

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE VIDA SILVESTRE



EVALUACION DEL EFECTO DE LA FRAGMENTACION DEL PAISAJE SOBRE LOS
ENSAMBLES DE PICUDOS DE LA HOJARASCA (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE,
MOLYTINAE) EN EL CORREDOR DEL BOSQUE NUBOSO Y SIERRA DE LAS MINAS,
GUATEMALA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

EVALUACION DEL EFECTO DE LA FRAGMENTACION DEL PAISAJE SOBRE LOS
ENSAMBLES DE PICUDOS DE LA HOJARASCA (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE,
MOLYTINAE) EN EL CORREDOR DEL BOSQUE NUBOSO Y SIERRA DE LAS MINAS,
GUATEMALA

TESIS

Presentada al Comité Evaluador de Tesis de la Escuela de Estudios de Postgrado en cumplimiento con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Postgrado y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

POR

Biól. Manuel Alejandro Barrios Izás
Como requisito para optar al grado académico de
Maestro en Ciencias

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

TRABAJO PRESENTADO POR

Biól. Manuel Alejandro Barrios Izás
AUTOR

PhD. Dennis Guerra Centeno
TUTOR

PhD. Juan Fernando Hernández
ASESOR

M. A. Ligia Vanessa Ríos De León
DIRECTORA DE ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

IMPRIMASE:

M. Sc. Carlos Enrique Saavedra Vélez
DECANO

DEDICATORIA

A mi hermano, Ing. Agr. Leonel Antonio Barrios Izás, por su apoyo durante el transcurso de mis estudios.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	1
RESUMEN	2
SUMMARY	2
INTRODUCCIÓN	3
MATERIALES Y MÉTODOS	4
RESULTADOS	6
AGRADECIMIENTOS	13
BIBLIOGRAFÍA	13

PRESENTACIÓN

Para lograr conservar efectivamente los ecosistemas, especies y poblaciones de vida silvestre que se encuentran presionados principalmente por las actividades humanas, es necesario comprender los patrones espacio-temporales de desarrollo de las poblaciones humanas y la forma como utilizan el paisaje. La composición y distribución espacial de los elementos del paisaje afectan en diferente magnitud a las poblaciones de flora y fauna, de tal manera que el manejo y planificación del paisaje son factores claves en la mantención de las interacciones ecológicas entre especies y poblaciones.

La presente investigación representa uno de los esfuerzos de una serie de estudios para comprender la dinámica espacial de los ensambles de especies y variaciones poblacionales de vertebrados e invertebrados en el Corredor del Bosque Nuboso y Sierra de Las Minas en los departamentos de Baja Verapaz, El Progreso y Zacapa.

Los estudios realizados en del Corredor del Bosque Nuboso y Sierra de Las Minas por el equipo de investigación conformado por el Lic. Manuel Barrios y la Licda. Michelle Bustamante, han sido llevados a cabo gracias a la participación y colaboración del Centro de Datos para la Conservación, Herbario USCG y el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal del Centro de Estudios Conservacionistas, la Escuela de Estudios de Posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Dirección Regional III de Oriente del Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Así mismo, se ha contado con el financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT), la Dirección General de Investigación (DIGI) y de Idea Wild.

Esperamos que la información consignada pueda ser de utilidad para los tomadores de decisiones y planificadores de la región (ej. Administradores de Áreas Protegidas, Municipalidades, Consejos de Desarrollo, Instituto Guatemalteco de Turismo; entre otros) y además pueda servir como información base y de criterio para la elaboración y actualización de Estudios Técnicos y Planes Maestros de Áreas Protegidas y Planes de Desarrollo Municipal y Departamental.

Evaluación del efecto de la fragmentación del paisaje sobre los ensambles de picudos de la hojarasca (Coleoptera: Curculionidae, Molytinae) en el Corredor del Bosque Nuboso y Sierra de Las Minas, Guatemala

Manuel Alejandro Barrios Izás^{1,2}, Dennis Guerra Centeno¹ y Juan F. Hernández³

¹ Escuela de Estudios de Posgrado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-.

² Centro de Estudios Conservacionistas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

³Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

The effect of landscape fragmentation over leaf litter weevil's assemblages (Coleoptera: Curculionidae, Molytinae) in the Cloud Forest Corridor and Sierra de Las Minas, Guatemala

RESUMEN

Los picudos de la hojarasca constituyen uno de los grupos de insectos con mayor riqueza de especies e interacciones bióticas, especialmente en los bosques tropicales. Durante el presente estudio identificamos 55 especies de picudos de la hojarasca (Curculionidae: Molytinae) en el Corredor Biológico del Bosque Nuboso -CBN- y 32 especies en la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas -RBSM- en Guatemala. El CBN se encuentra compuesto principalmente por bosques nubosos, bosques de pino y bosques de encino, que en su mayoría han sido sustituidos por plantaciones de maíz, café y cardamomo. De acuerdo al análisis de paisaje, el CBN posee 47 fragmentos de bosque primario que ocupan el 25% del territorio por lo que se considera como un paisaje fragmentado.

Según los resultados obtenidos más del 90% de especies de picudos habitan en bosques latifoliados y solamente algunas especies habitan en bosques de pino. Esto tiene fuertes implicaciones en los planes de manejo forestal, reforestación y restauración. También se apreció que dentro del paisaje estudiado, los fragmentos de bosque nuboso son complementarios entre sí para la conservación de los picudos de la hojarasca. Se propuso un sistema de conectividad entre los principales fragmentos de bosque a fin de facilitar el intercambio de individuos entre las subpoblaciones de aquellas especies que se encuentran ampliamente distribuidas dentro del paisaje estudiado.

SUMMARY

Leaf litter weevils are one of the insect groups with greater richness and more biotic interactions, particularly in tropical forests. During this study we identified 55 species of leaf litter weevils (Curculionidae: Molytinae) in the Cloud Forest Biological Corridor –CFBC- and 32 species in the Sierra de Las Minas Biosphere Reserve in Guatemala. The CFBC is constituted by cloud, oak, and pine forests, which have frequently been substituted by corn, coffee and cardamom plantations. The landscape analysis performed shows that the CFBC has 47 patches of conserved forest that occupies 25% of the total extension, so it is considered as a fragmented landscape.

The results of this study show, that more than 90% of the leaf litter weevils inhabit cloud forests and less than 10% inhabit pine forests. We consider that this should be a major concern when designing forest management plans, reforestation and restoration projects. It is also shown that within the landscape the majority of forest patches are important in leaf litter weevil conservation because they are complementary. Finally, a connectivity system is proposed among the main forest patches to assist the exchange of individuals, among subpopulations of widespread species within the landscape. This would help in the genetic pool by allowing the reproduction among the metapopulation.

INTRODUCCIÓN

Los bosques nubosos de América Central Nuclear son considerados como uno de los ecosistemas de mayor importancia para la conservación de la fauna de escarabajos montanos de Mesoamérica, debido al alto número de especies endémicas que habitan estos bosques (Anderson & Ashe, 2000; Schuster, Cano, & Cardona, 2000). Los picudos (Coleoptera: Curculionidae) comprenden una de la familias más diversas del reino animal, con un total del 15.5% de la riqueza descrita de escarabajos. Actualmente se han descrito alrededor de 62,000 especies y se estima que hay más de 220,000 especies. La mayoría está concentrada en los trópicos (Ghahari, Legalov, & Arzanov, 2009; Newbold, et al., 2007; Oberprieler, Marvaldi, & Anderson, 2007; Julien, Center, & Tipping, 2002).

La transformación de la matriz del paisaje es una de las principales causas de la pérdida del hábitat. Además, es considerada como uno de los principales factores que ocasionan la extinción actual de la biodiversidad a nivel global (Sodhi, Brook, & Bradshaw, 2009). Otros factores, como las especies invasoras, la explotación de especies no controlada, enfermedades y el cambio climático global también representan fuertes amenazas para la biodiversidad (Bradshaw & Sodhi, 2009; Hannon, Wastegard, Bradshaw, & Bradshaw, 2001).

Los paisajes a todas las escalas espaciales son ambientes heterogéneos compuestos por más de un elemento (Wu, 2009, Schooley & Branch, 2007; Cook, Yao, Foster, Holt, & Patrick, 2005). La distribución y extensión de sus elementos está regulada por procesos naturales y puede ser afectada por procesos antropogénicos. (Dragičević & Milevski 2009, Middleton, 2008; Bronnikova, Zazovskaya, & Bobrov, 2003). Los procesos antropogénicos que ocasionan la pérdida del hábitat dentro del paisaje son la perforación, la disección, la fragmentación, la reducción y la eliminación de la matriz original (Forman, 1995).

Los procesos asociados a la pérdida del hábitat actúan de forma simultánea, por esto deben ser abordados desde una perspectiva de paisaje. Watts, Humphrey, Griffiths, Quine, & Ray (2005) describen que la persistencia de las poblaciones de muchas especies depende de la red de parches, ya que los miembros de la población utilizan recursos en áreas separadas y deben moverse a través del paisaje para sobrevivir.

Se han descrito diferentes patrones de los efectos de la pérdida del hábitat sobre la diversidad de especies. De acuerdo con la biogeografía de islas, los fragmentos de bosque (hábitat) son análogos a las islas en el mar; y la matriz perturbada o transformada es análoga al mar (no hábitat) (MacArthur & Wilson, 1967). Además, estos autores indican que los fragmentos más grandes son capaces de sostener una mayor diversidad, mientras los fragmentos pequeños están sujetos a extinciones locales por la limitación de recursos dentro del hábitat. Estos son colonizados en forma sucesiva por individuos que migran desde los parches de

mayor tamaño. Por tanto, las principales limitaciones en la recolonización de los fragmentos sujetos a extinciones locales son la capacidad de dispersión de las especies y la distancia y barreras que existen entre los fragmentos de hábitat.

Patterson & Atmar (1986) formularon la hipótesis de subconjuntos anidados. Esta hipótesis propone que el diferencial entre las tasas de extinción y colonización produce un patrón anidado en el cual los parches de menor tamaño poseen subconjuntos de los ensambles de especies de mayor tamaño. La teoría de biogeografía de islas tuvo un fuerte impacto sobre el diseño y consideraciones de manejo de refugios de vida silvestre (Diamond, 1975). Simberloff & Abele (1976) proponen que los parches de mayor tamaño no necesariamente poseen la mayor cantidad de especies y que las especies no necesariamente se encuentran en un patrón anidado dentro de la red de islas o refugios, sino más bien existe una alta probabilidad de que los refugios posean en conjunto una alta cantidad de hábitats y por lo tanto varios parches pequeños podrían mantener una mayor diversidad de especies que un parche grande. Además, sugieren que los eventos de extinción pueden tener un efecto más devastador sobre los parches grandes que sobre la red de parches pequeños.

El modelo de paisaje variegado propuesto por McIntyre & Hobbs (1999) postula que el paisaje no se encuentra conformado únicamente por hábitat y no hábitat, sino más bien existe un gradiente de modificación del hábitat a través del cual las especies pueden sobrevivir de acuerdo a sus requerimientos bióticos y abióticos.

En el presente estudio realizamos un análisis de la riqueza de picudos de la hojarasca en el paisaje perturbado del Corredor del Bosque Nuboso en Baja Verapaz. Proponemos que los parches que conforman la red de hábitat son complementarios para la conservación de la diversidad de picudos de la hojarasca y realizamos una propuesta de conservación del Corredor del Bosque Nuboso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: el CBN y la RBSM son dos de las áreas más importantes para la conservación de la diversidad biológica montana de Guatemala, especialmente de grupos de coleópteros (Schuster & Cano, 2006). El presente Estudio se llevó a cabo en los departamentos de Baja Verapaz, El Progreso y Zacapa en el CBN y RBSM (Ver Figura 1).

El CBN posee una extensión de 286 kms² y se extiende desde los 400 hasta los 2,300 msnm. Su precipitación anual varía entre 1,350 y 2,750 mm; los ensambles de vegetación dominante comprenden especies características de los bosques nubosos, liquidámbar, pino, encino y latifoliados montano bajo. La Reserva de Biosfera de la Sierra de Las Minas posee una extensión 2,404 kms² que se extiende desde los 200 hasta los 2,900 msnm y con una precipitación anual que varía entre 1,000 a 3,100 mm; los ensambles de vegetación dominante comprenden especies características de los bosques nubosos, coníferas, liquidámbar, encino y latifoliados montano bajo.

Colecta de datos: las unidades de muestreo consistieron en cinco muestras de hojarasca de 4.5 lts de filtrado de hojarasca, separadas entre sí por al menos 100 metros y en un área menor a 0.01Ha en donde se colectó *ad libitum*. El número de muestras se seleccionó con bases en

los modelos de acumulación de especies elaborados por Anderson y Ashe (2010), en donde se aprecia que la asíntota de especies de picudos acumuladas, en los bosques nubosos de Honduras, se comienza a formar generalmente en la quinta muestra. Para extraer el filtrado de hojarasca se utilizó un cernidor circular de 30 cms diámetro y con una rejilla de 1 cm de luz. Luego se guardó el filtrado en bolsas de poliéster con una etiqueta con los datos de colecta dentro de una bolsa Whirl Pack para protegerla.

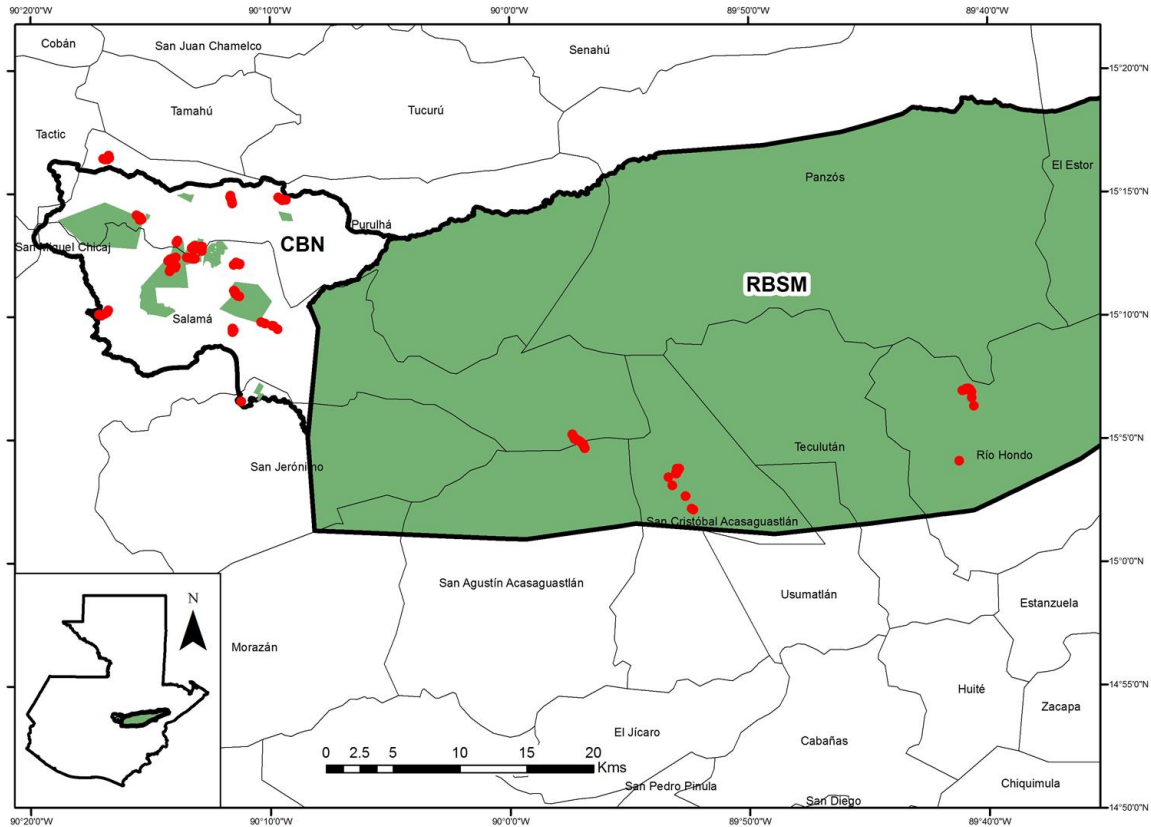


Figura 1. Sitios de muestreo en el CBN y RBSM. Verde: áreas protegidas, rojo: puntos de muestreo.

Las muestras se trasladaron a una estación cercana a los sitios de muestreo, en donde se colocaron dentro de sacos Maxi Winkler durante 24 a 36 horas para separar a los especímenes de la hojarasca. Los especímenes se montaron en alfileres entomológicos y se depositaron en la colección del Museo de Historia Natural de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La separación, disección e identificación se realizó con un estereoscopio Reichert Stereo Star Zoom 570.

Análisis de paisaje: en un Sistema de Información Geográfica se realizó la digitalización de los elementos del paisaje dentro del CBN, utilizando las ortofotos del año 2005 de Guatemala. Cada uno de los elementos de paisaje se clasificaron en una de cuatro clases: conservado, modificado, transformado y destruido (ver Hobbs & Hopkins, 1990).

Luego se elaboró un modelo de idoneidad del hábitat para el cual se utilizó la herramienta “Corridor Designer” en ArcGIS. Con esta herramienta se predijeron las áreas con mayor adecuación para sostener poblaciones y eventos reproductivos con base a la media geométrica de las siguientes variables: la cobertura del paisaje, la elevación, el efecto de borde, el tipo de ecosistema y la precipitación. Por último, se elaboró un modelo de corredores entre los parches de mayor importancia de acuerdo al análisis de idoneidad y de la presencia de barreras espaciales (ej. presencia de poblados, la distancia entre los parches y el uso del suelo; entre otros).

Análisis de datos: para estimar la riqueza total de especies del área de estudio se elaboró una curva de acumulación de especies por el método de Chao 2.

Para determinar si la riqueza de especies de picudos se relaciona con el gradiente de elevación, se elaboraron tres modelos lineales generalizados utilizando únicamente los datos de bosque nuboso. Los modelos elaborados en el software fueron: 1) $Y \sim X$, 2) $Y \sim X + I(X^2)$ y 3) $Y \sim X * I(X^2)$. Luego se realizó una prueba de Kruskal Wallis para determinar si existía diferencia entre la riqueza de especies de picudos de bosque nuboso y bosque de pino; esto también permitió establecer el impacto de las reforestaciones de pino en sitios naturalmente ocupados por bosques nubosos.

También se utilizó un análisis de agrupamiento UPMGA para determinar si los ensamblajes de especies de picudos se distribuyen de forma homogénea o heterogénea dentro del paisaje estudiado.

RESULTADOS

Pérdida del hábitat

El Corredor Biológico del Bosque Nuboso (CBN) posee una extensión de 286.38 km². Hobbs y Hopkins (1990) reconocen cuatro niveles de alteración del paisaje. Para el Corredor del Bosque Nuboso (CBN) se determinó que el hábitat conservado (bosques primarios) ocupa una extensión total de 71.97 km² (47 fragmentos), el hábitat modificado ocupa una extensión total de 14.9 km² (14 fragmentos), el hábitat transformado ocupa una extensión de 194.85 km² (30 fragmentos) y el hábitat destruido ocupa una extensión de 4.66 km² (29 fragmentos) (Figura 2A).

La matriz se encuentra conformada por hábitat transformado, en especial para usos agropecuarios, y posee una extensión de 194.16 km². Los fragmentos de hábitat conservado varían dentro de un rango de

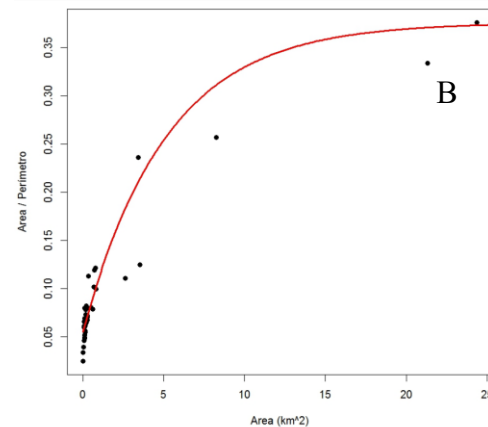
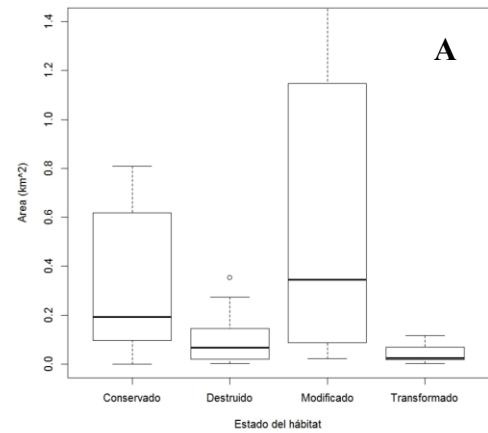


Figura 2. Métricas de paisaje. A) Área de los fragmentos y B) Variación de la forma de los fragmentos de bosque.

24.37 a 0.01 km² y están conformados principalmente por bosques nubosos, bosques de encino y bosques de pino. Los fragmentos de hábitat modificado varían en un rango de 6.33 a 0.02 km² y en general están conformado por guamiles maduros y bosques secundarios. Por último, el hábitat destruido posee un rango que varía entre 2.29 y 0.003 km² y se encuentra conformado principalmente por pueblos, caseríos, infraestructura para la industria y canteras.

En la Figura 3, se aprecia que la mayoría de fragmentos de hábitat conservado se encuentran distribuidos entre la porción central y el este del CBN, mientras la porción del oeste posee solamente algunos fragmentos de hábitat modificado. Solamente el 25% de la cobertura del CBN posee hábitat conservado, por lo que se puede considerar como un paisaje altamente fragmentado (ver McIntyre & Hobbs, 1999).

Los bosques son la segunda clase con mayor extensión, aunque solamente ocupan un 25.13% de la extensión total del CBN y se encuentran distribuidos en 47 parches. Los parches de mayor relevancia de acuerdo a su extensión se encuentran entre el BUCQ y la RBSM con extensiones entre 261.82 y 4,596 hectáreas. Es importante mencionar que las áreas protegidas poseen un rol importante en la conservación de los remanentes boscosos.

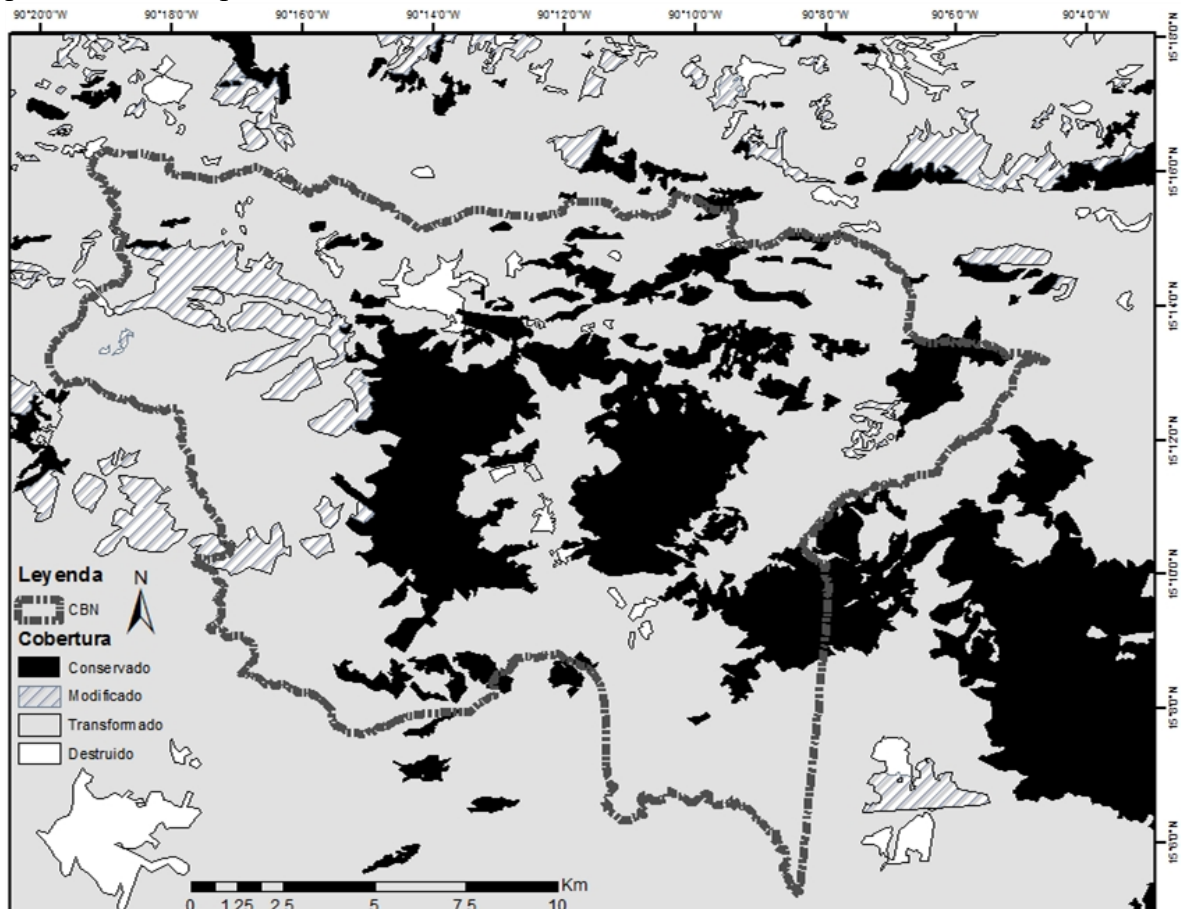


Figura 3. Mapa de cobertura del suelo de acuerdo a la clasificación de Hobbs y Hopkins (1990).

Diversidad de picudos

Durante el estudio se colectaron 85 muestras de hojarasca en 17 sitios a partir de junio del 2010 a octubre del 2011. Las muestras fueron colectadas en los municipios de Rio Hondo, Usumatlán, San Cristobal Acasaguastlán, San Agustín Acasaguastlán, Salamá y Purulhá. Los ecosistemas en donde se colectó fueron bosque nuboso y bosques de pino maduro; además de reforestaciones de pino. Entre los principales taxones colectados se encuentran especies de los géneros: *Anchonus*, *Conotrachelus*, *Cossonus*, *Bufomicrus*, *Dioptrophorus*, *Dryophthorus*, *Eurhoptus*, *Microhyus*, *Sciomias*, *Theognete* y *Trachyphloeomimus*, principalmente. También se incluyen especies de géneros indeterminados o que aún no se encuentran descritos.

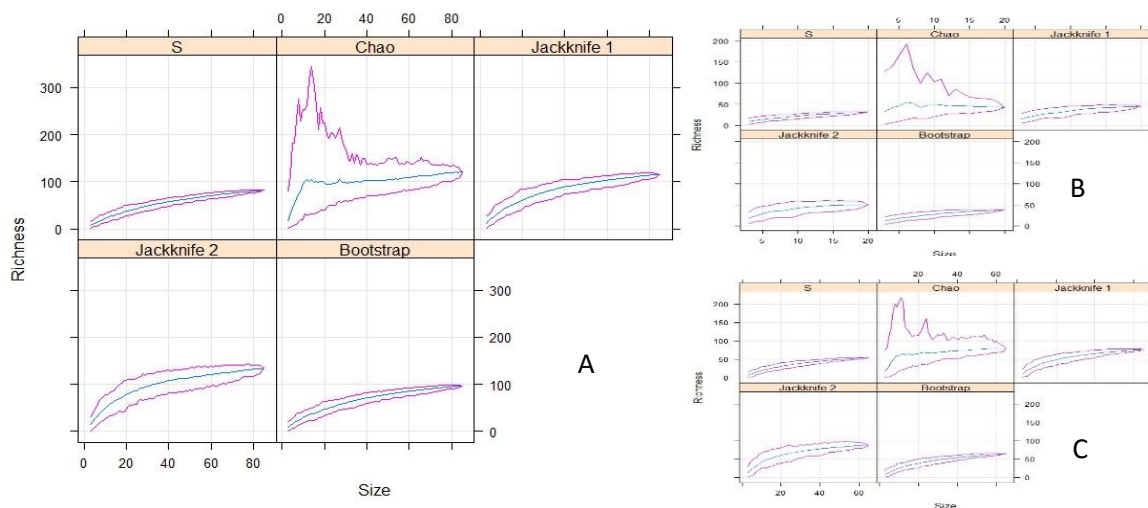


Figura 4. Curvas de acumulación de especies de picudos de la hojarasca total (A), RBSM (B) y CBN (C). S: riqueza de especies de picudos estimada

En total se colectaron 241 individuos de picudos (Coleoptera: Curculionidae, Molytinae), correspondientes a 82 especies. Se estima que hacen falta por coleccionar aproximadamente 44 especies (CHAO; 114.14 ± 3.36). Dentro del CBN la riqueza total de especies observada fue de 55 especies (CHAO; 79.28 ± 3.29) y en la Sierra de Las Minas la riqueza total de especies observada fue de 32 especies (CHAO; 44.02 ± 6.50) (figura 2B).

En relación a la elevación y riqueza de especies de picudos de la hojarasca encontramos que el cambio en la riqueza de especies no se explica por el gradiente de elevación (figura 5), sino más bien por el cambio en la heterogeneidad de los ecosistemas; observándose una mayor riqueza de especies en los bosques nubosos montañosos que en los bosques de coníferas (KW, $p=0.016$).

En el análisis de agrupamiento de la Figura 6, se puede apreciar que el paisaje puede separarse en tres unidades de acuerdo a los ensambles de picudos. La primera unidad está conformada por los bosques que se encuentran al este del CBN, la segunda por los bosques que se encuentran en el Cerro Verde y el Biotopo del Quetzal y la tercera por los bosques que se encuentran en la Sierra de Las Minas. Además, un fragmento de Bosque Nuboso que se encuentra a una menor altitud y que posee un ensamble de especies de picudos con especies

únicas.

DISCUSION

Transformación del paisaje

La transformación del paisaje y la pérdida del hábitat son las principales causas de la pérdida de la biodiversidad a nivel global (Orians y Soulé, 2001). La pérdida de los ecosistemas trae consigo el deterioro y disminución de los bienes y servicios ecosistémicos y consecuentemente la disminución en la calidad de vida de las poblaciones humanas que hacen uso de estos.

De acuerdo al análisis de paisaje del CBN, la cobertura actual del suelo está ocupada por actividades agropecuarias por más de un 60% y tan solo un 25% corresponde a bosques naturales distribuidos en 114 fragmentos. Si bien las actividades agrícolas son la principal actividad económica local, hay que considerar que la producción de maíz es la que ocupa una mayor extensión; de acuerdo a la SEGEPLAN (2011) el rendimiento por manzana es muy bajo. Sin embargo, la producción se realiza en microfincas (<5Ha) y en su mayoría es para el autoconsumo. Algunos de los factores que agravan la conservación de los recursos naturales en el CBBN son la falta de tecnificación, la tenencia y concentración de los recursos, el tamaño de las fincas que únicamente cubre la alimentación familiar, el incremento en los índices inflacionarios y la falta de capacitación y organización de los campesinos en el CBBN (Tatuan Lemus, 2010).

Las plantaciones de café también ocupan una extensión importante dentro del área de estudio (SEGEPLAN, 2011). Se ha demostrado que, bajo ciertas condiciones de manejo de las plantaciones de café, especialmente el café de sombra con plantas nativas, es posible mantener una alta proporción de la diversidad de vertebrados, invertebrados y plantas (Moguel & Toledo, 1999). Actualmente, en Guatemala las plantaciones de café están cambiando de sistemas de producción con sombra a producción sin sombra, lo que repercute dañinamente en la biota local (apreciación personal en los departamentos de Zacapa, Chiquimula y San Marcos, principalmente). Sin embargo, es importante considerar que la planificación y ordenamiento del territorio son claves en la conservación de la biodiversidad ya que existen numerosos casos en los que los remanentes boscosos han sido transformados en plantaciones de café bajo sombra reduciendo la biodiversidad (Tejeda-Cruz, Silva-Rivera, Barton, & Sutherland, 2010). El tipo de organización, individual o colectiva, la calidad del producto final de los sistemas agroforestales (Hagggar, Medina, Aguilar, & Munoz, 2013) y el resto de la cadena de producción son elementos que deben de ser considerados para la sostenibilidad económica y ambiental (Chavez Arce, et al., 2009) del paisaje.

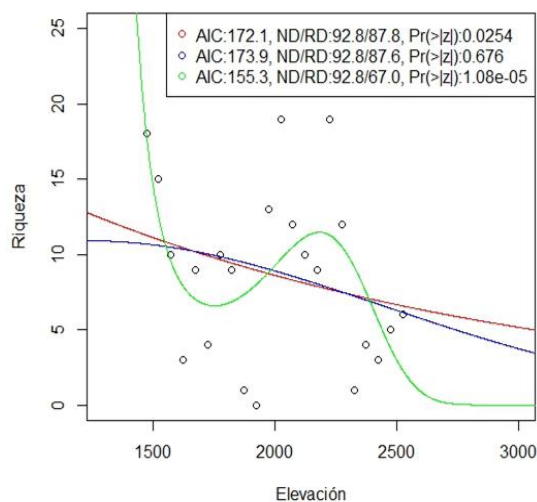


Figura 5. Distribución de la riqueza de especies de picudos de la hojarasca (Coleoptera: Molytinae) entre los 1450 y 2550 msnm.

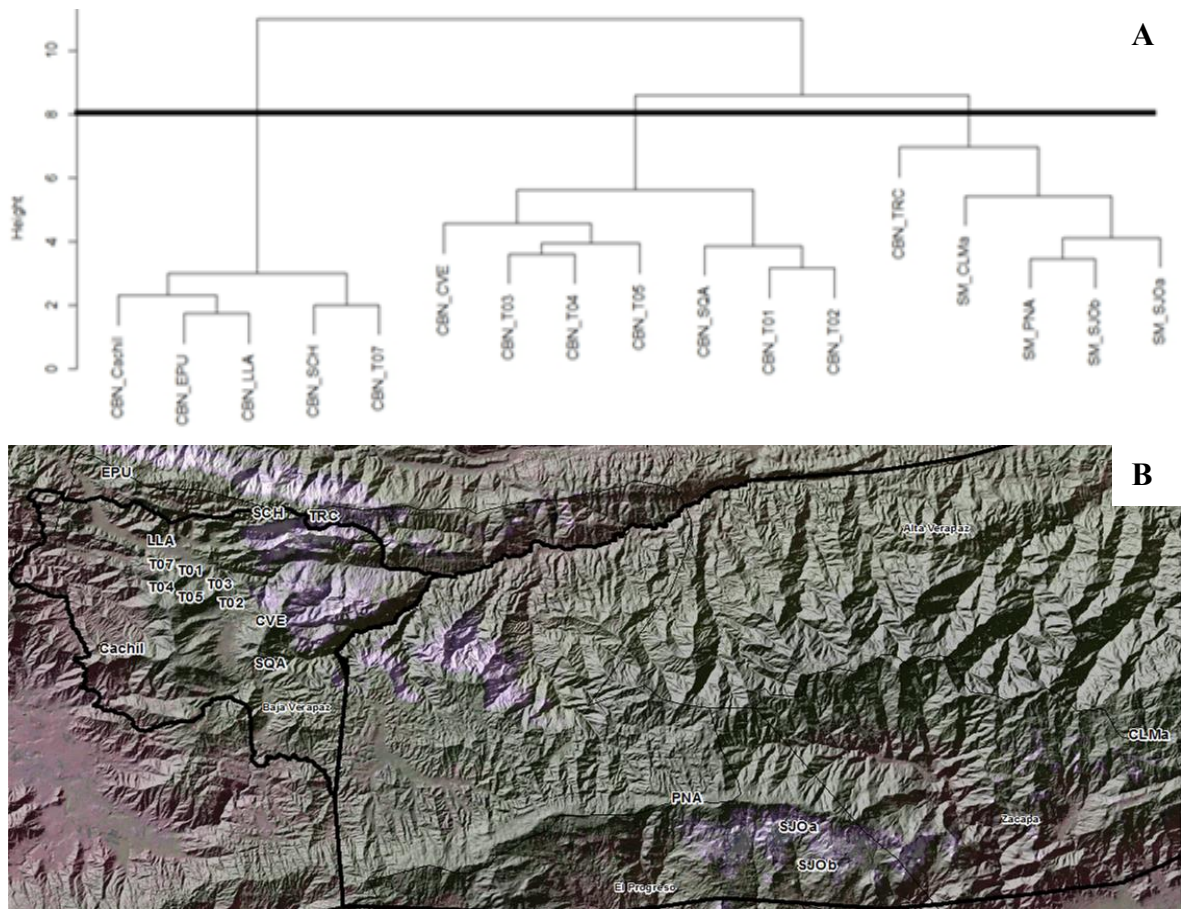


Figura 6. a) Similitud entre los sitios de muestreo con base en la diversidad de picudos de la hojarasca (Coleoptera: Molytinae), b) Ubicación de las unidades de muestreo.

Impacto de las políticas forestales

Actualmente el estado de Guatemala invierte en la recuperación de la cobertura forestal, especialmente en bosques con fines comerciales. Sin embargo, un porcentaje de los incentivos forestales se invierte en la conservación de bosques naturales a través de los programas PINPEP y PINFOR. Dentro del CBN se puede apreciar que sitios con cobertura original de bosques latifoliados han sido reemplazados o sustituidos artificialmente con bosques de coníferas, en especial con *Pinus* spp. A pesar de que se recupera la cobertura forestal, en términos de conservación de la biodiversidad y restauración de ecosistemas los beneficios son mínimos. Por ello es importante que la dirección técnica del INAB a través de los programas PINPEP y PROBOSQUE considere la reforestación y restauración con especies propias del ecosistema y así asegurar una mejor integridad de los ecosistemas, especialmente en bosques nubosos.

Los picudos forman parte de mesofauna y macrofauna de la hojarasca, la cuál es la fuente de mayor importancia para el flujo de energía dentro del ecosistema (Polis y Stong, 1996). En tal sentido, los picudos de la hojarasca resultan ser un grupo con alto potencial como indicador del impacto de las políticas de conservación y reforestación con fines de

regeneración de ecosistemas.

Fragmentación del paisaje

El aislamiento y reducción en el tamaño de los fragmentos de bosque resultantes tiene fuertes implicaciones en la conservación de la diversidad de artrópodos de la hojarasca ya que puede ocasionar una reducción en la variabilidad genética, reducción en las tasas de recolonización y un aumento en las tasas de extinción. Esto especialmente si se considera la limitada capacidad de dispersión de los picudos de la hojarasca, su fuerte dependencia en la disponibilidad de hojarasca y la fuerte vulnerabilidad de los ecosistemas de Guatemala a los incendios forestales en la época seca.

Dentro del paisaje del CBN se pudo apreciar que las tasas de recambio de especies de picudos de la hojarasca entre los fragmentos estudiados son altas, por lo que los remanentes de bosque son complementarios entre sí para su conservación. Los esfuerzos de conservación a través del SIGAP juegan un papel importante en la conservación de los principales remanentes boscosos. Sin embargo, los fragmentos medianos y pequeños que se encuentran en la periferia se encuentran fuertemente amenazados por el avance de la frontera agrícola y la extracción de especies.

Las áreas protegidas generalmente son muy pequeñas para permitir la persistencia de las especies, por lo que en su diseño deben de considerarse sobre la red de parches de bosque el tamaño, la forma y el efecto de borde, la distancia y la conectividad a fin de reducir las probabilidades de extinción de las especies que dependen de esta red (Wilson & Willis, 1975). La creación de redes de conectividad puede ayudar a disminuir los efectos del aislamiento, especialmente cuando las poblaciones son muy pequeñas y puedan sufrir erosión génica o cuando la población pueda sufrir un colapso por la dinámica demográfica o por desastres naturales (Hilty, Lidicker & Merenlender, 2006).

Si bien en el CBN todos los remanentes de bosque son importantes para la conservación de las especies de picudos de la hojarasca por su complementariedad, se elaboró una propuesta de conservación de los remanentes de bosque nuboso con base en su capacidad para sostener poblaciones de picudos de la hojarasca.

Esta propuesta puede ser útil para priorizar áreas para la creación de áreas protegidas, para selección de áreas para restauración de bosques nubosos o para seleccionar áreas para incentivos de conservación con énfasis en artrópodos de la hojarasca. En la Figura 7 se aprecian en color verde los fragmentos de bosque nuboso de mayor tamaño y con menor aislamiento y con capacidad para sostener poblaciones de picudos potencialmente viables; entre los que se encuentran los fragmentos que contienen al Biotopo del Quetzal, Cerro Verde y Sierra de Las Minas. Luego se encuentran los fragmentos de color rojo que representan sitios que pueden ser potencialmente viables al menos para eventos reproductivos. Después se encuentran los fragmentos de color azul con capacidad potencialmente limitada para sostener poblaciones. Por último, se observan áreas sombreadas que representan zonas boscosas, aunque no necesariamente de bosque nuboso.

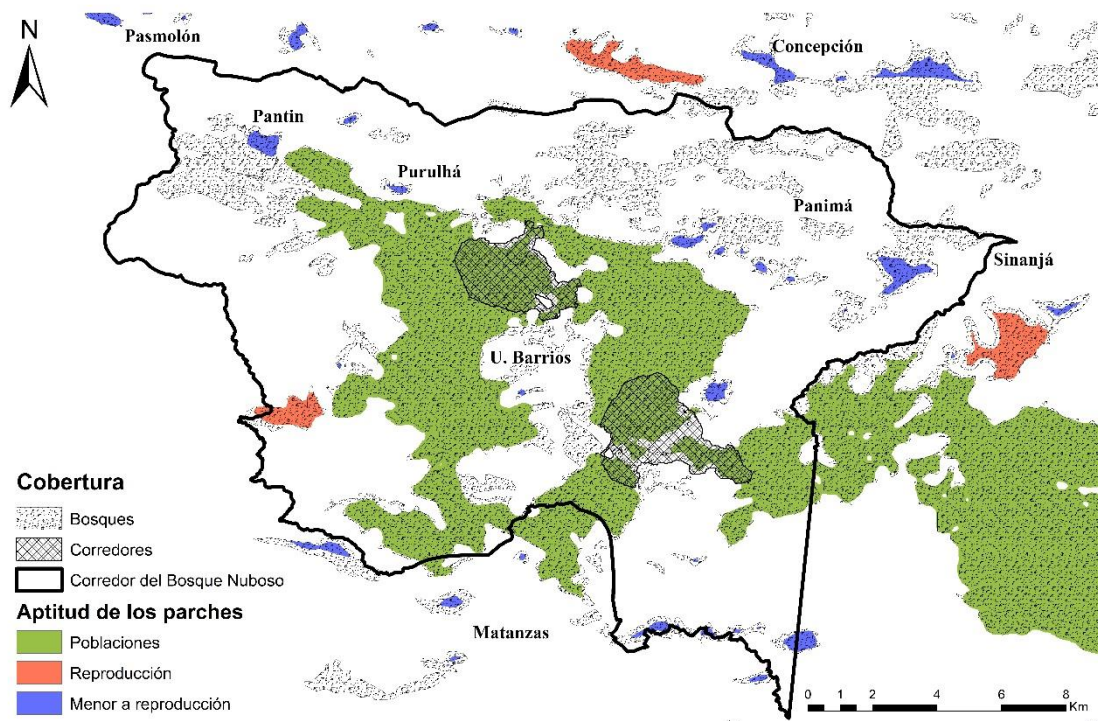


Figura 7. Corredores propuestos y áreas priorizadas para la conservación de los picudos de la hojarasca de bosque nuboso.

Los corredores pueden incrementar el movimiento de los artrópodos entre los parches de paisaje (Haddad, 1999) y aunque se conoce poco sobre el efecto de los corredores sobre las poblaciones de insectos se ha visto que en algunas especies la calidad del hábitat es un factor importante en la colonización de los parches (Ver Hunter, 2002). En la figura 7, se proponen dos corredores biológicos para artrópodos de la hojarasca que interconectan los fragmentos de bosque (color verde); dichos corredores pueden ser funcionales de acuerdo a las capacidades de dispersión de los artrópodos, especialmente si son voladores o no. La selección de dichos corredores se basa principalmente en que el microclima de las carreteras puede repeler a los artrópodos (Mader, Schell, & Kornacker, 1990). En el caso de los picudos de la hojarasca que poseen capacidades de dispersión limitadas a unos cuantos metros y no se les encuentra en sitios sin hojarasca, las carreteras pueden representar una barrera importante para el flujo génico.

A partir de esta propuesta se recomienda analizar la diversidad génica intra e interpoblacional de especies de picudos de la hojarasca que se encuentren ampliamente distribuidas dentro del paisaje, como *Dryphthorus quadricollis* y *Theognete braunae*. Es importante mencionar que a pesar que de estas especies se encuentran en la mayor parte de los fragmentos pueden llegar a ser muy buenos indicadores de los efectos de la fragmentación sobre el flujo génico, a una escala de paisaje pequeña, debido a sus limitadas capacidades de dispersión.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología por haber proveído los fondos para la realización de la investigación (Proyecto FODECYT 35-2011), a Idea Wild por la donación de un estereoscopio, al Museo de Historia Natural de la USAC por haber facilitado las instalaciones del laboratorio de entomología y la colección de insectos, a Michelle Bustamante por su apoyo en las colectas y curación de especímenes, a Mercedes Barrios por su colaboración con el proyecto y a la Dirección Regional III de Oriente del Consejo Nacional de Áreas Protegidas por el apoyo con técnicos y guardarecursos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alig, R. J., Lewis, D. J., & Swenson, J. J. (2005). Is forest fragmentation driven by the spatial configuration of land quality? The case of western Oregon. *Forest Ecology and Management*(217), 266-274.
- Ambrose, S. (1998). Late Pleistocene Human Population Bottlenecks, Volcanic winter, and Differentiation of Modern Humans. *J. Human Evolution*, 34, 623-651.
- Anderson, R. S. (1995). An evolutionary perspective on diversity in Curculionoidea. *Memoirs of the Entomological Society of Washington*(14), 103-114.
- Anderson, R. S. (2010). A taxonomic monograph of the Middle American leaf-litter inhabiting weevil genus Theognete Champion (Coleoptera: Curculionidae; Molytinae; Lymantini). *Zootaxa*, 2458, 1-127.
- Anderson, R. S., & Ashe, J. S. (2000). Leaf litter inhabiting beetles as surrogates for establishing priorities for conservation of selected tropical montane cloud forests in Honduras, Central America (Coleoptera; Staphylinidae, Curculionidae). *Biodiversity and Conservation*, 9, 617-653.
- Bradshaw, C., & Sodhi, N. y. (2009). Tropical turmoil: a biodiversity tragedy in progress. *Front Ecol Environ*, 7(2), 79-87.
- Bronnikova, M., Zazovskaya, E., & Bobrov, A. (2003). Local Landscape Evolution Related to Human Impact of an Early Medieval Pre-Urban Center in the Upper Dnieper Region (Central Russian Plain): an interdisciplinary experience. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 20(3), 245-262.
- Champion, G. (1902-1906). INSECTA. COLEOPTERA. RHYNCHOPHORA. CURCULIONIDAE. CURCULININAE. En O. Salvin, & F. Godman, *Biologia Centrali Americana* (pág. 750).
- Chavez Arce, V. J., Raudales, R., Trubey, R., King, D. I., Chandler, R. B., & Chandler, C. C. (2009). Measuring and Managing the Environmental Cost of Coffee Production in Latin America. *Conservation and Society*, 7(2), 141-144.
- Cook, W., Yao, J., Foster, B., Holt, R., & Patrick, L. (2005). Secondary Succession in an Experimentally Fragmented Landscape: Community Patterns Across Space and Time. *Ecological Society of America*, 86(5), 1267-1279.
- Diamond, J. (1975). The Island Dilemma: Lessons of Modern Biogeographic Studies for the Design of Natural Reserves. *Biol. Conserv.*(7), 129-146.
- Dragičević, S., & Milevski, I. (2009). Human Impact on the Landscape - Examples from Serbia and Macedonia. En *International Conference "Land Conservation"*. Serbia: LANDCON 0905.
- Farrell, B. D. (1998). "Inordinate fondness" explained: Why are there so many beetles?

- Science*(281), 555-559.
- Fischer, J., Lindenmayer, D., & Fazey, I. (2004). Appreciating Ecological Complexity: Habitat Contours as a Conceptual Landscape Model. *Conservation Biology*, 18(5), 1245-1253.
- Fisher, J., & Lindenmayer, D. (2007). Landscape Modification and Habitat Fragmentation: a Synthesis. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 265-280.
- Forman, R. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. New York: Cambridge University Press.
- Ghahari, H., Legalov, A. A., & Arzanov, G. Y. (2009). An Annotated List of the Weevils (Coleoptera: Curculionidae) from the Arasbaran Biosphere Reserve and vicinity, Northwestern Iran. *Baltic J. Coleopterol*, 9(2), 177-182.
- Gillespie, R. (2008). Updating Martin's global extinction model. *Quaternary Science Review*, 27(27-28), 2522-2529.
- Haddad, N. M. (1999). Corridor and Distance Effects on Interpatch Movement: a Landscape Experiment with Butterflies. *Ecological Applications*, 9(2), 612-622.
- Hagggar, J., Medina, B., Aguilar, R. M., & Munoz, C. (2013). Land Use Change on Coffee Farms in Southern Guatemala and its Environmental Consequences. *Environmental Management*.
- Hannon, G., Wastegard, S., Bradshaw, E., & Bradshaw, R. (2001). Human Impact and Landscape Degradation on the Faroe Islands. En *Palaeoecology to Conservation: an Interdisciplinary Vision* (Vol. 101B, págs. 129-139). Proceedings of the Royal Irish Academy.
- Hilty, J. A., Lidicker, W. Z., & Merenlender, A. M. (2006). *Corridor Ecology: The Science and Practice on Linking Landscapes for Biodiversity and Conservation*. Washington: Island Press.
- Hobbs, R. J., & Hopkins, A. J. (1990). From frontier to fragments: European impact on Australia's vegetation. *Proceedings of the Ecological Society of Australia*, 16, 93-114.
- Hunter, M. D. (2002). Landscape structure, habitat fragmentation, and the ecology of insects. *Agricultural and Forest Entomology*, 4, 159-166.
- Julien, M., Center, T., & Tipping, P. (2002). Floating Fern (Salvinia). En R. Driesche, S. Lyon, B. Bossey, M. Hoddle, & R. Reardon, *Biological Control of Invasive Plants in the Eastern United States*.
- MacArthur, R., & Wilson, E. (1967). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton, N.J: Princeton University Press.
- Mader, H., Schell, C., & Kornacker, P. (1990). Linear Barriers to Arthropod Movements in the Landscape. *Biological Conservation*, 54, 209-222.
- McIntyre, S., & Hobbs, R. (1999). A Framework for Conceptualizing Human Impacts on Landscapes and its Relevance to Management and Research. *Conservation Biology*, 13, 1282-1292.
- Middleton, B. (2008). Landscape Pattern of Seedbanks and Anthropogenic Impacts in Forested Wetlands of the Northern Mississippi River Alluvial Valley. *Ecoscience*, 15(2), 231-240.
- Moguel, P., & Toledo, V. M. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems in Mexico. *Conservation Biology*, 13(1), 11-21.
- Newbold, T., Meregalli, M., Colonnelli, E., Barclay, M., Elbanna, S., & Abu Fandud, N. (2007). Redescription of a weevil *Pramecops sinaitus* (Coleoptera: Curculionidae):

- Molytinae) from the Sanai and an ecological study of its interaction with the Snai milkweed *Asclepias sinaica* (Gentianales: Asclepiadaceae). *Eur. J. Entomol.*, 104, 505-515.
- Oberprieler, R. G., Marvaldi, A. E., & Anderson, R. S. (2007). Weevils, weevils, weevils everywhere. *Zootaxa*, 1668, 491-520.
- O'Brien, C. W., & Wibmer, G. (1982). Annotated checklist of the weevils (Curculionidae sensu lato) of North America, Central America, and the West Indies (Coleoptera: Curculionoidea). *Memoirs of the American Entom. Institute*, 34(9), 1-382.
- O'Brien, C. W., & Wibmer, G. (1984). Annotated checklist of the weevils (Curculionidae sensu lato) of North America, Central America, and West Indies-Supplement 1. *Southwest Ent*, 9(3), 286-307.
- Orians, G.H., Soulé, M.E., 2001. Introduction. In: Soulé, M.E., Orians, G.H. (Eds.), *Conservation Biology: Research Priorities for the Next Decade*. Island Press, Washington, DC, pp. 1-9.
- Patterson, B. (1987). The Principle of Nested Subsets and its Implications for Biological Conservation. *Conservation Biology*, 1, 323-334.
- Patterson, B., & Atmar, W. (1986). Nested Subsets and the Structure of Insula Mammalian Faunas and Archipelagos. *Biological Journal of the Linnean Society*, 28, 65-82.
- Plantinga, A. J. (1996). The Effect of Agricultural Policies on Land Use and Environmental Quality. *Amer. J. Agr. Econ.*, 78, 1082-1091.
- Polis, G. A., & Stong, D. R. (1996). Food Web Complexity and Community Dynamics. *The American Naturalist*, 147(5), 813-846.
- Schooley, R., & Branch, L. (2007). *Spatial Heterogeneity in Habitat Quality and Cross-Scale Interactions in Metapopulations*. New York: Springer.
- Schuster, J. C., Cano, E. B., & Cardona, C. (2000). Un método sencill para priorizar la conservación de los bosques nubosos de Guatemala, usando Passalidae (Coleoptera) como organismos indicadores. *Acta Zoológica Mexicana*, 80, 197-209.
- SEGEPLAN. (2011). *Plan de desarrollo municipal de Purulhá*. Guatemala: SEGEPLAN.
- Simberloff, D. S., & Abele, L. G. (1976). Island Biogeography Theory and Conservation Practice. *Science*, 191(4224), 285-286.
- Simberloff, D., & Wilson, E. (1969). Experimental Zoogeography of Islands - Colonization of Empty Islands. *Ecology*, 278-296.
- Smith, K., Sax, D., & Lafferty, K. (2006). Evidence for the Role of Infectious Disease in Species Extinction and Endangerment. *Conservation Biology*, 20(5), 1349-1357.
- Sodhi, N. S., Brook, B. W., & Bradshaw, C. J. (2009). Causes and Consequences of Species Extinction. En S. A. Levin, & e. al, *Tropical Conservation* (Vol. V.1, págs. 514-520). New Jersey: Princeton University Press.
- Tatuan Lemus, R. L. (2010). *Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión: costos y rentabilidad de unidades agrícolas (producción de maíz) en el municipio de Purulhá, Baja Verapaz*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Ciencias Económicas.
- Tejeda-Cruz, C., Silva-Rivera, E., Barton, J. R., & Sutherland, W. (2010). Why Shade Coffee Does Not Guarantee Biodiversity Conservation. *Ecology and Society*, 15(1), 13. Obtenido de <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss1/art13/>
- Watts, K., Humphrey, J., Griffiths, M., Quine, C., & Ray, D. (2005). *Evaluating Biodiversity in Fragmented Landscapes: Principles*. Edinburg: Forestry Commission.

- Wibmer, G., & O'Brien, C. (1989). Additions and corrections to annotated checklists of the weevils of North America, Central America and the West Indies, and of South America. *Southwestern Entomologist, Supplement, 13*, 1-49.
- Wilson, E., & Willis, E. (1975). Applied Biogeography. En M. Cody, & J. Diamond, *Ecology and evolution of communities* (págs. 522-534). Massachusetts, USA: Belknap Press.
- Wolda, H., O'Brien, C., & Stockwell, H. (1998). Weevil diversity and seasonality in tropical Panama as deduced from light-trap catches (Coleoptera: Curculionoidea). *Smithsonian Contributions to Zoology, 590*, 1-79.
- Wu, J. (2009). Ecological Dynamics in Fragmented Landscapes. En S. Levin, *Princeton Guide to Ecology* (págs. 438-444). Princeton University Press.