

Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma

RESÚMENES

Prefacio

Gonzalo Halffter, Patricia Koleff, Jorge Soberón & Antonio Melic

PARTE GENERAL

CAPÍTULO 1:

Significado biológico de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma

Gonzalo Halffter & Claudia E. Moreno

Resumen: En este trabajo se intenta precisar el significado biológico de tres términos ampliamente usados en relación a la riqueza de especies: diversidad alfa o puntual, diversidad beta o recambio de especies, diversidad gamma o del paisaje. Se comenta a qué niveles de las escalas espacial y temporal corresponden estas tres expresiones de la riqueza en especies, así como las relaciones que guardan entre sí. Esto lleva a analizar la influencia de los factores históricos (biogeográficos) y de los factores ecológicos en las tres distintas expresiones de la riqueza en especies. Así mismo, se plantean algunos de los efectos que la fragmentación de origen antrópico tiene sobre los distintos tipos de diversidad de especies.

Palabras clave: Diversidad alfa, diversidad beta, diversidad gamma, fragmentación de comunidades, grupos indicadores de riqueza de especies, especies turistas.

CAPÍTULO 2:

Conceptos y medidas de la Diversidad Beta

Patricia Koleff

Resumen: La diversidad beta captura un aspecto fundamental de la diversidad de especies: el reemplazo espacial de la identidad de las especies entre dos o más áreas. Sin embargo, se han relacionado varios conceptos, tales como el reemplazo espacial a través de gradientes, diferenciación entre muestras, distancia ecológica, grado de sobreposición de la distribución de las especies y complementariedad en la composición. Esto ha llevado a sugerir numerosos métodos y medidas para estimarla, y ha hecho imposible la comparación estricta de estudios.

Evaluamos 25 medidas basadas en datos de presencia/ausencia, expresándolas con una terminología común para comparar algunas de sus propiedades básicas, y ejemplificamos con análisis empíricos algunas implicaciones de los patrones espaciales del recambio de especies.

Este estudio sugiere una nueva perspectiva en la forma de evaluar y expresar los patrones de diversidad beta para probar importantes hipótesis que pueden contribuir al mejor entendimiento de la estructura de los ensamblajes de especies a través del espacio.

Palabras clave: Aves, diversidad beta, recambio espacial, Gran Bretaña, Sudáfrica.

CAPÍTULO 3:

La diversidad beta como un elemento integrador de distintos patrones macroecológicos

Pilar Rodríguez & Héctor T. Arita Watanabe

Resumen: Se han propuesto varias hipótesis para explicar el gradiente latitudinal de diversidad de especies; sin embargo aspectos básicos en la conformación del patrón, como son el efecto de la escala de trabajo y el papel de la diversidad beta, aún no son bien comprendidos. Para explorar tales aspectos pusimos a prueba la hipótesis de covariación, la cual establece que la diversidad de especies debería seguir el mismo patrón latitudinal, independientemente de la escala de análisis. La hipótesis también predice la ausencia de gradientes en la diversidad beta, en el área de distribución regional y en la pendiente z de la relación especies-área. Predice además que la relación entre la diversidad regional y la diversidad local debería seguir una función lineal.

Encontramos patrones contrastantes entre los mamíferos no-voladores y los murciélagos de América del Norte. Para los mamíferos no-voladores rechazamos la hipótesis de covariación, ya que si bien el número de especies a ambas escalas aumentó hacia latitudes tropicales del continente, el aumento fue más acelerado a la escala regional. Para este grupo, la diversidad beta resultó mayor hacia las latitudes tropicales, al mismo tiempo que el promedio del área de distribución regional disminuyó y la z , la pendiente de la relación especies-área, fue mayor en las latitudes tropicales. Finalmente, la relación entre la diversidad regional y local mostró una función del Tipo II (saturada).

En contraste con los mamíferos no-voladores, los murciélagos no mostraron una desviación significativa de las predicciones generadas a partir de la hipótesis de covariación. A las dos escalas la diversidad de especies siguió una tendencia de aumento hacia las latitudes tropicales, y no fue posible demostrar un gradiente latitudinal en la diversidad beta, en el área de distribución regional ni de la pendiente z de la relación especies-área. Finalmente, la relación entre la diversidad regional y local mostró una función del Tipo I (lineal).

La elevada diversidad de mamíferos no-voladores de las zonas tropicales de América del Norte es resultado del aumento de beta, más que de la diversidad de especies a escalas locales. En los murciélagos, en cambio, el

gradiente de diversidad es resultado del aumento de la diversidad a distintas escalas. Las diferencias en los patrones de ambos grupos sugieren que las causas que explican el gradiente de diversidad son distintas para ambos grupos y que estas causas están finalmente determinadas por diferencias en los patrones de distribución geográfica de las especies.

Palabras clave: Diversidad beta, área de distribución regional, área de distribución continental, diversidad regional, diversidad local, mamíferos, América del Norte.

CAPÍTULO 4:

Similitudes y diferencias entre los conceptos y los patrones de diversidad beta y diferenciación genética: aplicaciones en bosques mexicanos de coníferas.

Daniel Piñero

Resumen: Se discuten las relaciones conceptuales entre la diversidad β y la diferenciación genética (F_{ST}). Se proponen cuatro diferencias entre ambos conceptos pero se encuentra una correlación básica importante entre ambos. Estas ideas se usan para explorar las relaciones entre estimados de β y de F_{ST} en dos ecosistemas boscosos que han sido estudiados en México, el Eje Volcánico Transmexicano (EVT) y la Sierra Madre Oriental (SMOr), tanto usando estudios de diferentes grupos de plantas y animales como, en particular, usando datos de táxones de pinos.

Los resultados muestran patrones de cambios que sugieren una correlación importante entre la diversidad β y la diferenciación genética (F_{ST}), que para la SMOr apuntan a una mayor diversidad alrededor de las latitudes 21° y 25°, mientras que en el EVT existe una mayor diversidad alrededor del centro. Estos resultados se discuten en el contexto de la formulación de generalizaciones que expliquen las causas de la diversidad tanto en el nivel genético como en el nivel específico y tomando en consideración la escala del análisis.

Palabras clave: Diversidad beta, diferenciación genética, ecosistemas boscosos, México.

CAPÍTULO 5:

La estadística espacial como herramienta de análisis de la Biodiversidad.

Miguel Murguía

Resumen: La estadística espacial es una ciencia consolidada que cuenta con instrumentos de medición sólidos desde el punto de vista de las propiedades estructurales y de interpretación. Como estos instrumentos son de aplicación genérica, es decir, no únicamente son aplicables a variables sobre biodiversidad, en la literatura se cuenta con muchos ejemplos de su aplicación, así como de sus fortalezas, debilidades e interpretación. En este trabajo se explican y ejemplifican algunas maneras de aplicar la estadística espacial al análisis de la biodiversidad. Se presentan la media espacial, la autocorrelación espacial y el semivariograma, incluyendo ejemplos esquemáticos. Se discuten los beneficios de utilizar a la estadística espacial como herramienta descriptiva y de análisis espacial de la biodiversidad.

Palabras clave: Análisis espacial, autocorrelación espacial, bases de datos geográficas, estadística espacial, MAUP, media espacial, semivariograma, sistemas de información geográfica.

CAPÍTULO 6:

Interpolando, extrapolando y comparando las curvas de acumulación de especies basadas en su incidencia.

Robert K. Colwell, Chang Xuan Mao & Jing Chang

Resumen: Se propone un modelo mixto binomial general para la función de acumulación de especies basado en la presencia-ausencia (incidencia) de las especies que ocurren en una muestra de cuadros u otras unidades de muestreo. El modelo abarca la interpolación entre cero y el número observado de muestras, así como la extrapolación más allá del conjunto de muestras observadas. En el caso de la interpolación (rarefacción basada en muestras), se desarrollan expresiones de forma cerrada de fácil cálculo mediante el método de momentos, tanto para la riqueza esperada como para sus límites de confianza. Esto elimina completamente la necesidad de utilizar métodos de remuestreo y permite la comparación estadística directa de la riqueza entre conjuntos de muestras. Basada en la incidencia de especies, se desarrolla una variante del modelo de Coleman (ordenación aleatoria) y ésta se compara con el método de interpolación basado en momentos. Para la extrapolación más allá del conjunto de muestras empíricas (y a su vez, como un método alternativo de interpolación), se describe un estimador probabilístico con un intervalo de confianza *bootstrap* basado en un algoritmo secuencial guiado por el Criterio Akaike de Información (CAI) para ajustar los parámetros del modelo mixto. Tanto el estimador probabilístico como el del momento se ilustran con conjuntos de datos para aves de climas templados, y semillas, hormigas y árboles tropicales. El estimador basado en el momento se recomienda confiablemente para interpolación (rarefacción con base en las muestras). Para la extrapolación, el estimador probabilístico se desempeña bien al duplicar o triplicar el número de muestras empíricas, pero no es confiable para estimar la asíntota de la riqueza. Se discute la sensibilidad a la heterogeneidad [*patchiness*] espacial (o temporal) de la rarefacción basada en individuos y la basada en muestras.

Palabras clave: modelo mixto binomial; curva de Coleman; EstimateS; ordenación aleatoria; rarefacción; estimación de la riqueza; extrapolación de la riqueza; curva de acumulación de especies; riqueza de especies.

CAPÍTULO 7:

Un nuevo método estadístico para la evaluación de la similitud en la composición de especies con datos de incidencia y abundancia.

Anne Chao, Robin L. Chazdon, Robert K. Colwell & Tsung-Jen Shen

Resumen: Los índices clásicos Jaccard y Sørensen de similitud en la composición de especies (y otros índices que dependen de las mismas variables) son notoriamente sensibles al tamaño de la muestra, especialmente aquellos ensamblajes con numerosas especies raras. Además, dado que estos índices se basan exclusivamente en datos presencia-ausencia, no hay estimadores precisos para ellos. Ofrecemos una derivación probabilística para las formas clásicas basadas en incidencia de estos índices y extendemos este método para formular nuevos índices tipo Jaccard o Sørensen basados en datos de la abundancia de especies. Luego proponemos estimadores para estos índices, los cuales incluyen el efecto de las especies compartidas no vistas y que se basan en datos de muestreos de incidencia o de abundancia (replicados). En las simulaciones de muestreo, estos nuevos estimadores demuestran ser menos sesgados que los índices clásicos cuando falta una proporción sustancial de especies en las muestras. Utilizando conjuntos de datos empíricos y ricos en especies, demostramos como la incorporación del efecto de especies compartidas pero no vistas no solamente incrementa la exactitud, sino también puede afectar la interpretación de los resultados.

Palabras Clave: datos de abundancia, diversidad beta, biodiversidad, complementariedad, datos de incidencia, especies compartidas, estimadores de similitud, índice de similitud, solapamiento de especies, sucesión.

CAPÍTULO 8:

Límites inferiores de la diversidad alfa de aves en México y contribuciones del estudio de comunidades con baja diversidad.

Héctor Gómez de Silva

Resumen: Los ecólogos que estudiamos la diversidad de especies solemos estar muy comprometidos con las diversidades altas. Para estudiar sus causas solemos comparar comunidades que esperamos tendrán diversidades similares entre sí, o contrastar comunidades que esperamos que tendrán diversidades diferentes entre sí. Aquí discuto que es interesante el estudiar las comunidades que tienen las menores diversidades alfa y el buscar semejanzas entre comunidades entre las que no tenemos razón para sospechar que se vayan a encontrar semejanzas. El interés radica en el potencial de estos enfoques para ayudar a comprender el concepto de comunidad y para poner en contexto las semejanzas y diferencias entre comunidades, además de que es en comunidades con diversidades bajas donde se puede vislumbrar mejor la influencia de factores abióticos sobre el ensamble de comunidades, y por otras razones. Al estudiar comunidades de aves de México empleando estos enfoques, pudimos percatarnos de que suele haber uno o más representantes de cada gremio alimentario en todas las comunidades, lo cual proporciona un límite inferior a la diversidad alfa de las comunidades.

Palabras clave: Comunidades de aves, ecología de comunidades, diversidad alfa, reglas de ensamble de comunidades, México.

ANÁLISIS DE CASOS

CAPÍTULO 9:

Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México

Irma Trejo

Resumen: La selva baja caducifolia es la vegetación tropical más ampliamente distribuida en México. Se distingue por características florísticas y estructurales particulares y su fenología estacional. La amplia gama de condiciones ambientales en las que se establece promueven su diversidad, que alcanza niveles superiores a los de otras selvas neotropicales similares. Es posible encontrar en promedio 74 especies con DAP \geq 1cm en 0.1 ha. Lo más sobresaliente es su gran recambio de especies (diversidad β): 72% de las especies de 20 sitios seleccionados solo se encuentran en una de las muestras. Los índices de similitud muestran que el 85% de los casos se encuentran en valores menores al 15%. La alta diversidad se relaciona con centros de endemismo y una compleja historia biogeográfica. A pesar de su importancia, presenta una alta tasa de deforestación y actualmente menos del 30% de la superficie original permanece en relativo buen estado de conservación.

Palabras clave: Análisis de diversidad, selva baja caducifolia, México.

CAPÍTULO 10:

Diversidad β y diferenciación florística en un paisaje complejo del trópico estacionalmente seco del sur de México.

Eduardo A. Pérez-García, Jorge A. Meave del Castillo & José A. Gallardo-Cruz

Resumen: En el estudio de la diversidad β , el énfasis en los aspectos numéricos de la diferenciación entre comunidades bióticas a veces ha dejado de lado el análisis de los factores biológicos subyacentes. En este trabajo se examina esta cuestión a través de la presentación sintética de cuatro estudios de caso realizados en la región de Nizanda (Istmo de Tehuantepec, Oaxaca), ubicada en el trópico seco del sur de México. Debido a sus objetivos análogos, estos estudios tuvieron una base metodológica común, sobre todo en lo referente a las herramientas analíticas, y se apoyaron en un conocimiento florístico sólido para la región, producto de casi una

década de prospección florística. En el estudio de caso I se analizó el efecto de dos variables topográficas (altitud y orientación) sobre la composición florística en el Cerro Verde, una de las elevaciones más prominentes del área, y se mostró la importancia de la altitud como eje de diferenciación florística, aunque su influencia varía entre laderas. En el estudio de caso II, aprovechando la configuración fragmentada de la vegetación xerófila asociada a afloramientos de roca caliza, se analizó la distribución espacial de la diversidad florística en este sistema de islas de hábitat; este estudio evidenció la acción simultánea de la separación espacial y la heterogeneidad de hábitat (gradiente edáfico) sobre la diversidad β , y mostró que los efectos de estos factores pueden ser aditivos. El estudio de caso III comparó los dos sistemas más extensos en la región (selva baja caducifolia y sabana), tanto en términos de su composición florística, a través la jerarquía taxonómica, como de sus patrones de formas de vida, formas de crecimiento y hábitos de crecimiento; la magnitud de las diferencias observadas indicó que sus respectivos conjuntos florísticos no son intercambiables en el espacio, sobre todo por las diferentes adaptaciones morfológicas de las plantas de cada comunidad. El estudio de caso IV permitió determinar que la diferenciación florística entre todas las comunidades vegetales del paisaje de Nizanda no se restringe al nivel de especie, sino que se mantiene a través de la jerarquía taxonómica, alcanzando el nivel de familia. En conjunto, estos estudios mostraron que ninguno de los factores que explican la diversidad β a distintos niveles (incluyendo desde el sustrato geológico y las características del suelo hasta las historias biogeográficas de las floras de cada comunidad) es capaz por sí solo de generar la altísima diversidad y de la región (ca. 860 especies). De hecho, la notable diferenciación biológica entre algunas comunidades sugiere que se trata de un fenómeno muy antiguo.

Palabras clave: Gradiente altitudinal, heterogeneidad ambiental, matorral xerófilo, mosaico vegetacional, recambio espacial, sabana, selva baja caducifolia, variación edáfica, Oaxaca, Istmo de Tehuantepec, México.

CAPÍTULO 11:

Variación latitudinal y longitudinal de la riqueza de especies y la diversidad beta de la herpetofauna mexicana.

Oscar Flores Villela, Leticia Ochoa Ochoa & Claudia E. Moreno

Resumen: Se presenta un análisis de seis transectos, tres en un eje norte-sur (Península de Baja California, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental), y tres en un eje oeste-este (Eje Volcánico Transversal, Sierra Madre del Sur y Península de Yucatán) en México. En éstos se estudió la diversidad beta como el recambio de especies de anfibios y reptiles entre unidades de muestreo adyacentes. Se observó en la comparación de la beta promedio entre estos transectos que la Sierra Madre Occidental y Península de Yucatán presentaron los valores más altos, mientras que la riqueza de especies es mayor en el Eje Volcánico Transversal y Sierra Madre del Sur. No se observaron relaciones significativas entre el número de cuadrados por transecto y el número de especies en cada uno de ellos ($r^2=0.18$, $P=0.72$), ni tampoco entre el número de cuadros y el número de registros en cada cuadro ($r^2=0.44$, $P=0.37$). Se constató una relación significativa entre el número de registros y la riqueza de especies en cada cuadro de cada transecto ($r^2=0.90$, $P=0.014$). Se observó una relación significativa entre la disminución de la latitud y el aumento en la riqueza de especies para los transectos de la Península de Baja California y la Sierra Madre Oriental y entre el aumento en la riqueza de especies y la disminución de la longitud para el transecto del Eje Volcánico Transversal. No se observó relación significativa entre el aumento de la diversidad beta y la latitud, pero sí que se manifestó una relación significativa entre el aumento de la diversidad beta y la longitud (de oeste a este) en los transectos del Eje Volcánico Transversal y la Península de Yucatán.

Se concluye que la diversidad beta para los anfibios y reptiles en México no coincide con las regiones más ricas y con mayor endemismo, aunque estos resultados pueden estar influenciados por la intensidad de colecta en las diferentes regiones del país.

Palabras clave: Amphibia, Reptilia, herpetofauna, diversidad beta, gradiente latitudinal, gradiente longitudinal, México.

CAPÍTULO 12:

Complementariedad y patrones de anidamiento de especies de árboles en el paisaje de bosque de niebla del centro de Veracruz (México).

Guadalupe Williams-Linera, Ana María López-Gómez & Miguel Angel Muñoz-Castro

Resumen: En las cercanías de Xalapa, Veracruz, se seleccionaron sitios representativos del paisaje regional: fragmentos de bosque de niebla (10) conectados por cafetales de sombra activos (4) y abandonados (4) y acahuals derivados de potreros abandonados hace 0.25 a 80 años (12). En cada sitio se determinó la riqueza y densidad de especies arbóreas ≥ 5 cm diámetro. En total, se registraron 153 especies de árboles: 125 nativas (71 primarias, 54 secundarias) y 28 no-nativas. Bosque y acahuals tenían el menor número de especies no-nativas (2 a 3) y el cafetal activo el mayor (25). Estimadores no paramétricos de riqueza de especies indicaron que se requiere más esfuerzo de muestreo para completar los inventarios (30 a 56 especies arbóreas adicionales). En cada categoría de uso del suelo considerada, los sitios tienen diferente composición y por lo tanto son altamente complementarios a nivel de paisaje (50 a 100%). Para analizar patrones de anidamiento se utilizó la métrica T (temperatura del sistema), que indica si las floras en cada uso del suelo o sitio son subconjuntos de una flora regional. El anidamiento de los ensamblajes de especies de todos los sitios agrupados está distribuido en subconjuntos anidados ($T = 20.2$, $P < 0.001$). Al analizar usos de suelo por separado, se constató que los acahuals, por ser parte de un mismo proceso sucesional, tienen ensamblajes de especies anidados ($T = 29.0$, $P < 0.001$). Similarmente, los cafetales presentan ensamblajes anidados de especies nativas ($T = 28.4$, $P < 0.001$). En contraste, los ensamblajes de especies de los fragmentos de bosque no están anidados

($T = 45.3$, $P = 0.41$). Este es un rasgo distintivo del bosque de niebla, el cual exhibe gran heterogeneidad en la composición de especies sobre distancias geográficas cortas. En conclusión, diferentes usos del suelo influyen en la composición específica del paisaje de manera distinta, pero cada elemento actúa como un depositario de parte de la diversidad regional. Dada la alta complementariedad observada entre fragmentos de bosque, cafetales y acahuales, un acercamiento de conservación regional requerirá una visión integradora del paisaje.

Palabras clave: Acahuales, anidamiento, árboles, bosque de niebla, cafetales, complementariedad, diversidad, fragmentación, plantas leñosas, Veracruz, México.

CAPÍTULO 13:

Relaciones entre la fragmentación del bosque de niebla y la diversidad de ranas en un paisaje de montaña de México.

Eduardo Pineda & Gonzalo Halffter

Resumen: Se evaluaron las diversidades alfa (riqueza de especies en un fragmento o parche), beta (recambio de especies entre parches) y gamma (todo el paisaje) de ranas en un bosque de niebla en el centro de Veracruz, México, con el propósito de determinar (1) la influencia de la fragmentación del bosque sobre los ensamblajes de especies, (2) la importancia de los diferentes elementos de la matriz del paisaje en la conformación de la diversidad de especies, y (3) los gremios de ranas más afectados por la transformación del hábitat. Entre mayo de 1998 y noviembre de 2000 se muestrearon 10 sitios del paisaje: cinco fragmentos de bosque de niebla y cinco hábitats transformados (tres plantaciones de café bajo sombra y dos pastizales para ganado). En todo el paisaje se registraron 21 especies, las cuales pertenecen a seis familias y nueve géneros. En el conjunto de fragmentos de bosque de niebla se registró al 100% de las especies, mientras que en los hábitats transformados por el ser humano se encontró al 62%. La diversidad gamma está determinada más por el recambio de especies (diversidad beta) que por la riqueza de especies a nivel local (diversidad alfa). El fragmento de bosque de niebla más grande y más rico no es capaz de preservar la diversidad actual de anuros, aunque tampoco lo es el conjunto de plantaciones de café bajo sombra que rodean e interconectan a los fragmentos de bosque. Al parecer, la variación altitudinal, el grado de conservación del dosel y el tamaño del fragmento o parche determinan la diversidad de especies en este paisaje. Las especies de talla grande, aquellas con hábitos terrestres y las que ovipositan fuera del agua pero que tienen el desarrollo larvario dentro del agua, son las especies más afectadas por la transformación del hábitat. El mantenimiento de un conjunto de fragmentos de bosque de niebla distribuidos ampliamente (altitudinal y horizontalmente) en conexión o vecindad con plantaciones de café bajo sombra (lo cual constituye un sistema de hábitats heterogéneo) puede funcionar como una estrategia para conservar a las especies de anuros del paisaje.

Palabras clave: Diversidad alfa, beta y gamma, bosque de niebla, cafetales con sombra, ensamblajes de ranas, anidamiento, México.

CAPÍTULO 14:

Transformación del bosque de niebla en agroecosistemas cafetaleros: cambios en las diversidades alfa y beta de tres grupos faunísticos

Eduardo O. Pineda Arredondo, Gonzalo Halffter, Claudia E. Moreno & Federico Escobar

Resumen: Se comparan las diversidades alfa y beta de ranas, escarabajos copronecrófagos (Scarabaeinae) y murciélagos de bosque de niebla y cafetales con sombra en un paisaje del centro de Veracruz, México. Tres fragmentos de bosque de niebla (vegetación original) y tres plantaciones de café bajo sombra de policultivo tradicional fueron muestreadas entre 1998 y 2001. Los tres grupos de animales respondieron de manera diferente a la transformación del bosque de niebla en cafetales bajo sombra. La riqueza de especies (diversidad alfa) de ranas disminuyó una quinta parte y la disimilitud (diversidad beta) en la composición de especies entre los dos hábitats fue de dos tercios. Por otro lado, tanto el número de especies de escarabajos como su abundancia fueron notablemente mayores en cafetales bajo sombra que en bosque de niebla, mientras que en murciélagos la riqueza y composición de especies fue prácticamente la misma en ambos hábitats. La mayoría de las especies abundantes permanecieron como tales en ambas comunidades, mientras que las especies menos abundantes cambiaron en los dos hábitats. Las disimilitudes en los ensamblajes de especies pueden atribuirse a diferencias en los grados de permeabilidad de los bordes de cada tipo de hábitat y a diferencias en la historia natural de las especies. Los cafetales con sombra forman una matriz que envuelve a los fragmentos de bosque de niebla y los conectan con otros hábitats del paisaje. Los fragmentos de bosque y los cafetales con sombra actúan de manera complementaria como recurso funcional para la conservación de la biodiversidad en un paisaje notablemente transformado.

Palabras clave: Escarabajos copronecrófagos, murciélagos, ranas, diversidades alfa y beta, grupos indicadores, bosque de niebla, cafetales con sombra, transformación de hábitats, México.

CAPÍTULO 15:

Recambio de anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde-interior en Los Tuxtlas, Veracruz, México.

José Nicolas Urbina-Cardona & Víctor Hugo Reynoso-Rosales

Resumen: A partir de 672 horas de muestreo a lo largo de 126 transectos en sitios de potrero, borde e interior de Selva Alta Perennifolia en Los Tuxtlas, se encontraron 21 especies de anfibios y 33 de reptiles. La riqueza de anfibios y reptiles tiende a aumentar en el borde de la selva. Se constató que hacia el interior aumentan las especies de reptiles grandes y arborícolas, y de anfibios pequeños con desarrollo directo y preferencia por

hábitats fosoriales y arborícolas. Los sitios de potrero e interior de selva presentaron el mayor grado de recambio de anfibios y reptiles. Para poder entender los patrones de la diversidad es importante tener en cuenta la historia natural de las especies, que nos da información valiosa para la conservación.

Palabras clave: Anfibios, reptiles, diversidad, grupos conceptuales, bordes de selva, Los Tuxtlas, México.

CAPÍTULO 16:

Diversidad alfa y beta de los escarabajos del estiércol (Scarabaeinae) en Los Tuxtlas, México

Mario E. Favila

Resumen: Se analiza el conocimiento que hay sobre la diversidad de insectos a nivel de paisaje en Los Tuxtlas, Veracruz, México, considerado el remanente más septentrional de la selva amazónica. Se han registrado 2240 especies, 85 familias y 9 órdenes de insectos en Los Tuxtlas. Sin embargo, es posible que con un programa intensivo de muestreo el número de especies se triplique. Dada la dificultad que representa realizar el inventario y determinar el estado de conservación de todas las especies en la región, se propone que algunos grupos de insectos podrían ser usados como indicadores para evaluar los efectos de la fragmentación de la selva sobre la biodiversidad. Un ejemplo de análisis de la biodiversidad a nivel de paisaje en la región se presenta con los escarabajos coprófagos y necrófagos de la subfamilia Scarabaeinae. En toda la región se encontraron 44 especies de Scarabaeinae, 26 de ellas exclusivamente en los fragmentos de selva. De acuerdo a las estimaciones efectuadas con curvas de acumulación se podría llegar a 51 especies en toda la región. Los Análisis de clasificación y ordenación de los sitios en función de sus especies agruparon por una parte a los fragmentos de selva pequeños (menos de 40 hectáreas) y a los pastizales de la región, y por otra a los fragmentos de selvas chicos (60 a 90), medianos (100 a 300 ha) y grandes (más de 500 hectáreas). De esta forma, se observa una pérdida de especies de selva conforme se van reduciendo los fragmentos de vegetación. Los fragmentos pequeños sirven como refugio de algunas especies de selva, pero también son invadidos por especies de pastizales. Fragmentos de vegetación mínimos de 90 o más hectáreas conservan una buena proporción de las especies de selvas, pero es mejor que se tengan fragmentos más grandes y que estén conectados para conservar en buen estado ecológico y genético a las poblaciones de escarabajos coprófagos y necrófagos de la región de Los Tuxtlas.

Palabras clave: biodiversidad, selvas, Los Tuxtlas, grupos indicadores, Scarabaeinae

CAPÍTULO 17:

Diversidad alfa y beta en *Opuntia* y *Agave*

Jordan Golubov, M. C. Mandujano & F. Mandujano

Resumen: Los géneros *Agave* y *Opuntia* tienen una importancia social, económica y biológica en México. Se utilizaron algoritmos bioclimáticos (GARP) e información de los herbarios en formato electrónico albergados en el Sistema Nacional de Inventarios Bióticos para generar los mapas de distribución de cada especie a escala 1:4.000.000. A partir de los mapas de cada especie se calculó la diversidad alfa y beta para las 20.932 celdas del territorio mexicano. La diversidad alfa se calculó como la suma de presencia de cada especie en cada celda, mientras que para la diversidad beta de Sorensen se implementó un programa en Matlab. Los resultados indican que la diversidad alfa y beta para *Agave* y *Opuntia* es alta en ciertas zonas del país y éstas no necesariamente coinciden. La diversidad del género *Agave* se encuentra relacionada con las serranías, mientras que la riqueza de *Opuntia* está relacionada con los desiertos del norte del país. Sin embargo se pueden identificar 6 zonas ecorregionales en las que se concentra la mayor diversidad alfa y beta para estos dos grupos. Aunque recientemente los modelos bioclimáticos han tenido un auge importante, sólo ahora ha sido posible aplicarlos a gran escala, no sin antes considerar los posibles problemas asociados a la modelación.

Palabras clave: *Agave*, *Opuntia*, modelos bioclimáticos, índices de diversidad, México.

CAPÍTULO 18:

Estimación del componente Beta del número de especies de Papilionidae y Pieridae (Insecta: Lepidoptera) de México por métodos indirectos

Jorge Soberón M., Jorge Llorente Bousquets & Armando Luis M.

Resumen: El concepto de "diversidad beta", propuesto por Whittaker (1960) se aplica a subdivisiones de una región en la que se realizan inventarios. Por lo tanto, siempre ha sido muy laborioso estimar el componente beta de la diversidad de una región, ya que en principio hace falta obtener tantos listados como subdivisiones existan de la región. En este trabajo discutimos el sentido biológico del componente beta de la diversidad y mostramos cómo es posible estimarla sin necesidad de realizar subinventarios, mediante la estimación empírica de la diversidad alfa promedio y de la diversidad regional (gamma) y la posterior estimación de beta mediante la ecuación de Whittaker. Se muestra un ejemplo utilizando datos de Papilionidae y Pieridae (Insecta: Lepidoptera) de México.

Palabras clave: Lepidoptera, Papilionidae, Pieridae, diversidad beta, estimación indirecta, México.