

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

**DISTRIBUCION DE *Phyllophaga* (SCARABAEIDAE: MELOLONTHINAE) EN
GUATEMALA.**

MANUEL ALEJANDRO BARRIOS IZÁS

BIOLOGO



GUATEMALA, JULIO DEL 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

**DISTRIBUCION DE *Phyllophaga* (SCARABAEIDAE: MELOLONTHINAE) EN
GUATEMALA.**

Informe de tesis

Presentado por

MANUEL ALEJANDRO BARRIOS IZÁS

Para optar al título de

BIOLOGO

Guatemala, julio del 2009

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

Oscar Manuel Cóbar Pinto, Ph.D.	Decano
Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto	Secretario
Licda. Lillian Raquel Irving Antillón, M.A.	Vocal I
Licda. Liliana Vides de Úrizar	Vocal II
Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli	Vocal III
Br. Andrea Alejandra Alvarado Álvarez	Vocal IV
Br. Aníbal Rodrigo Sevillanos Cambronero	Vocal V

ACTO QUE DEDICO

A la memoria de

CATALINA IZÁS FERRIGNO

Y a mis hijos

HUGO Y JESSICA

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo, en especial a Leonel Barrios por su apoyo y solidaridad.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala por brindarme la educación superior.

Al Laboratorio de Entomología Sistemática de la Universidad del Valle de Guatemala por haberme proporcionado los datos para la elaboración de esta tesis.

A mis compañeros de estudio, en especial a Michelle Bustamante e Ivonne Gómez.

INDÍCE

	Páginas
1. RESUMEN.....	01
2. INTRODUCCION.....	02
3. ANTECEDENTES	
2.1.Clasificación, ciclo de vida y distribución de <i>Phyllophaga</i>	03
2.2.Las colecciones biológicas y los sistemas de información en el estudio de la diversidad biológica.....	04
2.3.Biogeografía y la diversidad biológica en Guatemala.....	05
2.4.Modelos de nicho ecológico y modelos de distribución potencial..	07
4. JUSTIFICACION.....	13
5. OBJETIVOS.....	15
6. HIPOTESIS.....	16
7. MATERIALES Y METODOS.....	17
8. RESULTADOS.....	21
9. DISCUSION DE RESULTADOS.....	45
10. CONCLUSIONES.....	49
11. RECOMENDACIONES.....	50
12. REFERENCIAS.....	53

1. RESUMEN

En el presente trabajo se elaboraron los mapas de distribución de 42 especies de *Phyllophaga*, los mapas representan los modelos de nicho ecológico y de distribución potencial. La información taxonómica y ambiental para la elaboración de los modelos de nicho ecológico se obtuvo a partir de la base de datos del Laboratorio de Entomología Sistemática de la Universidad Del Valle de Guatemala, de los modelos ambientales de WorldClim y de los datos ambientales de Guatemala. Los mapas de distribución potencial se realizaron a partir de la técnica de aerografía.

A partir de los modelos de distribución de *Phyllophaga* se identificaron dos patrones de distribución generalizados: montaña y tierras bajas. Además se identificaron las especies de amplia distribución y la distribución de 15 especies plaga. También se realizó una clasificación biogeográfica de Guatemala y se identificaron cinco áreas en base al análisis de endemismos. Las áreas identificadas fueron: Norte de Petén, Sur de Petén, montañas del Bloque Maya, área de montaña del Bloque Chortís y la Vertiente Sur. En el área de montaña se apreció una fuerte segregación por efecto del corredor seco de Stuart.

Además se determinaron los factores que tienen mayor efecto sobre la distribución de las especies de *Phyllophaga*. Para las especies de distribución restringida se propone que su distribución se ve limitada por factores vicariantes y para las especies de amplia distribución se encontró una correlación con las variables de altitud, la precipitación y temperatura media.

Finalmente, se propone un aumento en los esfuerzos de conservación en los bosques de montaña a partir de la priorización de áreas realizado. Estos sitios se encuentran principalmente en los bosques nubosos y norte de Petén. Sin embargo, se debe aumentar los esfuerzos de investigación en los bosques secos.

2. INTRODUCCION

El género *Phyllophaga* se encuentra constituido por aproximadamente 839 especies en América y 96 especies en Guatemala. Este género posee importancia en los campos de: a) conservación de los recursos naturales, ya que posee alta riqueza de especies, y algunas especies endémicas; b) biogeografía, porque algunas especies poseen distribución muy restringida por lo que pudieran mostrar patrones biogeográficos; c) ecológica, debido a que regulan y modifican el desarrollo de las plantas y por consiguiente afectan a la comunidad completa; y d) agrícola, debido a que algunas especies son importantes plagas de cultivos.

Los patrones de distribución de las especies de *Phyllophaga* pueden analizarse a través de la información disponible en las colecciones biológicas, datos ambientales y de vegetación; utilizando aplicaciones logarítmicas y sistemas de información geográfico (SIG). Dichas aplicaciones comparan similitudes entre unidades geográficas operacionales y despliegan aproximadamente cien modelos de distribución potencial de los cuales se escogen los 10 mejores modelos con menor valor de error de omisión ($e_o \leq 0.05$). De estos 10 modelos se escogen los más cercanos a la media y se proyectan en un mapa de distribución potencial en un Sistema de Información Geográfico. En los mapas de distribución potencial se pueden observar los límites geográficos de las especies, localizar zonas de alta riqueza por traslape de mapas, medir el área de distribución a través de SIG y contrastar las distribuciones con otros mapas (geológicos, topográficos, biológicos, etc), entre otras cosas.

En el presente trabajo se obtuvieron los modelos de nicho ecológico y distribución potencial de 42 especies del género *Phyllophaga*, se determinaron algunas de las variables ambientales que afectan su distribución, se realizó una clasificación de áreas con base en la composición de especies de cada área. Todos los datos curatoriales se obtuvieron de la base de datos del Laboratorio de Entomología Aplicada de la Universidad del Valle de Guatemala la cual contiene 3712 registros de 80 especies de *Phyllophaga* colectadas en Guatemala de 1976 al 2006.

3. ANTECEDENTES

2.1. Clasificación, ciclo de vida y distribución de *Phyllophaga*

La superfamilia Scarabaeoidea es un grupo monofilético compuesto por 13 familias (Grebennikov y Scholtz, 2004). Dentro de Scarabaeoidea es de importancia la familia Scarabaeidae por su amplia distribución y en donde se agrupan aproximadamente a 2000 géneros y 25000 especies alrededor del mundo, de los cuales 362 géneros y 4706 especies de Scarabaeoidea se encuentran en la región neotropical (Costa, 2000). La familia Scarabaeidae es un grupo parafilético en donde los Melolonthinae se ubican dentro de los Scarabaeidae “pleurosticticos” (Grebennikov y Scholtz, 2004), lo cual ha sido motivo para que algunos autores los separen de Scarabaeidae y los agrupen junto con Euchirinae, Rutelinae, Dynastinae, Glaphyrinae, Trichiinae, Valginae, Cetoniinae y Phaenomerinae como una nueva familia “Melolonthidae” (Endrödi, 1966; Grebennikov y Scholtz, 2004; Morón, 1984); sin embargo, al no estar muy claro el origen filogenético del grupo, en el presente trabajo se considerarán como una subfamilia de Scarabaeidae.

El género *Phyllophaga* Harris, 1826 junto con otros géneros pertenecen a la subfamilia Melolonthinae; la cual se caracteriza por poseer uñas tarsales dentadas o bífidas, cípeo no emarginado lateralmente, las bases de las antenas casi nunca no son visibles desde la vista dorsal, y generalmente solo un par de espiráculos abdominales están expuestos debajo de los bordes de los élitros (Borror *et al*, 1989).

El ciclo de vida esta muy bien documentado para las especies de cultivos, especialmente en maíz en donde coincide con la fenología del cultivo. Consiste en cuatro estados (huevo, tres estados larvarios, pupa y adulto). Los adultos emergen del subsuelo con las primeras lluvias entre abril y mayo, durante este período se alimentan de hojas (motivo al cual deben su nombre), se aparean y posteriormente ovipositan en el suelo en donde rápidamente eclosionan las larvas del primer estado (6 a 18 días) durante el meses de mayo y junio. Las larvas pasan por tres estados durante el período de mayo a diciembre. Entre noviembre y abril se desarrollan las pupas y pasan al estado adulto

que permanece debajo del suelo hasta las primeras lluvias del año (Ramírez-Salinas y Castro-Ramírez, 2000).

En América se registran aproximadamente 839 especies de *Phyllophaga* (Evans y Smith, 2005) y para Guatemala Cano *et al.* (2000) reportan 96 especies de *Phyllophaga*, 49 son endémicas y 19 son plagas, distribuidas de la siguiente manera: Huehuetenango (28 especies), Zacapa (25), Guatemala (21), Izabal (20), San Marcos (17), Suchitepéquez (17), Alta Verapaz (16), Baja Verapaz (16), Sacatepéquez (15), El Quiché (13), Santa Rosa (13), Petén (12), Escuintla (11), Quetzaltenango (11), Chimaltenango (8), Retalhuleu (7), El Progreso (6), Chiquimula (5), Sololá (5) y Totonicapán (3). Actualmente solo se conoce la distribución de las *Phyllophaga* en base a la división política de Guatemala, no así de otros criterios geográficos (tipo de suelos, zonas de vida, geomorfología, etc.).

2.2. Las colecciones biológicas y los sistemas de información en el estudio de la diversidad biológica

Las colecciones biológicas juegan un papel importante dentro de la investigación científica, ya que en ellas se guardan especímenes que forman o han formado parte de la biota mundial, regional y/o local, por lo que adquieren importancia al ser fuente de información física, espacial, temporal y ecológica (Martínez *et al.*, 2005). Tal información es de utilidad en los campos de la biología, ecología, morfología, anatomía, fisiología, biogeografía, sistemática, agricultura, salud ambiental, epidemiología, evolución etc., y son de gran valor científico al ahorrar tiempo en viajar a lugares muy distantes para realizar colectas (Suárez y Tsutsui, 2004).

En las últimas dos décadas ha incrementado el desarrollo de programas de computación para el análisis de la diversidad biológica. Dentro de los cuales son de gran utilidad los sistemas de información geográfico y aplicaciones de modelaje de distribución potencial, ya que se pueden utilizar para realizar exploraciones preliminares de la distribución de las especies en espacio y tiempo, determinar áreas de alta riqueza de especies, áreas de endemismo, medición de áreas de distribución, localización de áreas

de distribución potencial y predicción de potenciales áreas de distribución según el cambio de ciertas variables a través del tiempo; entre muchas otras utilidades.

Algunos trabajos en donde se han utilizado datos de colecciones biológicas, aplicaciones de modelaje de distribución potencial y/o sistemas de información geográficos se puede mencionar “Gis-based characterization of the ecological niches of wild and cultivated populations of Mesoamerican fruit tree, *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) (Miller y Knouft, 2006)”, “Diversidad, fitogeografía y estado de conservación de las Asclepiadaceae en Guatemala (Stevens y Montiel, en imprenta)”, Potential distribution modelling, niche characterization and conservation status assessment using GIS tools: a case study of Iberian *Copris* species (Chefaoui *et al.*, 2004)”, “Endemism in Australian Flora. Journal of Biogeography (Crisp *et al.*, 2001)”, “Tracking population extirpations via melding ecological niche modeling with land-cover information (Peterson *et al.* 2006)” y “Geographical potential of Argentine ants (*Linepithema humile* Mayr) in the face of global climate change (Roura-Pascual, 2005)”.

2.3. Biogeografía y la diversidad biológica en Guatemala

La distribución de los seres vivos ha sido un tema que ha llamado la atención del hombre desde hace muchos siglos, por lo cual han surgido una gran cantidad de teorías de diversa índole. Sin embargo, es hasta mediados del siglo XIX en donde hay una mejor comprensión sobre la distribución de los seres vivos y de los factores que la afectan. Alfred Russel Wallace fue uno de los mejores naturalistas y entre sus obras logro explicar con mucha certeza alguno de los factores que afectaban la distribución de los seres vivos e incluso notó eventos vicariantes que por el escaso avance en la Geología (y en especial el desconocimiento de la tectónica de placas), que apenas se comenzaba a dar, no pudieron ser explicados con precisión. Y con respecto al estudio de la distribución de los seres vivos agrega que “Every naturalist who has directed his attention to the subject of the geographical distribution of animals and plants, must have been interested in the singular facts which it presents. Many of these facts are quite different from what would have been considered as highly curious, but quite

inexplicable. None of the explanations attempted from the time of Linnæus are now considered at all satisfactory; non of them have given a cause sufficient to account for the facts known at the time, or comprehensive enough to include all the new facts which have since been, and are daily being added". Entre alguno de los aspectos importantes que propuso están: a) grandes grupos, tales como clases y ordenes, se encuentran distribuidos sobre todo el globo terrestre, mientras las familias y géneros se encuentran confinados a una porción que casi siempre es un distrito muy limitado; b) en familias ampliamente distribuidas los géneros están limitados en rango, y en géneros ampliamente distribuidos hay grupos marcados de especies que son peculiares a un distrito geográfico, c) cuando un grupo esta confinado a un distrito y es rico en especies, casi siempre es constante el hecho de que especies cercanamente emparentadas se encuentren en la misma localidad o en localidades vecinas, y de esto que la secuencia natural de las especies por afinidad sea también geográfica; d) en localidades con clima similar, pero separados por mares o grandes montañas, las familias, géneros y especies que representan una localidad, también estén representados en la otra localidad por familias, genero y especies cercanamente emparentadas y peculiares unas a las otras(Wallace, 1871).

De tales proposiciones se puede deducir que la distribución de los seres vivos este íntimamente ligada con los procesos geológicos. En la formación del puente centroamericano intervienen numerosos eventos geológicos que son los principales y mayores causantes de la geomorfología actual y por consiguiente tienen gran influencia den la distribución de muchos organismos, especialmente de aquellos con capacidad de dispersión limitada.

La conformación del puente centroamericano tiene sus orígenes mucho después del Jurásico, que es cuando el gran continente Pangea inicia su separación dando lugar a la separación de norte de América del sur y África. A mediados del Jurásico se da la separación de América del Sur y África dando lugar a la depresión Afrobrasileña. La separación de América del Norte y Sur hace que el bloque de Yucatán se desplace y rote, dando lugar a una cuenca de "rift" entre el golfo de México y Yucatán y por el norte de América del Sur. (López, 2001).

En el Cretácico superior la Placa del Caribe inicia su delimitación y se forman plataformas de alta productividad de materia orgánica. En el paleógeno se acumulan sedimentos marino a transicionales provenientes de del cratón de Guyánes. En el neógeno la placa del Caribe continúa desplazándose al norte del cratón de Guyánes y debido al avance de la placa Sudamericana hacia el occidente, comienza el proceso de acreción, donde el borde oriental de la Placa del Caribe es subducida por la placa del atlántico (López, 2001).

Actualmente Guatemala se encuentra en la zona de convergencia de las placas de Cocos, Caribe y Norteamérica. La placa de cocos subyace en la placa del caribe dando lugar a un arco volcánico al sur de Guatemala. Mientras tanto en la zona de colisión de las placas del Caribe y de Norteamérica hay grandes cinturones de fallamiento (Polochic y Motagua) y plegamiento (Sierras de Las Minas, Chamá y Cuchumatanes, y el altiplano guatemalteco) (Johnston y Thorkelson, 1997).

Guatemala se ubica en la zona subtropical-tropical dentro del cinturón de vientos alisios. Los vientos alisios ingresan por el océano atlántico desde el noreste. La interacción entre los vientos alisios y la topografía compleja de la región, definen los regimenes de precipitación. La temporada seca va de noviembre a abril y la temporada lluviosa dura el resto del año (Ramírez, 2005). La intensificación de los vientos alisios durante julio y agosto, y la fuerza orográfica de las montañas hace que la precipitación alcance los niveles máximos en el norte y niveles mínimos en la costa pacífica (Magaña *et al.* 1999).

2.4. Modelos de nicho ecológico y modelos de distribución potencial

El término de nicho ecológico ha sido descrito de distintas maneras a lo largo de la historia de la ecología, y estas distintas descripciones han inspirado “modas” en la investigación ecológica. A pesar de que el concepto surge a inicios del siglo XX, en las últimas dos décadas la discusión acerca del nicho y sus aplicaciones se ha retomado y en especial para predecir la distribución de la diversidad biológica.

Grinnell (1917) en su trabajo “The niche-relationships of the California Thrasher” describe a *Toxostoma redivivum* como un ave de distribución restringida y que caracteriza a la fauna Californiana. Explica que dicha restricción sobre la distribución de *T. redivivum* se debe probablemente a un ajuste entre las dimensiones psicológicas y fisiológicas a un rango angosto de condiciones ambientales. Según él es necesario examinar aquellos elementos en común entre los puntos en donde el ave se distribuye y de estos aquellos que no se evidencian fuera de los límites de distribución. Y concluye que es posible observar una correlación entre la distribución de las subespecies de *T. redivivum* y el cambio en las variables de los mapas climáticos.

Posteriormente Elton (1927) en “Animal Ecology: the animal community”, describe cuatro principios a partir de los cuales las interrelaciones de los animales pueden ser estudiados. El primero es el estudio de la fauna a partir de las cadenas alimenticias y ciclos de alimentación; el segundo, es a partir del tamaño del animal y de su alimento; el tercero, es el de los nichos y describe a los nichos como la posición del animal dentro de su comunidad, sus relaciones con su alimento y sus enemigos y con otros factores, y por último indica que el mismo nicho puede ser ocupado por distintas especies en distintos lugares del mundo; y en el cuarto principio habla sobre la “Pirámide de Números” en la comunidad, en donde la mayor abundancia de animales de la cadena alimentaria se encuentra en la base y la menor cantidad se encuentra al final.

En 1957 George E. Hutchinson realiza una redefinición del nicho ecológico la cual revoluciona los métodos de estudio dentro del campo de la ecología por su formalización matemático-geométrica y en donde el nicho paso de ser una característica ambiental a una característica del organismo (Vásquez, 2005). Hutchinson (1957) inicia explicando el nicho con variables ambientales independientes que pueden ser medidas a lo largo de las coordenadas de un rectángulo y dentro de las cuales puede sobrevivir una especie; posteriormente agrega mas variables, o sea mas dimensiones, al rectángulo hasta formar un hipervolumen n-dimensional dentro del cual puede existir indefinidamente la especie y lo denomina nicho fundamental (Figura 1).

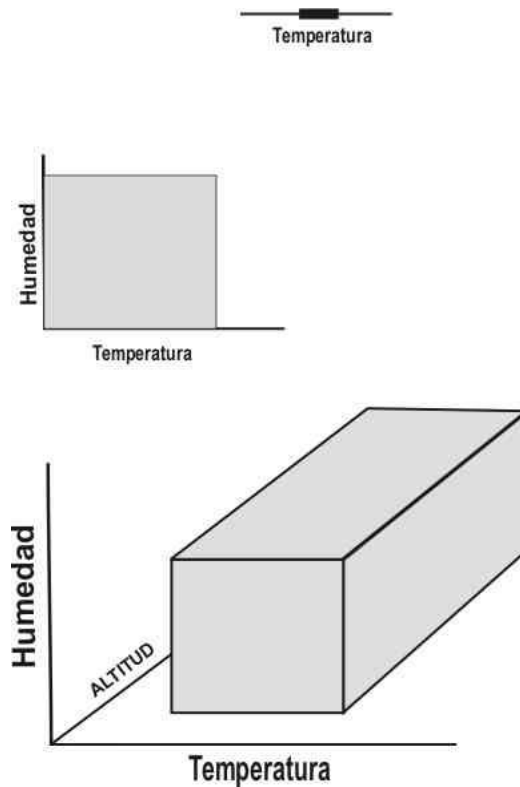


Figura 1. Nicho fundamental Hutchinsoniano.

Posteriormente Hutchinson (1957) reconoce algunas limitaciones del modelo: a) supone que la probabilidad de existencia de la especie es la misma en todos los puntos por dentro del nicho fundamental y es igual a cero por fuera del mismo; b) asume que todas las variables ambientales pueden ser ordenadas linealmente, lo cual se sabe es imposible; c) el modelo limita el tiempo a un simple instante, lo cual haría que especies nocturnas y diurnas aparecieran en nichos separados; aunque compartieran los mismos alimentos y otras variables; d) no es posible considerar en el análisis a todas las especies de la comunidad.

Por último define al nicho realizado como el espacio del nicho fundamental en donde ocurren las interacciones necesarias para que la especie exista. De tal modo que si el nicho fundamental de la especie S1 es N1 y el de la especie 2 (e.g. especie competidora) es N2; entonces el nicho realizado de la especie 1 es igual al espacio en donde N2 no existe ($N1-N2$) más el espacio donde ambos se coexisten ($N1*N2$). Nótese que Hutchinson describió el nicho realizado para el caso de la competencia interespecífica (Figura 2).

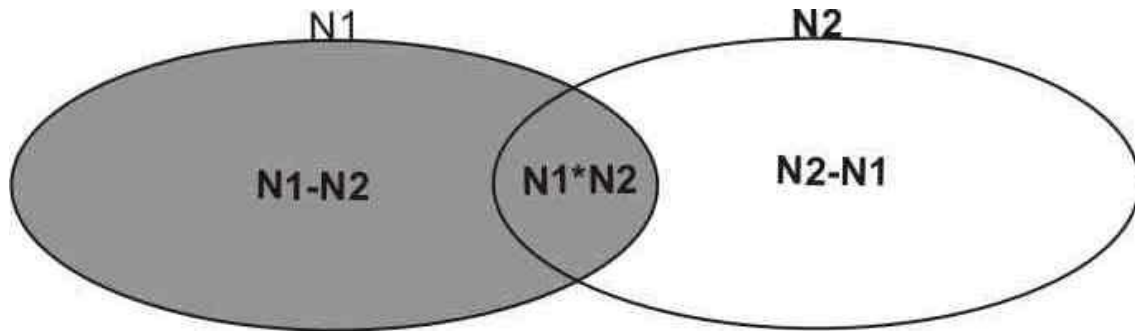


Figura 2. Nicho realizado Hutchinsoniano.

Posteriormente los aportes de Hutchinson son de utilidad en diversos campos de la Ecología y Biogeografía Ecológica. Para la Biogeografía Ecológica significa el punto de partida para la elaboración de los modelos de nicho ecológico y modelos de distribución potencial. Los modelos de nicho ecológico no son más que la estimación del nicho fundamental que puede ser estimado de dos maneras: A) aproximaciones mecánísticas, que consisten en la medición directa de la respuesta de los individuos a la combinación de parámetros físicos como temperatura, humedad, altitud, precipitación, etc.; de estos uno de los más utilizados en Guatemala es el sistema de Holdridge (MAGA, 2001) (Ver Anexo 10.1). B) aproximaciones de correlación, estos por su parte realizan una reconstrucción de los nichos relacionando datos de ocurrencia de especies con la suma conjuntos de datos climáticos, topográficos, edáficos, y otras dimensiones ecológicas representadas en forma de capas de Sistemas de Información Geográfico –SIG- que posteriormente son correlacionadas y extrapoladas, las ausencias y presencias de las especies, a otras regiones en donde ocurra el nicho fundamental de la especie (Soberón y Peterson, 2005). Para realizar las “aproximaciones de correlación” se han diseñado diferentes algoritmos como DOMAIN (Carpenter *et al.* 1993), FloraMap (Jones y Gladkov 1999), regresiones múltiples y modelos lineares generalizados y aditivos (Guisan y Zimmermann 2000), redes neurales (Pearson *et al.* 2002), algoritmos genéticos (Stockwell 1999; Stockwell y Noble 1992; Stockwell y Peters 1999). Sin embargo los modelos de nicho ecológico tan solo son aproximaciones de la distribución de las especies y no representan la distribución real.

Soberón y Peterson (2005) enumeran cuatro factores que determinan y limitan la distribución de las especies (Figura 3): A) condiciones abióticas, son todas aquellas variables físicas que limitan la supervivencia de las especies en determinada área (e.g. clima, ambiente físico, condiciones edáficas, topografía, etc.); B) factores bióticos, es el conjunto de interacciones, negativas o positivas, que modifican la aptitud de los individuos y regulan las poblaciones; C) las regiones que son accesibles a las especies por dispersión, este aspecto es de importancia para distinguir la distribución potencial de la distribución actual; D) la capacidad evolutiva de las especies para adaptarse a nuevas condiciones.

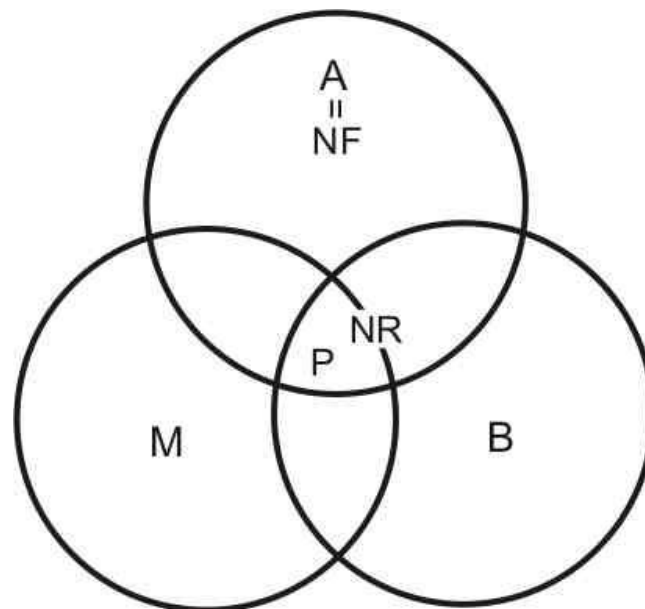


Figura 3. Modelo de distribución geográfica de las especies. Redibujado de Soberón y Peterson (2005). A: área con las condiciones físicas en donde determinada especie puede sobrevivir. M: espacio accesible a las especies. B: área en donde ocurren las interacciones ecológicas que permiten la supervivencia de la especie. NR: nicho realizado, interacción de A y B, y se denomina nicho realizado. P: interacción de A, B y M, y representa al área de distribución actual de la especie.

Sin embargo, las relaciones entre los factores A, M y B de la figura 3 no son constantes, ni tienen la misma magnitud en la distribución de las especies; por el contrario cada una de ellas puede tener mayor o menor magnitud en la distribución actual de las especies. Soberón y Peterson (2005) enumeran tres casos: A) Caso I: $A=B=M$, es el más simple y es cuando hay un traslape total de las tres regiones. Para este caso, $NF=NR$ y no hay restricciones de accesibilidad para la especie. B) Caso II: $A=M \neq B$, para este caso la

especie se puede distribuir en un rango ambiental muy amplio (eurióica). Sin embargo, la distribución se ve restringida por interacciones ecológicas muy fuertes (positivas o negativas). C) Caso III: $A=B \neq M$, en este último caso existen las condiciones físicas apropiadas y las interacciones necesarias, pero la especie posee baja capacidad de dispersión ante las barreras geográficas y se encuentra aislada del resto de espacio geográfico potencialmente disponible para su supervivencia.

En el primer caso el Nicho Fundamental representa la distribución actual de la especie. En el segundo caso el Nicho Realizado representa la distribución actual de la especie. Y en el tercer caso la situación es más complicada debido a que el Nicho Realizado sobreestima la distribución actual de la especie, por lo que es necesario recurrir a métodos biogeográficos para modelar la distribución actual o potencial.

4. JUSTIFICACIÓN

El género *Phyllophaga* se encuentra ampliamente distribuido en todos los hábitats terrestres (Cano y Morón, 1998; Gómez *et al.* 1999; Pacheco *et al.* 2003); pero debido a su alta diversidad (específica, ecológica y biogeográfica) su estructura y composición no son homogéneas, sino discontinuas (Cano *et al.*, 2000; Castro *et al.*, 2003). Los patrones de distribución pueden ser producto de eventos geológicos, fisiográficos, climatológicos, ecológicos, antropogénicos y de comportamiento propio de la fauna dentro de las escalas espacial y temporal. Por lo tanto los patrones de distribución del género *Phyllophaga* pueden evidenciar límites y provincias biogeográficas propias del taxón, que pueden o no coincidir con otros taxones. Cano *et al.* (2000) reportaron 96 especies de *Phyllophaga* para Guatemala; sin embargo calculan que ese valor puede aumentar a 120 especies por lo menos. De las 96 especies reportadas 49 son endémicas y 19 ocasionan daños a cultivos (Cano *et al.*, 2000; Cano y Morón, 1998).

Sobresalen de *Phyllophaga* su importancia para la delimitación de áreas para la conservación, ya que algunos autores sugieren utilizar especies endémicas para estos fines (Cavieres *et al.*, 2001; Faith *et al.*, 2004; Schuster *et al.*, 2000). Además algunas especies *Phyllophaga* conforman parte del complejo “Gallina ciega” el cual se encuentra asociado a cultivos en donde ocasionan daños radiculares y reducción en el rendimiento de la cosecha (Castro *et al.*, 1998); a pesar de los esfuerzos en el control del complejo “Gallina ciega” el mayor problema radica en el escaso conocimiento taxonómico, biológico (Cano y Morón, 1998) y de distribución en los planes de manejo agrícolas a nivel nacional.

A partir del análisis y modelo de distribución potencial de las especies de *Phyllophaga* se generó información de importancia en el reconocimiento de zonas de endemismo y zonas con alta riqueza de especies; las cuales son consideradas como criterios válidos para el reconocimiento de áreas para la conservación y/o protección; claro que el reconocimiento de áreas protegidas conlleva un proceso complejo que incluye más variables, métodos y análisis. Por último se destaca la importancia en el reconocimiento de la distribución de las especies que interaccionan con los cultivos.

Para realizar los modelos de distribución potencial se utilizaron datos de *Phyllophaga* colectados en Guatemala desde 1976 al 2006, los cuales se encuentran depositados en el Laboratorio de Entomología Sistemática de la Universidad del Valle de Guatemala.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Conocer la distribución potencial del género *Phyllophaga* en Guatemala por medio de modelos algorítmicos y datos de colecciones biológicas.

5.2 Específicos

5.2.1. Elaborar los mapas, de nicho ecológico y distribución potencial, de las especies género *Phyllophaga* en Guatemala.

5.2.2. Identificar áreas de endemismo y de alta riqueza en base al análisis de las especies de *Phyllophaga*.

5.2.3. Realizar una clasificación de áreas en base a la diversidad taxonómica de las especies del género *Phyllophaga*.

6. HIPOTESIS

Las relaciones de los factores que afectan la distribución del género *Phyllophaga* varían entre las especies de la siguiente manera:

- 1) Para las especies plaga de amplia distribución las relaciones corresponden al Caso I (Soberón y Peterson, 2005).
- 2) Para las especies de amplia distribución pero con afinidad a determinada cobertura vegetal las relaciones corresponden al Caso II.
- 3) Para las especies endémicas las relaciones corresponden al Caso III.

7. MATERIALES Y METODOS

Universo de Trabajo

Para el análisis de la distribución de las especies de *Phyllophaga* se utilizó la base de datos del Laboratorio de Entomología Sistemática (LES) de la Universidad Del Valle de Guatemala. La base de datos del LES cuenta con 3712 registros de 80 especies de *Phyllophaga* de distintas Unidades Geográficas de Guatemala.

Materiales

Recursos Institucionales

- Laboratorio de Entomología Sistemática, Universidad Del Valle de Guatemala.
- Museo de Historia Natural de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Equipo

- Computadora Hewlet Packward Pavilion w5210la
- Sistema de Información Geográfico DIVA-GIS ver. 5.2 (Hijmans, *et. al.*, 2005)
- Paquete de predicción algorítmica Genetic Algorithm for rule set prediction, DESKTOP-GARP ver. 1.1.6 (Scachetti, 2002)
- Base de datos curatorial del Laboratorio de Entomología Sistemática –LES- de la Universidad del Valle de Guatemala
- Base de datos ambientales de WorldClim (Hijmans *et. al.*, 2005)
- Mapa digital de uso de la tierra de Guatemala

Recursos humanos

- Manuel Alejandro Barrios Izás, estudiante de tesis.
- M.Sc. Enio B. Cano, asesor de tesis.
- Ph.D. A. Townsend Peterson, asesor de sistemas de información geográfico
- Lic. Claudio Méndez, revisor de tesis.
- Lic. Federico Nave, revisor de tesis.

Métodos

6.2.1. Base de datos curatorial y selección de datos

La base de datos curatorial del Laboratorio de Entomología Sistemática –LES- de la Universidad del Valle de Guatemala –UVG-, posee 3712 registros del género *Phyllophaga* correspondientes a 80 especies. Los especímenes de *Phyllophaga* fueron colectados entre los años 1976 y 2006. Para garantizar la calidad de los datos, estos se proyectaron en un mapa en Arc Gis y se seleccionaron únicamente aquellos registros que poseían información nomenclatural, curatorial, ecológica y georreferenciación (Martínez *et al.*, 2005) y que fueron congruentes con la distribución del resto de registros.

6.2.2. Modelos de nicho ecológico y de distribución potencial

Para la elaboración de los modelos de distribución potencial se utilizó la base de datos curatorial de *Phyllophaga* del LES, el programa DESKTOP-GARP (Genetic Algorithm for Rule set Prediction) ver. 1.0, la base de datos ambientales de Guatemala y/o los datos ambientales para Centroamérica de WorldClim 1.4 (Hijmans *et al.*, 2005) (ver Figura 4). El programa GARP relaciona las características ecológicas de los puntos en donde las especies están presentes y realiza un remuestreo asignando valores de presencia o ausencia de la especie en todo el espacio geográfico estudiado (Navarro *et al.*, 2003).

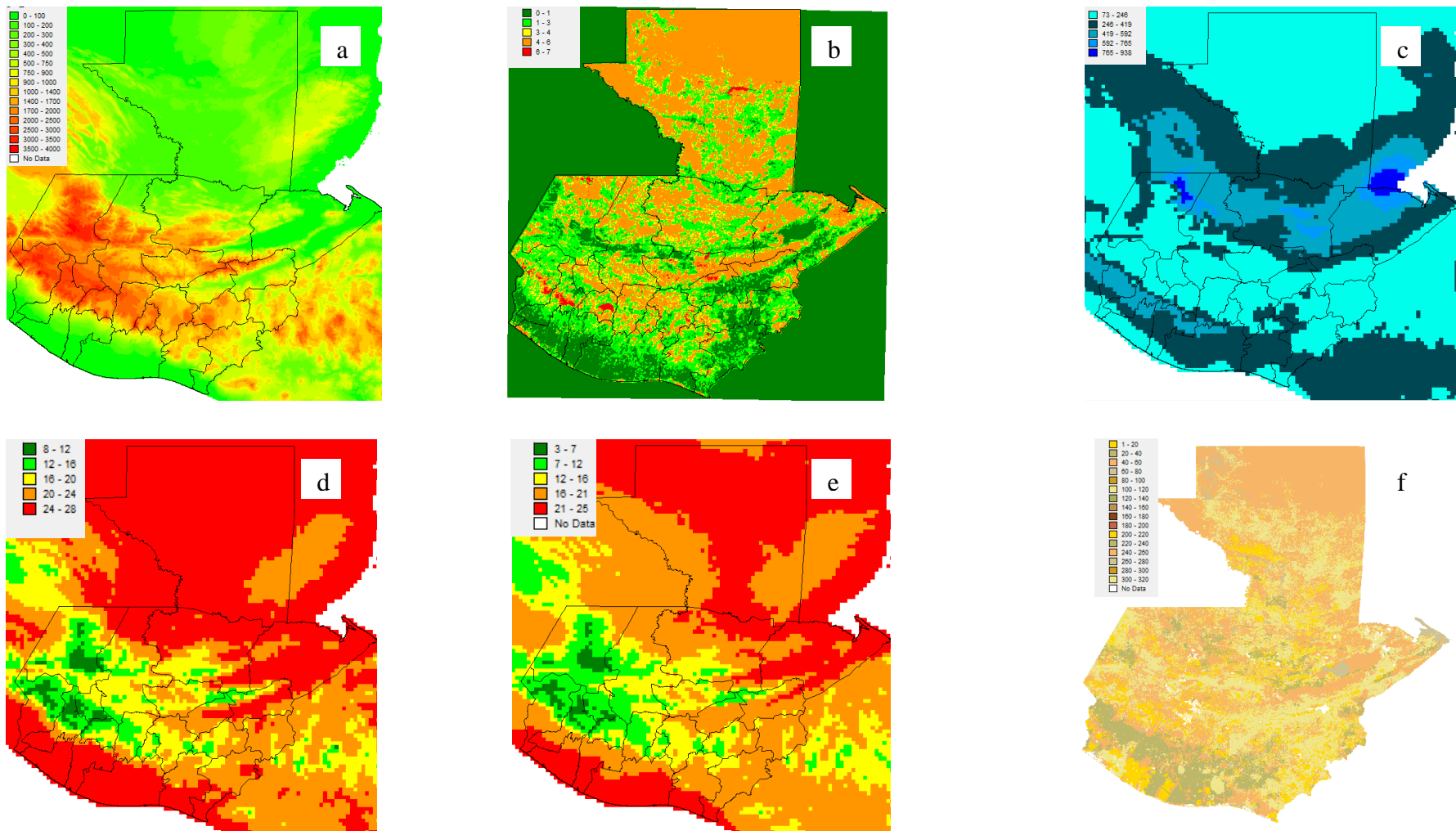


Figura 4. Mapas digitales ambientales de Guatemala. a) altitud (msnm), b) índice de conectividad, c) precipitación (mm), d) temperatura media, e) temperatura mínima y f) uso de la tierra.

El análisis en GARP permitió elaborar los modelos de nicho ecológico de las especies de *Phyllophaga* proyectados en mapas. Para realizar la relación se tomaron los datos de los especímenes como datos de presencia.

Las proyecciones fueron puestas a prueba utilizando únicamente el 50% de los datos, y el resto de los datos se retuvo para medir la precisión del modelo. Después se seleccionaron los 10 modelos con mejor índice de comisión intrínseco. Posteriormente se ingresaron los 10 modelos seleccionados en DIVA-GIS y a partir de la suma de los modelos se obtuvo el mapa final de la distribución de cada una de las especies de *Phyllophaga*.

Para obtener los mapas de distribución potencial se realizó una red de tendido mínimo a lo largo de los puntos de colecta de cada especie. Después se proyectó la distribución en radios equivalentes a la media e intervalos de confianza al 95% utilizando el error estándar.

6.2.3. Análisis de áreas

Para identificar las zonas de alta riqueza se proyectó en DIVA-GIS la sumatoria total de los modelos de nicho ecológico obtenidos en GARP. Esto permitió la elaboración de los mapas de riqueza en base a dos criterios: a) la sumatoria total de las especies que presentaron algún patrón de distribución y b) la sumatoria de las especies por grupos de distribución (de montaña y tierras bajas).

Para la identificación de endemismos se revisó la distribución de las especies en base al modelo de distribución potencial. Se consideraron como especies endémicas a las que se encontraron distribuidas en una sola área geomorfológica.

Por último, se realizó una priorización de sitios en base a la riqueza y número de endemismos.

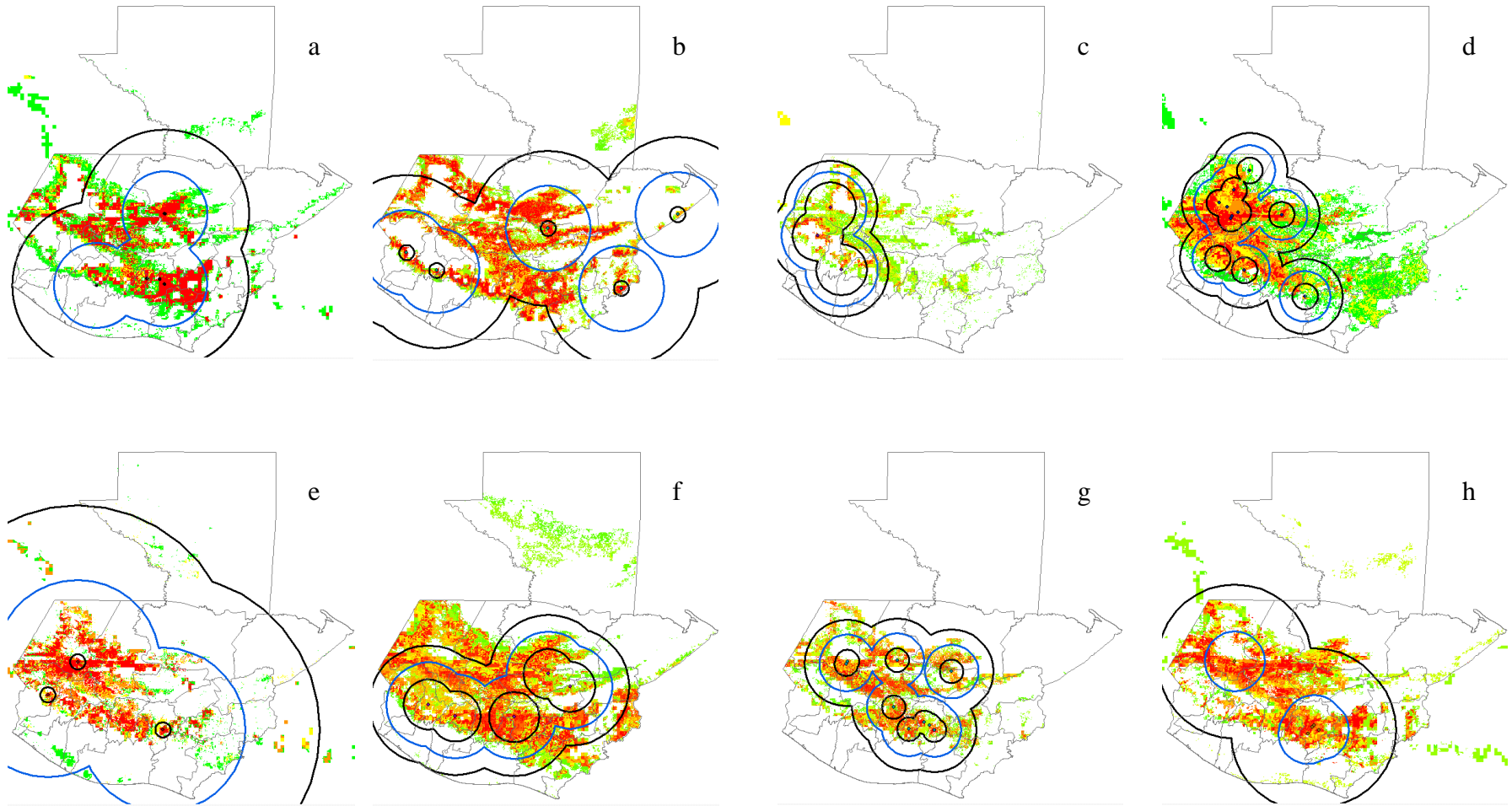
8. RESULTADOS

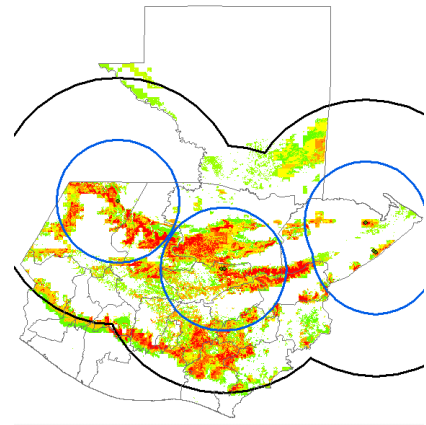
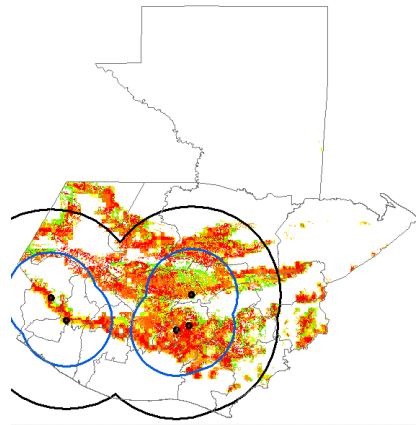
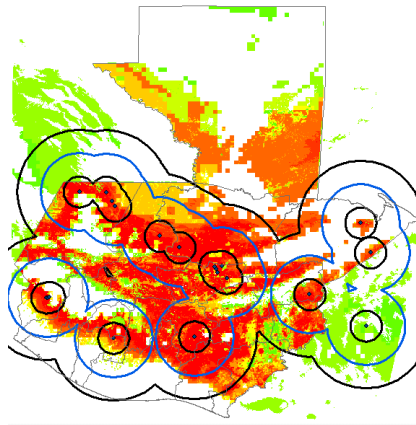
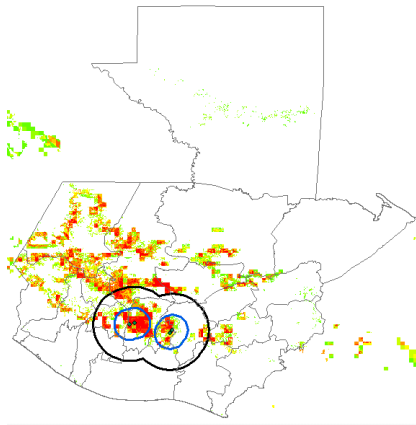
8.1 Modelos de nicho ecológico y distribución potencial

A continuación se presentan los mapas con los modelos de nicho ecológico y distribución potencial de las especies de *Phyllophaga*. En los mapas se puede apreciar a gran escala dos patrones de distribución: el primero de montaña y el otro de tierras bajas. Además se presentan los mapas de las especies de amplia distribución. Para una mejor comprensión se agruparon los modelos según la distribución preliminar que evidenciaron: de montaña, de tierras bajas o de amplia distribución.

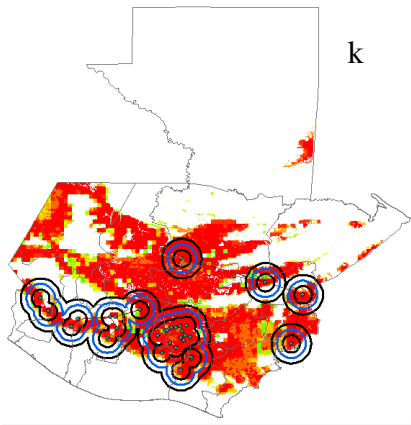
8.1.1 Especies con distribución de montaña

Los mapas que se presentan en la figura 5 corresponden a *P. abcea*, *P. aenea*, *P. bucephala*, *P. guatemala*, *P. huehueteca*, *P. nr. duenas*, *P. ravida*, *P. rostripyga*, *P. rufotestacea*, *P. rugipennis*, *P. scabrifrons*, *P. submetallica*, y *P. tumulosa*. En cada mapa se incluye el modelo de nicho ecológico y el modelo de distribución potencial. Los modelos de nicho ecológico y de distribución potencial se presentan en una escala de verde a rojo; las tonalidades verdes son los sitios con menor probabilidad de ocurrencia, los colores rojos son los sitios con mayor probabilidad de ocurrencia y los espacios en blanco representan sitios en donde es improbable encontrar a la especie; según los modelos. Los modelos de distribución potencial incluyen tres bandas, una exterior de color negro que representa al límite superior de la media de la red de tendido mínimo en base a un error estándar con un nivel de confianza del 95%, una intermedia de color azul que representa a la media de la red de tendido mínimo y una interior de color negro que representa al límite inferior de la media de la red de tendido mínimo en base a un error estándar con un nivel de confianza del 95%.

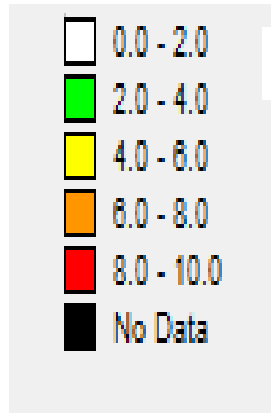




j



k



l

k

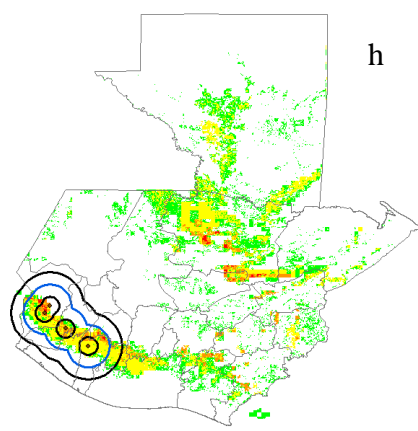
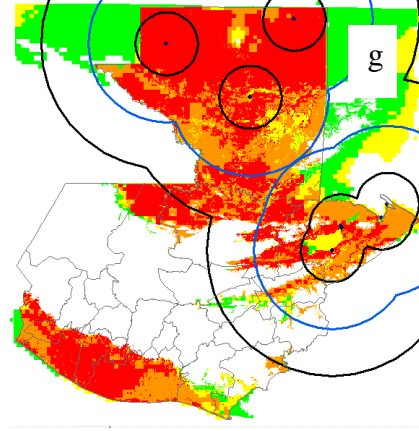
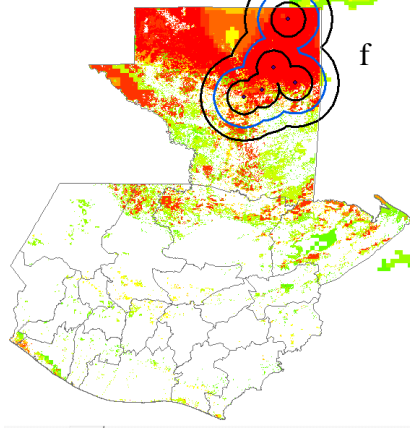
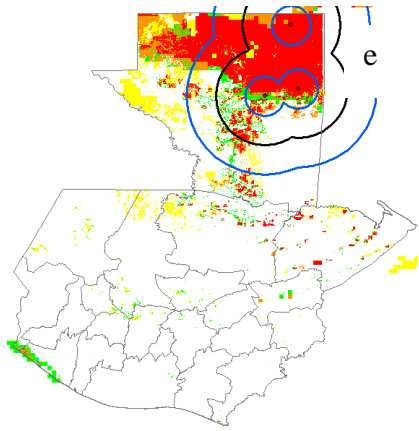
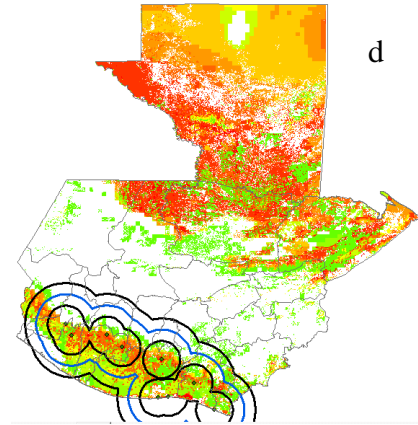
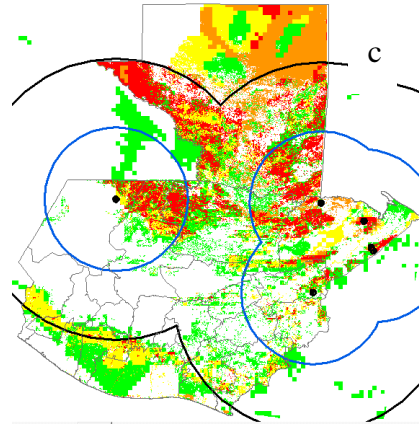
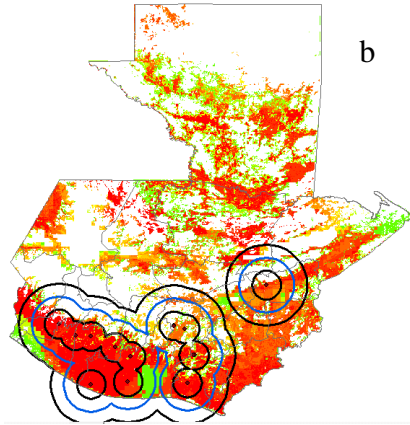
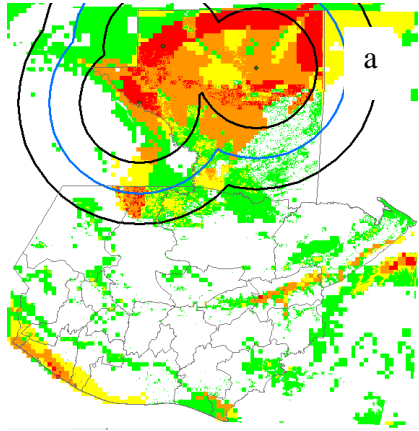
l

n

Figura 5. Mapas de los modelos de nicho ecológico y de distribución potencial de las Phyllophaga de montaña. a) P. abcea, b) P. aenea, c) P. bucephala, d) P. guatemala, e) P. huehueteca, f) P. sp. nr. duenas, g) P. ravida, h) P. rostripyga, i) P. rufotestacea, j) P. rugipennis, k) P. scabrifrons, l) P. submetallica, m) P. tumulosa y n) escala en probabilidad de ocurrencia (0-10).

8.1.2 Especies con distribución de tierras bajas

En la figura 6 se presentan los mapas de nicho ecológico y distribución potencial de *P. caanchaki*, *P. dasypoda*, *P. densata*, *P. latipes*, *P. nepida*, *P. spaethi*, *P. sturmi*, *P. trichia* y *P. vexata*. En general se observan tres regiones: el norte y sur de Petén y el litoral sur de Guatemala.



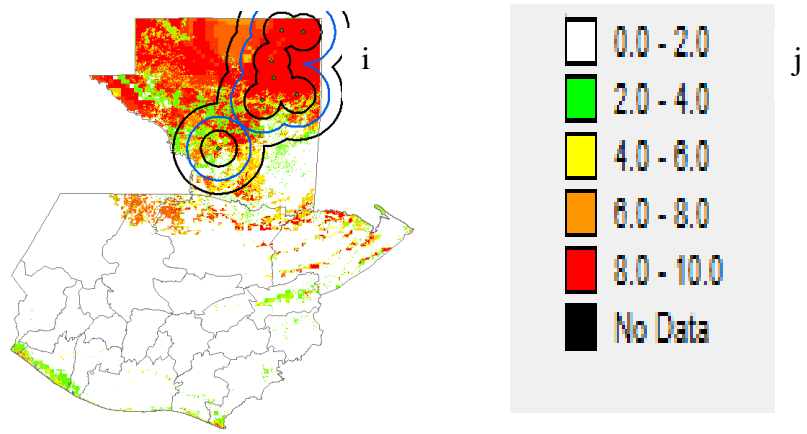
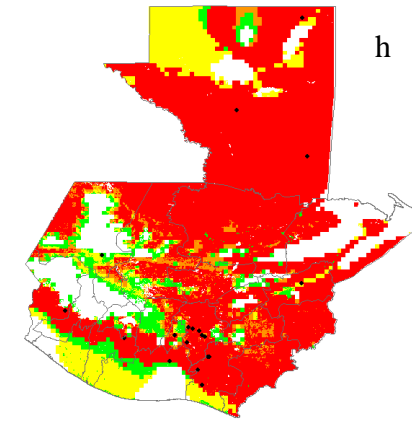
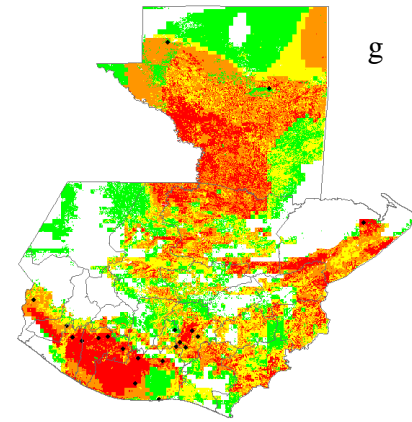
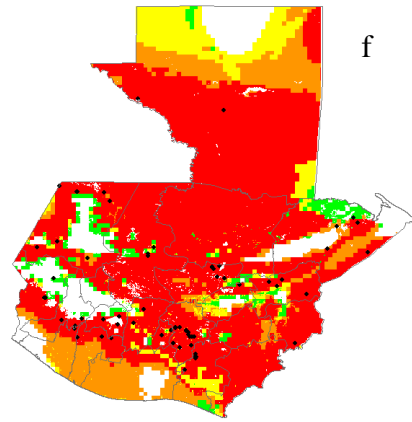
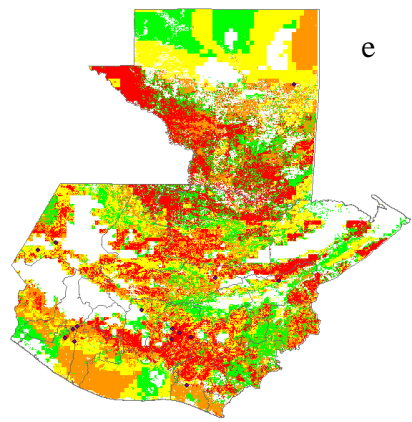
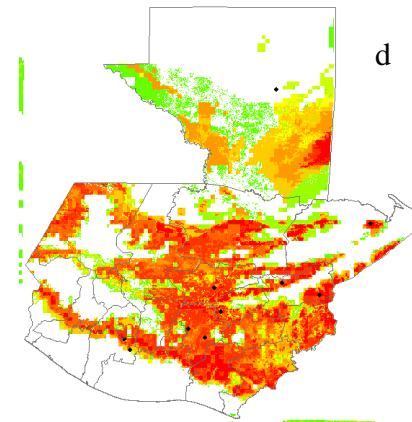
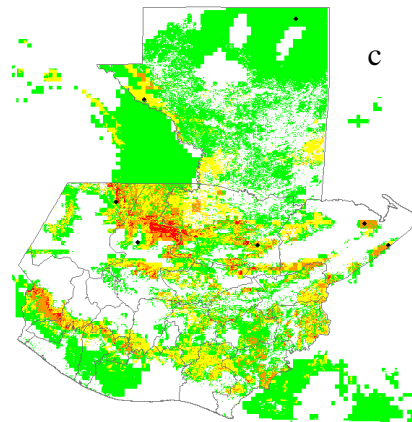
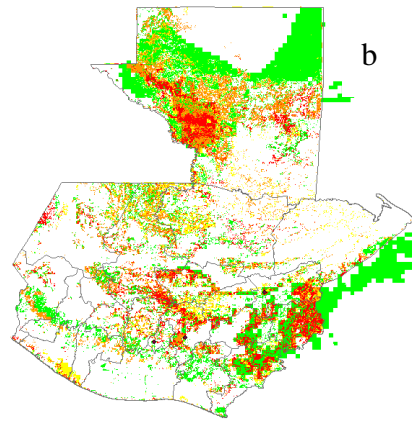
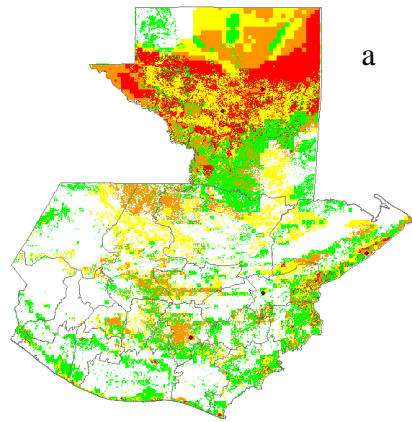


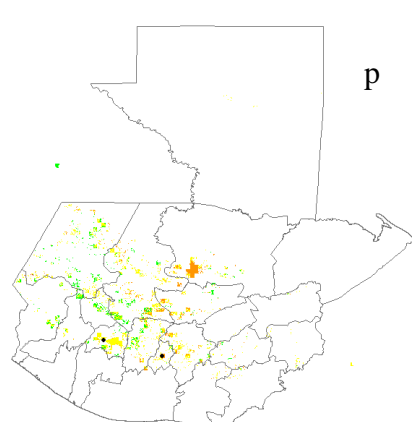
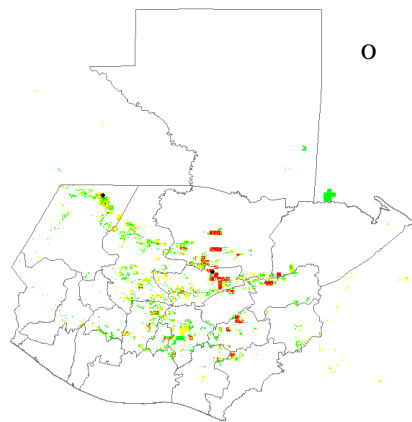
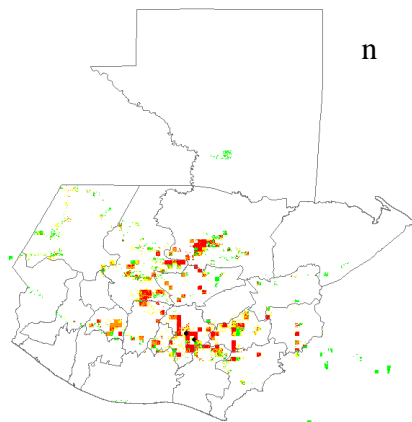
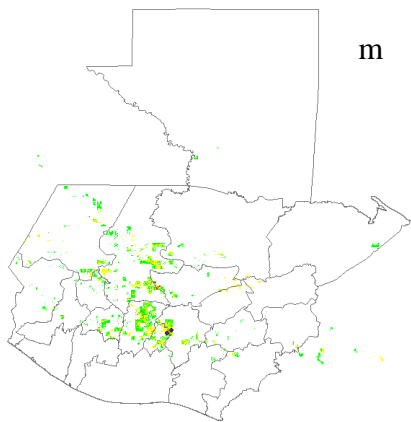
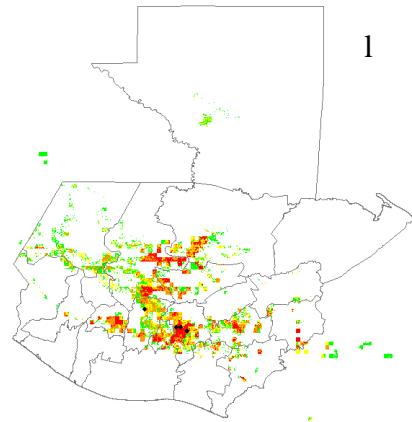
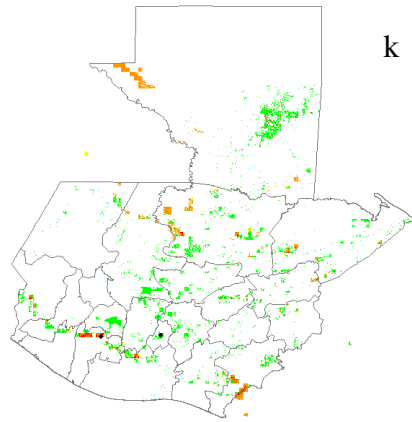
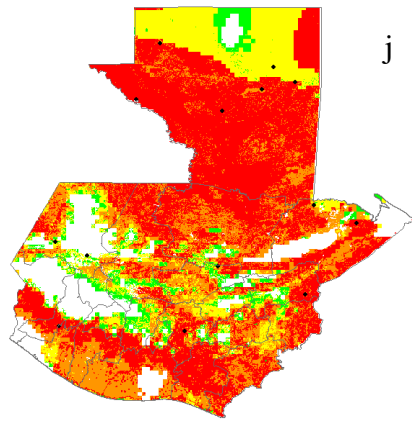
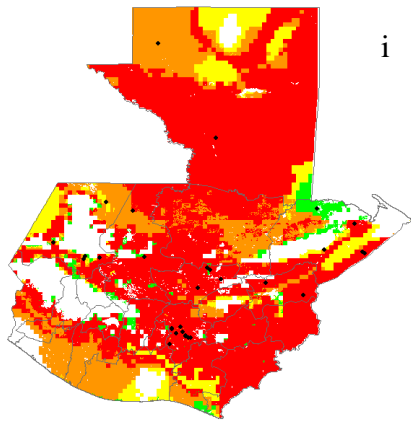
Figura 6. Mapas de los modelos de nicho ecológico y de distribución potencial de las *Phyllophaga* de montaña. a) *P. caanchaki*, b) *P. dasypoda*, c) *P. densata*, d) *P. latipes*, e) *P. nepida*, f) *P. spaethi*, g) *P. sturmi*, h) *P. trichia*, i) *P. vexata* y j) escala en probabilidad de ocurrencia (0-10).

8.1.3 Especies de amplia distribución y de distribución poco conocida

Para las especies de amplia distribución únicamente se presentan los modelos de nicho ecológico debido a que estas no presentan ningún patrón de distribución; por lo tanto se esperaría que el modelo de distribución potencial sea similar al modelo de nicho ecológico. El número de especies de amplia distribución podría aumentar conforme se amplíe la distribución de algunas de las especies que aparentemente poseen una distribución de montaña o de tierras bajas. En las figura 7a a la figura 7j se aprecian las distribuciones de *P. baneta*, *P. chiapensis*, *P. cinnamomea*, *P. cometes*, *P. menetriesi*, *P. obsoleta*, *P. parvisetis*, *P. setifera menetriesi*, *P. tenuipilis* y *P. testaceipenis*.

Con respecto a las especies con pocos registros se presenta el modelo de nicho ecológico. Para este caso el modelo de nicho ecológico es de gran utilidad ya que permite identificar sitios potenciales en donde la especie se podría encontrar. Las especies cuya distribución es poco conocida (figuras 7k a 7t) son: *P. aequata*, *P. anolaminata*, *P. calderasa*, *P. duenas*, *P. izabalana*, *P. marilucasane*, *P. multipora*, *P. sp. nr. lanepeta*, *P. sp. nr. omiltemia* y *P. xanthocoma*.





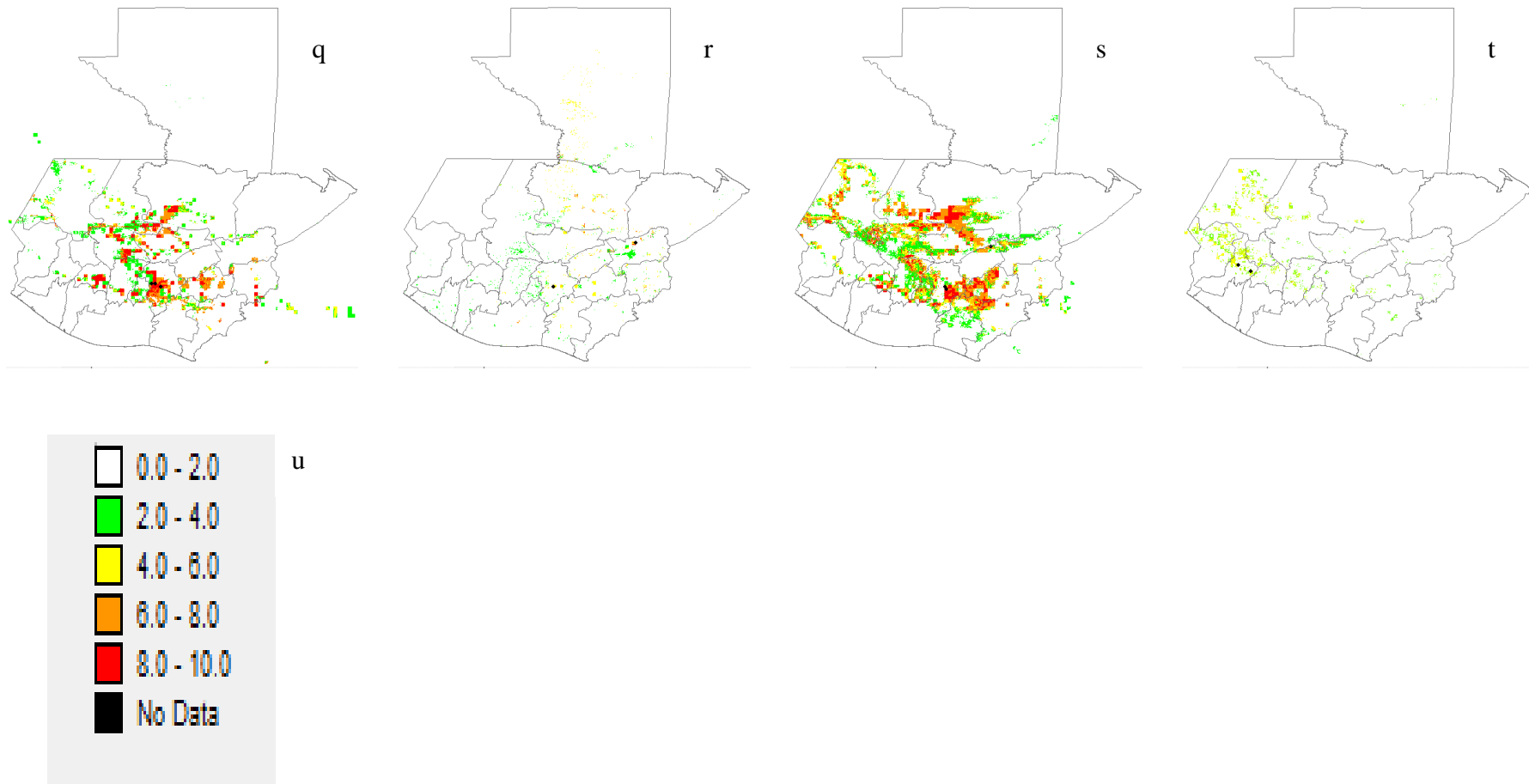


Figura 7. Mapas de los modelos de nicho ecológico de las *Phyllophaga* de amplia distribución y distribución poco conocida. a) *P. baneta*, b) *P. chiapensis*, c) *P. cinnamomea*, d) *P. cometes*, e) *P. menetriesi*, f) *P. obsoleta*, g) *P. parvisetis*, h) *P. setifera menetriesi*, i) *P. tenuipilis*, j) *P. testaceipenis*, k) *P. aequata*, l) *P. anolaminata*, m) *P. calderasa*, n) *P. duenas*, o) *P. izabalana*, p) *P. marilucasane*, q) *P. multipora*, r) *P. sp. nr. lanepta*, s) *P. sp. nr. omiltemia*, t) *P. xanthocoma* y u) escala en probabilidad de ocurrencia (0-10).

8.1.4 Análisis de áreas con base en los modelos de predicción de riqueza

En términos de interés biológico el área de montaña de Guatemala se puede clasificar por su orogénesis en diez secciones: La Sierra de Los Cuchumatanes en el noroccidente, el Altiplano Occidental al occidente, la Cadena Volcánica que atraviesa el sur de Guatemala, la Meseta Central al centro, la Sierra de Chamá, Sierra de Chuacús y Sierra de Las Minas al Norte, la Sierra de Santa Cruz y Cerro San Gil al Nororiente y el Trifinio en el Oriente. En el cuadro 1, se puede apreciar la distribución de las especies de *Phyllophaga* de montaña en base a la clasificación anterior.

Así mismo las tierras bajas se pueden clasificar en cinco secciones: norte y sur de Petén, vertiente sur de Guatemala y los bosques secos del Valle del Motagua y Valle de Cuilco

Para el área de montaña se puede apreciar en la figura 8 que las zonas que presentaron la mayor riqueza en base a los modelos de nicho ecológico fueron: el Altiplano, Cadena Volcánica, Sierra de Chamá, Sierra de Chuacús oeste de la Sierra de Las Minas, la periferia de la Sierra de los Cuchumatanes y El Trifinio.

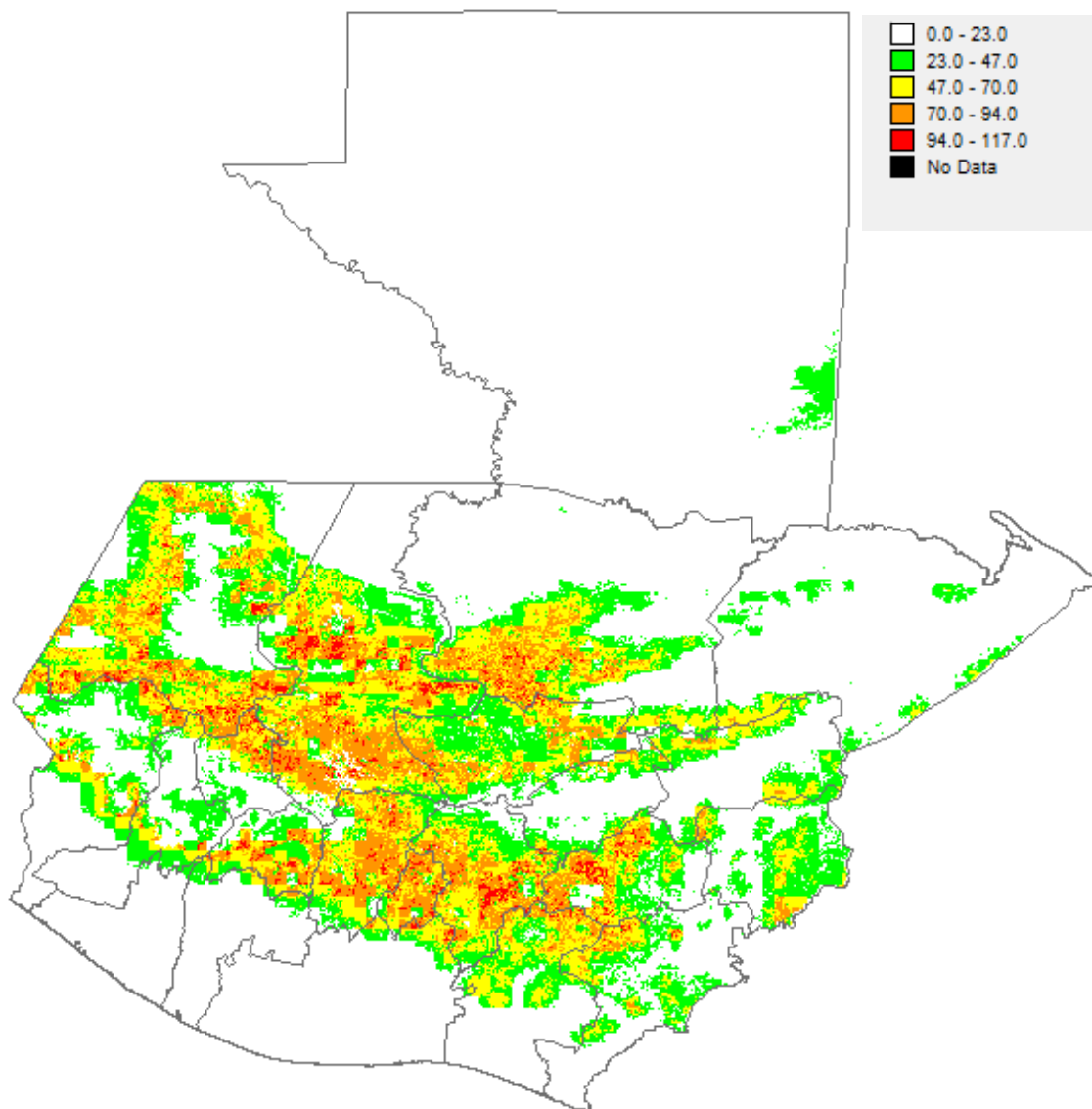


Figura 8. Mapas de riqueza de las especies de *Phyllophaga* de montaña.

Para la región de tierras bajas se puede apreciar en la figura 9 que las áreas con mayor riqueza fueron: el norte de Petén, nororiente de Huehuetenango, norte de El Quiché, norte de Alta Verapaz y la sección oriental de Izabal.

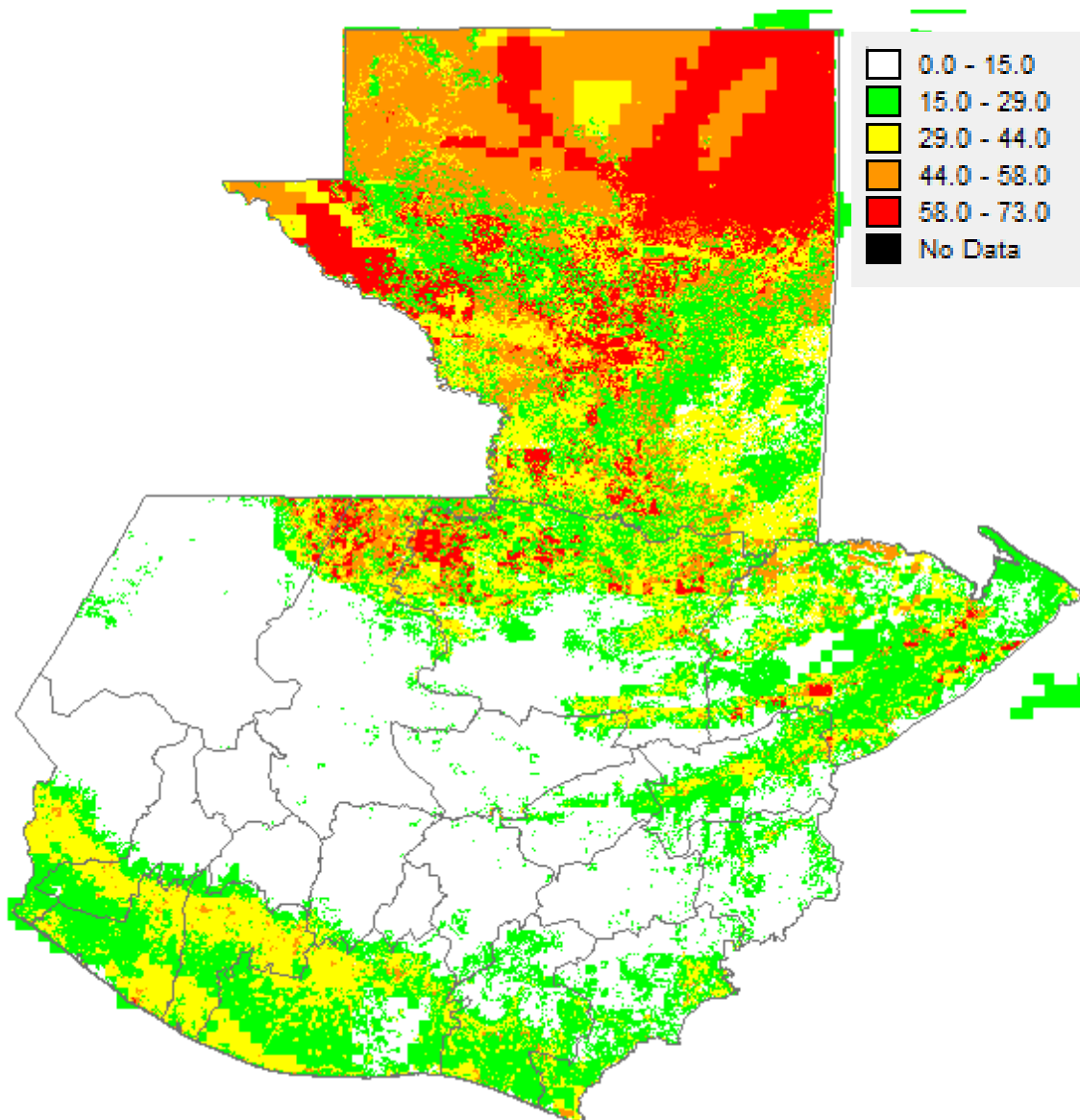


Figura 9. Mapas de riqueza de las especies de Phyllophaga con distribución de tierras bajas.

En el mapa que incluye a las especies con distribución de montaña y distribución de tierras bajas se puede apreciar que las áreas en donde se predice mayor riqueza se encuentran en la zona de montaña y las áreas con menor riqueza son los bosques secos y zonas con altitudes mayores a los 2600 de elevación; así mismo algunas zonas como Punta de Manabique, el oriente de Escuintla y sur occidente de Guatemala (país). En este mapa no se incluyeron las especies de amplia distribución debido a que no se considera que sean de importancia para la priorización de áreas.

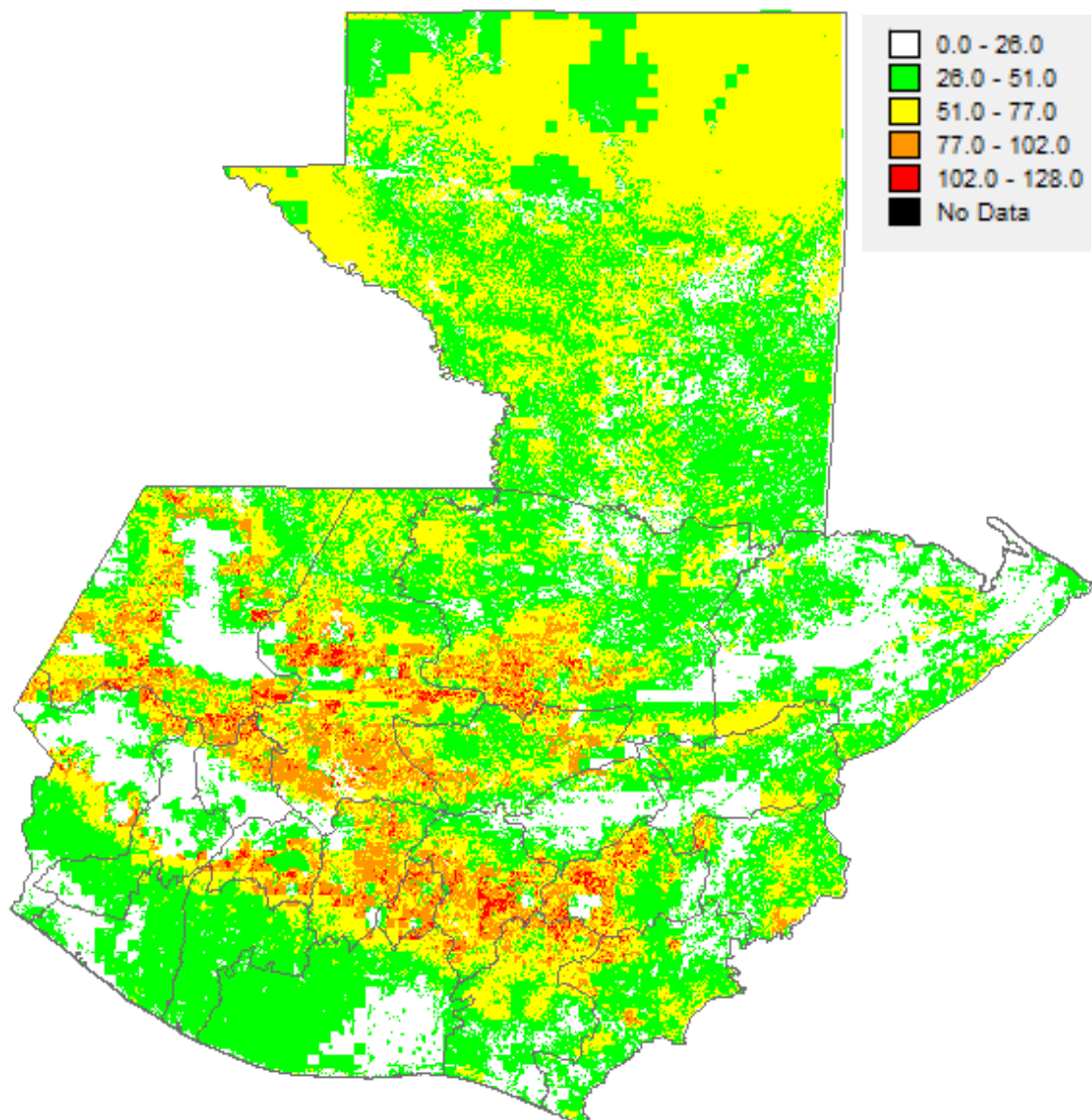


Figura 10. Mapas de riqueza de las especies de *Phyllophaga* de Guatemala.

La prioridad de áreas en base al análisis de riqueza observada (Cuadro 1) queda en el siguiente orden: Meseta Central (17 especies), Cadena Volcánica (14), Altiplano y Sierra de Las Minas (6), Sierra de Chamá, Norte de Petén y Valle del Motagua (5), Sierra de Chuacús y El Trifinio (4), Sierra de Los Cuchumatanes, Cerro San Gil y la Vertiente Sur (3), el Sur de Petén (2) y por último Sierra de Santa Cruz e Izabal (1).

8.1.5 Priorización de áreas con base en la riqueza observada, riqueza predicha y endemismos

La priorización de áreas es una tarea importante en la aplicación de medidas de conservación. A continuación se presentan algunos de los criterios que son considerados más frecuentemente en las medidas de conservación (Peterson *et al.*, 1993).

Con base en la riqueza observada (ver cuadro 1) la Meseta Central es el área con mayor riqueza, seguido por la Cadena Volcánica y Altiplano, Sierra de Chuacús, Sierra de Chamá, norte de Petén y Valle del Motagua, Sierra de Chuacús y El Trifinio, Sierra de Los Cuchumatanes, Cerro San Gil y la Vertiente Sur, sur de Petén, Sierra Santa Cruz e Izabal.

Con respecto a la riqueza predicha se puede apreciar en los modelos de las figuras 8 y 9 que las zonas en donde se esperaría encontrar mayor riqueza de especies para el área de montaña son los sitios que se ubican entre los 1200 y 2000 msnm. Mientras en las tierras bajas los sitios en donde se esperaría encontrar mayor riqueza son el norte de Petén y algunas pequeñas áreas en El Quiché, Alta Verapaz e Izabal. Y en un panorama general la mayor riqueza de especies de *Phyllophaga* se esperaría encontrarse en el área de montaña.

Para la priorización de áreas en base a los endemismos, considérese como especies endémicas a aquellas que se encuentran en un solo lugar de los sitios de estudios descritos anteriormente y sin importar que se encuentren presentes en otros sitios fuera del universo de estudio. El área con mayor número de endemismos (ver cuadro 1) fue el norte de Petén, seguido por la Cadena Volcánica y Meseta Central, la Vertiente Sur y Sierra Santa Cruz.

Cuadro 1. Distribución de las especies de Phyllophaga en Guatemala. Elaborado en base a los modelos de nicho ecológico. En amarillo están marcadas las especies endémicas a los sitios de estudio.

Especie	Sierra de Los Cuchumatanes	Altiplano	Cadena Volcánica	Meseta Central	Sierra de Chamá	Sierra de Chuacús	Sierra de Las Minas	Sierra de Santa Cruz	Caral	Trifinio	Norte de Petén	Sur de Petén	Vertiente Sur	Valle del Motagua	Izabal	Total de áreas
<i>P. abcea</i>	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>P. aenea</i>	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	6
<i>P. bucephala</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>P. guatemala</i>	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5
<i>P. huehueteca</i>	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>P. sp. nr. duenas</i>	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>P. ravida</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>P. rostripyga</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>P. rufotestacea</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>P. rugipenis</i>	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	8
<i>P. scabrifrons</i>	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>P. submetallica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. tumulosa</i>	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4
<i>P. caanchaki</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>P. dasypoda</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
<i>P. densata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
<i>P. latipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>P. nepida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>P. spaethi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>P. sturmi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	4
<i>P. trichia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>P. vexata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>P. aequata</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>P. anolaminata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. calderasa</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. dueñas</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. izabalana</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>P. marilucasane</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. multipora</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. nr. lanepa</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
<i>P. nr. omiltemia</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
<i>P. xanthocoma</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total especies	3	6	14	17	5	4	6	1	3	4	5	2	3	5	1	
Total endemismos	0	0	3	3	0	0	0	0	1	0	4	0	2	0	0	

8.1.6 Efecto de algunas variables ambientales sobre la distribución de *Phyllophaga*

Para determinar cómo se relacionan las áreas entre sí, se realizó un análisis de ordenamiento. Inicialmente se realizó un análisis de correspondencias rectificado (DECORANA) y se obtuvo una longitud 9.7 para el primer eje y una longitud 7.6 para el segundo eje, por lo que se procedió a realizar un análisis de ordenamiento por el método de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) (Figura 11). El NMDS es un método de ordenamiento que da mayor peso a las diferencias entre unidades las operacionales (Legendre y Legendre, 1998; Oksanen, 2008).

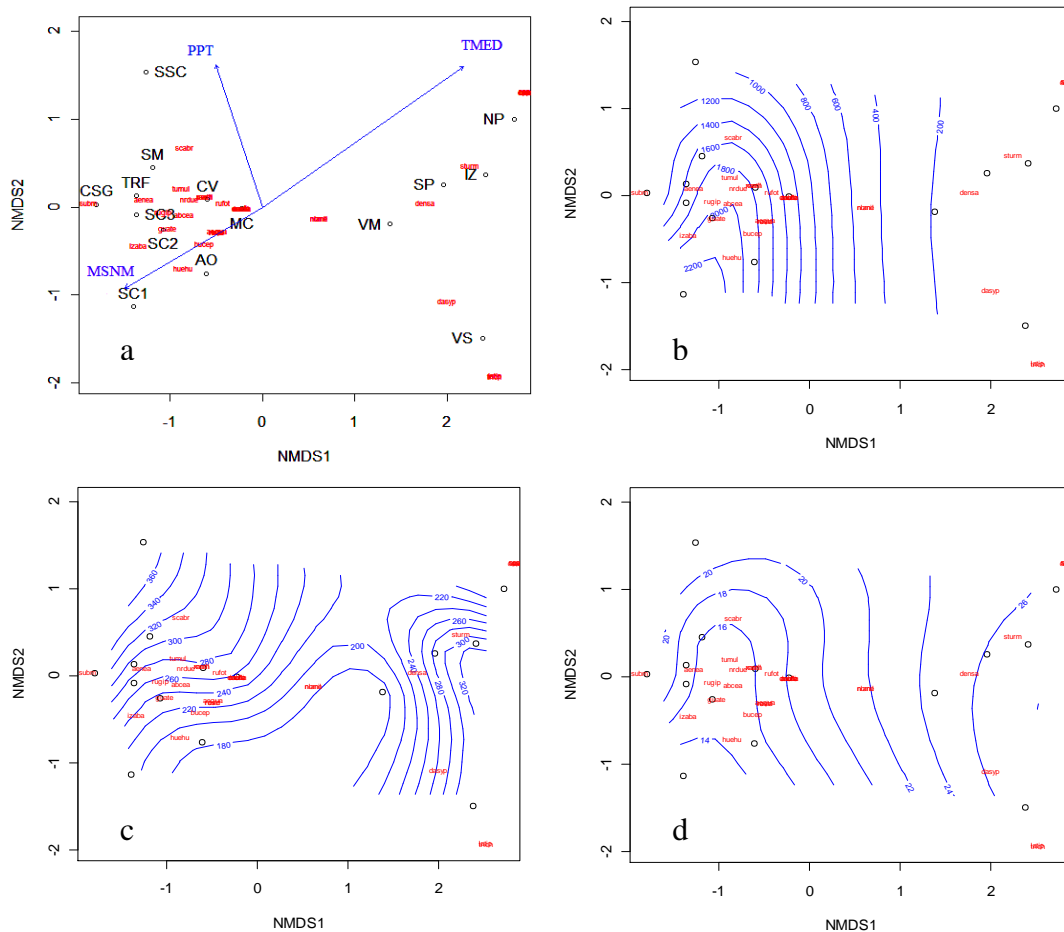


Figura 11. Análisis de ordenamiento NMDS: a) sitios, especies y variables ambientales, b-d) especies y variables ambientales (b) altitud (m), c) precipitación (mm) y d) temperatura media (°C). AO: Altiplano, CSG: Sierra Caral, CV: Cadena Volcánica, IZ: Izabal, MC: Meseta Central, SC1: Sierra de Los Cuchumatanes, SC2: Sierra de Chamá, SC3: Sierra de Chuacús, SM: Sierra de Las Minas, SSC: Sierra Santa Cruz, SP: Sur de Peten, TRF: El Trifinio, VM: Valle del Motagua, NP: Norte de Peten y VS: Vertiente Sur.

Dendrograma de agnes(x = a, método = "completo")

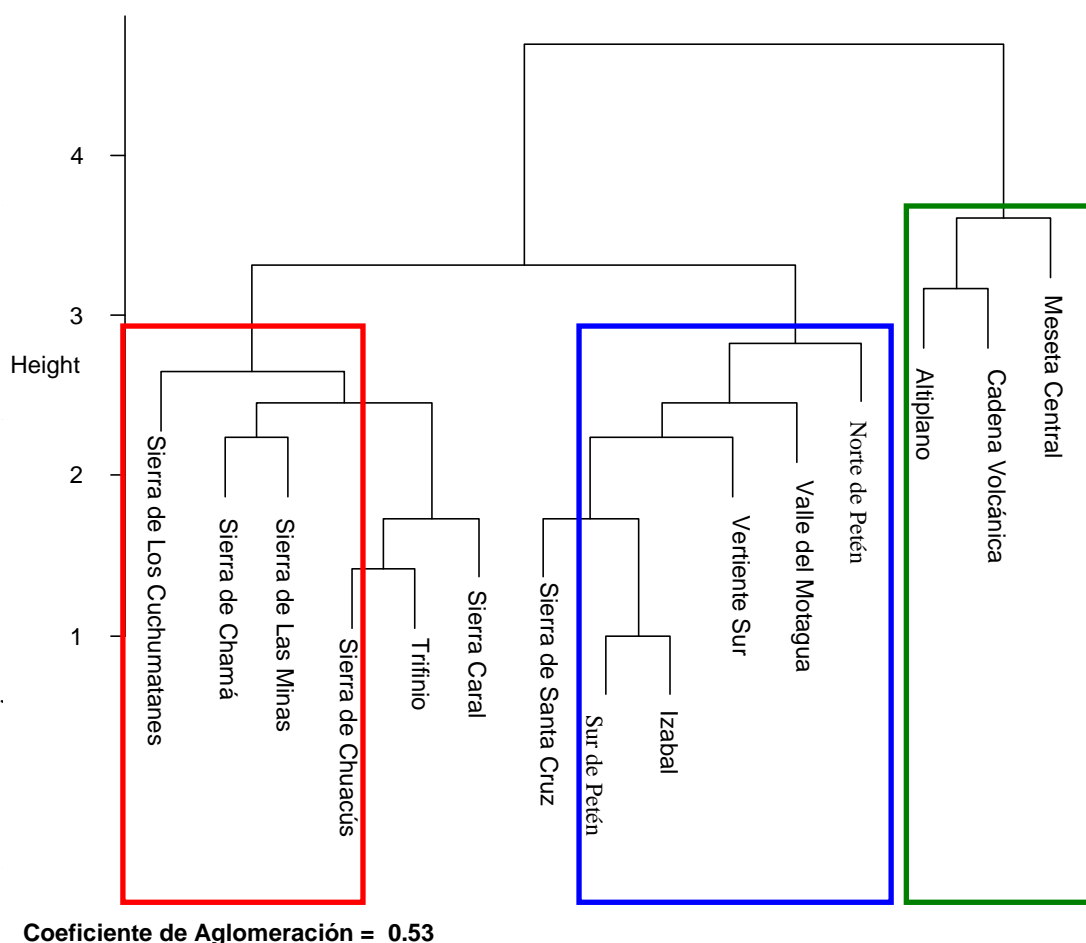


Figura 12. Análisis de Agrupamiento Jerárquico de áreas en base a la distribución de las especies de *Phyllophaga* de Guatemala. En rojo: áreas del Bloque Maya, en azul: áreas de tierras bajas y en verde: áreas del bloque Chortís.

A partir del análisis de la composición de especies se identificaron tres grandes áreas que corresponden con el Bloque Maya, las tierras bajas y el Bloque Chortís. En el caso de las áreas del Trifinio, Sierra Caral y Sierra de San Cruz se excluyeron del análisis de agrupamiento debido a que no poseen suficiente esfuerzo de colecta, por lo que su relación con el resto de áreas en la figura 12 no corresponde con la historia geológica de Guatemala.

8.1.7 Regionalización biogeográfica de Guatemala con base en la distribución de *Phyllophaga*

Se identificaron cinco regiones biogeográficas para Guatemala: Norte de Petén, Sur de Petén, Montañas del Bloque Maya, Montañas del Bloque Chortís y Vertiente Sur. A excepción del Sur de Petén, cada una de las regiones está sustentada en endemismos de las especies de *Phyllophaga*.

En las regiones de tierras bajas las especies endémicas se distribuyen de la siguiente manera: en el Norte de Petén están *P. caanchaki*, *P. nepida*, *P. spaethi* y *P. vexata*; para la vertiente sur están *P. latipes* y *P. trichia*. En el Sur de Petén el esfuerzo de colecta es muy bajo, por lo tanto no fue posible incluir a las especies endémicas del área.

Con respecto al área de montaña se pueden observar dos grandes grupos: la fauna de las montañas del bloque Maya y la fauna de la cadena volcánica y altiplano del Bloque Chortís. Las especies con restricción en su distribución para las montañas del Bloque Maya son *P. submetallica* y *P. izabalana* y las especies con restricción al área de montaña del Bloque Chortís son *P. aequata*, *P. anolaminata*, *P. calderasa*, *P. bucephala*, *P. duenas*, *P. marilucasane*, *P. multipora*, *P. omiltemia*, *P. ravidia*, *P. rostripyga*, *P. rufotestacea* y *P. xanthocoma*. No se aprecian especies con restricción de distribución en los bosques secos, esto se debe a que el esfuerzo de colecta en estos sitios es muy bajo.

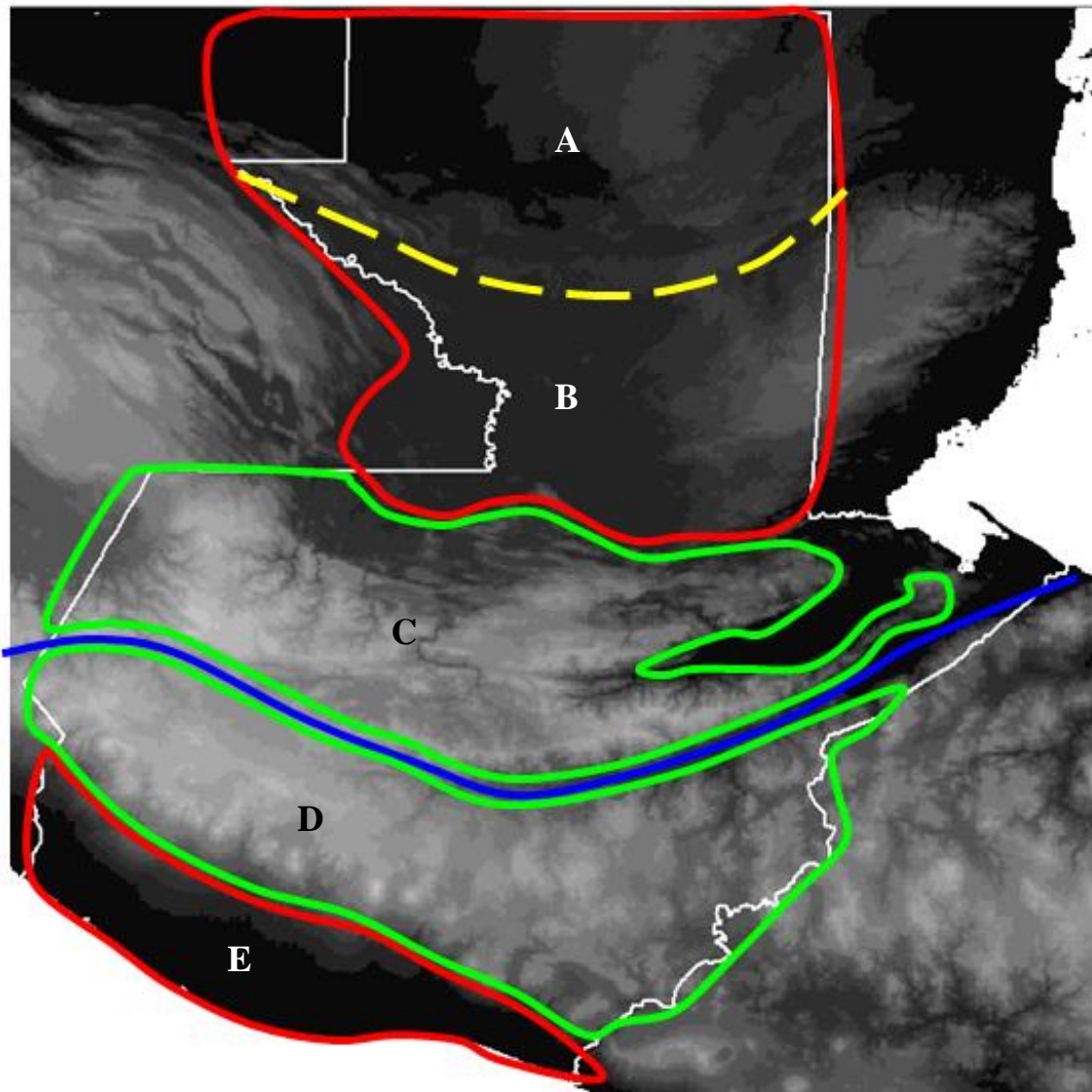
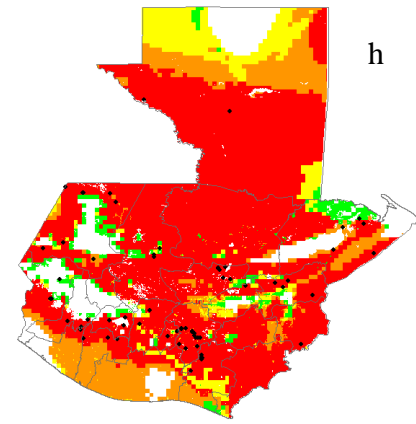
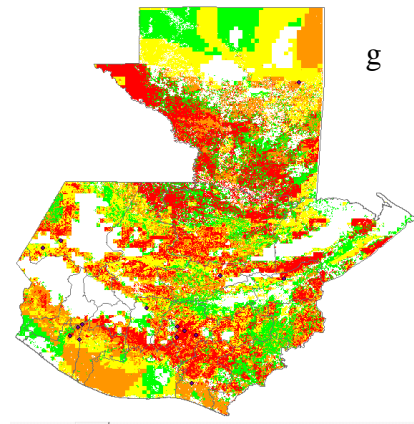
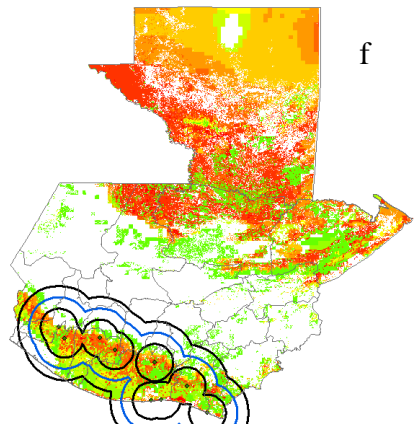
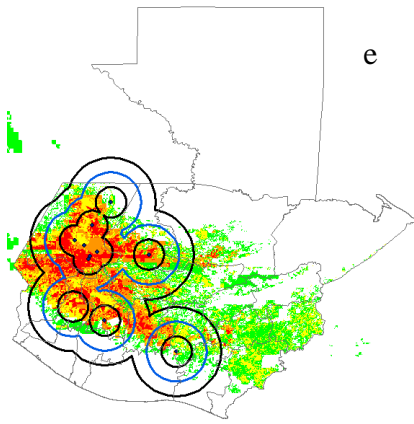
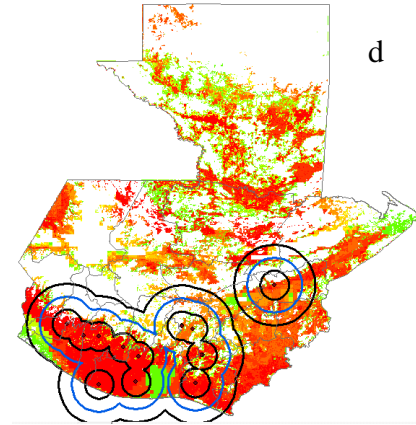
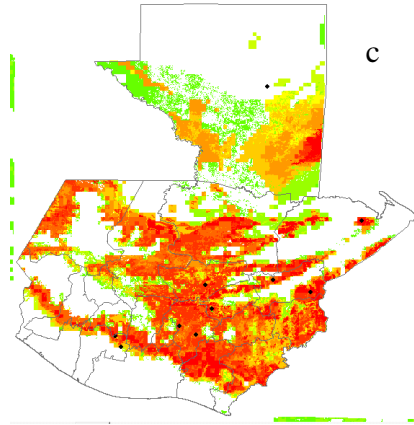
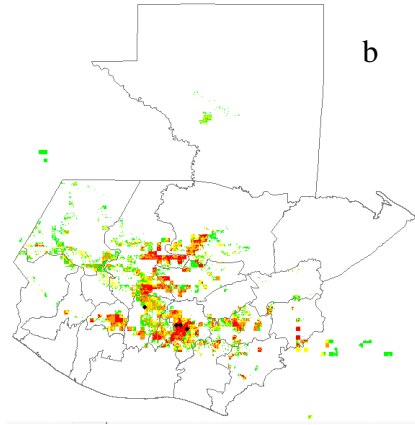
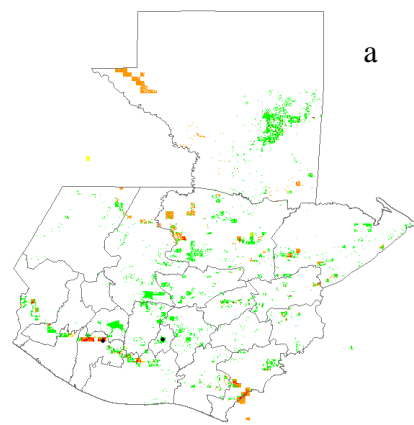


Figura 14. Regionalización biogeográfica de Guatemala en base al análisis de *Phyllophaga*. A) Norte de Peten, B) Sur de Petén, C) Montañas del Bloque Maya, D) área de montaña del Bloque Chortís y E) tierras bajas de la vertiente sur. En líneas punteadas amarillas el Arco de La Libertad y en línea azul el corredor seco de Stuart.

8.1.8. Distribución de especies plaga

Para Guatemala están registradas 19 especies plaga del género *Phyllophaga* (Cano y Morón, 1998), entre las que se encuentran: *P. aequata chiapensis*, *P. anolaminata*, *P. cometes*, *P. dasypoda*, *P. guatemala*, *P. latipes*, *P. menetriesi*, *P. obsoleta*, *P. parvisetis*, *P. porodera*, *P. ravidata*, *P. rorulenta*, *P. sturmi*, *P. tenuipilis*, *P. testaceipennis*, *P. tumulosa*, *P. sp nov. aff. tumulosa*, *P. trichodes* y *P. vexata*

unituberculata. La distribución de algunas de las especies plaga se puede apreciar en la figura 13.



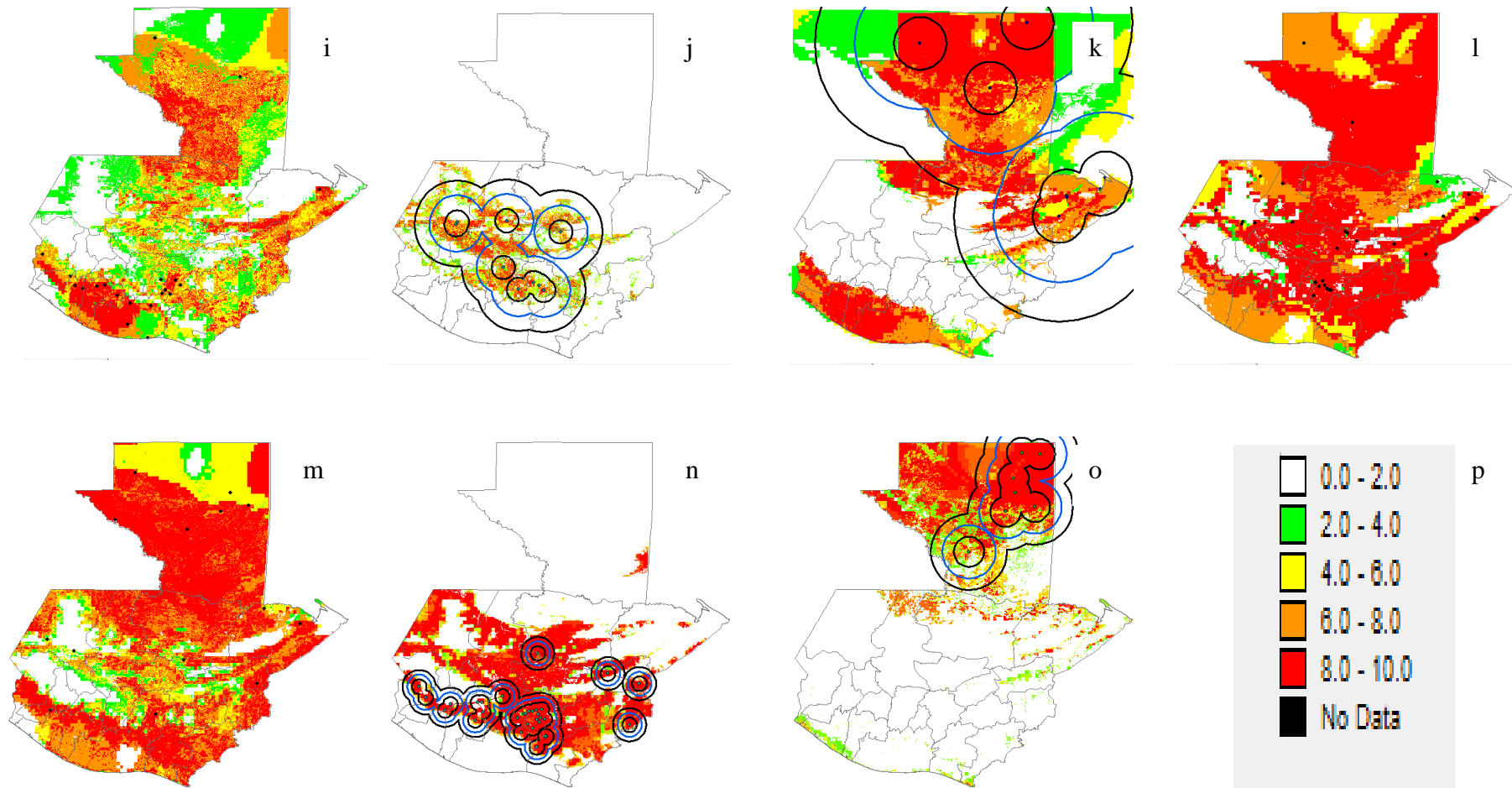


Figura 13. Mapas de distribución de las especies plaga de *Phyllophaga* en Guatemala. a) *P. aequata chiapensis*, b) *P. anolaminata*, c) *P. cometes*, d) *P. dasypoda*, e) *P. guatemala*, f) *P. latipes*, g) *P. menetriesi*, h) *P. obsoleta*, i) *P. parvisetis*, j) *P. ravidata*, k) *P. sturmi*, l) *P. tenuipilis*, m) *P. testaceipennis*, n) *P. tumulosa*, o) *P. vexata* y p) escala en probabilidad de ocurrencia (0-10).

9. DISCUSION DE RESULTADOS

9.1 Biodiversidad y distribución de *Phyllophaga*

La conservación de la biodiversidad y los recursos naturales es un tema de mucha importancia en la actualidad debido al rápido deterioro del medio ambiente y la pérdida de cobertura forestal (Power, 1996). La mayor parte de estudios que tratan de cuantificar la biodiversidad se ven limitados debido al alto costo de tiempo y recursos que conlleva la colecta de datos en campo y a la diversidad y distribución de los taxa, tomando en cuenta que la mayor parte de estudios se realizan con algún taxón de vertebrados o plantas. Por lo tanto se requiere de taxa y técnicas que permitan apreciar un panorama de la problemática de interés de una manera rápida y de bajo costo. A pesar de algunas de las limitaciones que presenta el género *Phyllophaga*, como el impedimento taxonómico, es posible realizar evaluaciones de la biodiversidad y de bajo costo a través del uso de las colecciones biológicas y modelos de predicción de dicho grupo.

Para Guatemala se reportan 96 especies de *Phyllophaga* (Cano y Morón, 1999); sin embargo se estima que este número podría ascender a más de 120 especies (Enio Cano; com. pers.). A través de la elaboración de los modelos de nicho ecológico y distribución potencial de 42 especies de *Phyllophaga* se encontró que 13 especies poseen distribución de montaña, nueve especies se distribuyen en las tierras bajas, diez especies son de amplia distribución y diez especies presentan distribución poco conocida. En general se pueden apreciar dos sitios de alta riqueza: el de mayor riqueza, en el área de montaña y el segundo al norte de Petén. Esto sugiere que probablemente estos sean dos sitios de diversificación de *Phyllophaga* a partir de dos clados distintos; sin embargo esta hipótesis no puede ser sometida a prueba en el presente trabajo debido a que la filogenia de *Phyllophaga* es incierta. Además se puede apreciar que contrario a lo que sucede con otros grupos taxonómicos en donde la mayor parte de la diversidad se concentra en las tierras bajas (Peterson *et al.*, 1993), en el género *Phyllophaga* la mayor riqueza está entre los 1400 y 2000 m. de elevación en donde la precipitación es relativamente alta (> 1500 mm anuales).

Así mismo se aprecia que la mayor parte de endemismos se encuentra en el área de montaña. Con respecto a las tierras bajas se aprecio un alto número de especies endémicas en el área del norte de Petén; sin embargo es muy probable que estas especies estén distribuidas en la mayor parte del territorio de la península de Yucatán.

Gran parte de los esfuerzos de conservación en Guatemala se concentran en las tierras bajas debido a factores asociados al traslape de estas áreas con la distribución de especies bandera, sitios arqueológicos, bosques relativamente grandes, reservas forestales e intereses en las reservas de petróleo. Mientras tanto las áreas de montaña y en especial los bosques nubosos de Mesoamérica no se encuentran protegidos legalmente (Anderson y Ashe, 2000).

Mediante el análisis de grupos fue posible identificar tres regiones biogeográficas: la primera constituida por áreas de montaña del norte de Guatemala, la segunda por sitios de tierras bajas y la tercera por los sitios de montaña del área sur de Guatemala. Con respecto a los sitios de montaña se puede apreciar una clara segregación del área norte y sur, que anteriormente había sido descrita por la división ocasionada por el corredor seco de Stuart. En base al análisis de endemismos es posible separar las tierras bajas en tres grupos: el norte de Petén, Sur de Petén y la Vertiente Sur de Guatemala (figura 14).

Es evidente que la formación de las áreas biogeográficas de Guatemala en base al análisis de *Phyllophaga* esta estrechamente relacionada con la historia geológica de Guatemala. La principal barrera biogeográfica de la fauna de *Phyllophaga* está delimitada por el corredor seco de Stuart. El corredor seco se extiende a lo largo de la falla del Motagua y representa la zona de convergencia de la placa de Norte América y el Bloque Chortís, la colisión entre ambas placas data del cretácico tardío al terciario medio (Briggs, 1994).

La cuenca del Petén esta asentada sobre el bloque Maya (entre los 100 y 300 m de elevación) y el límite al sur alcanza las fallas transcurrentes del Polochic, Motagua y Jocotán (Avendaño, 2009). Además posee un varias zonas de montañas originadas por

la concrecencia de las placas de Norte América y el Bloque Chortís, éstas montañas alcanzan alturas mayores a los 3000 m. La colisión entre ambas placas dio origen a la formación de dos cuencas sedimentarias en la cuenca de Petén: la primera constituida por la “formación Campur” al norte de la cuenca y la “formación Sepur” al sur de la cuenca, ambas cuencas están divididas por el arco de la libertad que la atraviesa horizontalmente entre 16.8° y 17.3° N. En cuanto a los factores climáticos se puede apreciar que el gradiente de precipitación disminuye de sudeste a noreste, de tal manera que la formación de Sepur es más húmeda que la formación Campur. Así mismo, se puede apreciar una diferencia entre la fisiología de la vegetación arbórea del norte y sur de Petén, que consiste en que los bosque del norte son deciduos y los del sur son perennes (Lundell, 1937). Así mismo se aprecian diferencias entre ambas cuencas sedimentarias con respecto a la composición de especies de *Phyllophaga*, en el Norte de Petén se encuentran *P. caanchaki*, *P. nepida*, *P. spaethi* y *P. vexata*; mientras en el sur están *P. densata* y *P. sturmi*. Lundell (1937) encontró un patrón similar al del presente estudio con la vegetación, ya que encontró 785 spp. al norte, 835 spp. en la Sábana Central y 191 spp. en el sur; así mismo indica que de las 1400 especies de plantas que colectó, el 66% están restringidas al área central y norte y solamente el 6% esta restringido al sur.

Seguramente será posible identificar más áreas, sobretodo en el área de montaña, conforme se aumente el esfuerzo de colecta y de curación de especímenes. Mientras tanto se puede dividir el territorio en cuatro grandes áreas: Norte de Petén (A), Sur de Petén (B), montañas del Bloque Maya (C), área de montaña del Bloque Chortís (D) y las tierras bajas de la Vertiente Sur (E) (ver figura 14). Esta clasificación coincide con las propuestas por Stuart (1954), Campbell y Vanini (1989) y Schuster *et al.* (2000).

9.2 Modelo de nicho ecológico y su utilidad en estudio biogeográficos

La elaboración de los mapas de distribución se basó en el modelo planteado por Soberón y Peterson (2005). Este modelo predice que la distribución de las especies se puede predecir en base al rango ambiental de las especies (factores abióticos), las interacciones que posean con otros organismos (factores bióticos) y la capacidad de

dispersión o procesos históricos a los que han sido expuestos (accesibilidad al espacio). Además, indican que estos factores tres factores afectan en diferente magnitud la distribución actual de las especies.

Con respecto a los factores bióticos, esta bien documentado que las larva de *Phyllophaga* tienen hábitos saprófagos y rizófagos y algunas especies son facultativas. En el caso de las especies plaga se ha observado que tienen preferencias por las raíces de algunas plantas; sin embargo su dieta incluye una amplia variedad de plantas. En el caso de los adultos la dieta es bastante amplia (Ramírez-Salinas y Castro-Ramírez, 2000). Así mismo no se ha documentado que los depredadores y parásitos afecten drásticamente sus poblaciones. Por lo tanto, se estimó que el efecto de los factores bióticos es relativamente bajo.

En cuanto al espacio accesible a las especies, se pudo apreciar que algunas se pueden distribuir ampliamente (e.g. *P. obsoleta*); mientras otras especies poseen distribución restringida y aunque todas las especies tienen las mismas capacidades de vuelo, no todas poseen los mismos rangos de tolerancia ecológica. De tal manera que las especies con rangos de tolerancia ecológica amplios se encuentran ampliamente distribuidos, mientras las especies de rangos de tolerancia ecológica estrechos poseen distribución restringida. Por lo tanto, la distribución de las especies de rangos de tolerancia ecológica amplia se explica por procesos de dispersión y la distribución de las especies de rangos de tolerancia ecológica estrechos se explica por procesos de vicarianza.

En este sentido, el modelo de predicción utilizado “GARP” fue de mucha utilidad para elaborar los modelos de distribución de las especies de rangos ecológicos amplios. Mientras para las especies de rangos ecológicos estrechos fue necesario utilizar la técnica de aerografía (Rapoport y Monjeau, 2001) debido a que el modelo de predicción no considera dentro de sus supuestos las barreras biogeográficas. Por otra parte, también se encontró que la magnitud del radio de las áreas de distribución delimitadas por el método de aerografía posee dependencia de la variación en la distancia entre los puntos de registro de las especies; de tal manera que a mayor variación mayor es el radio del área de distribución y viceversa.

Finalmente, se encontró que los modelos que se ajustan la distribución de las especies de *Phyllophaga* son los casos I y III. El caso I predice que no hay restricciones en la accesibilidad al espacio, que las especies poseen rangos ecológicos amplios y que las interacciones bióticas necesarias se encuentran ampliamente disponibles; por lo tanto este modelo se ajusta a especies de amplia distribución (ver figura 15a). Mientras tanto el caso III predice que en el espacio existen las condiciones físicas apropiadas y las interacciones necesarias, pero que la distribución de las especies se encuentra restringida por barreras biogeográficas; por lo tanto este modelo se ajusta a las especies que presentan patrones de distribución.

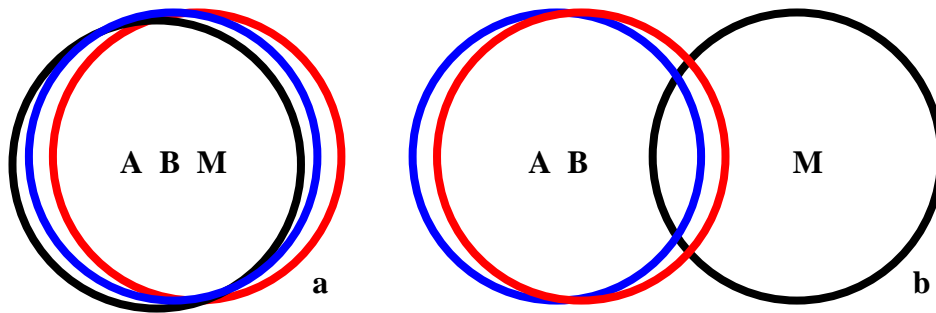


Figura 15. Modelo de distribución geográfica de las especies. Redibujado de Soberón y Peterson (2005). A: área con las condiciones físicas en donde determinada especie puede sobrevivir. M: espacio accesible a las especies. B: área en donde ocurren las interacciones ecológicas que permiten la supervivencia de la especie.

10. CONCLUSIONES

- 10.1 En el presente trabajo se elaboraron los modelos de distribución para 42 de las 96 especies registradas para Guatemala. A partir de la elaboración de los modelos de distribución y análisis biogeográfico fue posible identificar las zonas de alta riqueza y endemismos de Guatemala para el género *Phyllophaga*.
- 10.2 La identificación de estas áreas es de gran utilidad debido a que la mayor parte de las especies de fauna, flora y hongos poseen patrones de distribución; por lo tanto se puede asumir que los patrones de distribución observados en las especies de *Phyllophaga* son los mismos que para muchas otras especies. Por lo que al proteger estas áreas se conserva una alta cantidad de procesos biológicos históricos y diversidad biológica.
- 10.3 Con respecto, a la riqueza se encontraron dos sitios importantes. El primero se encuentra entre los 1400 y 2000 m. de elevación y precipitación mayor a los 1500 mm. anuales y temperaturas entre los 14 y 18 °C; basado en el mapa de predicción de la riqueza de la figuras 9 y 10 y estas características se puede decir que este sitio coincide con la distribución de los bosques nubosos. El segundo sitio se encuentra al Norte de la cuenca de Petén con una elevación menor a los 200 m., precipitación mayor a los 1500 mm. anuales y temperaturas cercanas a los 26°C. Además es importante notar el hecho de que ambos sitios se encuentran a altitudes y temperaturas muy diferentes, pero la precipitación es similar.
- 10.4 Con respecto a las especies endémicas a los sitios de estudio, se encontró que el Norte de Petén presento la mayor cantidad de endemismos (4), seguido por la Meseta Central (3), Cadena Volcánica (3), Vertiente Sur (2) y Caral (1). Sin embargo, es necesario considerar que las especies del Norte de Petén pueden estar distribuidas a lo largo de la Península de Yucatán y que la distribución de las especies de la Vertiente Sur podría extenderse a Chiapas, El Salvador, Honduras y Nicaragua. Mientras que las especies de montaña están restringidas a islas de áreas pequeñas.

- 10.5 En cuanto al modelo de predicción utilizado, “GARP”, se apreció que fue de gran utilidad en la identificación de gradientes ecológicos, pero únicamente fue de utilidad para describir el componente abiótico de las especies debido a que no incluye dentro de sus supuestos las barreras biogeográficas que pueden restringir la distribución de las especies. Para incluir las barreras biogeográficas en los análisis se utilizó la técnica de aerografía, esta fue de utilidad para determinar los patrones de distribución; sin embargo se apreció que el área de los radios de distribución que predice tiene una fuerte dependencia en la variación existente en la distancia de los puntos de registros de presencia de la especie.
- 10.6 Con respecto a las hipótesis de investigación, se determinó que la distribución de las especies de *Phyllophaga* coincide con los modelos descritos en los casos I y III por Soberón y Peterson (2005). El modelo del caso I se ajustó a las especies de amplia distribución mientras el modelo del caso III se ajustó a las especies con distribución restringida.

11. RECOMENDACIONES

En general se puede apreciar que la disponibilidad de información taxonómica y de información geográfica y ecológica de los Melolonthinae de Guatemala es escasa. Por lo que es necesario aumentar los esfuerzos en la colecta de información de campo, revisiones taxonómicas y actualizaciones de las colecciones biológicas. Para esto, el presente trabajo es de utilidad ya que a través del mismo se identificaron sitios de alta riqueza y endemismos y vacíos de información tales como la Sierra de Los Cuchumatanes, los bosques secos (especialmente los de Salamá, Cuilco y Nentón), las montañas que se encuentran a lo largo de la frontera del oriente de Guatemala y el área Sur de Petén en donde los remanente boscosos son escasos. Así mismo, se recomienda ampliar el análisis biogeográfico a nivel supragenérico para tener una mejor comprensión de los procesos históricos de la biodiversidad y geológicos de mesoamérica.

Es necesario aumentar los esfuerzos en conservación de los bosques nubosos del área norte y sur de Guatemala. Estos bosques se encuentran en riesgo de reducirse debido al rápido avance de la frontera agrícola y aunque son numerosos poseen áreas de ocupación muy pequeñas.

12. REFERENCIAS

Anderson, A.S. y J.S. Ashe. 2009. 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, 2000

Borror, D.J., C.A. Triplehorn y N.F. Jonson. 1989. An introduction to the study of insects. 6ta ed. Ed. Saunders Collage. pp. 373.

Briggs, J. 1994. The genesis of Central America: biology versus geophysics. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 4:169-172.

Campbell, J.A. y J.P. Vanini. 1989. Distribution of amphibians and reptiles in Guatemala and Belize. *West. Found. Vert. Zool.* 4(1):1-21.

Cano, E. y M. Morón. 1998. Las especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae) de Guatemala. Diversidad, distribución e importancia. En: Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los coleópteros edafícolas americanos. M.A. Morón y A. Aragón (Eds.). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Sociedad mexicana de Entomología, A.C. Puebla, México. pp. 7-18.

Cano, E., J. Monzón y J. Schuster. 2000. Las “Gallinas ciegas” y los “Ronrones” del genero *Phyllophaga* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Guatemala: Diversidad, endemismo e importancia agrícola. *Universidad del Valle de Guatemala*. 9: 19-24.

Carpenter, G., A.N. Gillison y J. Winter. 1993. DOMAIN: A flexible modeling procedure for mapping potential distributions of animals and plants. *Biodiversity and Conservation*. 2: 667-680.

Castro, A., C. Ramírez y L. Ruiz. 1998. Evaluación del daño en maíz causado por “Gallina Ciega” (Coleoptera: Melolonthidae) en Amatenango del Valle, Chiapas,

México. En: Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los coleópteros edafícolas americanos. M.A. Morón y A. Aragón (Eds.). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Sociedad mexicana de Entomología, A.C. Puebla, México. pp. 107-120.

Castro-Ramírez, A., C. Ramírez-Salinas y C. Pacheco-Flores. 2003. Escarabajos Melolóntidos (Coleoptera) de tres localidades en los altos de Chiapas, México. En: Entomología mexicana. J. Romero, E.G. Estrada y A. Equihua (Eds.). Sociedad Mexicana de Entomología. pp. 394-403.

Cavieres, L., M. Mihoc, A. Marticorena, O. Matthei y F. Squeo. 2001. Determinación de áreas prioritarias para la conservación: análisis de parsimonia de endemismos (PAE) en la flora de la IV Región de Coquimbo. En: Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. F.A. Squeo, G. Arancio y J.R. Gutiérrez (Eds.). Universidad de La Serena, La Serena, Chile. 10: 159 – 170.

Chefaoui, R.M., J. Hortal y J. Lobo. 2005. Potential distribution modeling, niche characterization and conservation status assessment using GIS tools: a case study of Iberian *Cropis* species. *Biological Conservation* 122: 327–338.

Costa, C. 2000. Estado de conocimiento de los Coleoptera neotropicales. Hacia un Proyecto CYTED para el inventario y estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PRIBES-2000. – En: Martín-Piera, F., Morrone, J. J. y Melic, A. (eds.), Monografías Tercer Milenio Vol. 1 SEA. Zaragoza. pp. 99–114.

Elton, C. S. 1927. *Animal ecology*. Sidgwick and Jackson, London.

Endrödi, S. 1966. Monographie der Dynastinae (Coleoptera: Lamellicornia) I Teil. *Entomologische Abhandlungen Museum Tierkunde, Dresden*, Bd. 33: 1-457

Environmental Systems Research Institute –ESRI-. 2004. ArcGis Version 9.1. Environmental Systems Research Institute. EEUU.

ESRI. 2005. ArcView 9.1. ESRI Inc. EEUU.

Evans, A.V. y A.B.T. Smith. 2005. An electronic checklist of the New World chafers (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae). Version 1. Electronically published, Ottawa, Canada. 344 pp.

Faith, D., C.A.M. Raid y J. Hunter. 2004. Integrating phylogenetic diversity, complementarity, and endemism for conservation assessment. *Conservation Biology*. 18 (1): 255-261.

Gómez, B., F. Villalobos, L. Ruiz y E. Castro. 1999. Observaciones sobre la biología de Melolóntidos (Coleoptera: Scarabaeoidea) en una localidad de Los Altos de Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 78: 173-177.

Grebennikov, V.V. y C.H. Scholtz. 2004. The basal phylogeny of Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) inferred from larval morphology. *Invertebrate systematics*. 18: 321:348.

Grinnell, J. 1917. The niche-relationship of the California Thrasher. *Auk* 34:427-433.

Guisan, A., y N.E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modeling*. 135: 147-186.

Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones y A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.

Hijmans, R.J., L. Guarino, A. Jarvis, R. O'Brien, P. Mathur, M.C. Bussink, I. Barrantes y E. Rojas. 2005. Diva-GIS, version 5.2. Manual. <http://www.diva-gis.org>.

Hutchinson, G.E. 1957. Concluding remarks. *Cold Springs Harbor Symposia on Quantitative Biology*. 22: 415-427.

Johnston, S, y D. Thorkelson. 1997. Cocos–Nazca slab window beneath Central America. *Earth and Planetary Science Letters*. 146: 465–474

Jones, P.G. y A. Gladkov. 1999. FloraMap: A computer tool for predicting the distribution of plants and other organisms in the wild. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

Legendre, P. y L. Legendre. 1998. *Numerical Ecology*. Elsevier. 852 pp.

López, E. 2001. Evolución tectónica de América Central, del Sur y el Caribe, desde el Jurásico hasta el reciente. En: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la biodiversidad, y Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 15-22.

Lundell, C.E. 1937. *The vegetation of Petén*. Carnegie Institution of Washington. EEUU. 244 pp.

Magaña, V., J. Amador y S. Medina. 1999. The Midsummer Drought over Mexico and Central America. *Journal of Climate*. 12(6): 1577–1588.

Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Ed. Blackwell Science Ltd. Reino Unido. 256 pp.

Martínez, A.L., J. Llorente y I. Vargas. 2005. Una megabase de datos de mariposas y la regionalización biogeográfica de México. En: *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines*. J. Llorente Bousquets y J.J. Morrone. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México y Cooperación Iberoamericana de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. pp. 269-294.

Miller, A.J. y J.H. Knouft. 2006. Gis-based characterization of the ecological niches of wild and cultivated populations of Mesoamerican fruit tree, *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). En: Biodiversidad de Guatemala. Enio B. Cano (Ed.). Ed. Universidad del Valle de Guatemala.

Morón, M.A. 1984. Escarabajos, 200 millones de años de evolución. Publicación 14. Instituto de Ecología, México. 131 pp.

Navarro, A.G., T.A. Peterson, Y.J. Nakasawa y I. Liebig-Fossas. 2003. Colecciones biológicas, modelaje de nichos ecológicos y los estudios de la biodiversidad. En: Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. J.J. Morrone y J. Llorente Bousquets (Eds.). Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, y Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 115-122.

Oksanen, J. 2008. Intro-vegan. Vegan 1.15 tutor for R version 2.8.0

Pacheco, C., C. Deloya y A. Castro. 2003. Análisis preliminar de los melolonthidae de la región de la montaña, Guerrero, México (Insecta, Coleoptera: Scarabaeoidea). En: Estudios sobre coleópteros del suelo en América. Aragón, G.A., M.A. Morón y A. Marín J. (Eds.). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp. 97-114.

Pearson, R.G., T.P. Dawson, P.M. Berry y P.A. Harrison. 2002. SPECIES: a spatial evaluation of climate impact on the envelope of species. *Ecological Modelling*. 154: 289-300.

Peterson, A.T., O.A. Flores-Villela, L.S. León-Paniagua, J.E. Llorente-Bousquets, M.A. Luis-Martínez, A.G. Navarro-Sigüenza, M.G. Torres-Chávez y I. Vargas-Fernández. 1993. Conservation priorities in Mexico: moving up in the World. *Biodiversity Letters*. 1(2): 33-38.

Peterson, A.T.; Sánchez-Cordero, V.; Martínez-Meyer, E. y Navarro-Sigüenza, A. 2006.

Tracking population extirpations via melding ecological niche modeling with land-cover information. *Ecological modeling*. 195: 229–236.

Power A. 1996. Arthropod Diversity in Forest Patches and Agroecosystems of Tropical Landscapes. En: *Forest Patches in Tropical Landscapes*. John Schelhas y Russel Greenberg (eds.). pp. 91-110.

Ramírez, P. 2005. Climate, Climate Variability and Climate Change in Central America. *Tropical Forest and Climate Change Adaptation*. Costa Rica. pp. 5-7.

Ramírez-Salinas, C. y Castro-Ramírez, A.E. 2000. El complejo “gallina ciega” (Coleoptera: Melolonthidae) en el cultivo de maíz, en El Madronal, municipio de Amatenango del Valle, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 79: 17-41.

Roura-Pascual, N., A. Suárez, C. Gómez, P. Pons, Y. Touyama, A. L. Wild y A. T. Peterson. 2005. Geographic potential of Argentine ants (*Linepithema humile* Mayr) in the face of global climate change. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 271: 2527-2535.

Rapoport, E.H. y J.A. Monjeau. 2001. Aerografía. En: *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, Métodos y Aplicaciones*. Jorge Llorente Bousquets y Juan J. Morrone (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 23-30.

Scachetti, R. 2002. DESKTOP-GARP. University of Kansas Biodiversity Research Center.

Schuster, J. C., E. B. Cano y C. Cardona. 2000. Un método sencillo para priorizar la conservación de los bosques nubosos de Guatemala usando Passalidae (Coleoptera) como organismos indicadores. *Acta Zoológica Mexicana*. 80:197-209.

Soberón, J. y A.T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity Informatics*. 2: 1-10.

Stockwell, D.R.B. y I.R. Noble. 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: A robust and informative method of analysis. *Mathematics and Computers in Simulation* 33: 385-390.

Stockwell, D.R.B., y D.P. Peters. 1999. The GARP modelling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographic Information Systems* 13: 143-158.

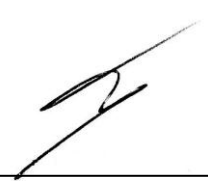
Stuart, L. C. 1954. A description of a subhumid corridor across northern Central America, with comments on its herpetofaunal indicators. *Contributions of the Laboratory of Vertebrate Zoology, University of Michigan* 65:1-26 + plates.

Suárez, A.V. y N.D. Tsutsui. 2004. The value of museum collections for research and society. *Bioscience*. 54(1): 66-74.

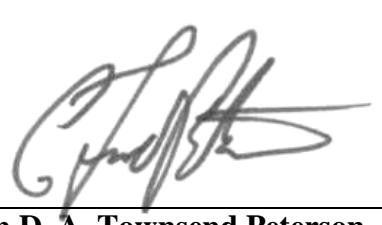
Vásquez, D.P. 2005. Reconsiderando el nicho hutchinsoniano. *Ecología Austral*. 15: 149-158.

Wallace, A.R. 1871. On the law which has regulated the introduction of new species. En: *Contributions to the theory of natural selection. A series of essays ... By Alfred Russel Wallace*. Ed. Macmillan and Co. Alfred Russel Wallace (ed.). EEUU. pp. 1-25.

Br. Manuel A. Barrios Izás
Estudiante de tesis
Escuela de Biología, Universidad de
San Carlos de Guatemala.



M.Sc. Enio B. Cano
Asesor de tesis
Curador del Laboratorio de Entomología
Sistemática y docente de la Universidad Del
Valle de Guatemala.



Ph.D. A. Townsend Peterson
Asesor de tesis
Curador del Museo de Historia Natural &
Centro de investigación de biodiversidad
Profesor del Departamento de Ecología &
Biología Evolutiva
Universidad de Kansas, EE.UU.

Lic. Claudio Méndez
Revisor de tesis
Docente de Escuela de Biología,
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Lcda. Rosalito Barrios de Rodas
Directora de la Escuela de Biología,
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ph. D. Oscar Manuel Cobar Pinto
Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y
Farmacia. Univ. de San Carlos de Guatemala