs, Municipalidad)

6. Hipótesis

Los índices de diversidad alfa y beta de la comunidad de escarabajos copronecrófagos se ven afectados por la geomorfología del paisaje.

7. Materiales y Métodos

7.1 Análisis del Paisaje

Para observar la dinámica de uso del suelo en el periodo de tiempo 1979-2003 y obtener los atributos cuantitativos que caracterizan al paisaje regional de Chisec-Lachuá se realizó un análisis siguiendo los criterios de Forman y Godron (1986), Turner, Gardner y O'Neill. (2001). Para esto se utilizaron mapas clasificados en cuatro clases de cobertura: 1) Bosques. 2) Agropecuarios 3) Sin cobertura 4) Sin Datos, a una escala de 100m/pixel a partir de las siguientes imágenes: Landsat MSS³ del año 1979, Landsat TM⁴ del año 1986, Landsat ETM+⁵ del año 2000 y ETM+ del 2003. Estas fueron descargadas de las bases de datos electrónicas del Centro Global de Cobertura de la Tierra GLCF⁶ utilizando la interface ESDI⁷ y procesadas en ERDAS Imagine ver. 8.7. (Conservation and Research Center, 2008)

7.1.1 Procesamiento de Imágenes Landsat en ERDAS Imagine 8.7.

El flujo de trabajo para el procesamiento de las imágenes se presenta en el Diagrama 1. El polígono del paisaje incluyó a las áreas de interés: Parque Nacional Laguna Lachuá, Corredor Biológico del Jaguar, Área de Protección Especial Sierra de Chinajá y el Parque Nacional Cuevas de Candelaria.

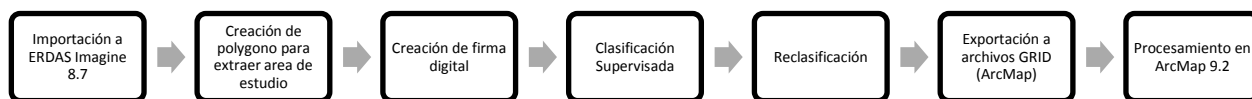


Diagrama 1. Flujo de trabajo en ERDAS Imagine 8.7

³ Multi Spectral Scanner, 3 bandas

⁴ Thematic Mapper, 7 bandas

⁵ Enhanced Thematic Mapper Plus, 9 bandas

⁶ Global Land Cover Facility, <http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>

⁷ Earth Science Data Interface. <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

Para realizar la firma digital se definieron 6 clases primarias de cobertura: Bosque, Agropecuario, Sin Cobertura, Agua, Nubes, Sin Datos, y se utilizaron las bandas 4,3,1 en la imagen MSS; y las bandas 5,4,3, en las imágenes TM y ETM+. La combinación 5,4,3, permite visualizar cobertura vegetal en tonos de verde, el agua en color azul oscuro, áreas urbanas en tonos de violeta y el suelo desnudo en tonos de rosado. (Quatrochi y Pelletier, 1991)

Con la firma digital se procedió a realizar la clasificación supervisada en ERDAS Imagine 8.7, al concluir se vuelve a reclasificar cada mapa y se exporta a formato GRID para que pueda ser procesado en ArcMap 9.2. Para la verificación de campo se utilizó la información obtenida durante una serie de visitas realizadas durante 5 años de trabajo en distintas comunidades del municipio y que incluyen a Faisán, Bolonco, Rio Tzetok, Rocja Pompil Ha, (Sacayón, 2005 EDC), Sierra de Chinajá (APROBA SANK/CONAP 2006), mapas de uso del suelo generados por el equipo técnico de APROBA SANK y visitas durante el año 2009.

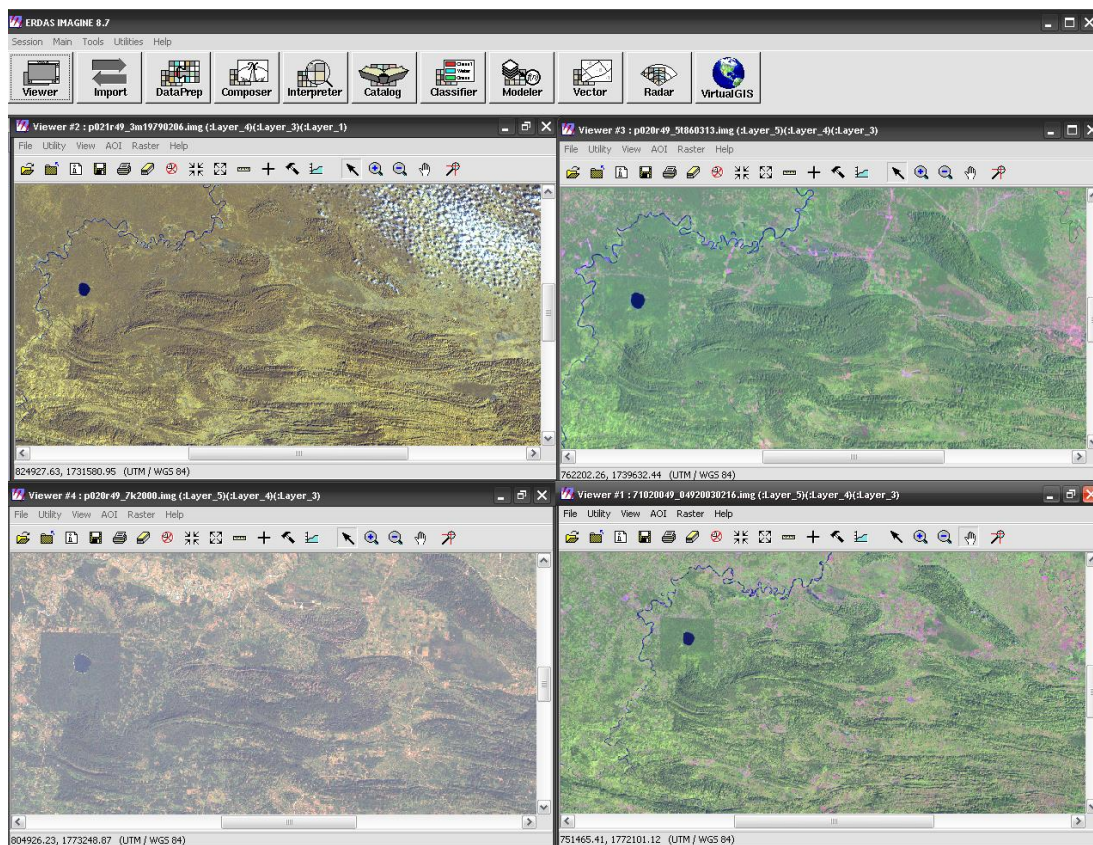


Figura 1. Imágenes Landsat utilizadas para el análisis del paisaje. Combinación de bandas 3,4,1, para la imagen MSS de 1979 superior izquierda. 5,4,3 para imágenes TM de 1986 superior derecha, ETM+ del 2000 inferior izquierda y ETM+ 2003 inferior derecha.

7.1.2 Procesamiento en ArcMap 9.2 y Patch Analyst ver. 4.0

Los archivos GRID fueron procesados en ArcMap 9.2, estos fueron re muestreados (ArcMap 9.2 = Data Management Tools/Resample) para estandarizar la resolución a 100 m²/pixel. Todos los archivos fueron re muestreados en ArcMap a formato .img el cual se transformó a GRID desde ERDAS. En ArcMap las clases agua y nubes se reclasificaron a la clase “sin datos” para eliminar interferencia en el análisis del paisaje y de esta manera se obtuvieron las 4 clases finales (Bosque, Agropecuario, Sin Cobertura y Sin Datos). Para obtener los índices del paisaje se utilizó la extensión Patch Analyst⁸ ver. 4.0 siguiendo el flujo de trabajo que se presenta en la Figura 2, con lo que se obtuvieron los índices que se presentan en los resultados de las tablas 1-4 en los Anexos.

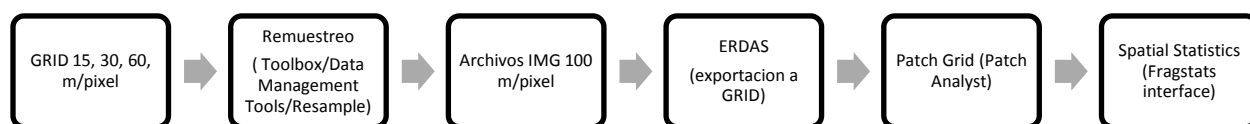
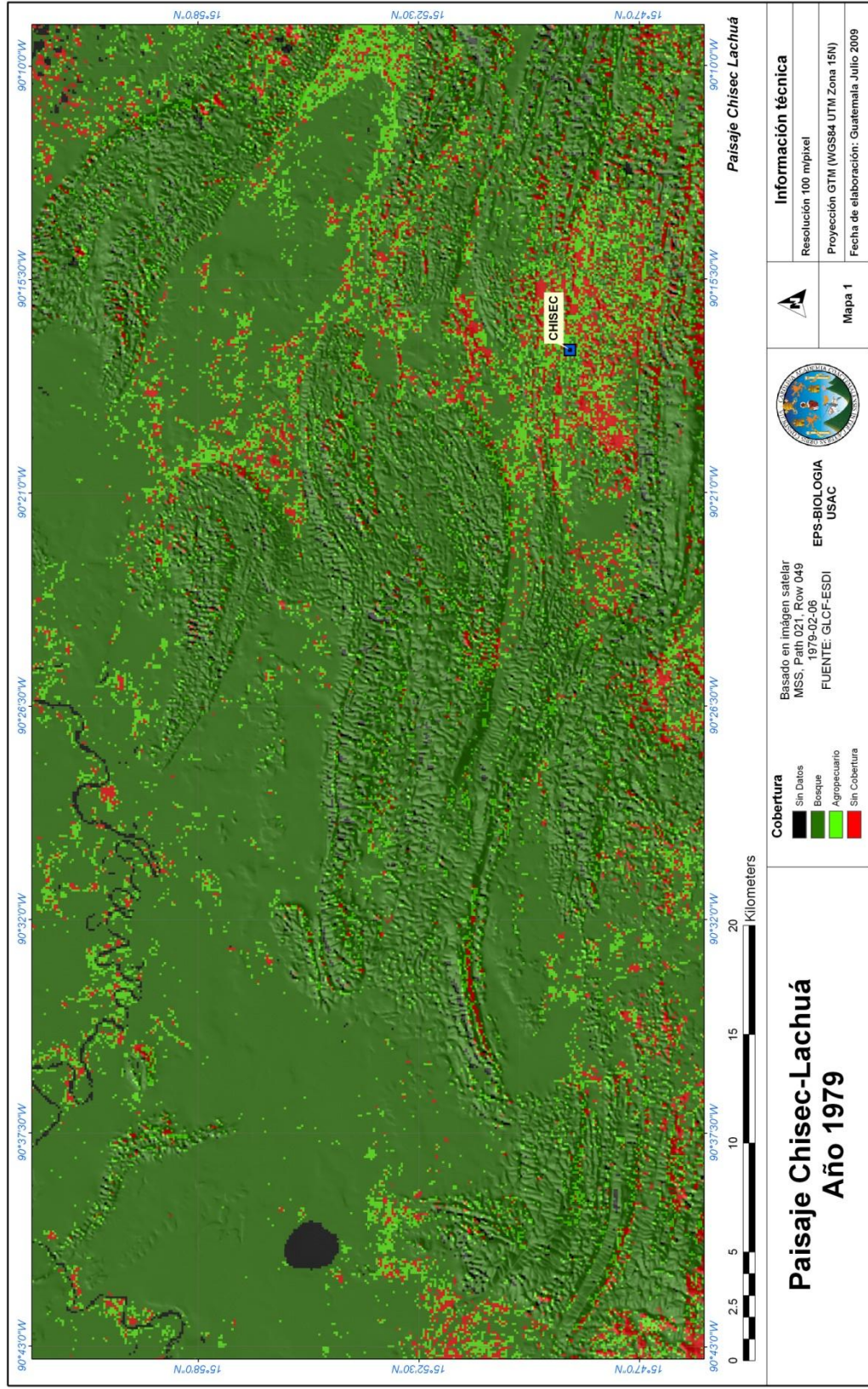
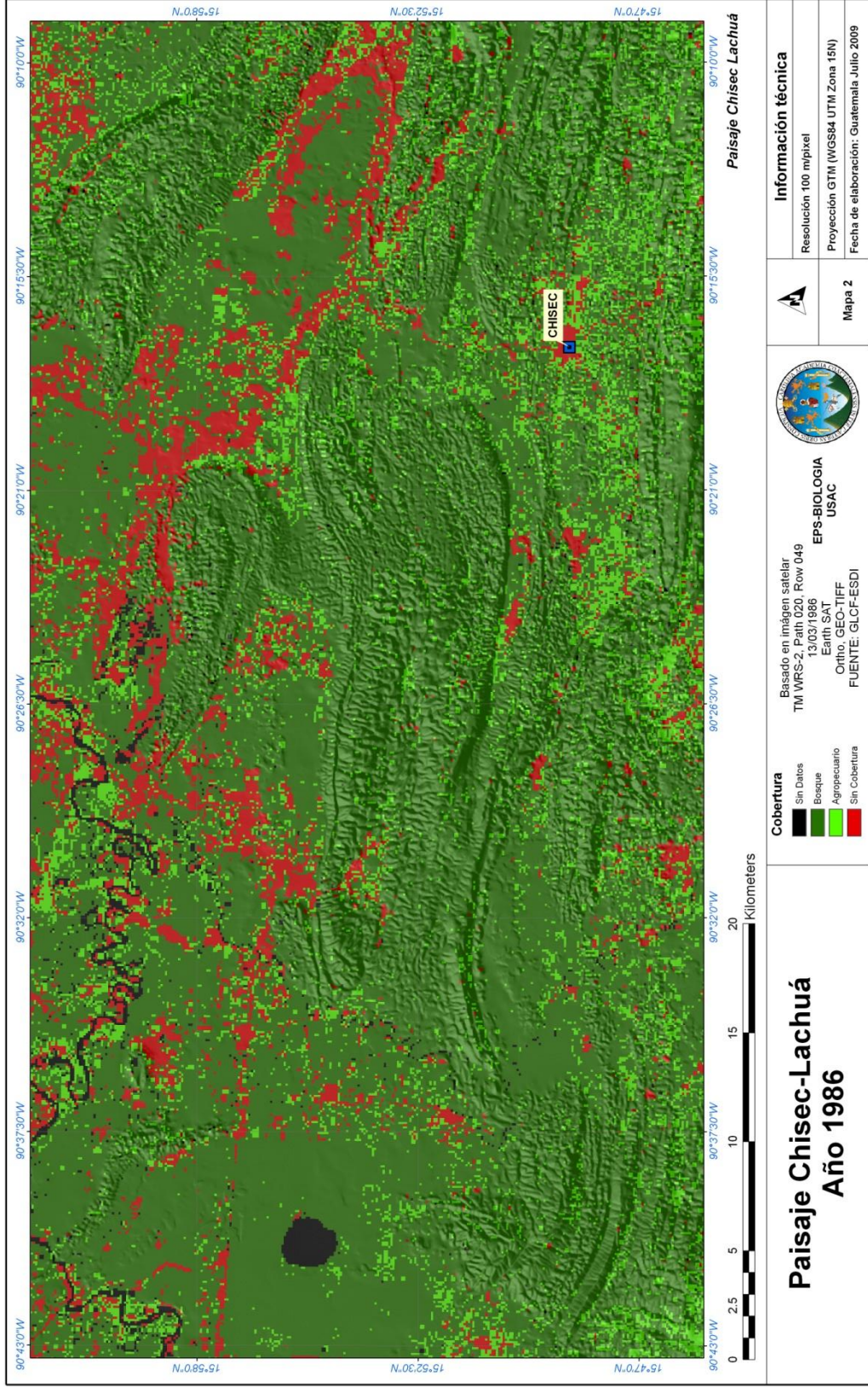


Figura 2. Flujo de trabajo en ArcMap 9.2 para realizar análisis del paisaje con la extensión Patch Analyst 4.

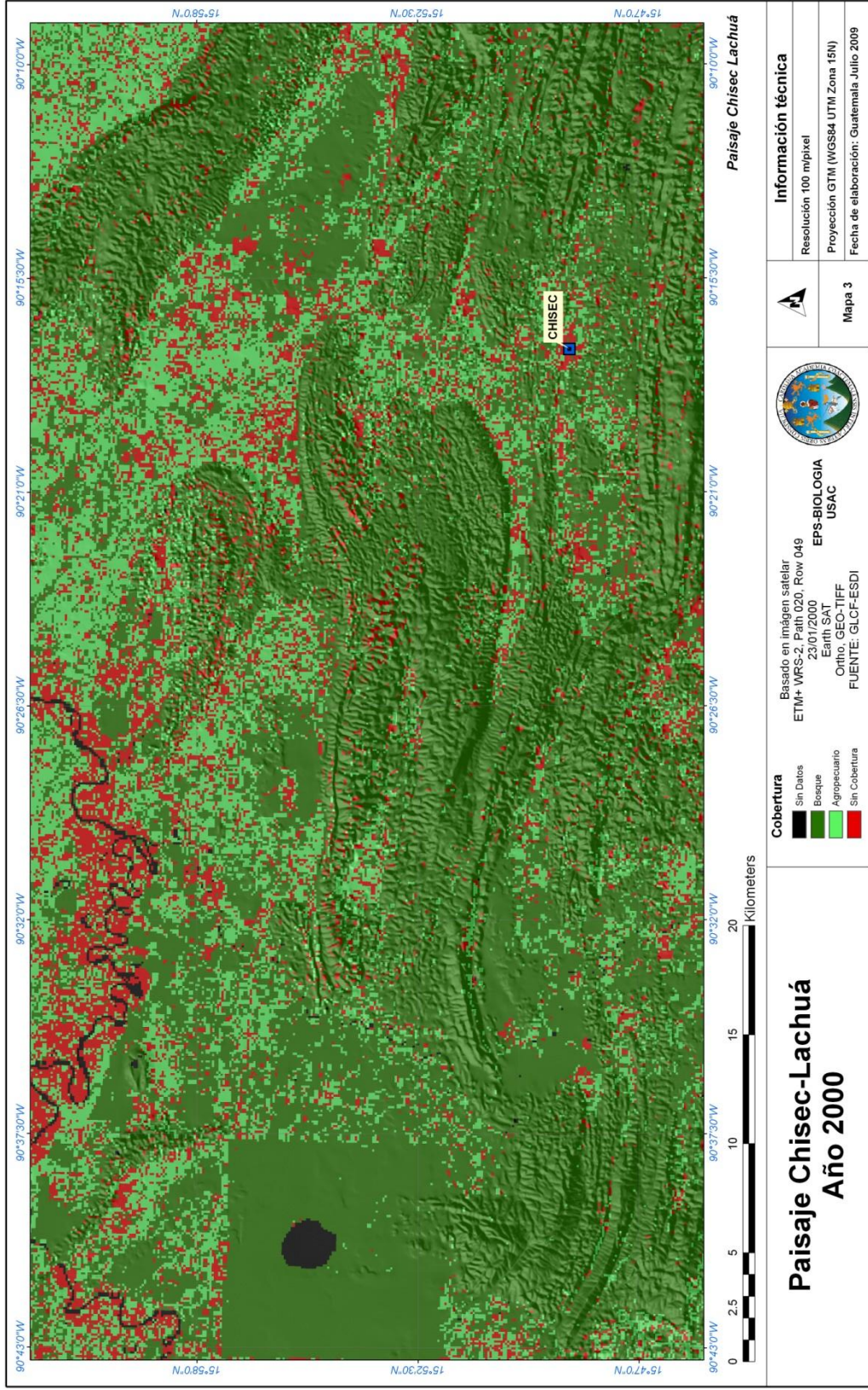
⁸ Dr Rob Rempel. Centre for Northern Forest Ecosystem Research (Ontario Ministry of Natural Resources), Lakehead University Campus, Thunder Bay, Ontario. Jan 17th, 2008



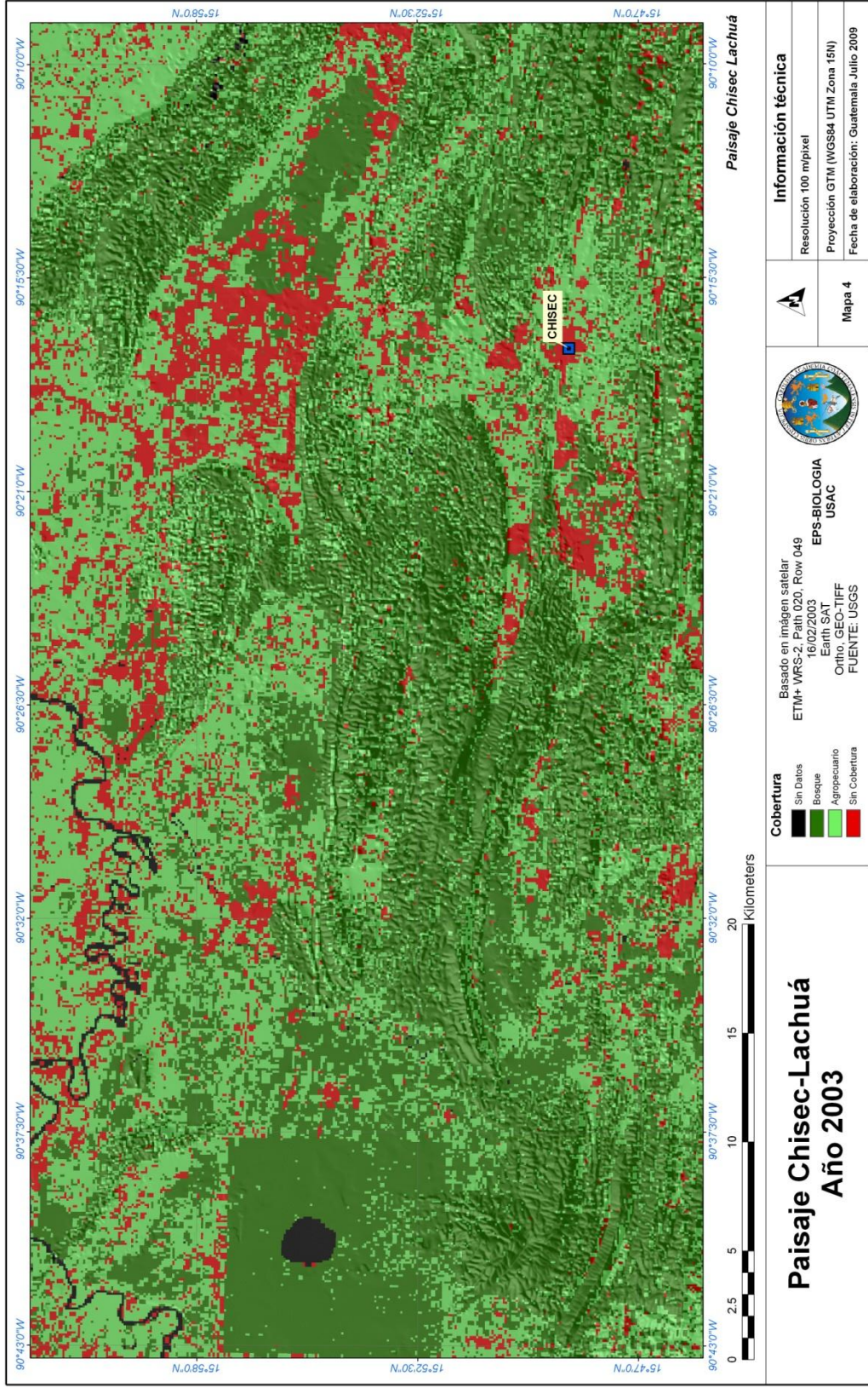
Mapa 1. Clasificación supervisada de la imagen satelital MSS del año 1979



Mapa 2. Clasificación supervisada de la imagen satelital TM del año 1986



Mapa 3. Clasificación supervisada de la imagen satelitar ETM+ del año 2000



Mapa 4. Clasificación supervisada de la imagen satelital ETM+ del año 2003

7.2 Análisis de biodiversidad

7.2.1 Diseño Experimental

Para poner a prueba la hipótesis se seleccionaron cuatro sitios en el paisaje Chisec-Lachua, dos con alturas por encima de los 400msnm. y dos con alturas menores, el diseño completo se presenta en la tabla

Tabla 3. Diseño Experimental del análisis de biodiversidad a escala del paisaje.

| Diseño Experimental del análisis de biodiversidad | |
|--|---|
| Población | Comunidades de los parches de bosque del Paisaje Regional Chisec-Lachúa |
| Muestra | Ensamblajes de escarabajos, diversidad alfa |
| Control | PNLL elevación promedio 200msnm |
| Tratamientos | Elevaciones menor a 400msnm 1. Parque Nacional Laguna Lachúa 2. Parque Nacional Cuevas de Candelaria Elevación mayor a los 400msnm 3. Corredor Biológico del Jaguar 4. Área de Protección Especial Sierra de Chinajá |
| Distribución espacial | Paisaje Regional Chisec-Lachúa En 2 zonas altitudinales, arriba de 400msnm y debajo de 400msnm |
| Distribución temporal | Noviembre 2010 |
| Variables dependientes | Altitud |
| Variables Independientes | Ensamblajes de escarabajos copronecrófagos. |
| Análisis | Estadística no paramétrica, Coeficientes binarios de similitud, análisis de agrupamiento, diversidad alfa, beta y gama, índices de paisaje. |

7.2.2 Sitios de Muestreo

Los cuatro sitios del paisaje Chisec-Lachuá (Mapa 5) que fueron seleccionados, poseen algún estatus de manejo y conservación, todos pertenecen a la región fisiográfica Tierras Altas sedimentarias. Las formaciones geológicas están identificadas como del terciario superior oligoceno- plioceno, cretácico y cretácico terciario. En algunos sitios se encuentran aluviones como formaciones de sedimentos del cuaternario. Sin embargo, la región en general está constituida por sedimentos marinos y cuencas intermontanas de sedimentos terrestres. Los suelos de la zona son de origen calcáreo y se desarrollan a elevaciones medianas y bajas, son relativamente bien drenados (Monzón, 1999). Según el sistema de Thornwaithe, el clima predominante en el área se clasifica como cálido y húmedo, con una época lluviosa que va de junio a octubre y una época relativamente seca entre los meses de febrero y abril. La temperatura media anual es de 25.3° C. La humedad relativa anual alcanza el 91.02 %, siendo un área muy húmeda en la que llueve aproximadamente 150 días al año, teniendo una precipitación bastante alta comparada con la mayoría del territorio guatemalteco, mostrando un media anual de 3,300 milímetros (CONAP, 2003). Según los diferentes tipos de clasificación de ecosistemas la región se puede clasificar como: bosque muy húmedo subtropical cálido (De la Cruz, 1976) selva tropical lluviosa (Villar, 1998) y bosques húmedos Peten-Veracruz (Olson, 2001).

Los estratos superiores del bosque están conformados por árboles de 28 metros de altura, siendo los más característicos: el tamarindo (*Dialium guianense*), ceiba (*Ceiba pentandra*), Mario o barillo (*Callophylum brasiliense*), irayol (*Genipa americana*), San Juan (*Vochysia hondurensis*), caoba (*Swietenia macrophylla*) y cedro (*Cedrela mexicana*). En los estratos medios es común encontrar árboles entre 10 y 20 metros entre los cuales sobresalen: anona de montaña (*Annona* sp.), majagua (*Trichospermum grewiaefolium*), achiotillo (*Bernardia interrupta*), madre lancetillo (*Astrocaryum* sp), corozo (*Orbignia cohune*) y el izote de montaña o pony tail (*Dracaena americana*) (Castañeda, 1997, Jolón, 2003, APROBA-SANK/CONAP 2006).

Sitio 1. Ubicado en El Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) coordenadas 15°55'53.0" y 90°40'37.0"; a una altura de 178msnm, próximo a la laguna, en suelos no inundables. El PNLL es la única área protegida de la región de los bosques lluviosos del norte de Guatemala y considerado uno de los últimos relictos del refugio florístico del Pleistoceno

(Wendt, 1989; Avendaño *et al.*, 2005). El área contiene una variedad de humedales, los cuales incluyen ecosistemas acuáticos y planicies inundadas; con una extensión de 400 hectáreas, la laguna tiene una profundidad máxima estimada de 195 (± 10) metros y 8 kilómetros de perímetro (Granados, 2001). El lecho de la laguna es cárstico con alto contenido de azufre y altas concentraciones de sales de calcio. Algunas corrientes desaparecen o surgen en sumideros o siguanes característicos del relieve cárstico. Existe influencia de los ríos Chixoy o Negro y Usumacinta al Norte (CONAP, 2003).

Sitio 2. Ubicado en la comunidad de Mucbilha, coordenadas 15.86870 y 90.14588; a una altura de 180 msnm. En el bosque a un costado del sendero a la orilla del río Candelaria que proviene de la cueva venado seco. Mucbilha es una comunidad dentro del Parque Nacional Cuevas de Candelaria (PNCC), el parque cuenta con una extensión de 941.3 Ha, que pertenecen a un complejo montañoso de tipo cárstico. El cuerpo de agua más importante lo constituye el Río Candelaria, el cual forma parte de la Cuenca del río La Pasión, que a su vez forma parte de la Gran Cuenca del Río Usumacinta. Este río corre de oeste a este, entre las últimas estribaciones de la sierra de Chamá (montaña de San Simón) y el Área de Protección Especial Sierra de Chinajá (montaña de Tzululsehaj) a lo largo de 20 km, antes de sumirse en el complejo hidroespeleológico de Candelaria. En las áreas ubicadas al sur del patrimonio cultural se encuentra el Río San Simón, el cual también se disipa entre terrenos cársticos (Ministerio de Cultura y Deportes, 2003).

Sitio 3. Ubicado en la comunidad de Tzulul Qeqchi, coordenadas 15.99443 y 90.2371; a una altura de 719msnm. Cercano a la antena de TELGUA, en la cumbre de la Sierra de Chinajá. El Área de Protección Especial Sierra de Chinajá (APESC) tiene una extensión de 11,782 Ha., es el último macizo montañoso antes de descender a las tierras bajas del departamento de Petén. Está conformada por una cadena de cerros y torres kársticas que van de los 200 a 765 msnm.

Sitio 4. Ubicado en la comunidad de Cerro Alto, coordenada 15.84803 y 90.50394. a una altura de 536msnm. En un bosque en la parte-aguas de la montaña del cerro de TzuulTaqa. El Corredor Biológico del Jaguar TzuulTaqa (CBJ) está ubicado al sureste del PNLL, incluye 21 comunidades y cuenta con una extensión de 70,000 Ha. Es una cadena montañoso donde se conoce una población de Jaguares (Novack, *et al.* 2003) y posee un plan de manejo comunitario para la conservación de los bosques.

7.2.3 Colecta de especímenes

En cada sitio se colocaron 15 trampas de caída, cada 20m. Las trampas se cebaron con heces de humano y pescado podrido intercalando cada una. Las trampas fueron colocadas durante 24 horas en cada lugar. En todos los sitios se utilizó el mismo esfuerzo y el mismo número de trampas para hacer el muestreo sistemático. Los especímenes fueron colectados y montados en el MUSHNAT. Todos los especímenes fueron identificados hasta especie o genero. También se revisaron los datos de colectas previas realizados por Carlos Avendaño en mayo, junio y septiembre de 1999 en la Laguna Lachuá, Mario Jolón en las Cuevas de Candelaria en Agosto 2003, y Curan Bonham en la Sierra de Chinajá en Junio del 2005.

7.2.4 Diversidad Alfa

Para la diversidad alfa se utilizó la metodología propuesta por Moreno (2001); con el programa EstimateS ver 8.2 se aleatorizaron los datos 100 veces para eliminar el efecto del orden en el que aparecen las especies en las muestras y en el programa Excel se construyeron las curvas de acumulación de especies, para visualizar gráficamente la riqueza de cada sitio (Colwell y Coddington, 1994). Mediante el programa Statistica ver.9 se ajusto la ecuación de Clench (Soberon y Llorente, 1993; Jiménez-Valverde & Hortal 2003) para obtener la relación a la cual la asíntota de la grafica llega a su cumbre. Esta es una modificación de la ecuación de Michaelis Menten para reacciones enzimáticas y está dada por la ecuación:

Donde

a = tasa de incremento de nuevas especies al inicio del inventario

b = es un parámetro relacionado con la forma de la curva

t = tiempo

7.2.5 Diversidad Beta

Se utilizaron dos maneras de medir la diversidad beta: la primera utilizando el índice de complementariedad de Colwell y Coddington (1994), y la segunda usando los índices de similitud de Jaccard y Sorensen (Moreno, 2001).

La complementariedad es el índice más simple de calcular que provee una idea de dos biotas y que es estadísticamente aceptable. Este puede definirse como la proporción de todas las especies de dos sitios que ocurren solo en uno de ellos. Este índice de complementariedad va de 0 cuando las biotas son totalmente iguales a 1 cuando son totalmente diferentes (Colwell y Coddington, 1994).

C = complementariedad

$$C_{AB} = U_{AB}/S_{AB}$$

Esta dada por:

S_{AB} = La riqueza total para ambos sitios combinados.

U_{AB} = Especies únicas a cualquiera de los dos sitios

S_{AB} está dada por

$$S_{AB} = a + b - c$$

Donde a = el número de especies del sitio A,

b = es el número de especies del sitio B,

c = es el número de especies en común entre los sitios A y B.

U_{AB} está dada por:

$$U_{AB} = a + b - 2c$$

Usando datos de incidencia se calcularon los índices de Jaccard y Sorensen (Krebs, 1999; Moreno, 2001) con el programa Past ver. 1.99 (Hammer, *et al.* 2001). El intervalo de valores para estos índices va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1

cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies. Complementariamente se llevó a cabo un análisis de agrupamiento jerárquico el cual permite representar de forma gráfica las agrupaciones basadas en la similitud de especies entre los sitios estudiados.

7.2.6 Diversidad Gamma

Para la diversidad gamma también se presenta una curva de acumulación de especies para el paisaje total Chisec-Lachuá con el ajuste a la función de Clench. También se calculó el índice de diversidad gamma propuesto por Moreno (2001) según la derivación de Lande (1996) basado en la riqueza de especies. Donde se divide el valor de la diversidad gamma en dos componentes aditivos y positivos: diversidad dentro de las comunidades (alfa) y diversidad entre comunidades (beta), de forma que:

Donde

q_j = peso proporcional de la comunidad j , basado en su área o cualquier otra medida de importancia relativa, en nuestro caso se utilizó 0.25 para cada comunidad.

S_i = Número total de especies registradas en el conjunto de comunidades.

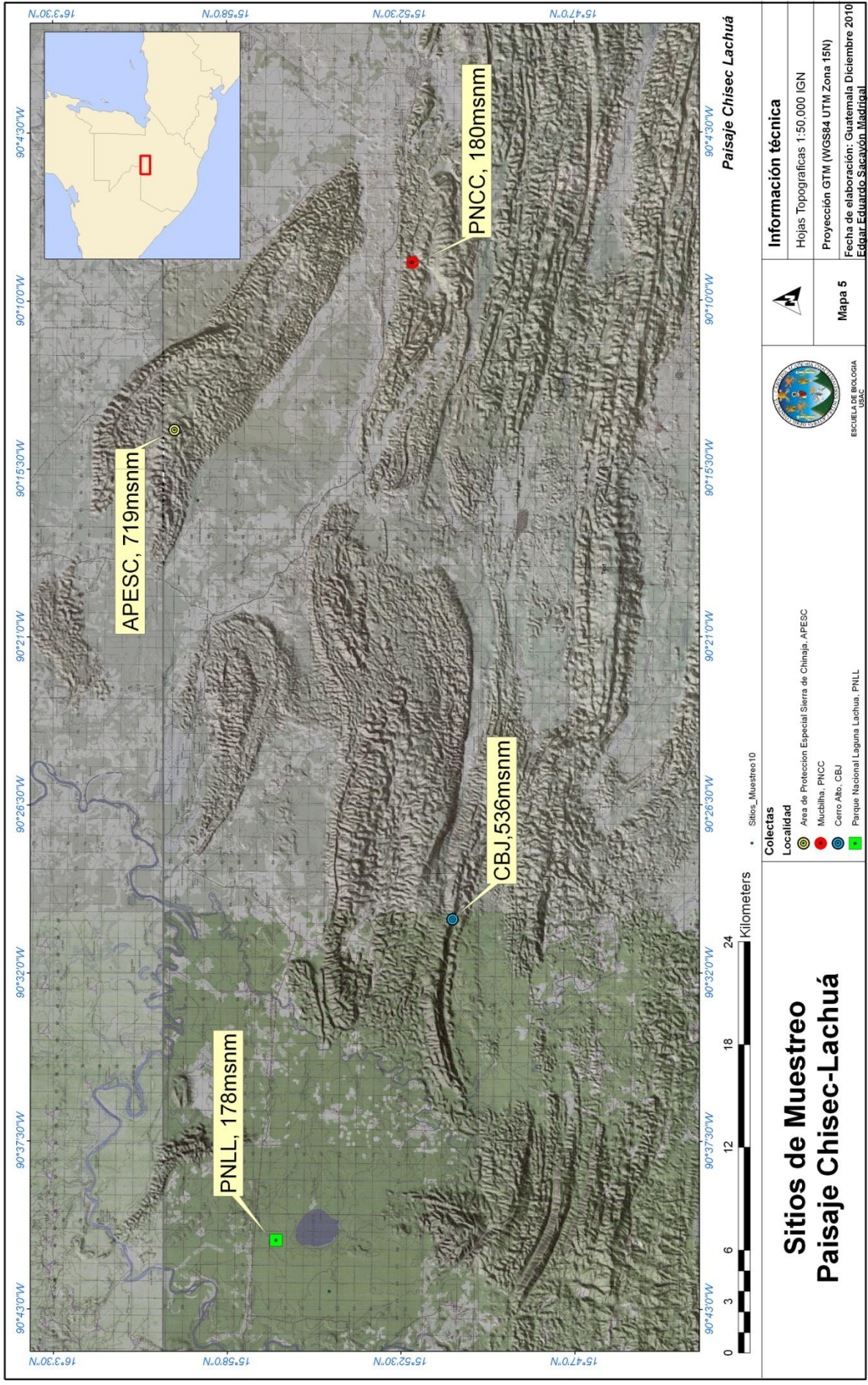
S_j = Número de especies registradas en la comunidad j .

7.1 Manejo y conservación

Para poder proporcionar los lineamientos de manejo para la conservación del paisaje regional Chisec-Lachúa, se revisaron los planes de manejo, estudio técnico y plan maestro de descritos en los siguientes tabla 3. Estos se presentan en una tabla

Tabla 4. Análisis de documentos de las áreas protegidas o con algún estatus de manejo en el Paisaje Chisec-Lachua.

| Área | Documento | Autor | Año Publ. |
|-------------|---------------------|--------------|------------------|
| PNLL | Plan Maestro | INAB | 2003 |
| APESC | Estudio Técnico | APROBA SANK | 2006 |
| PNCC | Plan Maestro | FIPA | 2003 |
| CBJ | Informes Narrativos | APROBA SANK | 2007 |



Sitios de Muestreo Paisaje Chisec-Lachúa

- Colectas**
- Localidad
 - Área de Protección Especial Sierra de Chuajut, APESC
 - Mucbilha, PNCC
 - Cerro Alto, CBU
 - Parque Nacional Laguna Lachua, PNLL



Mapa 5

Información técnica

Hojas Topográficas 1:50,000 IGN

Proyección GTM (WGS84 UTM Zona 15N)

Fecha de elaboración: Guatemala Diciembre 2010

Edgar Eduardo Sacayón Madrigal

Paisaje Chisec Lachúa

Mapa 5. Sitios de muestreo. Noviembre 2010

8. Resultados

8.1 Análisis del Paisaje

La cantidad de índices resultado del análisis del paisaje es bastante diverso (Anexo 1), muchos de ellos se encuentran altamente correlacionados (Turner, Gardner y O’neill, 2001), por lo que se presentan a continuación los que proporcionan la información más importante para la secuencia de tiempo del año 1979 al 2003. Los mapas 1-4 presentan las cuatro clases de cobertura: Bosques, Agropecuarios, Sin cobertura, Sin Datos. En todas las graficas se presentan el nombre de los índices en español y en ingles para que puedan ser comparados con las tablas de datos originales.

8.1.1 Deforestación

Se encontró que en total se han perdido 73,249.76 ha en el periodo de tiempo de 24 años, esto es una pérdida del 42.67% de bosque original (Figura 3). También se puede observar que cada periodo que se presenta, la tasa de deforestación continua, llegando hasta un máximo en el último periodo del 2000 al 2003, en el que se observa una tasa de deforestación de 12,360 ha/año (Tabla 5). Los usos de suelo agropecuarios van en aumento en relación directa con la deforestación mientras que se mantiene la cantidad de tierra sin cobertura constante. Monzón (1999) reporta en su análisis de cambio de uso del suelo en la ecoregión Lachuá una pérdida del 50% del bosque para un periodo de 42 años. Esta tendencia de aumento en la deforestación está influida por factores sociales, políticos y económicos, que varían en cada periodo de tiempo.

Tabla 5. Hectáreas deforestadas durante los tres periodos de tiempo analizados. Fuente: elaboración propia, 2011

| Período | Ha Deforestadas | Ha Deforestadas/año |
|-----------|-----------------|---------------------|
| 1979-1986 | 15277.9 | 2182.56 |
| 1986-2000 | 20891.09 | 1492.22 |
| 2000-2003 | 37080.77 | 12360.26 |

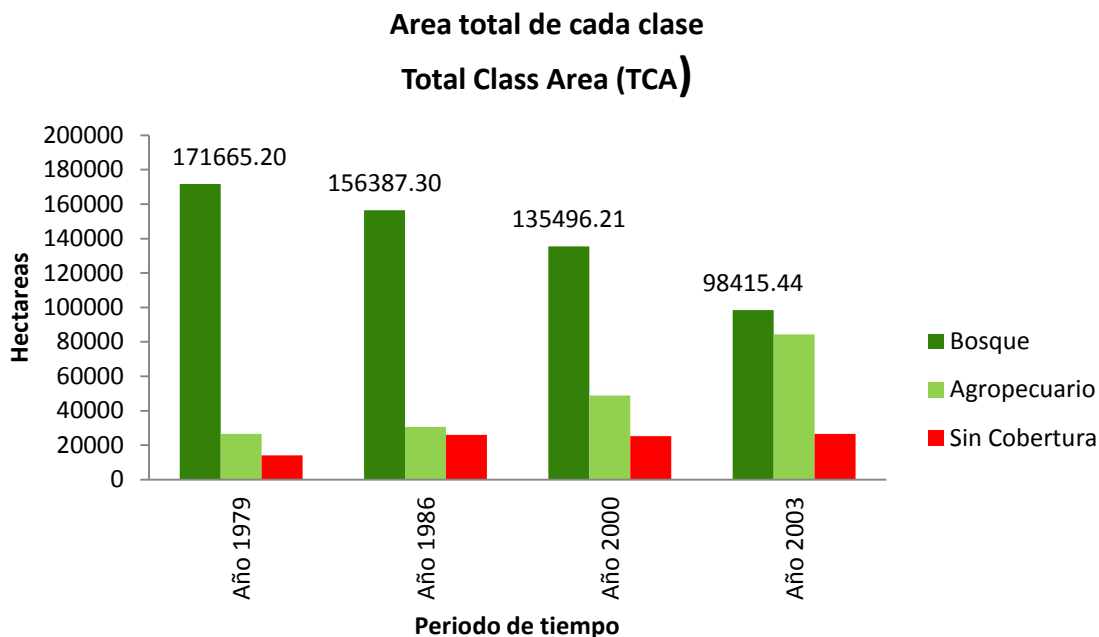


Figura 3. Área total de cada clase en cada periodo de tiempo basado en la cantidad de cobertura de la serie de imágenes satelares 1979-2003.

8.1.2 Índices de Composición

Los índices que cuantifican la composición del paisaje no son espacialmente explícitos, esto significa que miden lo que está presente y sus cantidades relativas sin importar la posición que ocupan en el paisaje (Turner, Gardner y O'Neill, 2001). El índice de **proporciones** indica la proporción de cada clase de parche en el paisaje (McGarigal y Marks 1995) los cuales se muestran en la Figura 4. En el año 1979 el 78.75% de los parches en el paisaje era bosque y solo el 12.13% del total pertenecía a parches de usos agropecuarios. Para el año 2003 el 45.43% del total del territorio son parches de bosque y nos damos cuenta que el total de los parches sin cobertura mas los parches de usos agropecuarios suman el 51.11% del paisaje.

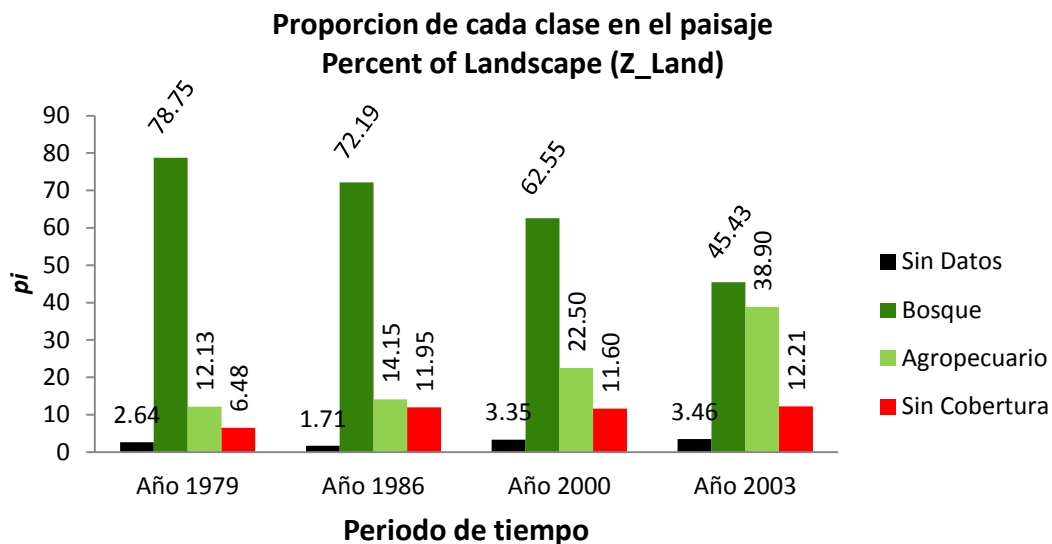


Figura 4. Índice de proporción de cada clase de cobertura en el paisaje total durante los cuatro periodos de tiempo.

El número de parches es otra medida del grado de fragmentación del paisaje, la diferencia con el índice de proporción es que no considera el área, por lo tanto se evidencia el número de parches de cada clase. La importancia de conocer el número de parches radica en el efecto que puede tener sobre una variedad de procesos ecológicos. Es evidente que el mayor número de parches del paisaje en el año 1979 era el de usos agropecuarios, los cuales se van disminuyendo. El número de parches de bosque en cambio, va en aumento, empezando en 525 en 1979 y finalizando en 1874 para el año 2003.

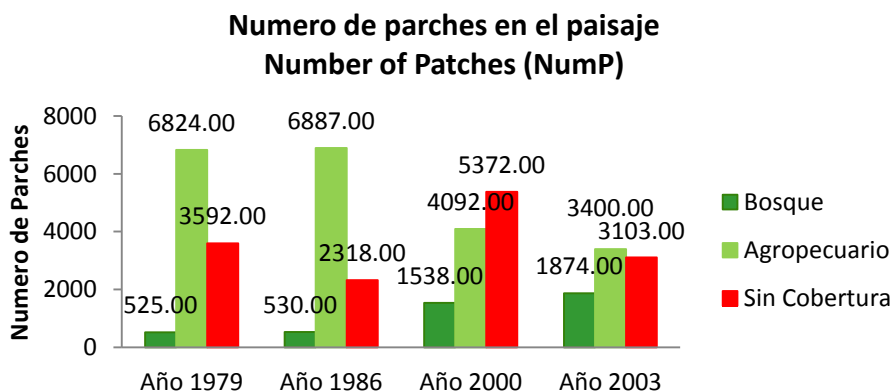


Figura 5. Índice del número total de parches de cada clase en el paisaje.

8.1.3 Índices de Forma

Una de las medidas más simples de la forma de los parches es su tamaño (Figura 6). Este es un atributo fundamental del carácter espacial de un parche. Este puede resumirse tanto a nivel del paisaje como a nivel de cada clase (McGarigal, 2002). En el presente análisis, se presenta el tamaño promedio de los parches de cada clase en los que se observa que los parches de bosque se van reduciendo de 326 ha a 52 ha. Esto significa que del total de parches, hay una gran cantidad que poseen un tamaño pequeño. El tamaño de los parches de usos agropecuarios y sin cobertura no varía mucho durante los 24 años, probablemente evidencian el tipo de parcelas de usos agropecuarios.

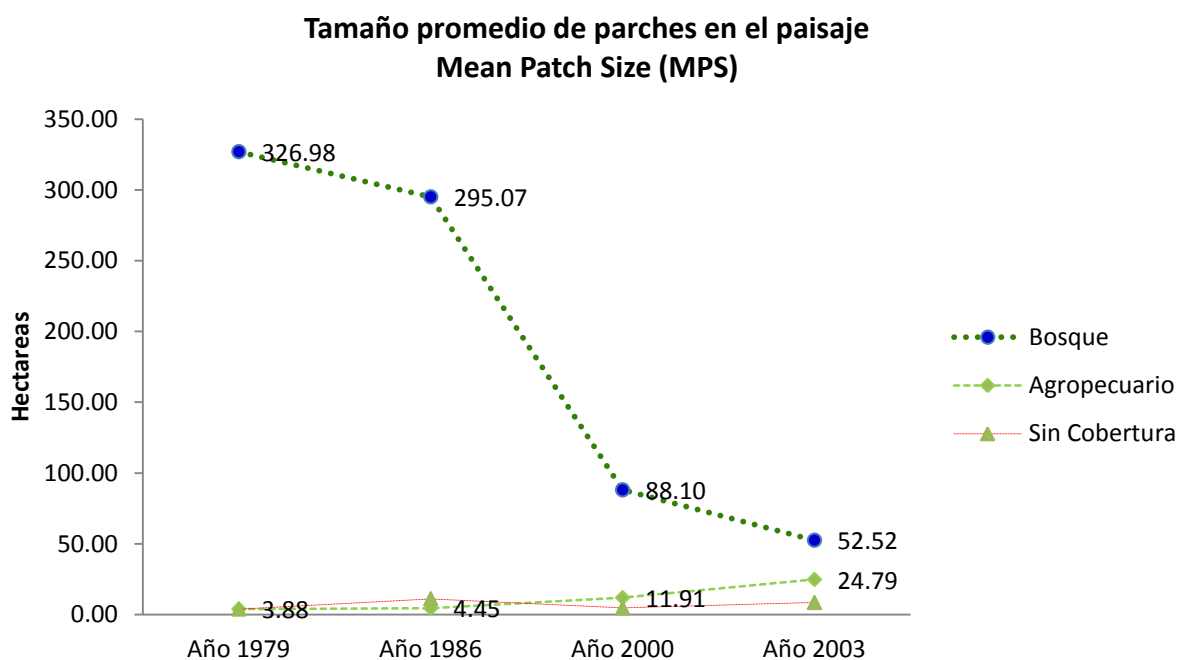


Figura 6. Índice de tamaño promedio de los parches de cada clase en el paisaje total.

El índice de forma promedio de los parches de cada clase es una medida de la complejidad geométrica de cada fragmento, pudiendo ser simple, compacto o irregular. Por lo general estos índices no asignan un valor a cada tipo de forma, por lo que utilizan una figura como el cuadrado o círculo como parámetro de comparación, también son conocidos como fractales (McGarigal, 2002). En este caso el índice MSI asigna un valor de uno cuando los parches se asemejan a un cuadrado. Los parches de uso agropecuario se alejan del valor de uno con el paso del tiempo, lo que significa que tienen formas cada vez más complejas, mientras que el valor de los parches de bosque se acercan a uno en el último periodo.

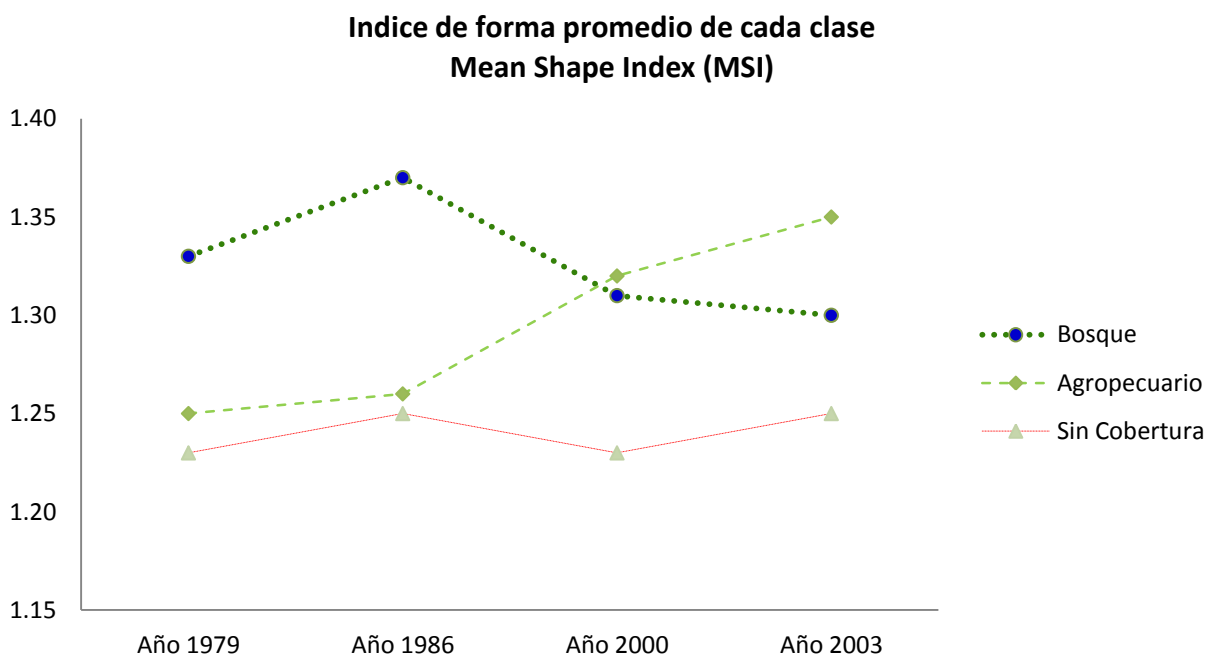


Figura 7. Índice de forma promedio de los parches de cada clase en el paisaje. El índice se acerca a 1 entre mas se asemejan a una figura cuadrada.

8.1.4 Configuración espacial

La configuración espacial es un poco más difícil de cuantificar, y se refiere a la posición y arreglo espacial de los parches en el paisaje. Algunos aspectos de la configuración son medidas del carácter espacial de los mismos parches a pesar que la agregación se da a la escala del paisaje o de cada clase. El patrón espacial representado se refiere al carácter espacial de los parches individuales. La configuración también puede ser cuantificada en términos de la relación espacial de los parches o tipos de parches. Estos aspectos de la configuración son medidas de la distancia entre los distintos tipos de parches u otros caracteres de interés. Estas medidas son espacialmente explícitas a escala del paisaje por que representan de alguna manera la ubicación relativa de los parches individuales dentro del mosaico total (McGarigal, 2002). El índice de vecino cercano promedio (MNN) indica el grado de aislamiento de los parches en el paisaje, esta distancia promedio está dada por la distancia más corta entre cada parche de la misma clase. En este análisis se puede ver que la distancia entre los parches de bosque se hace cada vez más grande, mientras que los parches de uso agropecuario se están acercando.

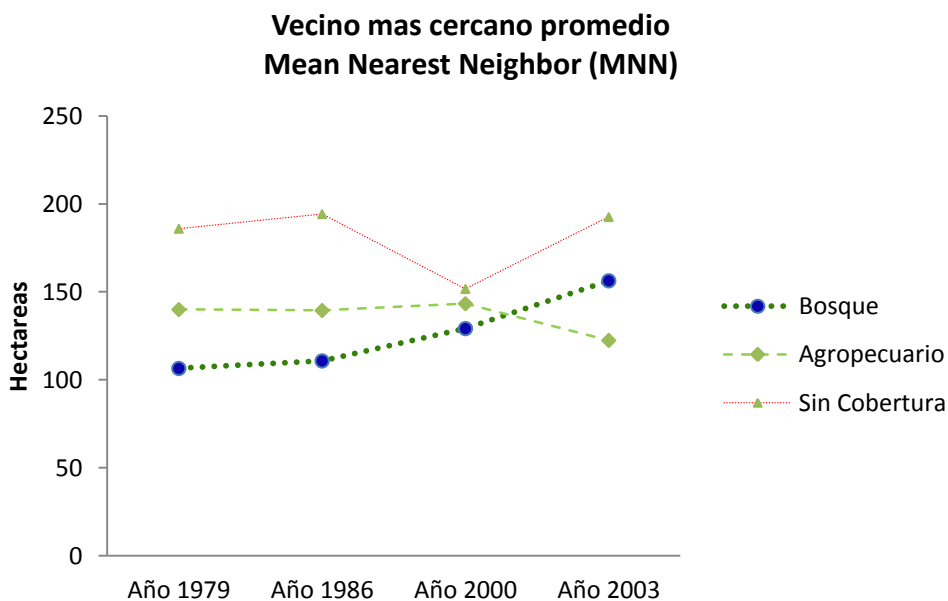


Figura 8. Índice del vecino más cercano promedio de los parches de cada clase en el paisaje. El índice considera la distancia mínima que existe entre dos parches de la misma clase.

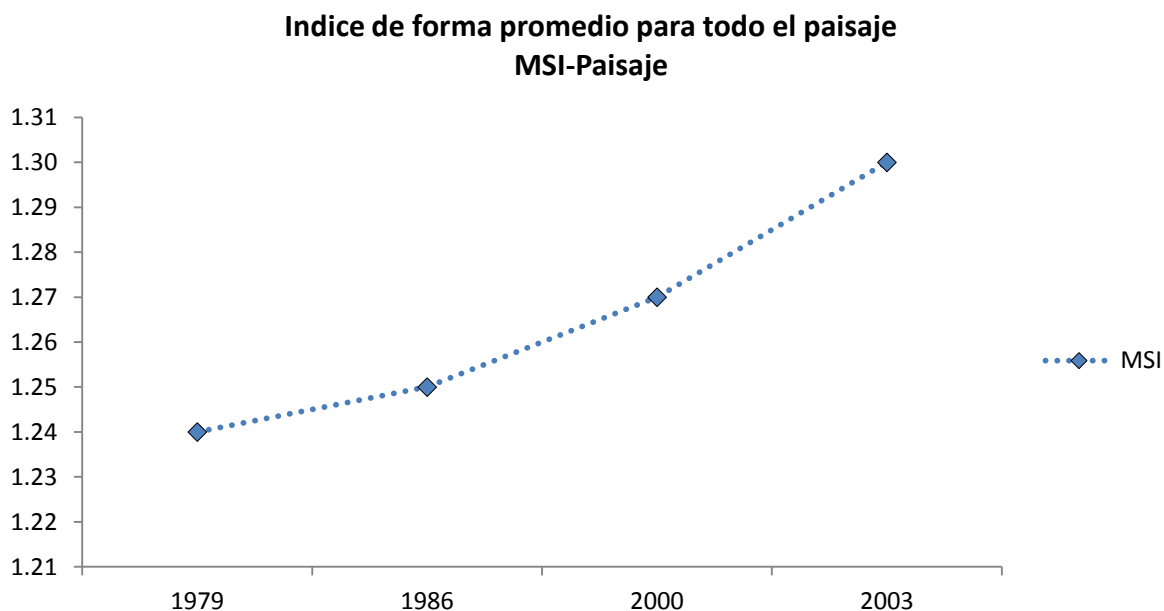


Figura 9. Índice de forma promedio de todos los parches en el paisaje sin considerar a que clase pertenecen.

Para observar la complejidad de las formas de los parches en el área total de estudio se utilizó el índice de forma promedio pero a escala del paisaje, como ya se mencionó anteriormente esta medida tiende a uno cuando las formas se asemejan a un cuadrado, por lo tanto en el paisaje la forma se va haciendo cada vez más compleja debido a los cambios en el uso del suelo. Esta medida es otra manera de observar la transformación del paisaje total. Este índice puede servir para hacer comparaciones entre paisajes similares y observar el grado de transformación a través de un periodo de tiempo.

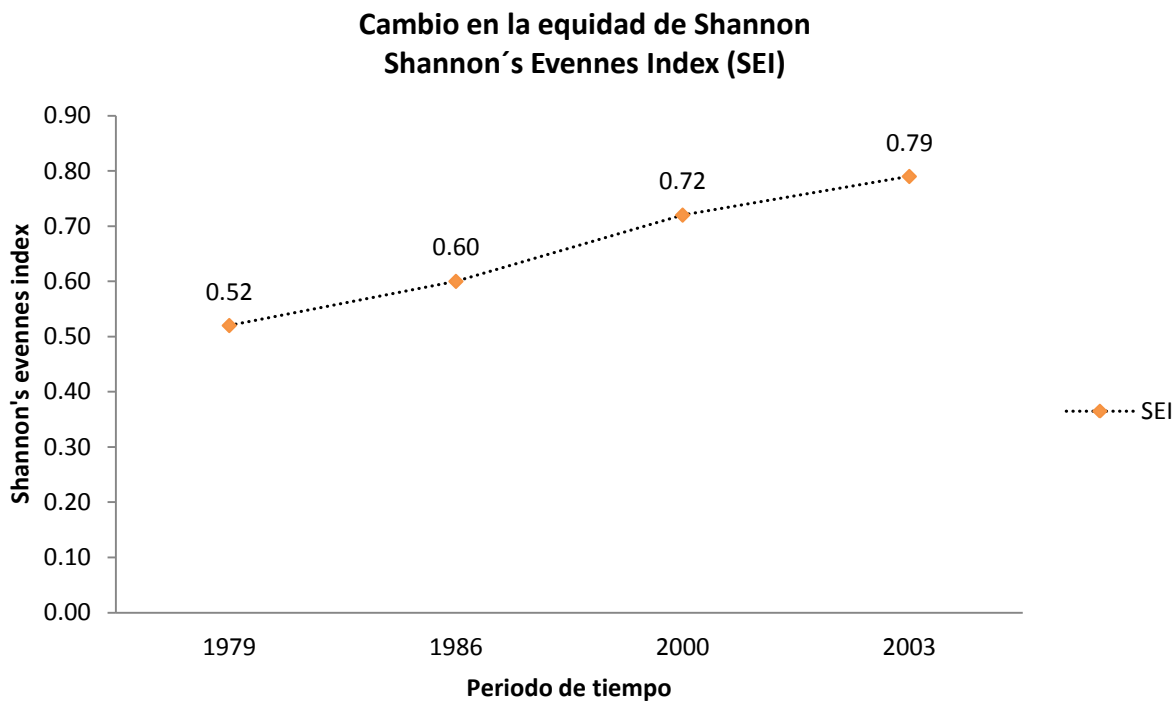


Figura 10. Índice de equidad de la distribución de áreas de los parches de cada clase en el paisaje. El índice se acerca a 1 en cuanto mas equitativos sean los tamaños de los parches

El índice de equidad de Shannon, calcula la distribución de área entre los parches de las distintas clases en el paisaje, también se puede considerar como una medida inversa de la dominancia, y sus valores se acercan a 1 cuando la equidad es mayor (McGarigal y Marks, 1995). En el periodo inicial del análisis del paisaje el valor es bajo en comparación del último año. Esto puede interpretarse debido a la dominancia de los parches de bosque en relación con la menor cantidad de parches de usos agropecuarios. Sin embargo conforme pasa el tiempo el valor de la equidad se va haciendo más grande lo que significa un aumento en el área de los parches de la clase de usos agropecuarios en relación al uso bosque.

8.2 Análisis de Biodiversidad

8.2.1 Estimación de la riqueza y diversidad alfa

El resultado de los muestreos en los cuatro sitios se muestra en la tabla 6. El PNLL presentó una mayor riqueza (15 especies), luego siguió la APESC (14 especies), después el CBJ (13 especies) y por último el PNCC (9 especies). Se construyeron las curvas de acumulación de especies (Figura 11) utilizando la función de Clench (Soberón y Llorente, 1993), el valor de r (coeficiente de determinación) para los datos de los cuatro sitios es de 0.99, este valor se acerca a 1 entre mejor se ajusta la función a los datos (Jimenez-Valverde y Hortal, 2003).

Tabla 6. Estimador asintótico de Clench con datos de colecta aleatorizados 100 veces. Fuente: EstimateS 8.2. PNLL= Parque Nacional Laguna Lachuá, PNCC= Parque Nacional Cuevas de Candelaria, CBJ= Corredor Biológico del Jaguar, APESC= Área de Protección Especial Sierra de Chinajá.

| | CBJ | APESC | PNCC | PNLL |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Individuos | 66 | 56 | 63 | 258 |
| Sobs (Mao Tau) | 13 | 14 | 9 | 15 |
| a | 3.35 | 2.74 | 2.59 | 7.42 |
| b | 0.19 | 0.13 | 0.23 | 0.44 |
| r | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| Asintota (a/b) | 17.79 | 21.51 | 11.19 | 16.96 |
| % inventario | 73.09 | 65.09 | 80.42 | 88.44 |

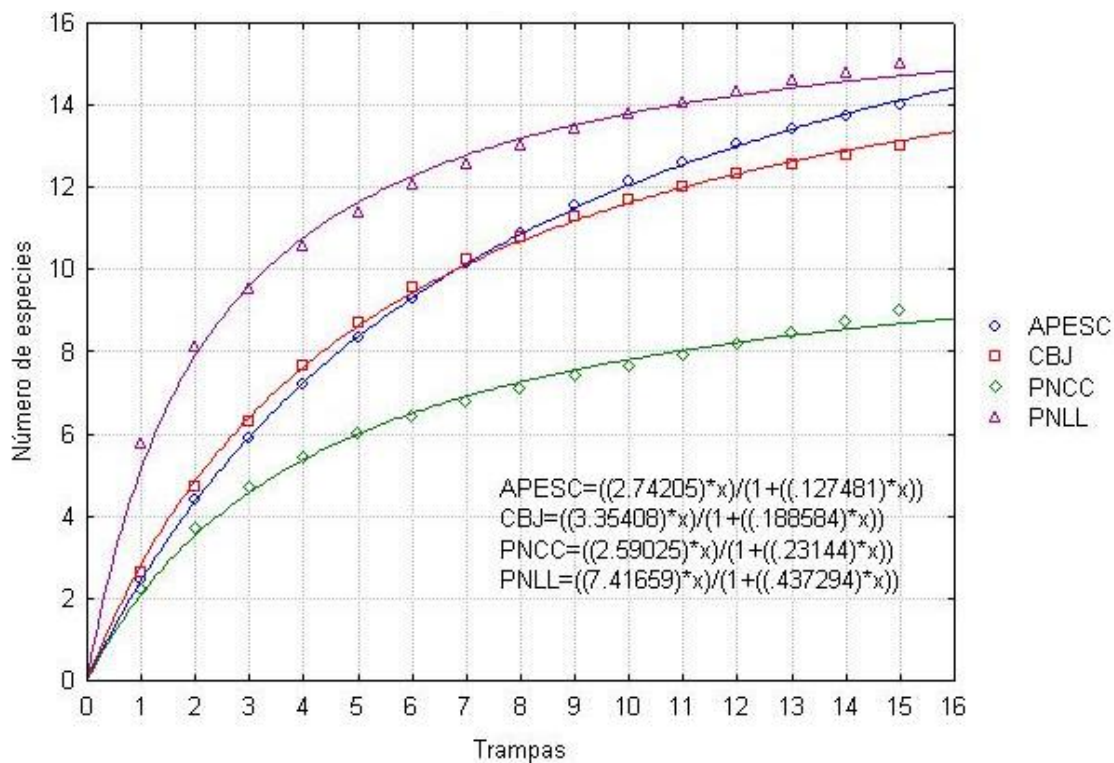


Figura 11. Curvas de acumulación de especies para los sitios de muestreo del paisaje. Función asintótica de Cleinch ajustada a los datos aleatorizados $S_n = \frac{an}{1+bn}$

Mediante este procedimiento se logró obtener los valores de la asíntota que están representados por la relación a/b , este valor es la estimación de la riqueza total de un área determinada (diversidad alfa) y por lo tanto podemos conocer que tan completo es nuestro inventario. En el PNLL y el PNCC donde se alcanzo un 88% y 80% del total de la riqueza de escarabajos respectivamente, la curva parece haber alcanzado una asíntota, en cambio en la APESC con un 65% y el CBJ con un 73% del total tiene una curva con una pendiente más pronunciada, lo que nos dice que todavía faltan especies por conocer.

8.2.2 Graficas de Abundancia Relativas

Durante las colectas se pudo observar que de los cuatro sitios de muestreo, el PNLL presentó una abundancia cuatro veces mayor que el CBJ, APESC y el PNCC. En el PNLL se colectaron 258 especímenes, en el CBJ 66 individuos, en el PNCC 63 y en el APESC 56, en total suman 443 escarabajos. *Deltochilum pseudoparile* parece ser la especie más abundante en el paisaje Chisec-Lachuá pues se encontró en los cuatro sitios de muestreo y en tres de estos con una elevada abundancia.

En el PNLL las abundancias relativas de todas las especies de escarabajos están mejor distribuidas que la de los otros tres sitios de muestreo. En esta comunidad hay especies raras: *Uroxys sp.*, *Phanaeus sallei*, *Onthophagus incensus* y *Onthophagus crinitus*; especies ocasionales *Onthophagus batesi* y *Dichotomius satanas*; especies frecuentes *Onthophagus maya*, *Eurysternus caribaeus*, *Megathoposoma candezei*; especies comunes *Phanaeus endymion*, *Copris laeviceps*, especies abundantes *Deltochilum gibbosum*, *Canthidium centrale*, *Copronaheus telamón* y *Deltochilum pseudoparile*.

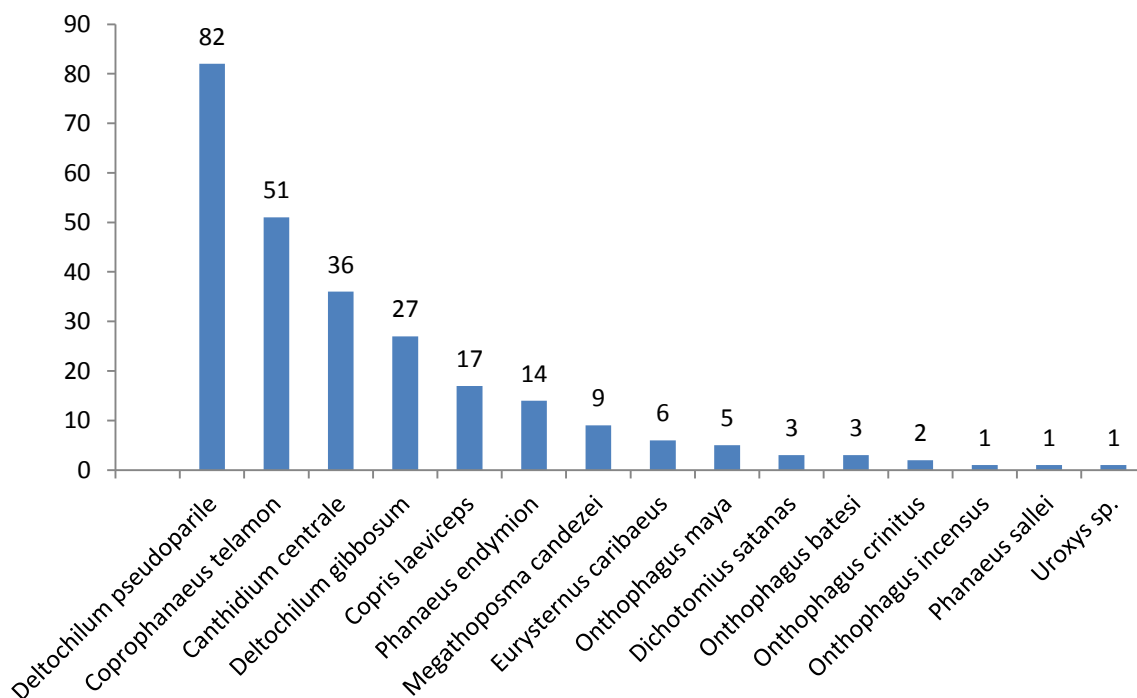


Figura 12. Grafica de abundancias relativas del Parque Nacional Laguna Lachuá.

En el CBJ, APESC y PNCC la distribución de las abundancias relativas dentro de la comunidad de escarabajos es muy diferente, aparecen pocas especies abundantes y un mayor número de especies raras y ocasionales.

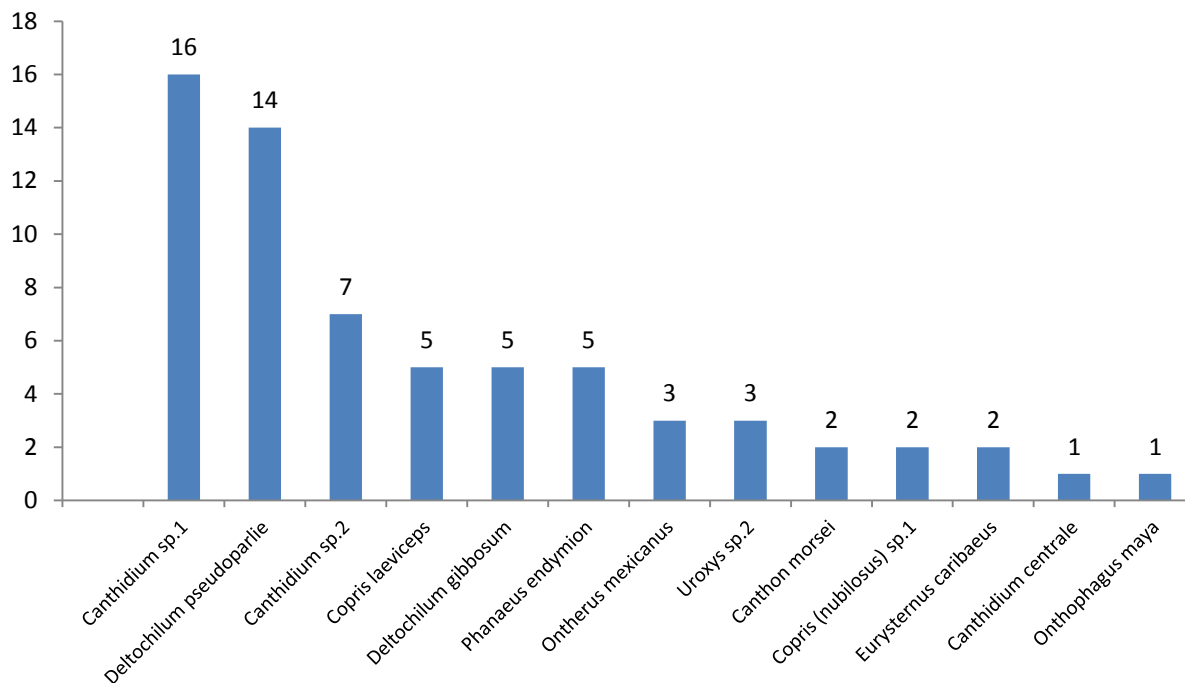


Figura 13. Graficas de abundancias relativas del Corredor Biológico del Jaguar.

El CBJ y la APESC son sitios con condiciones topográficas muy semejantes, los suelos son kársticos, bastante porosos pues las raíces de los arboles crecen encima de rocas grandes lo que disminuye la capa de tierra en el suelo. En muchas ocasiones se hace difícil caminar pues se corre el peligro de caer en orificios. La estructura de la vegetación asemeja a la de un bosque nuboso, y la humedad es bastante elevada. Las trampas en ambos sitios fueron colocadas cercana a arboles donde había suficiente suelo para cavar un hoyo. Las abundancias de ambas comunidades es bastante similar. Una o dos especies abundantes, las demás ocasionales o raras.

En el CBJ una especie del género *Canthidium* y *Deltochilum pseudoparile* son las más abundantes. *Canthidium sp.2*, *Copris laeviceps*, *Deltochilum gibbosum*, *Phanaeus endymion*, *Ontherus mexicanus* y *Uroxys sp.2*, son especies ocasionales y *Canthon morsei*, *Copris nubilosus*, *Eurysternus caribaeus*, *Canthidium centrale* y *Onthophagus maya* son raras.

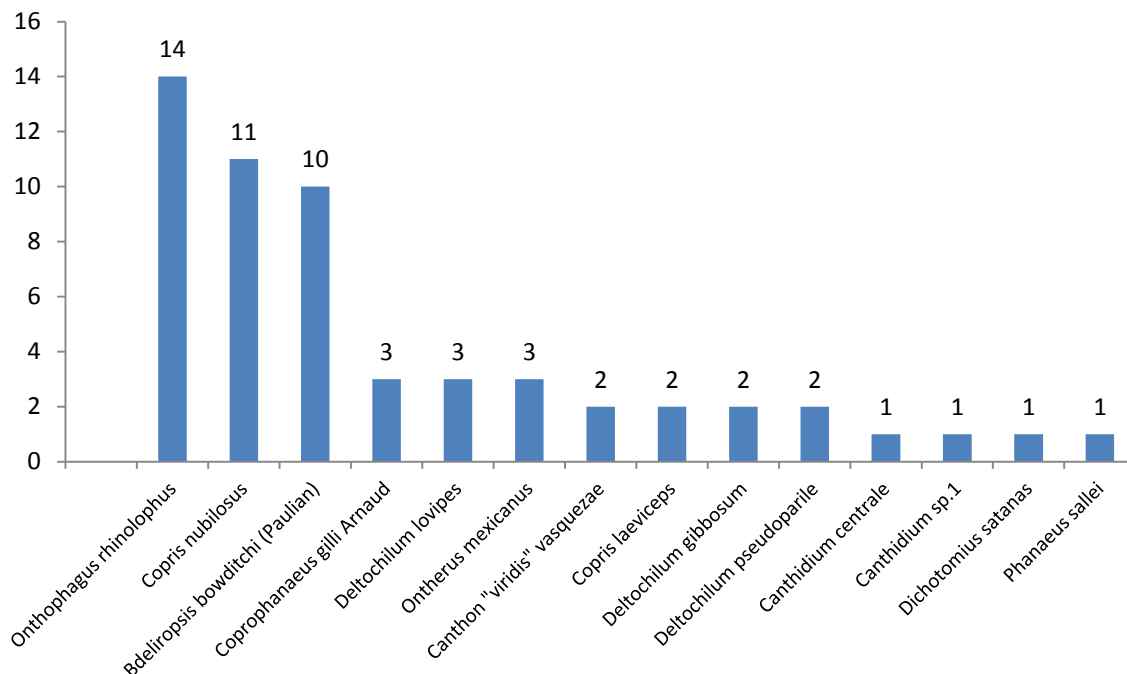


Figura 14. Abundancias relativas del Área de Protección Especial Sierra de Chinajá.

Copris nubilosus es la única especie que parece ser exclusiva de los bosques que se encuentran a una altura encima de los 400msnm, pues solo se encontró en el CBJ y en la APESC. La presencia de especies sin descripción del genero *Canthidium* y *Uroxys* en la APESC y en el CBJ podrían proporcionar nuevas descripciones de escarabajos en el futuro.

En el PNCC *Bdeliopsis bowditchi* es la especie más abundante, seguido por *Deltochilum pseudoparile* y *Copris laeviceps*. *Phanaeus endymion* y *Coprophanæus telamon* parecen ser especies comunes, y *Ateuchus candezei*, *Deltochilum gibbosum*, *Eursyternus caribæus* y *Onthophagus rhinolophus* parecen ser muy raras. Sin embargo tres de las trampas que fueron colocadas en este sitio fueron perturbadas por algún mamífero que decidió alimentarse del cebo o de las capturas, pues se encontraron totalmente vacías y afuera del agujero.

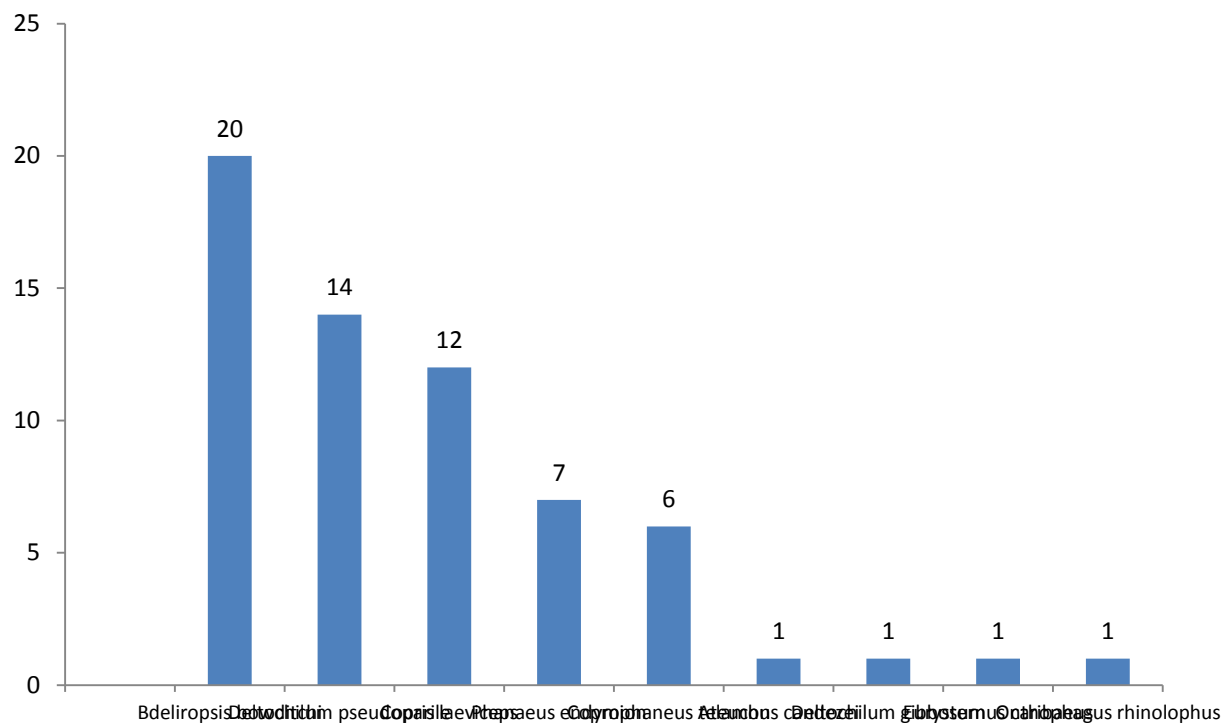


Figura 15. Abundancias relativas del Parque Nacional Cuevas de Candelaria

8.2.3 Diversidad Beta

El análisis de diversidad beta se realizó para identificar la relación y el recambio entre los cuatros sitios de muestreo. Los índices de complementariedad “C” son más elevados entre la APESC – PNLL y APESC – PNCC, este índice sugiere que las comunidades están por encima del 70% de diferencia, el menor índice se encontró entre APESC – CBJ con un 65% de complementariedad.

Tabla 7. Análisis de diversidad Beta utilizando EstimateS ver 8.2. PNLL= Parque Nacional Laguna Lachuá, PNCC= Parque Nacional Cuevas de Candelaria, CBJ= Corredor Biológico del Jaguar, APESC= Área de Protección Especial Sierra de Chinajá.

| | APESC CBJ | APESC PNLL | APESC PNCC | CBJ PNLL | CBJ PNCC | PNLL PNCC |
|-------------------------|--------------|---------------|---------------|-------------|-------------|--------------|
| Shared Species Observed | 7 | 6 | 5 | 7 | 5 | 6 |
| Jaccard Classic | 0.35 | 0.261 | 0.278 | 0.333 | 0.294 | 0.333 |
| Sorensen Classic | 0.519 | 0.414 | 0.435 | 0.5 | 0.455 | 0.5 |
| <i>Sab</i> | 20 | 23 | 18 | 21 | 17 | 18 |
| <i>Uab</i> | 13 | 17 | 13 | 14 | 12 | 12 |
| C | 0.65 | 0.74 | 0.72 | 0.67 | 0.71 | 0.67 |

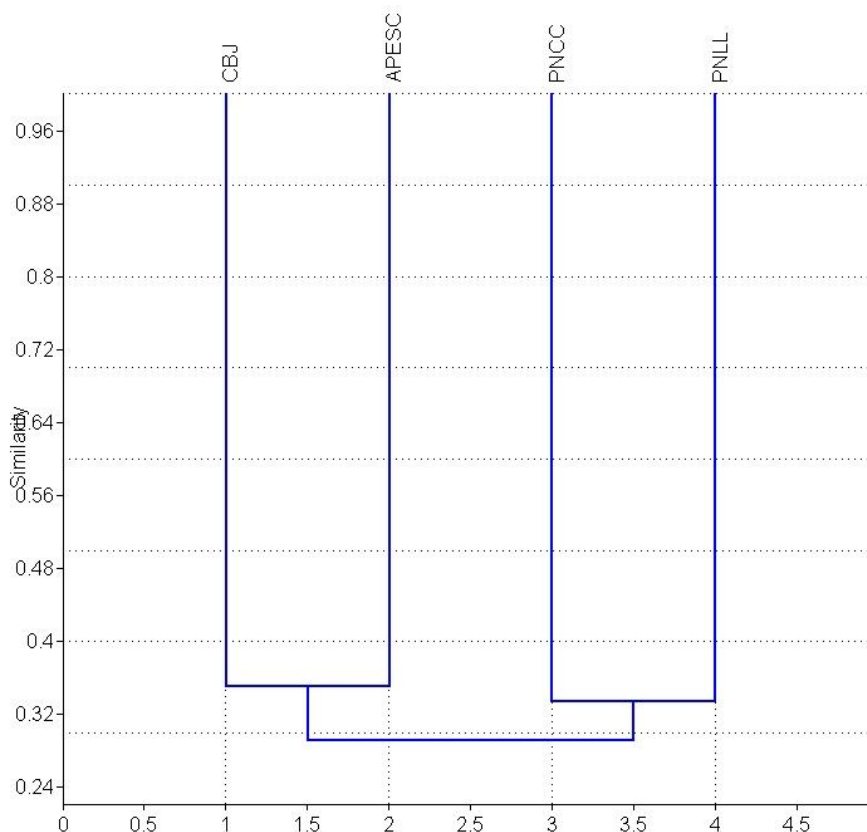


Figura 16. Análisis de agrupamiento, utilizando el algoritmo UPGMA, con el índice de similitud de Jaccard. Colectas Noviembre 2010. Fuente: Past 1.99. PNLL= Parque Nacional Laguna Lachuá, PNCC= Parque Nacional Cuevas de Candelaria, CBJ= Corredor Biológico del Jaguar, APESC= Área de Protección Especial Sierra de Chinajá.

Para observar la relación entre los sitios de muestreo se construyó una matriz de presencia-ausencia y esta se utilizó para el análisis de similitud y agrupamiento jerárquico. Los resultados del análisis de similitud de Jaccard expresados por medio de una grafica demuestran la relación más próxima que existe entre el CBJ con el APESC, y el PNCC con el PNLL. También se utilizaron los índices de Sorensen para evaluar esta similitud (Tabla 7), con lo cual se obtuvo el valor más elevado para el APESC con el CBJ (0.519).

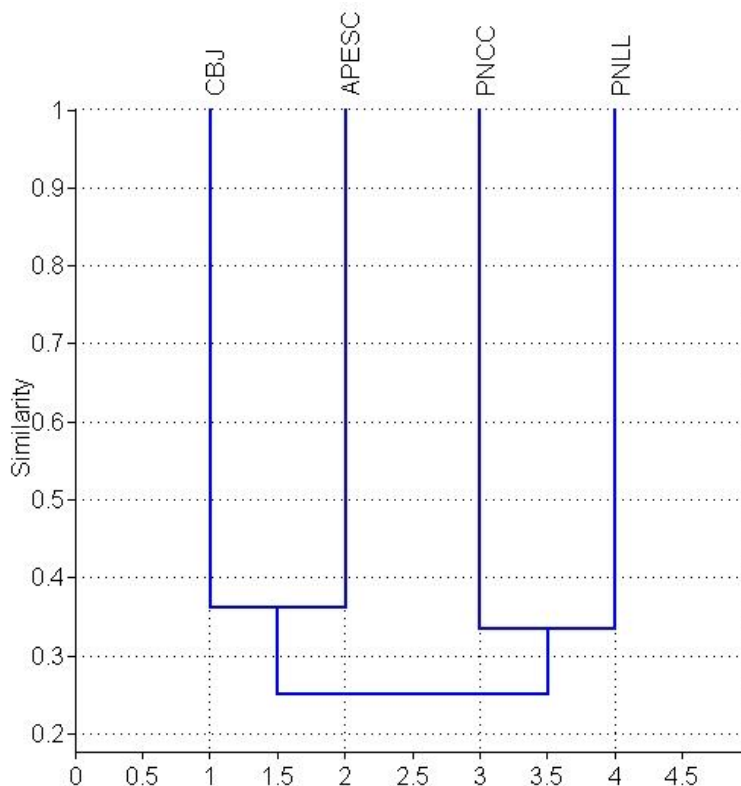


Figura 17. Análisis de agrupamiento utilizando el algoritmo UPMGA, con el índice de similitud de Jaccard para el Paisaje Chisec-Lachuá con los datos de presencia ausencia de colectas de un periodo de 10 años. (Tabla 14). PNLL= Parque Nacional Laguna Lachuá, PNCC= Parque Nacional Cuevas de Candelaria, CBJ= Corredor Biológico del Jaguar, APESC= Área de Protección Especial Sierra de Chinajá.

Esta relación se obtuvo a partir de los escarabajos colectados en el mes de noviembre del año 2010 para el presente trabajo de tesis. Para comprobar si esta relación era verdadera y no solo un resultado casual del azar, se elaboró una segunda matriz de datos de presencia-ausencia con los datos de colectas de investigaciones previas (Avendaño-Mendoza, 1999.a; Avendaño Mendoza 1999.b; Avendaño-Mendoza, *et al.* 2005, Jolón, 2003, Bonham, *et al.* 2006), y se realizó un segundo análisis de agrupamiento jerárquico. El resultado se presenta en la figura 17, el cual agrupa a el CBJ con el APESC y al PNLL con el PNCC.

8.2.4 Diversidad Gama

Para el análisis de diversidad gama se utilizaron todos los datos de los cuatro sitios de muestreo, la función de Clench se ajustó a la curva y nos da un valor de la asíntota de $17.93 / 0.41 = 43$ especies. Por lo que las 27 especies encontradas forman el 63% del inventario total para el paisaje de Chisec-Lachuá.

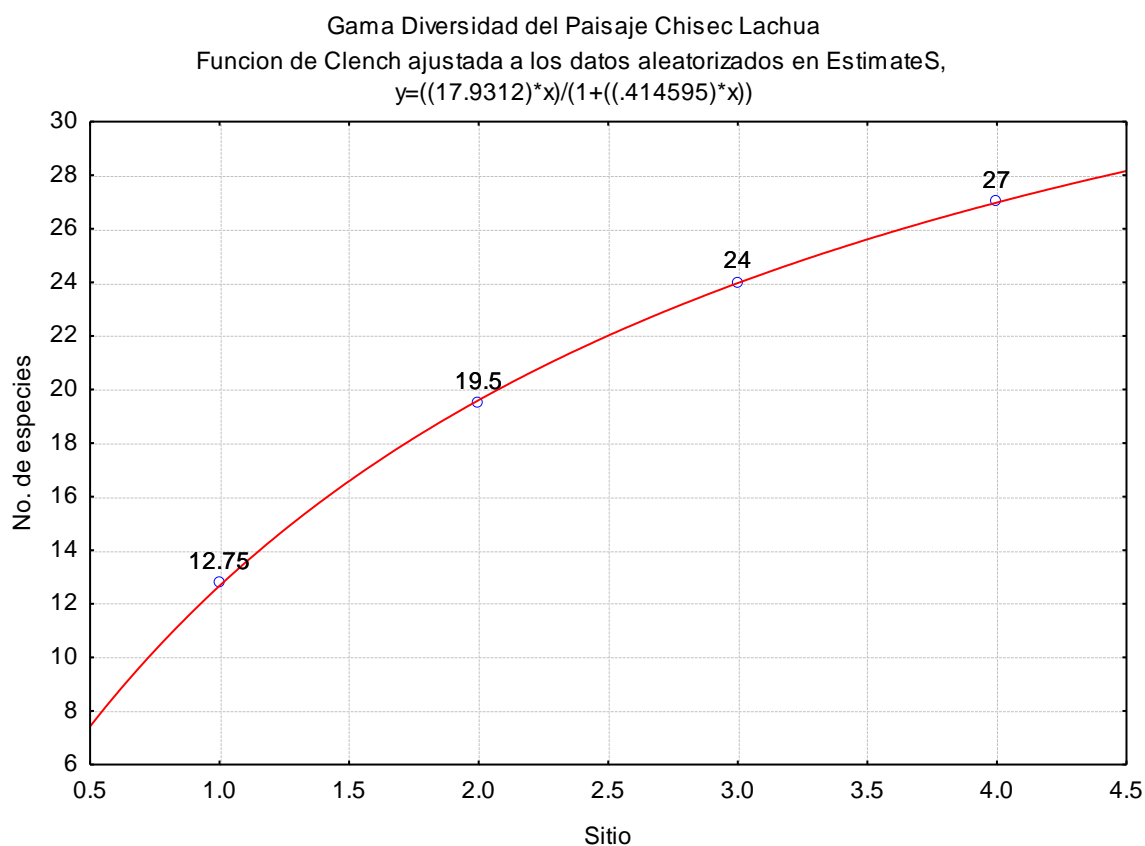


Figura 18. Curva de acumulación de especies para el paisaje Chisec Lachuá con sus intervalos de confianza

En la tabla 8 se presentan otros estimadores calculados por la aleatorización de los datos en el paquete EstimateS ver.8. Se presentan los valores de Jacnife de primer orden, ICE y MM que es la función de Michaelis Menten.

Tabla 8. Resultados de la aleatorización de datos en EstimateS ver .8, para la diversidad gama del paisaje Chisec-Lachua.

| Samples | Paisaje Chisec Lachúa |
|-------------------------|-----------------------|
| Individuals (computed) | 443 |
| Sobs (Mao Tau) | 27 |
| Sobs 95% CI Upper Bound | 31.34 |
| ICE Mean | 40.07 |
| Jack 1 Mean | 36 |
| MMMeans (1 run) | 43 |

Par obtener la diversidad gamma en función de la diversidad alfa promedio y beta se realiza la siguiente operación.

$$\begin{aligned}
 \text{Diversidad gama} &= \text{alfa promedio} + \text{beta} \\
 \gamma &= 12.75 + 0.25 (27-14) + 0.25 (27-9) + 0.25 (27-13) + 0.25 (27-15) \\
 \gamma &= 12.75\alpha + 14.25\beta \\
 &= 47\% + 53\% \\
 \gamma &= 27
 \end{aligned}$$

Con lo que obtenemos que la diversidad gamma de 27 especies tiene un 53% de la diversidad beta y un 47% de diversidad gamma promedio. Esto nos dice que la diversidad gama está fuertemente influenciada por el recambio de especies en el paisaje.

8.3 Análisis de Planes de Manejo

| Documento | Objetivos de conservación. | Estrategia de conservación | Debilidades | Considera la conectividad con otros ecosistemas |
|--|--|--|---|---|
| Plan Maestro del Parque Nacional Laguna Lachua. (PNLL) | <p>Conservar los ecosistemas naturales del PNLL y contribuir a la conservación de los procesos ecológicos y la biodiversidad en la Ecoregión Lachuá, garantizando a perpetuidad la provisión de bienes y servicios para las comunidades colindantes y la sociedad guatemalteca en su conjunto (CONAP, 2003).</p> | <p>El PNLL posee personal capacitado y una administración dedicada a las actividades de manejo y conservación del parque. Además posee un atractivo turístico, "la Laguna" la cual le ha dado cierto reconocimiento, en este sentido el turismo es una de las actividades estratégicas que han permitido la aceptación entre algunas de las comunidades vecinas. Los guardarecursos son constantemente capacitados y son reconocidos a nivel nacional.</p> <p>La participación multiorganizacional, INAB, CONAP, USAC han permitido ejecutar una serie de programas de investigación y monitoreo, que han dado soporte a la estructura administrativa.</p> | <p>Insuficiencia en recursos presupuestarios ha limitado las acciones de operación de los distintos programas de manejo.</p> <p>La pobreza extrema de las comunidades y la falta de fuentes de empleo y actividades.</p> <p>Agricultura tradicional, maíz, cardamomo y ganado, talas ilícitas para productos maderables, aumenta la fragmentación de los ecosistemas.</p> <p>Exploración Petrolera sin políticas definidas en áreas protegidas.</p> | <p>Según Hermes (com.pers. 2011) se han tomado varias acciones para mejorar la conectividad de las áreas norte y sur del PNLL, se ha incrementado los incentivos forestales, reservas comunitarias, áreas protegidas privadas, en la región de Faisán en el sureste dándole prioridad a las áreas cercanas a los sitios identificados como corredores biológicos. En el área norte del PNLL se tiene una iniciativa para la protección de áreas de reserva para especies cinegéticas la cual no se ha concretado.</p> |

| Documento | Objetivos de conservación. | Estrategia de conservación | Debilidades | Considera la conectividad con otros ecosistemas |
|--|--|---|--|---|
| Plan Maestro Parque Nacional Cuevas de Candelaria (PNCC) | <p>Proveer lineamientos y estrategias de acción a fin de maximizar los beneficios y minimizar los impactos negativos de las actividades de manejo y conservación de los recursos naturales y culturales del polígono declarado Patrimonio Cultural de la Nación denominado Cuevas de Candelaria.</p> <p>Integrar el aprovechamiento de recursos naturales y culturales del Parque Nacional Cuevas de Candelaria, para que en su conjunto tiendan a mejorar las condiciones de vida de los miembros de las comunidades y demás actores locales, mediante su participación activa y organizada.</p> <p>Maximizar la viabilidad ecológica de las Cuevas de Candelaria en el contexto de conservación y desarrollo regional, considerándolos como una pieza clave en el acoplamiento de un corredor biológico en esta parte del país. De esta cuenta el manejo de este patrimonio cultural debe considerar sus vínculos con otras áreas protegidas como el Parque Nacional Laguna Lachuá, con las áreas protegidas del sur de Petén a través del área de protección especial Sierra de Chinajá (Ministerio de Cultura y Deportes, 2003).</p> | <p>La estrategia de conservación está orientada al manejo turístico del complejo hidroespeleológico.</p> <p>Los 10 objetivos estratégicos se pueden resumir en: Reducir el impacto de los incendios forestales y de los asentamientos humanos. Reducir la extracción ilícita, mitigar el impacto de los desechos sólidos y líquidos sobre los cuerpos de agua, reducir el impacto de las prácticas agrícolas insostenibles y la expansión ganadera. Evitar el desarrollo de obras de infraestructura que deterioren el patrimonio, Prevenir la actividad petrolera y maximizar la viabilidad ecológica de las Cuevas de Candelaria en el contexto de conservación y desarrollo regional (Ministerio de Cultura y Deportes, 2003).</p> | <p>A pesar de que existe el apoyo financiero para 2 guardarecursos, la ausencia del IDAEH es una de las debilidades mas grandes que posee el parque. Según varias com.pers. esta institución realiza una o dos visitas anuales.</p> <p>La ausencia del CONAP y la falta de un programas de monitoreo e investigación biológica en el parque.</p> <p>No existe estructura administrativa.</p> <p>La actividad petrolera es reconocida como una de las amenazas más importantes sobre los ecosistemas existentes, desde el sitio de extracción y en los que atraviesa la tubería de conducción o transporte del petróleo desde los campos de explotación de la compañía PERENCO. Los efectos relacionados al área de Candelaria se enfocan a considerar perjuicios potenciales como la contaminación del suelo, alteración de ecosistemas y contaminación del recurso hídrico principalmente el Río Candelaria, tal como sucedió con el derrame provocado intencionalmente en 1,985, cuyos impactos negativos todavía están presentes.</p> | <p>A pesar de que en el plan maestro se considera al PNCC como un Paisaje Funcional, y dentro de sus objetivos estratégicos se encuentra maximizar la viabilidad ecológica de las Cuevas de Candelaria en el contexto de conservación y desarrollo regional, no existen acciones destinadas a promover la vinculación, desde el punto de vista biológico, con otras áreas protegidas.</p> |

| Documento | Objetivos de conservación. | Estrategia de conservación | Debilidades | Considera la conectividad con otros ecosistemas |
|--|--|---|---|--|
| <p>Estudio Técnico del Área de Protección Especial Sierra de Chinajá. (APESC)</p> | <p>Contribuir a la conservación de la Sierra Chinajá como área natural transicional de dos regiones biogeográficas de la región norte el país, que fomentan el endemismo y procesos ecológicos exclusivos.</p> <p>Fomentar la protección de los procesos ecológicos de los ecosistemas propios de sistemas karsticos y la cobertura boscosa de las zonas de recarga hídrica ubicadas en los sitios estratégicos de la Sierra Chinajá.</p> | <p>El estudio técnico se encuentra en proceso para ser aprobado por el CONAP, por lo que la estrategia de APROBA SANK, organización encargada de la ejecución del estudio técnico, se ha orientado a la resolución de los conflictos de las comunidades sobre los límites de los polígonos comunitarios y zonas de reserva, y a establecer acuerdos internos que respeten dicha zonificación.</p> | <p>La falta de interés de las autoridades por agilizar la declaratoria del APESC puede a largo plazo significar la degradación de los remanentes boscosos.</p> <p>Asimismo la presión por nuevos grupos campesino por tener acceso a terrenos baldíos dentro del área, es ya una realidad, que puede continuar mientras no sea aprobado el estudio técnico.</p> | <p>Sin ser aprobado el Estudio Técnico no existen acciones que promuevan la conectividad, únicamente acciones de organización comunitaria.</p> |
| <p>Promover el ordenamiento del uso actual de los recursos naturales en la zona núcleo y los sistemas productivos de la zona de amortiguamiento propuesta, aplicando normas de manejo, protección, conservación y uso sostenible de la biodiversidad en conjunto con las estructuras comunitarias presentes en el área.</p> <p>Integrar el aprovechamiento de recursos naturales y culturales de la Sierra Chinajá, para que en su conjunto contribuyan a mejorar las condiciones de vida de los habitantes de las comunidades y demás actores locales, mediante su participación activa y organizada en el manejo y conservación de la diversidad biológica del área. (APROBA SANK/CONAP, 2006)</p> | <p>La organización de las comunidades en una asociación para la protección de la Sierra de Chinajá, y la constante participación en mesas de diálogo junto con el CONAP ha sido hasta el momento la única razón que ha permitido a las comunidades tener cierta seguridad en la resolución de su situación legal en el territorio de la Sierra de Chinajá.</p> <p>La coordinación establecida con la Dirección Regional del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Las Verapaces) durante el proceso de gestión y formulación del estudio técnico es también una ventaja que puede favorecer la definición de la figura de coadministración del área y su manejo una vez declarada.</p> | <p>Las compañías favorecidas con contratos de exploración y explotación petrolera en las cercanías del área de protección especial llevan a cabo sus actividades de manera desordenada, sin tomar en cuenta acciones que garanticen el resguardo del sitio y el planteamiento de medidas de contingencia ante el potencial riesgo de desastres ambientales.</p> | <p>Las compañías favorecidas con contratos de exploración y explotación petrolera en las cercanías del área de protección especial llevan a cabo sus actividades de manera desordenada, sin tomar en cuenta acciones que garanticen el resguardo del sitio y el planteamiento de medidas de contingencia ante el potencial riesgo de desastres ambientales.</p> | |

| Documento | Objetivos de conservación. | Estrategia de conservación | Debilidades | Considera la conectividad con otros ecosistemas |
|---|--|---|---|--|
| Corredor Biológico del Jaguar, Tzuul Taqa (CBJ) | <p>La zona del Tzuul taqa (término que designa el espíritu de la montaña, principal deidad que hay que honrar en la cosmovisión q'eqchi') se constituyó a partir de un proyecto ejecutado por la Universidad de Idaho conjuntamente con SANK, que resaltó la abundancia de montañas todavía presentes en esta parte oeste de Chisec, constituyendo un corredor ecológico para los jaguares y otra fauna con relación a la Reserva de Lachúa (en los límites de los municipios de Cobán e Ixcán). Unas 20 comunidades aprovecharon esta oportunidad para negociar en bloque su regularización</p> | <p>La estrategia, está orientada hacia el uso sostenible de los recursos naturales, por medio de la elaboración de un plan de manejo comunitario. Este es respetado por las comunidades por un factor muy importante, la regularización de sus tierras.</p> <p>El plan de manejo comunitario busca el respeto de zonas de reserva , cultivos permanentes y cultivos temporales, y regulan la cacería, la tala y la roza. Hay que notar que son reglamentos escritos en libros de actas comunitarios y por consiguiente andan en un limbo jurídico frente al sistema de justicia nacional en el cual los derechos individuales tienden a considerarse superiores a los colectivos.</p> | <p>Las principales problemas provienen de vecinos de comunidades externas que no participaron en el proceso de legalización y por lo tanto no quieren reconocer este derecho a establecer normas propias en su territorio (intentos de invasiones, tala y cacería).</p> | <p>En las comunidades de Faisan 2, San Luis Chiquito e Icbolay se están trabajando con incentivos forestales por parte de las iniciativas del PNLL</p> <p>Faisan 2 tiene una reserva forestal de tamaño considerable y la comunidad de Santa Rosa también se ha unido a las comunidades del Corredor Biológico del Jaguar.</p> |

9. Discusión de Resultados

9.1 Análisis del Paisaje

Desde 1979 el paisaje Chisec-Lachuá ha estado bajo una presión intensa de uso y aprovechamiento agropecuario. En los mapas 1 a 4 se puede observar la transformación que ha sufrido el paisaje comprendidos durante 34 años en el periodo 1979-2003, en total el 51% del bosque original fue deforestado. La tasa de deforestación (Figura 3) aumentó en cada periodo de tiempo. Desde el primer periodo (Tabla 5) de siete años se perdieron alrededor de 2,182.5 ha/año, durante el segundo periodo se perdieron casi 1,492 ha/año mientras que el último periodo se perdieron más de 12,000 ha/año, este es un incremento 10 veces mayor en un lapso de tiempo de tres años y coincide con la finalización del asfalto de la carretera Cobán - Flores. (Bastos y Cumes, 2007).

En el año 1979 (Figura 4) el 78.75% del paisaje perteneció a la clase bosque y solo el 12.13% del total pertenecía a usos agropecuarios; para el año 2003 la proporción de bosque se reduce al 45.43% del total del territorio, la proporción de parches sin cobertura mas los parches de usos agropecuarios suman el 51.11% del paisaje. El número de parches también puede darnos una idea del grado de fragmentación en el paisaje (Figura 5). Se puede observar que el número de parches de bosque en el año 1979 es de 525 y para el año 2003 aumentó a más de 1874 mientras que el número de parches de usos agropecuarios disminuyó de 6824 a 3400. El número de parches sin cobertura fluctuó sin ningún tipo de relación. Esto puede deberse a la siguiente explicación: La fragmentación del bosque aumentó, mientras que los fragmentos de uso agropecuario disminuyeron debido a que estos se interconectan entre sí formando parches más grandes. Esto se reafirma con el índice de tamaño promedio de los parches. Los parches sin cobertura cambiaron constantemente pues representan estados primarios de los parches de uso agropecuario.

El índice de tamaño promedio de los parches (Figura 6), indicó una fragmentación del bosque en parches más pequeños, el cambio es de 327 ha a 52 ha. Los parches de uso agropecuario aumentaron de tamaño de 4ha. a 25 ha. El índice de forma promedio de parches se iguala a 1 cuando todos los parches son totalmente cuadrados (McGarigal y Marks 1995). Lo que se puede observar en los resultados del análisis del paisaje es que los parches de uso

agropecuario se hicieron más complejos mientras que los parches de bosque disminuyeron en su complejidad obteniendo formas más simétricas. Los valores del índice para los parches sin cobertura siempre son los menores posiblemente a la simetría que presentan por haber sido creados por efectos antropogénicos.

El grado de aislamiento se puede cuantificar por medio del índice del vecino más cercano. Este valor es una medida de aislamiento de los parches pues cuantifica la distancia mínima que existe de un parche a otro de la misma clase y la promedia. (McGarigal y Marks 1995). Para los parches sin cobertura las distancias fueron más grandes, para los parches de bosques se puede observar una tendencia a aumentar la distancia entre cada parche o sea el grado de aislamiento, mientras que para los parches de usos agropecuarios estas distancias disminuyeron. El paisaje se transformó de una matriz de bosques tropicales a una matriz de usos agropecuarios. El cambio en la configuración espacial de los parches del paisaje fue más drástico en los parches de bosques, al mismo tiempo que aumentó su grado de aislamiento como lo demuestra el índice del vecino más cercano.

También se obtuvo el índice de forma promedio para todos los parches del paisaje, esto puede funcionar como una medida de la complejidad o dimensión fractal (Turner, Gardner y O'Neill, 2001) el cual indica que la forma de los parches se vuelve cada vez más compleja. Mientras que el índice de equidad de Shannon nos indica una reducción en la dominancia y un aumento en la equidad de las cuatro clases en el paisaje. Una gran cantidad de procesos ecológicos están influenciados por estos patrones: el aislamiento influye negativamente en el flujo genético de las especies a menos que existan parches de bosques que funcionen como corredores biológicos. También existen efectos de desplazamiento hacia los remanentes de bosques ocasionados por la pérdida de hábitat, estos funcionan como sumideros con un incremento de las especies pero después de un tiempo las poblaciones colapsan. Los efectos de borde también han sido demostrados, la dirección de la luz y el viento generan gradientes micro climáticos que afectan la distribución y abundancia de algunos organismos. (Groom, *et al.* 2006).

9.2 Análisis de Biodiversidad

Utilizando el mismo esfuerzo de captura de escarabajos copronecrófagos en los cuatro sitios (15 trampas/24horas por sitio) se encontró que la diversidad alfa (riqueza) es muy similar para el PNLL (15sp.), el APESC (14sp.) y el CBJ (13sp.). El sitio con la menor diversidad alfa fue el PNCC (9sp.). Las curvas de acumulación de especies representan el esfuerzo de captura en función del número de especies registradas (Figura 11). Para obtener un estimado de la riqueza total por cada sitio se utilizó la función de Clench (Tabla 6) propuesta por Soberón y Llorente (1993). Esta función, que en realidad es una regresión no lineal, nos permite estimar el número de especies totales basado en la acumulación de especies. Según la función de Clench, se esperaría encontrar una mayor riqueza en la APESC y el CBJ pues es posible que faltan especies por registrarse. Esto es un dato muy interesante pues ambos sitios son cerros por encima de los 400msnm, mientras que el PNCC y el PNLL, sitios con altitud promedio de 200msnm pero con una estimación menor de la diversidad alfa total, por ende sus inventarios están mucho más completos (>80%), en otras palabras la estimación de la diversidad alfa total en los sitios más altos es mayor.

Esta información podría llevarnos a concluir que la geomorfología tiene un efecto sobre la diversidad alfa, sin embargo en 1999 Avendaño-Mendoza utilizó un esfuerzo de captura similar en el PNLL y encontró una diversidad alfa de 19 especies en el bosque norte del parque, área muy cercana al sitio de muestreo del presente estudio, 16 especies en el bosque oeste y 15 especies en otro muestreo durante septiembre del mismo año. Para el APESC, Bonham y colaboradores (2009) reportan 20 especies de escarabajos, utilizando un esfuerzo similar en diferentes sitios a distintas alturas, lo que probablemente le permitió encontrar una mayor heterogeneidad ambiental. Para el PNCC, Jolón (2003) reporta un total de 21 especies encontradas en dos comunidades, Mucbilha y Candelaria Camposanto. El CBJ es la menos estudiada, únicamente cuenta con dos muestreos, uno que realice el año pasado en noviembre como parte de un muestreo exploratorio y en el que se encontraron 8 especies y el otro en noviembre del presente en el que se reportan 13 especies, en conjunto hacen un total de 17 especies para esta localidad. Por consiguiente no creo conveniente aceptar que la geomorfología tenga un efecto sobre la diversidad alfa, pues es evidente que el número de diversidad alfa en los cuatro sitios anda muy cercano a las 20 especies.

Navarrete y Halffter (2008) reportan datos muy similares para la Reserva de Montes Azules, en Mexico, durante su estudio encontraron una diversidad alfa de 20 especies dentro del bosque y una variación entre 18 a 33 especies dentro del mismo hábitat. En base a su análisis Navarrete y Halffter afirman que dentro del bosque tropical lluvioso sin perturbación y sin mayores cambios en condiciones ambientales existe una alta heterogeneidad en la distribución de los Scarabaeinae. Estas diferencias parecen estar asociadas a la cobertura del dosel y otros factores micro climáticos.

En cambio al observar la composición de los ensambles de escarabajos y sus abundancias relativas, se evidencia algo diferente. EL PNLL fue el lugar que presentó mayor abundancia, se colectaron 258 individuos en total (Figura 13). Las especies más abundantes fueron *Deltochilum pseudoparile*, *Coprophanæus telamón* y *Canthidium centrale*. Las abundancias totales de los tres sitios restantes fueron muy similares, aproximadamente 60 individuos en cada sitio. En el CBJ dos especies de *Canthidium* y *Deltochilum pseudoparile* forman el 56% de total colectados. En el APESC las tres especies más abundantes fueron *Onthophagus rhinolophus*, *Copris nubilosus* y *Bdeliopsis bowditchi* estas forman el 68% del total, y en el PNCC *Bdeliopsis bowditchi*, *Deltochilum pseudoparile* *Copris laeviceps* y *Phanaeus endymion* forman el 84% del total.

Esta diferencia en la abundancia de escarabajos entre el PNLL y los otros tres sitios, puede ser un efecto de la topografía. El PNCC y el PNLL se encuentran en el mismo rango de altura (200msnm), sin embargo la topografía en el PNLL es totalmente plana, mientras que el PNCC tiene una pendiente pronunciada con cuevas muy cercanas y rocas kársticas en el suelo. La topografía en el PNCC es más similar a la de los sitios del CBJ y APESC, caracterizados por colinas con pendientes pronunciadas y suelos kársticos, lo que sugiere un efecto directo de la geomorfología. La clasificación de regiones fisiográficas-geomorfológicas ubica al PNLL en la región de las tierras bajas interiores de Peten, mientras que el PNCC, CBJ y APESC, forman parte de las Tierras Altas Sedimentarias (Mapa 6). Esta clasificación realizada por el MAGA en el 2002, presenta un avanzado desarrollo al subdividir y clasificar cada una de las diez regiones fisiográficas originales elaboradas por el IGN en 1960, que está basada en el tipo de suelo y en las diferentes formas de la tierra, particularmente el relieve, como valles y montañas. (Castañeda, 2008).

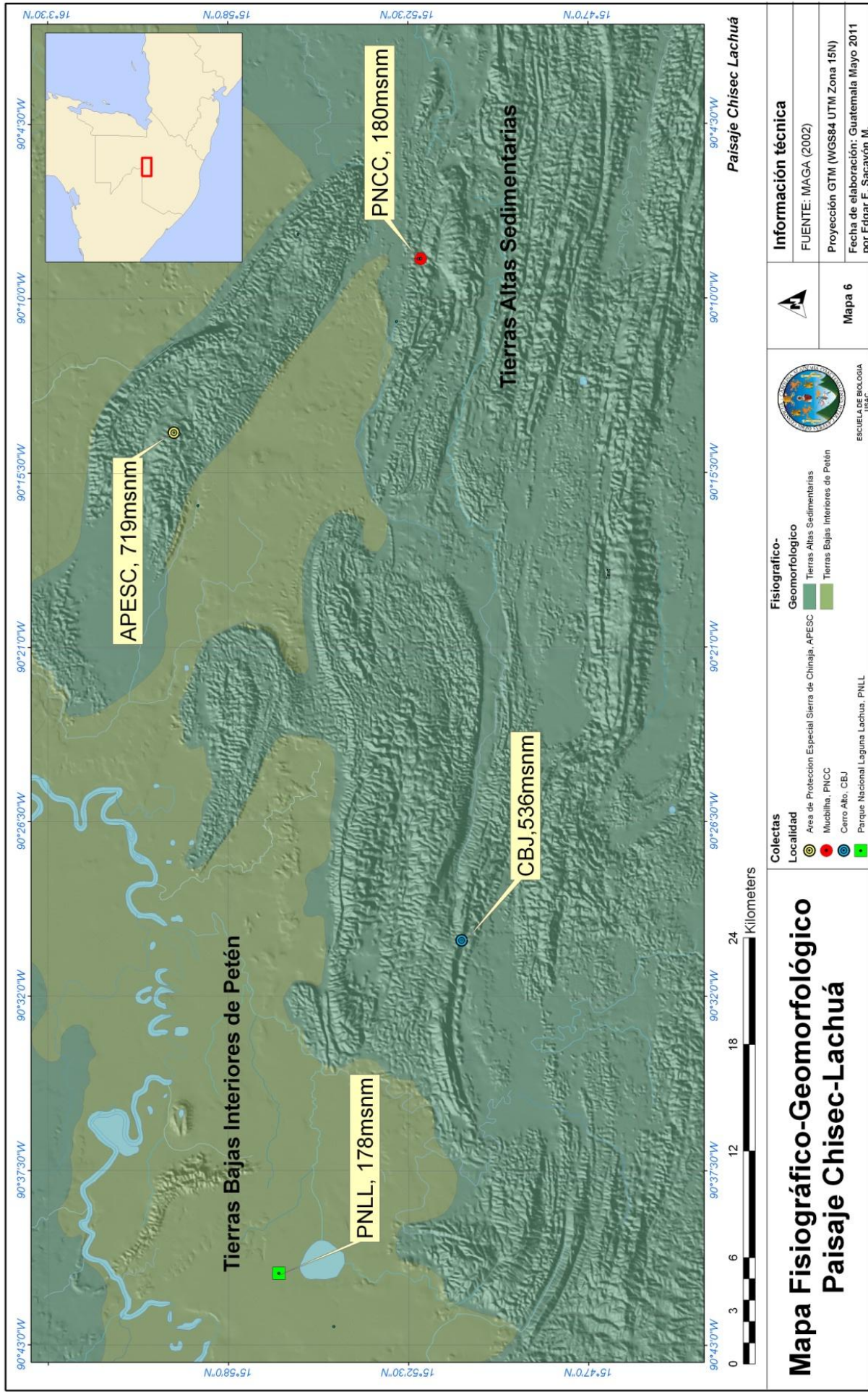
Al observar la composición de los ensamblajes de escarabajos (diversidad beta) también se puede observar un efecto por la altura. Los sitios por encima de los 400msnm tienen una mayor similitud. Utilizando los índices de similitud de Jaccard y Sorensen que para Moreno (2001) expresan el inverso de la diversidad beta se puede ver que los sitios más similares son APESC y CBJ, ambos a elevaciones arriba de los 400msnm. El análisis de agrupamiento (Figura 16) utilizando el método UPMGA, con el índice de Jaccard presenta gráficamente como se agrupan los cuatro sitios. Para comprobar si esta agrupación se debe al azar se construyó una matriz de presencia ausencia con los datos de colectas previas en todo el paisaje (Avendaño-Mendoza, 1999.a; Avendaño Mendoza 1999.b; Avendaño-Mendoza, *et al.* 2005, Jolón, 2003, Bonham, *et al.* 2006;) y se realizó un segundo análisis de agrupamiento con los mismos parámetros, (Índice de Jaccard, UPMGA) para observar si este patrón también se reflejaba. El resultado (Figura 17) es el mismo, la APESC tiene un mayor grado de similitud con el área del CBJ.

Esta información da soporte a la hipótesis que la geomorfología tiene un efecto sobre la diversidad beta y por lo tanto estos ecosistemas nunca han formado parte de un continuo. Bonham y colaboradores (2006) propusieron para la Sierra de Chinajá un patrón de ecosistemas de transición, por lo que creo conveniente afirmar que este sistema de montañas kársticas con elevaciones por encima de los 400msnm posee comunidades caracterizadas por una mezcla de ensamblajes de bosques nubosos con ensamblajes de bosques tropicales de tierras bajas. La presencia de *Copris nubilosus* (Kohlman, *et al* 2003) reportada solo para bosques nubosos, junto con *Copris laeviceps*, especie de tierras bajas, (com. pers. Cano 2005), en la APESC y en el CBJ en el presente muestreo es un fuerte indicador de este patrón, estas montañas por lo visto albergan especies de bosques nubosos que pudieron haberse quedado aisladas durante los diferentes periodos geológicos y climáticos. Avendaño-Mendoza no ha reportado *Copris nubilosus* en sus investigaciones en las partes más bajas del paisaje Chisec-Lachuá.

Los índices de complementariedad, otra forma de expresar la diversidad beta, indican que el recambio en los cuatro sitios está por encima 0.60 o el 60%. Navarrete y Halffter (2008) encontraron un 54% de cambio dentro del mismo hábitat a distancias menores. Esto da la impresión que las comunidades de cada área son bastante complementarias, aportando cada una, a la diversidad gamma total del paisaje.

La diversidad Gamma observada para el paisaje Chisec-Lachuá es de 27 especies, 63% del total estimado según el estimador asintótico de Clench que predice un total de 43 especies. Estas especies de escarabajos se circunscriben a los bosques tropicales lluviosos y no consideran otros tipos de usos del suelo como bosques secundarios o pastizales. La estimación del total con el modelo de Clench está muy cercana al rango de 49 especies que Navarrete y Halffter (2008) reportan para el paisaje de la reserva Montes Azules y 33 especies que Avendaño-Mendoza (2005) reporta para el PNLL incluyendo su zona de influencia con usos agropecuarios.

Usando la derivación de Lande propuesta por Moreno (2001) se observa que la diversidad gamma está compuesta 53 % por la diversidad beta y el 47% está dado por la diversidad alfa promedio de los cuatro sitios. Esto significa que para el paisaje Chisec-Lachuá la mayor diversidad está dada por el recambio de especies que existe en toda la extensión del paisaje. Esto significa que cada sitio de muestreo es un componente diferente que contribuye a la diversidad total y por lo tanto deben considerarse dentro de las acciones de manejo y conservación como un conjunto de ecosistemas importantes en la conservación de los procesos ecológicos.



9.3 Análisis del manejo y conservación.

Los planes de manejo analizados tienen objetivos similares, todos reconocen la importancia de mantener los procesos ecológicos y el aprovechamiento sostenido de los recursos naturales. (APROBA-SANK/CONAP 2006, CONAP 2003, Maria 2007; Jolon, 2003, MICUDE, 2003) El plan maestro del PNLL es el más completo y el que posee un mayor soporte administrativo, en este se pueden ver una serie de programas operativos que están encaminados a promover el desarrollo sostenible de la ecoregión. Un aspecto positivo es que se están realizando acciones para mantener la conectividad, y promover actividades a favor de la conservación, según lo comentado por Hermes (com.pers. 2011) en el área norte se está trabajando con áreas de reserva para especies cinegéticas, mientras que en el área sur, que conecta con el CBJ, se tienen algunas áreas de reserva con incentivos forestales del INAB. Esto beneficia directamente al CBJ y al PNLL, Don Teodoro Maaz (com.pers. 2011) también confirmó que las comunidades que se vieron beneficiadas por los incentivos forestales son San Luis Chiquito, Faisan 2, e Icbolay. Estas son las comunidades que conectan al PNLL con el CBJ en el lado sur.

El CBJ es un área que no está dentro del marco legal de las áreas protegidas de Guatemala, sin embargo a raíz de los esfuerzos de APROBA SANK, el conjunto de 21 comunidades se integraron para elaborar un plan de manejo comunitario, en el que se regulan actividades como la cacería, la tala de árboles, la quema y la extracción de recursos forestales. El plan de manejo comunitario se ha mantenido vigente, pues los habitantes han conservado mucho de su cultura en forma de idioma, ceremoniales, espiritualidad y vestiduras. Los vínculos culturales entre la agricultura tradicional y el respeto hacia las montañas (Tzuul Taqa) y la naturaleza han sido críticos para el desarrollo del actual proyecto.

El PNCC tiene un plan de manejo que fue elaborado para el IDAEH con propósitos de protección y manejo turístico del complejo hidroespeleológico. USAID y COUNTERPART INTERNATIONAL han sido las instituciones que han proporcionado apoyo financiero y técnico para la capacitación de guías y la construcción de infraestructura para actividades de turismo. Actualmente las comunidades acaban de ingresar a un Incentivo Forestal INAB para la protección de bosques. Pero aparte de estas actividades no se han ejecutado acciones para realizar estudios de biodiversidad desde el 2003 cuando se realizó el estudio técnico del PNCC (Jolon, 2003).

Un factor muy importante a considerar en estos planes de manejo es la resolución de los conflictos de la tierra, esto se debe al hecho que la mayor parte de las comunidades fueron desplazados del conflicto armado o colonizadores promovidos por el Estado de Guatemala para mitigar las acciones de la insurgencia. En este sentido la estrategia de APROBA SANK para gestionar el ordenamiento territorial e involucrar a las comunidades en la administración de sus recursos naturales ha sido muy efectiva, y es el modelo que se quiere replicar con el APESC.

La situación del APESC hasta el momento es incierta, varios borradores de un estudio técnico se han entregado para su integración al SIGAP⁹, pero el proceso es lento y ha generado inestabilidad en las comunidades, principalmente por que la propuesta de zonificación gira en torno al ordenamiento y legalización territorial de las comunidades indígenas asentadas en el APESC. Esto ha impulsado a que organizaciones campesinas sigan promoviendo nuevos asentamientos que podrían poner en peligro la sostenibilidad de los ecosistemas.

Si bien el modelo de APROBA SANK ha sido exitoso al integrar a las comunidades en la administración de sus recursos, la investigación biológica ha quedado relegada. Uno de los factores que ha marcado la diferencia en el modelo de conservación del PNLL es la presencia del sector académico representados por la Escuela de Biología de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Las investigaciones realizadas por estudiantes de EPS¹⁰ y Tesis han proporcionado el soporte técnico a las actividades de conservación empleadas por los administradores y otros actores locales.

El análisis del paisaje y de la biodiversidad realizados en este trabajo ponen en evidencia los procesos de fragmentación y la importancia de los remanentes de bosque para la conservación de los proceso ecológicos en el futuro. Las políticas administrativas deben estar orientadas al desarrollo sostenible de la región considerando la biodiversidad del paisaje. En la siguiente sección se describen una serie de recomendaciones que podrían ayudar al desarrollo sostenible de la región.

⁹ Sistema Guatemalteco de Areas Protegidas.

¹⁰ Ejercicio Profesional Supervisado

También debe considerarse la nueva ola de megaproyectos promovidos por el “Proyecto Mesoamérica” que nació a raíz del Plan Puebla Panamá¹¹. Este tiene como objetivos el desarrollo e integración de nueve países, (Belice, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, y Panamá; y también, los estados del Sur-Sureste de México) facilitando la gestión y ejecución de proyectos orientados a la extracción de recursos naturales de Mesoamérica, así como la implantación de vías para interconectar los dos océanos y facilitar la exportación de la producción obtenida y la comercialización internacional con los recursos obtenidos en estos países.

El asfalto de la carretera de la Franja Transversal del Norte es una acción concreta del Proyecto Mesoamérica que podría traer consecuencias sumamente negativas en el paisaje Chisec-Lachuá. Como se discutió en el análisis del paisaje los periodos de aumento en las tasas de deforestación coinciden con la apertura de carreteras asfaltadas. Junto con la inversión en monocultivos agresivos como el de Palma Africana que promueven el desplazamiento de comunidades indígenas podría incluso significar la pérdida de ecosistemas completos vitales para el mantenimiento de la biodiversidad del paisaje.

Como alternativa las comunidades pueden tener acceso a fondos para implementar sistemas de agricultura alternativa y sostenible, los productos orgánicos y enmarcados en tratados de comercio justo tienen beneficios económicos sumamente rentables. El cacao (*Theobroma cacao*) puede utilizarse en sistemas agroforestales que mantienen la diversidad biológica, especialmente en sistemas “rústicos” que utilizan bosques primarios o secundarios de avanzada edad como sombra. Las evaluaciones en este tipo de agroecosistemas han revelado altos índices de diversidad biológica con el potencial para la restauración de ecosistemas fragmentados. (Rice y Greenberg, 2000; Barrios, 2009)

¹¹ <http://www.proyectomesoamerica.org/>

10. Conclusiones

- a. El análisis del paisaje reveló que el paisaje original fue transformando desde 1979 de una matriz de bosque a una matriz de usos agropecuarios en el año 2003. El aumento en el proceso de fragmentación coincidió con la finalización del asfalto de la carretera Cobán-Flores. El tamaño promedio de los parches de bosque se redujo de 327ha a 52 ha y los parches de uso agropecuario aumentaron de 4 a 25 ha. La forma de los parches de usos agropecuarios se fue haciendo más compleja mientras que los remanentes boscosos presentan formas cada vez más simétricas, aumentando su grado de aislamiento.
- b. No se puede aceptar la hipótesis que la geomorfología tenga un efecto sobre la diversidad alfa, pues sus índices se encuentran dentro del rango reportado para los bosques tropicales lluviosos.
- c. El análisis de diversidad beta indica que los cuatro sitios presentan una complementariedad por encima del 60% lo que significa que los cuatro sitios poseen comunidades de escarabajos bastante diferentes. El índice de similitud de Jaccard asocia a la APESC con el CBJ y al PNCC con el PNLL. Esta información fundamenta la hipótesis de que la geomorfología tiene un efecto sobre los valores de diversidad beta, que podría ser explicado por un patrón de ecosistemas de transición en donde los sitios montanos con elevación encima de los 400 msnm presentan ensamblajes de especies de bosques nubosos mezcladas con especies de bosques tropicales lluviosos de tierras bajas.
- d. La diversidad gama total fue de 27 especies, la cual está compuesta en 53% por la diversidad beta y el 47% por la diversidad alfa. Esto significa que cada sitio de muestreo es un componente diferente que contribuye a la diversidad total y por lo tanto deben considerarse dentro de las acciones de manejo como un conjunto de ecosistemas importantes en la conservación de los procesos ecológicos.
- e. Los planes de manejo revisados en la región de Chisec, reconocen la importancia de los vínculos entre áreas protegidas, sin embargo no se están realizando acciones concretas para mantener estas conexiones.

11. Recomendaciones

- a. En base al análisis de los planes de manejo que se revisaron para el municipio de Chisec es recomendable replicar algunas experiencias del PNLL, por ejemplo:
 - i. La creación de una estructura administrativa dedicada a las actividades de protección y conservación de los ecosistemas. Esta podría estar compuesta por un consorcio de instituciones que ya poseen presencia en el municipio, como: APROBA SANK, CONAP, IDAEH, CONTRAPARTE, Municipalidades, etc.
 - ii. La instalación de una estación de investigación científica con el apoyo de instituciones académicas dedicada al estudio la biodiversidad, corredores ecológicos y patrimonio cultural precolombino, que proporcione el soporte técnico a la estructura administrativa.
- b. Enlaces con instituciones del PNLL podrían facilitar la capacitación y experiencia en los temas de socialización de las áreas protegidas, educación ambiental, formación de guarda recursos, incentivos forestales y aprovechamiento de especies cinegéticas.
- c. La promoción y apoyo a proyectos auto-sostenibles a largo plazo puede ayudar al desarrollo integral de las comunidades indígenas:
 - i. Agricultura alternativa, con énfasis en producción orgánica, algunos productos que podrían tener mayor impacto son el cacao como cultivo para la restauración de corredores ecológicos, vainilla, tintes naturales y plantas medicinales.
 - ii. Eco turismo y hotelería.
 - iii. Empresas y cooperativas comunitarias.
- d. Para alcanzar los objetivos y metas incluidos en los planes de manejo se deben priorizar la solución de los conflictos agrarios de las comunidades e incluirlas en la co-administración de las áreas protegidas, este modelo utilizado por APROBA SANK ha demostrado ser exitoso y debe replicarse.

12. Bibliografía

- APROBA-SANK/CONAP. (2006). *Elaboración del Estudio Técnico para la declaratoria del Área de Protección Especial Sierra de Chinajá. Chisec, Alta Verapaz*. Guatemala: APROBA SANK.
- Avendaño-Mendoza, C. E. (1999a). *Escarabajos Copronecrófagos (Coleóptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae) del Parque Nacional laguna lachuá, Alta Verapaz: Inventario y Asociación de Hábitats*. EPS, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Avendaño-Mendoza, C. E. (1999b). *Utilización de un método geoestadístico para estimar distancias mínimas de trampeo y patrones espaciales en Scarabaeidae (Coleoptera: Scarabaeidae)*. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Avendaño-Mendoza, C. E., Morón-Ríos, A., Cano, E. B., & León-Cortes, J. (2005). Dung Beetle Community (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in a tropical landscape at the Lachuá Region, Guatemala. *Biodiversity and Conservation*, 14, 801-822.
- Barríos, R. (2009). *Restauración de selvas lluviosas fragmentadas en Alta Verapaz mediante el uso de Cacao como cultivo perenne alternativo*. Centro de Estudios Conservacionistas, Centro de Datos para la Conservación. Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Bastos, S., & Cumes, A. (2007). *Mayanización y vida cotidiana: La ideología multicultural en la sociedad guatemalteca* (Vol. 2). Guatemala: Editorial Cholsamaj.
- Bonham, C., Sacayón, E., Barríos, M., Pérez, S., Vásquez-Almazán, C., Cajas, J., y otros. (2009). Biodiversity and biogeographic significance of the Sierra Chinajá in Alta Verapaz, Guatemala: A first look. *International Journal of Biodiversity, Science & Management*, 5 (3), 115-131.
- Castañeda, C. (2008). Diversidad de ecosistemas en Guatemala. En C. P. Azurdia, F. B. García, & M. M. Ríos (Edits.), *Guatemala y su biodiversidad: Un enfoque Histórico, cultural, biológico y económico* (págs. 181-229). Guatemala: Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- Castañeda, C. (1997). *Estudio florístico del Parque Nacional Laguna Lachuá, Alta Verapaz*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Colwell, R. K., & Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 345, 101-118.
- CONAP. (2008). *Guatemala y su biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico*. (C. P. Azurdia, F. B. García, & M. M. Ríos, Edits.) Consejo Nacional de Áreas Protegidas.

- CONAP. (2003). *Plan Maestro, Parque Nacional Laguna Lachuá*. INAB-IUCN. Embajada Real de los Países Bajos.
- De La Cruz, J. R. (1976). *Clasificación de zonas de vida en Guatemala, basado en el Sistema de Holdridge*. Guatemala: Instituto Nacional Forestal.
- Elkie, P., Rempel, R., & Carr, A. (1999). *Patch Analyst User's Manual*. Ontario Ministry of Natural Resources, Northwest Science and Technology, Thunder Bay, Ontario.
- Fávila, 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.
- Forman, R. T., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Gergel, S. E., & Turner, M. G. (Eds.). (2002). *Learning Landscape Ecology. A practical guide to concepts and techniques*. USA: Springer-Verlag.
- Granados-Dieseldorff, P. (2001). *Ictiofauna de la Laguna Lachuá, Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala*. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Groom, M. K., Meffe, G. K., & Carroll, R. C. (2006). *Principles of Conservation Biology* (3 ed.). USA: Sinauer Associates.
- Halffter, G., & Fávila, M. E. (2000). Como medir la biodiversidad. En J. Péfaur (Ed.), *Actas del III Congreso Latinoamericano Ecología* (págs. 29-40). Universidad de Los Andes.
- Halffter, G., & Moreno, C. E. (2005). Significado Biológico de las diversidades Alfa, Beta y Gama. *Monografías Tercer Milenio*, 4, págs. 5-18.
- Hammer, Ø. (2010). *PAST: Paleontological Statistics Reference Manual*. Recuperado el 2010, de Natural History Museum, University of Oslo:
<http://www.nhm.uio.no/norges/past/doc1.html>.
- Hammer, Ø., Harper, D. A., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontological Electronica*, 4. Obtenido de http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Hermes, S. (2004). *Abundancia relativa de Jaguar (Panthera onca), Puma (Puma concolor) y Ocelote (Leopardus pardalis) en el Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz*. Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Jiménez-Valverde, A., & Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8, 151-161.
- Jolón, M. (2003). *Biodiversidad de la Región de las Cuevas de Candelaria, Chisec, A.V., Informe Final de Consultoría*. Guatemala: FIPA-USAID.
- Kohlmann, B., Cano, E., & Delgado, L. (2003). New species and records of Copris (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae) from Central America. *Zootaxa*, 167, 1-16.

- Krebs, C. (1999). *Ecological Methodology* (2 ed.). USA: Benjamin/Cummings.
- Lande, R. (1986). The meaning of quantitative genetic variation in evolution and conservation. En R. C. Szaro, & D. W. Johnston (Edits.), *Biodiversity in managed landscapes* (págs. 27-40). Oxford University Press.
- Leimgruber, P., Songer, M., Proctor, C., Delion, M., Samy, J., Cao, C., y otros. (2008). *GIS and Remote Sensing for Wildlife Managers*. Conservation and Research Center, Spatial Analysis Lab. Front Royal, VA: Smithsonian's National Zoological Park.
- MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (1967). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Maria, B. (2007). *Fortalecimiento de las agriculturas campesinas de frontera agrícola y gobernabilidad local en Chisec (Alta Verapaz)-Guatemala: Primer Informe Anual Narrativo*. Francia: VSF-CICDA.
- McGarigal, K. (2002). Landscape pattern metrics. En A. H. El-Shaarawi, & W. W. Piegorsch (Edits.), *Encyclopedia of Environmetrics* (Vol. 2, págs. 1135-1142). Chichester, England: John Wiley & Sons.
- McGarigal, K., & Marks, B. J. (1995). *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Pacific Northwest Research Station, Department of Agriculture, Forest Service. Portland, OR. USA: Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351.
- Ministerio de Cultura y Deportes -MICUDE-. (2003). *Plan Maestro del Parque Nacional Cuevas de Candelaria*. Guatemala: FIPA/USAID.
- Monzón, R. (1999). *Estudio general de los recursos agua, suelo y del uso de la tierra del Parque Nacional Laguna Lachuá y su Zona de Influencia, Cobán, Alta Verapaz*. Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (Vol. 1). Zaragoza: Manuales y Tesis, SEA.
- Navarrete, D., & Halffter, G. (2008). Dung Beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) diversity in continuous forest, forest fragments and cattle pastures in a landscape of Chiapas, Mexico: the effects of anthropogenic changes. *Biodiversity and Conservation* (17), 2869-2898.
- Noss, R. F. (1990). Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. *Conservation Biology*, 4 (4), 355-364.
- Novack, A., Stallings, J., Ramos, V. H., Balas, R., & Radachowsky, J. (2003). *An Evaluation of the Long-term Viability of an Isolated Jaguar Population in Northern Guatemala*. Guatemala: FIPA-AID-WCS.
- Olson, D. (2001). Terrestrial ecoregions of the world : a new map of life on earth. *BioScience*, 51 (11).
- O'Neill, R. V., Krumme, J. R., Gardner, R., Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D. L., y otros. (1988). Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1 (3), 153-162.

- Quattrochi, D. A., & Pelletier, R. E. (1991). Remote Sensing for Analysis of Landscape. En M. G. Turner, & R. H. Gardner (Edits.), *Ecological Studies: Quantitative Methods in Landscape Ecology* (Vol. 82). Springer Verlag.
- Redell, J. (1981). *A review of the cavernicole fauna of Mexico, Guatemala, and Belize*. USA: Texas Memorial Museum.
- Rice, R., & Greenberg, R. (2000). Cacao Cultivation and the Conservation of Biological Diversity. *Ambio* , 29 (3).
- Sacayón, E. (2005). *Análisis del uso actual de la tierra en las comunidades de Lomas del Norte, Cerro Alto, Boloncó, Faisán II, San Luis Chiquito y Rocja Pompilha en el Municipio de Chisec, Alta Verapaz*. Informe Final de Investigacion, Programa EDC, Escuela de Biología. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Soberón, M. J., & Llorente, B. J. (1993). The Use of Species Accumulation Functions for the Prediction of Species Richness. *Conservation Biology* , 7 (3).
- Turner, M. G., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (2001). *Landscape Ecology in Theory and Practice, Pattern and Process*. USA: Springer.
- Turner, M. (1989). Landscape Ecology: The effect of Pattern on Process. *Annual Review of Ecology and Systematics* , 20, 171-197.
- Vila, S. J., Varga, L. D., & Ribas, P. A. (2006). Conceptos fundamentales en ecología del paisaje. Una interpretación desde la geografía. *Doc. Anal. Geogr.* , 48, 151-166.
- Villar, A. (1998). *La flora silvestre de Guatemala*. Guatemala: Editorial Universitaria.

13. Anexo 1 - Índices del Análisis del Paisaje

Tabla 9. Índices del paisaje obtenidos con Patch Analyst ver.4 de la clasificación de la imagen Satelar MSS 1979. Área total 217992.63 Ha.

| Clase | Todas | No Data | Bosque | Agropecuario | Sin Cobertura |
|--------|-------------|------------|------------|--------------|---------------|
| CACV1 | 11032.81 | 2644.01 | 2286.69 | 2689.78 | 1103.16 |
| CASD1 | 1023.40 | 8.29 | 5022.67 | 3.89 | 2.07 |
| LPI | 77.68 | 0.25 | 77.68 | 0.82 | 0.17 |
| LSI | 55.06 | 8.31 | 45.32 | 38.78 | 19.85 |
| MCAI | 0.39 | 0.48 | 0.82 | 0.28 | 0.49 |
| MCA1 | 9.28 | 0.31 | 219.65 | 0.14 | 0.19 |
| NCA | 2120.00 | 62.00 | 1297.00 | 484.00 | 277.00 |
| MSIDI | 0.45 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PR | 4.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PRD | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SHEI | 0.36 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SIEI | 0.48 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MSIEI | 0.32 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| CACOV | 26965.01 | 491.11 | 3596.21 | 709.83 | 290.89 |
| MCA | 55.43 | 8.73 | 88.91 | 2.04 | 2.43 |
| CASD | 2501.26 | 42.89 | 3197.36 | 14.48 | 7.06 |
| TCA | 117516.80 | 541.50 | 115315.14 | 987.62 | 672.54 |
| TCAI | 53.91 | 9.40 | 67.17 | 3.73 | 4.76 |
| CAD | 0.97 | 0.03 | 0.59 | 0.22 | 0.13 |
| IJI | 70.48 | 33.49 | 81.93 | 55.56 | 68.50 |
| MPI | 4454.71 | 9.07 | 106809.13 | 41.02 | 18.45 |
| MNN | 166.50 | 249.17 | 106.54 | 140.01 | 185.93 |
| SDI | 0.72 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SEI | 0.52 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| AWMSI | 37.59 | 2.59 | 46.92 | 3.60 | 2.24 |
| MSI | 1.24 | 1.16 | 1.33 | 1.25 | 1.23 |
| MPFD | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.03 |
| AWMPFD | 1.31 | 1.09 | 1.36 | 1.13 | 1.10 |
| CWED | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| TE | 10282699.00 | 1413889.50 | 8381447.70 | 7052368.00 | 3517447.80 |
| ED | 47.17 | 6.49 | 38.45 | 32.35 | 16.14 |
| MPS | 17.21 | 3.33 | 326.98 | 3.88 | 3.93 |
| NUMP | 12669.00 | 1728.00 | 525.00 | 6824.00 | 3592.00 |
| PSCOV | 8743.65 | 523.67 | 2257.99 | 641.95 | 299.81 |
| PSSD | 1504.50 | 17.46 | 7383.22 | 24.88 | 11.79 |
| TLA | 217992.63 | 217992.62 | 217992.62 | 217992.62 | 217992.62 |
| ZLAND | | 2.64 | 78.75 | 12.13 | 6.48 |
| C LAND | | 0.25 | 52.90 | 0.45 | 0.31 |

| | | | | |
|------|---------|-----------|----------|----------|
| DLFD | 1.48 | 1.56 | 1.63 | 1.54 |
| CA | 5760.94 | 171665.20 | 26446.94 | 14119.55 |

Tabla 10. Índices del paisaje obtenidos con Patch Analyst ver.4 de la clasificación de la imagen Satelar Landsat TM 1986. Área total 216632.31 Ha.

| Clase | Todo | No Data | Bosque | Agropecuario | Sin Cobertura |
|--------|-------------|-----------|------------|--------------|---------------|
| CACV1 | 9088.97 | 2107.26 | 2244.29 | 1232.96 | 2061.83 |
| CASD1 | 911.59 | 12.43 | 4066.94 | 2.36 | 73.76 |
| LPI | 68.86 | 0.26 | 68.86 | 0.36 | 2.19 |
| LSI | 56.64 | 5.11 | 48.85 | 41.83 | 19.64 |
| MCAI | 0.73 | 0.34 | 1.35 | 0.37 | 1.81 |
| MCA1 | 10.03 | 0.59 | 181.21 | 0.19 | 3.58 |
| NCA | 2521.00 | 68.00 | 1411.00 | 525.00 | 517.00 |
| MSIDI | 0.59 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PR | 4.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PRD | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SHEI | 0.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SIEI | 0.59 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MSIEI | 0.42 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| CACOV | 18619.55 | 588.61 | 3664.15 | 326.57 | 969.74 |
| MCA | 42.11 | 7.36 | 68.07 | 2.51 | 16.04 |
| CASD | 1867.48 | 43.35 | 2494.08 | 8.20 | 155.53 |
| TCA | 106154.08 | 500.78 | 96042.71 | 1318.50 | 8292.09 |
| TCAI | 49.00 | 13.54 | 61.41 | 4.30 | 32.03 |
| CAD | 1.16 | 0.03 | 0.65 | 0.24 | 0.24 |
| IJI | 63.32 | 87.28 | 67.37 | 48.04 | 71.43 |
| MPI | 4900.92 | 35.57 | 96780.89 | 32.20 | 140.42 |
| MNN | 175.40 | 455.64 | 110.81 | 139.48 | 194.27 |
| SDI | 0.84 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SEI | 0.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| AWMSI | 36.86 | 4.29 | 49.66 | 2.98 | 4.34 |
| MSI | 1.25 | 1.13 | 1.37 | 1.26 | 1.25 |
| MPFD | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.03 |
| AWMPFD | 1.30 | 1.14 | 1.37 | 1.12 | 1.16 |
| CWED | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| TE | 10544613.00 | 789476.10 | 8952940.50 | 7600615.30 | 3546575.40 |
| ED | 48.68 | 3.64 | 41.33 | 35.09 | 16.37 |
| MPS | 20.47 | 4.36 | 295.07 | 4.45 | 11.17 |
| NUMP | 10584.00 | 849.00 | 530.00 | 6887.00 | 2318.00 |
| PSCOV | 7090.01 | 711.84 | 2194.05 | 399.18 | 1023.22 |
| PSSD | 1451.18 | 31.01 | 6473.98 | 17.77 | 114.26 |
| TLA | 216632.31 | 216632.31 | 216632.31 | 216632.31 | 216632.31 |
| ZLAND | | 1.71 | 72.19 | 14.15 | 11.95 |

| | | | | |
|--------|---------|-----------|----------|----------|
| C_LAND | 0.23 | 44.33 | 0.61 | 3.83 |
| DLFD | 1.54 | 1.56 | 1.59 | 1.48 |
| CA | 3698.89 | 156387.30 | 30661.59 | 25884.54 |

Tabla 11. Índices del paisaje obtenidos con Patch Analyst ver.4 de la clasificación de la imagen Satelar Landsat ETM+ 2000. Área total 216632.31 Ha.

| Clase | Todo | No Data | Bosque | Agropecuario | Sin Cobertura |
|--------|-------------|-----------|------------|--------------|---------------|
| CACV1 | 8919.84 | 1183.65 | 3849.72 | 2664.15 | 2359.44 |
| CASD1 | 797.70 | 305.87 | 2145.22 | 49.89 | 9.52 |
| LPI | 57.86 | 2.60 | 57.86 | 3.69 | 1.09 |
| LSI | 62.25 | 3.08 | 44.30 | 47.36 | 31.91 |
| MCAI | 0.67 | 1.26 | 1.16 | 0.75 | 0.46 |
| MCA1 | 8.94 | 25.84 | 55.72 | 1.87 | 0.40 |
| NCA | 3082.00 | 23.00 | 1095.00 | 1467.00 | 497.00 |
| MSIDI | 0.78 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PR | 4.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PRD | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SHEI | 0.54 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SIEI | 0.72 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MSIEI | 0.57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| CACOV | 16979.12 | 426.65 | 3247.87 | 1593.15 | 711.31 |
| MCA | 32.41 | 189.88 | 78.27 | 5.22 | 4.36 |
| CASD | 1518.43 | 810.13 | 2542.04 | 83.22 | 31.03 |
| TCA | 99901.50 | 4367.23 | 85703.45 | 7663.00 | 2167.82 |
| TCAI | 46.12 | 60.24 | 63.25 | 15.72 | 8.62 |
| CAD | 1.42 | 0.01 | 0.51 | 0.68 | 0.23 |
| IJI | 66.26 | 97.60 | 63.77 | 64.18 | 71.67 |
| MPI | 5423.36 | 69.22 | 37985.55 | 467.42 | 44.33 |
| MNN | 156.30 | 865.78 | 129.20 | 143.32 | 151.71 |
| SDI | 0.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SEI | 0.72 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| AWMSI | 28.62 | 5.97 | 40.03 | 13.06 | 3.87 |
| MSI | 1.27 | 1.34 | 1.31 | 1.32 | 1.23 |
| MPFD | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 |
| AWMPFD | 1.29 | 1.20 | 1.34 | 1.25 | 1.13 |
| CWED | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| TE | 11589974.00 | 477521.50 | 8087726.30 | 8659773.60 | 5755308.00 |
| ED | 53.50 | 2.20 | 37.33 | 39.97 | 26.57 |
| MPS | 19.39 | 42.90 | 88.10 | 11.91 | 4.68 |
| NUMP | 11171.00 | 169.00 | 1538.00 | 4092.00 | 5372.00 |
| PSCOV | 6150.02 | 1010.26 | 3626.96 | 1545.23 | 780.77 |
| PSSD | 1192.63 | 433.36 | 3195.31 | 184.10 | 36.53 |

| | | | | | |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| TLA | 216632.31 | 216632.31 | 216632.31 | 216632.31 | 216632.31 |
| ZLAND | | 3.35 | 62.55 | 22.50 | 11.60 |
| C LAND | | 2.02 | 39.56 | 3.54 | 1.00 |
| DLFD | | 1.55 | 1.54 | 1.60 | 1.56 |
| CA | | 7249.36 | 135496.21 | 48751.94 | 25134.80 |

Tabla 12. Índices del paisaje obtenidos con Patch Analyst ver.4 de la clasificación de la imagen Satelar Landsat ETM+ 2003. Área total 216632.31 Ha.

| Clase | Todo | No Data | Bosque | Agropecuario | Sin Cobertura |
|--------|-------------|-----------|------------|--------------|---------------|
| CACV1 | 4102.63 | 1070.90 | 3108.80 | 2991.85 | 2122.13 |
| CASD1 | 381.67 | 335.40 | 757.65 | 205.58 | 39.62 |
| LPI | 26.89 | 2.72 | 26.89 | 9.79 | 1.98 |
| LSI | 67.26 | 3.08 | 47.62 | 61.59 | 24.38 |
| MCAI | 1.25 | 1.76 | 1.29 | 0.99 | 1.49 |
| MCA1 | 9.30 | 31.32 | 24.37 | 6.87 | 1.87 |
| NCA | 4162.00 | 41.00 | 1471.00 | 2037.00 | 613.00 |
| MSIDI | 0.98 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PR | 4.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PRD | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SHEI | 0.63 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SIEI | 0.83 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MSIEI | 0.71 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| CACOV | 5867.39 | 571.30 | 2753.93 | 2314.91 | 938.95 |
| MCA | 19.04 | 107.71 | 31.05 | 11.47 | 9.45 |
| CASD | 545.85 | 615.34 | 855.04 | 265.50 | 88.75 |
| TCA | 79244.05 | 4416.07 | 45671.61 | 23362.44 | 5793.93 |
| TCAI | 36.58 | 58.89 | 46.41 | 27.72 | 21.91 |
| CAD | 1.92 | 0.02 | 0.68 | 0.94 | 0.28 |
| IJI | 54.39 | 92.09 | 35.12 | 63.12 | 54.22 |
| MPI | 4050.57 | 73.32 | 11370.56 | 3784.17 | 102.42 |
| MNN | 165.40 | 724.39 | 156.36 | 122.47 | 192.57 |
| SDI | 1.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SEI | 0.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| AWMSI | 24.16 | 7.37 | 30.90 | 23.94 | 4.57 |
| MSI | 1.30 | 1.25 | 1.30 | 1.35 | 1.25 |
| MPFD | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.04 | 1.03 |
| AWMPFD | 1.29 | 1.22 | 1.33 | 1.30 | 1.15 |
| CWED | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| TE | 12523001.00 | 479282.80 | 8685802.40 | 11326065.60 | 4355230.70 |
| ED | 57.81 | 2.21 | 40.09 | 52.28 | 20.10 |
| MPS | 25.43 | 53.19 | 52.52 | 24.79 | 8.52 |
| NUMP | 8518.00 | 141.00 | 1874.00 | 3400.00 | 3103.00 |

| | | | | | |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PSCOV | 2946.12 | 934.47 | 2682.81 | 2191.11 | 989.29 |
| PSSD | 749.27 | 497.01 | 1408.91 | 543.09 | 84.31 |
| TLA | 216632.31 | 216632.31 | 216632.31 | 216632.31 | 216632.31 |
| ZLAND | | 3.46 | 45.43 | 38.90 | 12.21 |
| C_LAND | | 2.04 | 21.08 | 10.78 | 2.67 |
| DLFD | | 1.49 | 1.53 | 1.58 | 1.49 |
| CA | | 7499.27 | 98415.44 | 84271.96 | 26445.64 |

14. Anexo 2 – Diversidad de escarabajos copronecrófagos del paisaje Chisec-Lachuá

Tabla 13. Especies y sus abundancias reportadas para el muestreo de noviembre del 2010. PNLL= Parque Nacional Laguna Lachuá, PNCC= Parque Nacional Cuevas de Candelaria, CBJ= Corredor Biológico del Jaguar, APESC= Área de Protección Especial Sierra de Chinajá

| no | Especie | APESC | PNCC | CBJ | PNLL | Totales |
|---------|--|-------|------|-----|------|---------|
| 1 | <i>Ateuchus candezei</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | <i>Bdeliropsis bowditchi</i> (Paulian) | 10 | 20 | 0 | 0 | 30 |
| 3 | <i>Canthidium centrale</i> | 1 | 0 | 1 | 36 | 38 |
| 4 | <i>Canthidium sp.1</i> | 1 | 0 | 16 | 0 | 17 |
| 5 | <i>Canthidium sp.2</i> | 0 | 0 | 7 | 0 | 7 |
| 6 | <i>Canthon "viridis" vasquezae</i> | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 7 | <i>Canthon morsei</i> | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 8 | <i>Copris laeviceps</i> | 2 | 12 | 5 | 17 | 36 |
| 9 | <i>Copris nubilosus</i> | 11 | 0 | 2 | 0 | 13 |
| 10 | <i>Coprophanæus gilli</i> Arnaud | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 11 | <i>Coprophanæus telamon</i> | 0 | 6 | 0 | 51 | 57 |
| 12 | <i>Deltochilum gibbosum</i> | 2 | 1 | 5 | 27 | 35 |
| 13 | <i>Deltochilum lovipes</i> | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 14 | <i>Deltochilum pseudoparile</i> | 2 | 14 | 14 | 82 | 112 |
| 15 | <i>Dichotomius satanas</i> | 1 | 0 | 0 | 3 | 4 |
| 16 | <i>Eurysternus caribaeus</i> | 0 | 1 | 2 | 6 | 9 |
| 17 | <i>Megathoposma candezei</i> | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 |
| 18 | <i>Ontherus mexicanus</i> | 3 | 0 | 3 | 0 | 6 |
| 19 | <i>Onthophagus batesi</i> | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 20 | <i>Onthophagus crinitus</i> | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 21 | <i>Onthophagus incensus</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 22 | <i>Onthophagus maya</i> | 0 | 0 | 1 | 5 | 6 |
| 23 | <i>Onthophagus rhinolophus</i> | 14 | 1 | 0 | 0 | 15 |
| 24 | <i>Phanaeus endymion</i> | 0 | 7 | 5 | 14 | 26 |
| 25 | <i>Phanaeus sallei</i> | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 26 | <i>Uroxys sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 27 | <i>Uroxys sp.2</i> | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| Totales | | 56 | 63 | 66 | 258 | 443 |

Tabla 14. Diversidad de escarabajos para el paisaje Chisec-Lachuá en base a colectas durante el periodo 1999-2010. PNLL= Parque Nacional Laguna Lachuá, PNCC= Parque Nacional Cuevas de Candelaria, CBJ= Corredor Biológico del Jaguar, APESC= Área de Protección Especial Sierra de Chinajá

| no | Especie | PNLL ¹ | PNCC ² | CBJ ³ | APESC ⁴ |
|----|---|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| 1 | <i>Anaides laticollis</i> | | 1 | | |
| 2 | <i>Ateuchus candezei</i> | | 1 | | |
| 3 | <i>Ateuchus haroldii</i> | | 1 | | |
| 4 | <i>Ateuchus sp.</i> | | 1 | | 1 |
| 5 | <i>Bdeliropsis bowditchi</i> (Paulian) | | 1 | | 1 |
| 6 | <i>Canthidium centrale</i> | 1 | | 1 | 1 |
| 7 | <i>Canthon angustatus</i> | 1 | | | |
| 8 | <i>Canthon "viridis" vasquezae</i> | | | | 1 |
| 9 | <i>Canthon centrale</i> | | | | |
| 10 | <i>Canthon cyanellus</i> | 1 | | | |
| 11 | <i>Canthon euryscelis</i> | 1 | | | |
| 12 | <i>Canthon femoralis</i> | 1 | | | |
| 13 | <i>Canthon leechi</i> | 1 | | | |
| 14 | <i>Canthon montanus</i> | | | | 1 |
| 15 | <i>Canthon morsei</i> | 1 | | 1 | |
| 16 | <i>Canthon subhyalinus</i> | 1 | | | |
| 17 | <i>Chaetodus lacandonicus</i> | | 1 | | |
| 18 | <i>Copris laeviceps</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 19 | <i>Copris lugubris</i> | 1 | | | |
| 20 | <i>Copris nubilosus</i> | | | 1 | 1 |
| 21 | <i>Coprophanæus telamon</i> Corythus (Harold) | 1 | 1 | 1 | |
| 22 | <i>Coprophanæus gill</i> Arnaud | | | | 1 |
| 23 | <i>Deltochilum bowditchi</i> | | | | 1 |
| 24 | <i>Deltochilum gibbosum</i> sublaeve Bates | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 25 | <i>Deltochilum lobipes</i> | 1 | | | 1 |
| 26 | <i>Deltochilum pseudoparile</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 27 | <i>Deltochilum scabrisculum</i> | 1 | | | |
| 28 | <i>Dichotomius agenor</i> | | | | 1 |
| 29 | <i>Dichotomius annae</i> | 1 | 1 | | |
| 30 | <i>Dichotomius satanas</i> | 1 | | 1 | 1 |
| 31 | <i>Eurysternus angustulus</i> | 1 | 1 | | 1 |
| 32 | <i>Eurysternus caribaeus</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 33 | <i>Eurysternus foedus</i> | 1 | | | |
| 34 | <i>Eurysternus mexicanus</i> | 1 | 1 | | |

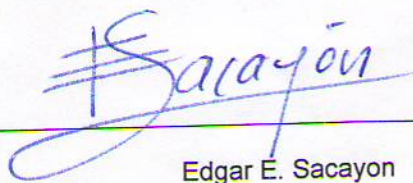
| | | | | | |
|----|-------------------------------------|---|---|---|---|
| 35 | <i>Megathoposoma candezei</i> | 1 | | | |
| 36 | <i>Ontherus azteca</i> | | 1 | | |
| 37 | <i>Ontherus mexicanus</i> | 1 | | 1 | 1 |
| 38 | <i>Onthophagus batesi</i> | 1 | | | |
| 39 | <i>Onthophagus belorhinus</i> | | | 1 | |
| 40 | <i>Onthophagus crinitus</i> | 1 | 1 | | |
| 41 | <i>Onthophagus cyclographus</i> | 1 | 1 | | |
| 42 | <i>Onthophagus incensus</i> | 1 | | | |
| 43 | <i>Onthophagus landolti</i> | 1 | 1 | | |
| 44 | <i>Onthophagus longimanus</i> | 1 | 1 | | |
| 45 | <i>Onthophagus luismargaritorum</i> | 1 | | | |
| 46 | <i>Onthophagus maya</i> | 1 | | 1 | |
| 47 | <i>Onthophagus rhinolophus</i> | 1 | 1 | | |
| 48 | <i>Onthophagus sharpi</i> | 1 | | | |
| 49 | <i>Phanaeus endymion</i> (Harold) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 | <i>Phanaeus sallei</i> | 1 | | | 1 |
| 51 | <i>Pseudocanthon perplexus</i> | 1 | | | |
| 52 | <i>Scatimus ovatus</i> | 1 | | | |
| 53 | <i>Uroxys bonneti</i> | 1 | 1 | | 1 |
| 54 | <i>Uroxys micro</i> | | | | 1 |

1 Con datos de Avendaño-Mendoza 1999a; Avendaño-Mendoza1999b, Avendaño-Mendoza et al. 2005 y colectas personales nov. 2009 y nov. 2010

2 Basado en Jolón M. 2003 y Colectas personales nov. 2009 y nov. 2010.

3 Basado en colectas personales nov. 2009 y nov.2010.

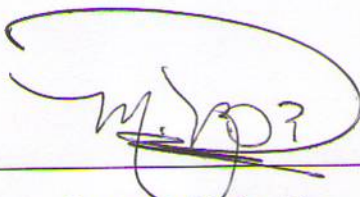
4 Basado en Bonham et al 2006. Colectas personales nov. 2009 y nov. 2010



Edgar E. Sacayon
Autor



Claudio Méndez, Lic.
Asesor



Mercedes Barrios, Lic.
Asesora



Jorge Erwin López, Ph.D.
Revisor



Sergio Melgar Ph.D.
Director, Escuela de Biología



Oscar Cobar Pinto, Ph.D.
Decano, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia