

LEAD ARTICLE

Análisis espacial de los murciélagos del neotrópico: explorando datos y patrones

Elkin A. Noguera-Urbano

Desde hace unos pocos años un enfoque nuevo para el análisis espacial de la biodiversidad se ha desarrollado con la liberación de la información disponible en las colecciones biológicas a través de la red (Gaubert et al. 2006). Actualmente se ha sumado la aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para proponer mapas de distribución y con ello mediciones de la biodiversidad e inclusión de estos en análisis ecológicos, evolutivos, aprovechamiento, conservación y/o manejo (Gaubert et al. 2006, Kozak et al. 2008, Guralnick & Hill 2009).

Los murciélagos (Chiroptera) son uno de los grupos más numerosos (Proches 2005) y ricos en especies (Hutson et al. 2001, Mickleburgh et al. 2002, Gardner 2008), además presentan patrones de evolución compartida en sus áreas de distribución y son de particular interés en los análisis de dinámica espacial (Willig et al. 2008).

La información geográfica disponible de los murciélagos neotropicales ha crecido también en los últimos años, pero pocos son los reportes en los que se analice la información contenida en el *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) para la descripción de patrones biogeográficos del grupo. Sobre los patrones ecológicos espaciales de los murciélagos se conoce que la riqueza decrece desde los polos

hacia el Ecuador (Willing et al. 2003) en relación con una constante disponibilidad de energía y una cierta estabilidad ambiental a lo largo del año.

Por lo tanto, en este estudio se consultaron datos georreferidos de los murciélagos (Chiroptera) en 21 países del neotrópico para describir la densidad de los datos obtenidos, su relación con la riqueza actual conocida de murciélagos para cada país y su tendencia en relación con la latitud.

MÉTODOS

Los datos fueron obtenidos de GBIF (<http://www.gbif.org>; Fecha de acceso 20-21/07/2012) y se les aplicaron protocolos minería de datos relacionados con la evaluación geográfica y de nombre científico (Escalante et al. 2002, Chapman 2005). Aquellos datos no georreferidos fueron descartados. Con los datos evaluados y procesados se construyó una nueva base de datos. La base de datos procesada contenía 236 096 registros georreferidos de 304 especies de murciélagos en 21 países de América Latina, incluyendo a Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guyana Francesa, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay y Venezuela.

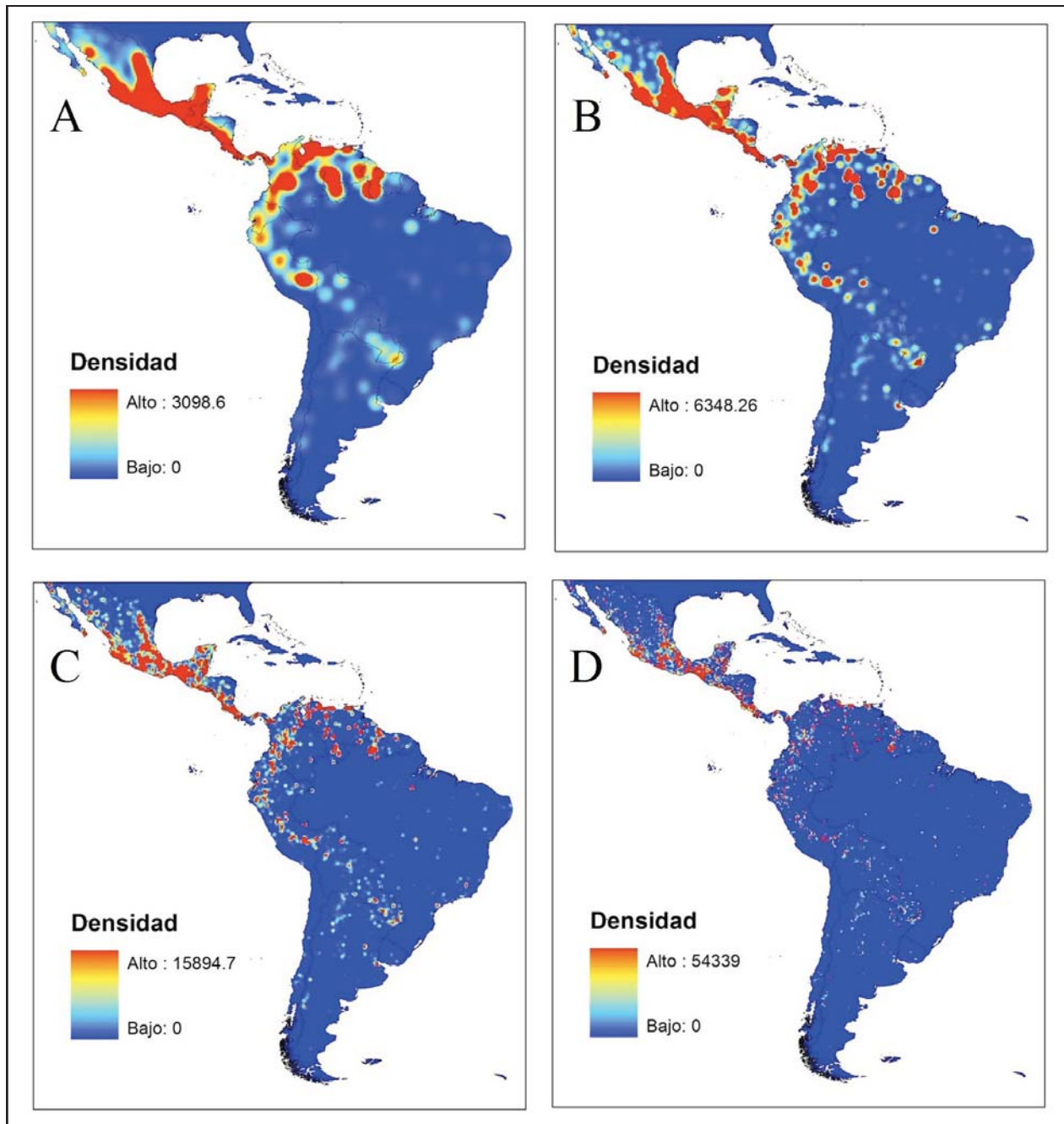


Fig 1. Mapas de análisis de densidad de *Kernel*. A) Radio 2°, B) Radio 1°, C) Radio 1/2° y D) Radio 1/4° en los que se indica concentración de registros por unidad de área (grados).

La base de datos fue leída en un programa de SIG y se desarrollaron análisis de densidad de *Kernel* con cuatro radios (2, 1, 0.5, 0.25 grados)

para determinar en cuales sitios los registros tiene mayor agregación.

Se consultaron diferentes fuentes

bibliográficas como Wilson y Reeder (2005), Simmons (2005) y Gardner (2008) para construir un listado de la riqueza actual conocida de murciélagos en cada uno de los 21 países. La riqueza actual fue comparada con el número de especies por país de los datos procesados de GBIF para evaluar si esos datos podrían representar la riqueza de murciélagos en cada país. Para ello se aplicó una prueba de χ^2 (nivel de significancia $p < 0.05$).

Con el fin de explorar los cambios de riqueza de murciélagos debidos a la latitud se determinó el número de especies de murciélagos sobre intervalos de 9° desde el norte de México hasta Argentina. Se intersectó el mapa de registros procesados sobre un rectángulo con 11 intervalos de latitud y se hizo un conteo de especies por intervalo. Los análisis estadísticos se realizaron en el programa R versión 3 (2013), mientras que los análisis espaciales se realizaron con herramientas de ArcGIS® 9.3 (ESRI 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La liberación de información a través de bases de datos en línea facilita la repatriación de la información y su consulta desde casi cualquier lugar del mundo. Sin embargo, la fuente, el manejo y el procesamiento de los datos pueden acarrear errores de transcripción, falta de alguna información y desactualización. En los cuatros análisis de densidad de *Kernel* se obtuvo que la mayor agregación de registros se encuentran en los Andes, el Caribe Venezolano, las Guyanas y Mesoamérica (Fig. 1). A pesar de emplear

diferentes radios las densidades de los registros se concentran en las mismas zonas. Este tipo de inconsistencias en cuanto a la representatividad de los registros en las bases de datos se deben a sesgos relacionados con la disponibilidad heterogénea de datos o como lo mencionan Chapman (2005) y Yesson et al. (2007) por la referencia geográfica ausente o incorrectamente relacionada.

Por otra parte, en este estudio se determinó que el número de especies de murciélagos de GBIF, post-procesamiento de datos, fue menor a la riqueza conocida de 18 países (Fig. 2), mientras que es mayor para tres países (Argentina, Costa Rica, México) (Cuadro 1). Se ha propuesto que otra de las inconsistencias de grandes bases de datos como GBIF son los errores en la escritura de los nombres de las especies y el estado de actualización taxonómica de los ejemplares que representan (Chapman, 2005, Yesson et al. 2007), posiblemente ese tipo de errores ocasionaron sobrestimaciones y subestimaciones de las riquezas de murciélagos representadas en los datos procesados de GBIF.

En GBIF la concentración de datos también ha impulsado el desarrollo y optimización de los protocolos de procesamiento de la información para disminuir los errores y homogenizar la información (Kusber et al. 2009), sin embargo, el continuo abastecimiento de los datos hacia GBIF dificulta tener homogeneidad en ellos, por lo tanto la disminución de la incertidumbre para su uso depende directamente de la fuente inicial (colecciones biológicas,

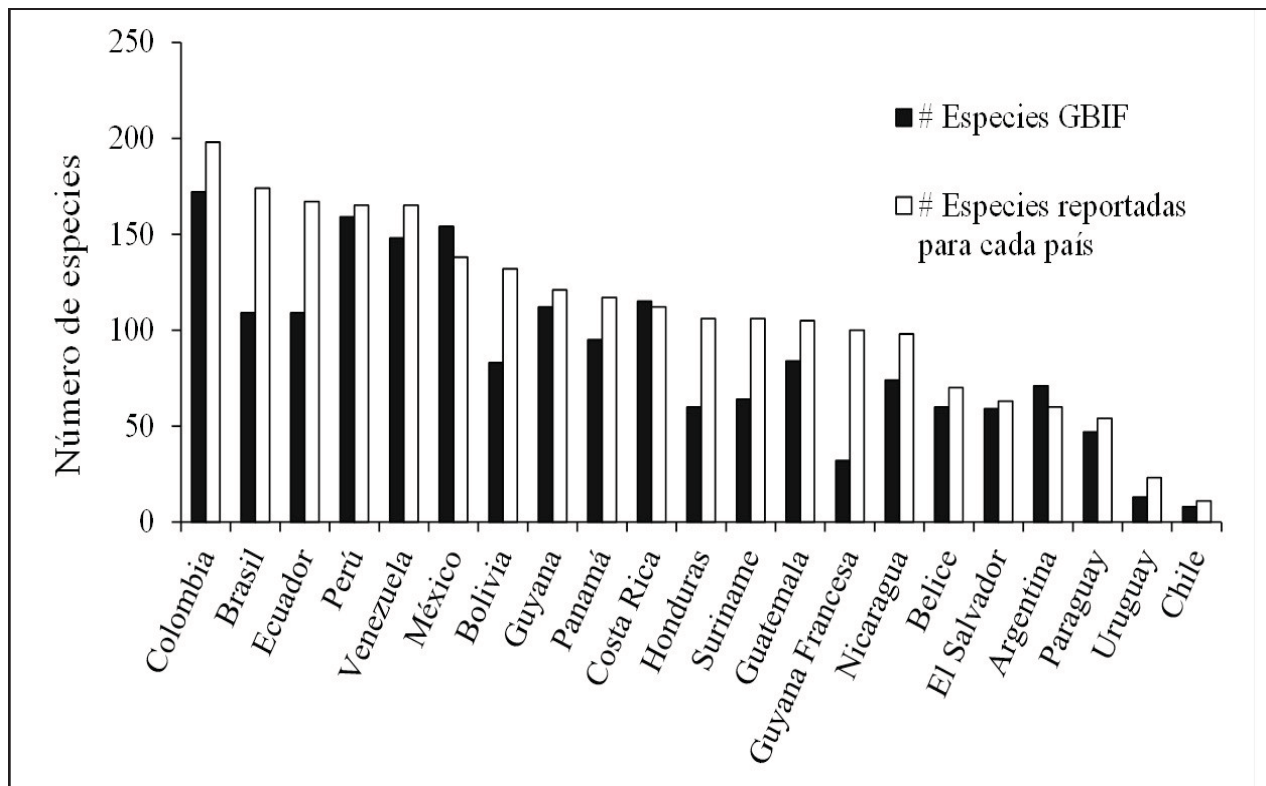


Fig 2. Número de especies de murciélagos luego de aplicar la evaluación a los datos georreferidos de GBIF y riqueza actual conocida para cada país

museos de historia natural, organizaciones, etc.) y el usuario.

La riqueza actual conocida de murciélagos de los 21 países en el neotrópico y el número de especies de los datos procesados de GBIF no se diferencian estadísticamente ($\text{Chi}^2=341.25$, $p\text{-valor}=0.67$). Sin embargo, la concentración de los datos demostrada con el análisis de *Kernel* (Fig 1) y los datos de riqueza (Cuadro 1), sugieren que para los países con mayor concentración de registros (Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) aún hay baja representatividad de la riqueza actualmente conocida de murciélagos.

En algunos casos el uso de información

de colecciones biológicas se restringe por la ausencia de información asociada a cada ejemplar y por el reporte variable de la información (Murphey et al. 2004). La representatividad de datos analizados para los murciélagos de los 21 países podría aumentar con la asignación de georreferencia a los registros que actualmente no la tienen disponible en GBIF. Sin embargo, para aquellas áreas de América del Sur con vacíos de información (ver color azul intenso en figura 1) es necesario aumentar la cantidad de información y/o ponerla a disposición a través de portales como GBIF.

En cuanto a la relación entre la riqueza de murciélagos (representada en los datos

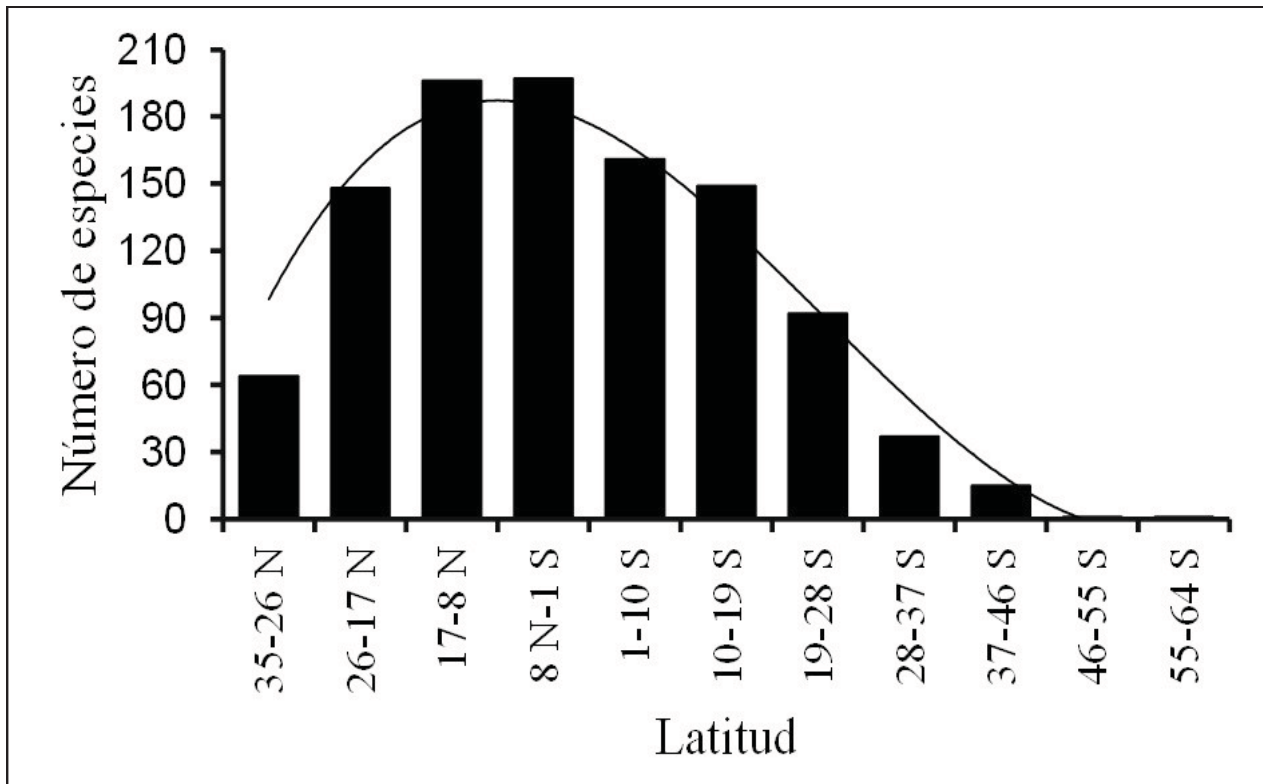


Fig 3. Número de especies de murciélagos por intervalos de 9° de latitud calculados a partir de datos georreferidos presentes

procesados de GBFI) y la latitud, el mayor número de especies se encontró en los intervalos latitudinales alrededor del Ecuador (Fig. 3). Por ejemplo, en el intervalo de latitud 1° a 8° se encontraron 197 especies. Por otra parte los valores menores de especies se encontraron en los dos extremos latitudinales del neotrópico (norte de México y el centro de Argentina).

La figura 3 sugiere que hay una tendencia lineal entre la distancia con respecto al Ecuador y el número de especies, es decir existen cambios de riqueza de murciélagos con relación a la latitud tal como se ha propuesto previamente para el grupo (Rosenzweig 1992, Hutson et al. 2001, Willing et al. 2003, Proches 2005).

En la literatura se ha comentado sobre la importancia de la validación nomenclatural de los registros disponibles en base de datos en red, para evitar errores en los análisis de biodiversidad (Chapman, 2005, Yesson et al. 2007, Guralnick y Hill 2009). La base de datos GBIF es una fuente de registros en la que se concentra y documenta la presencia de la especies, esos datos posteriormente son procesados y analizados con aplicaciones biológicas, en conservación y políticas ambientales. De acuerdo a los resultados obtenidos podrían representar la riqueza de murciélagos considerando límites políticos de país, sin embargo los sesgos espaciales en su distribución podrían tener efecto sobre análisis de

Cuadro 1. Número de especies de murciélagos obtenidas a partir del procesamiento de datos GBIF y riqueza de murciélagos conocida para cada país.

País	Número de especies GBIF	Número de especies reportadas para cada país
Colombia	172	198
Brasil	109	174
Ecuador	109	167
Perú	159	165
Venezuela	148	165
México	154	138
Bolivia	83	132
Guyana	112	121
Panamá	95	117
Costa Rica	115	112
Honduras	60	106
Suriname	64	106
Guatemala	84	105
Guyana Francesa	32	100
Nicaragua	74	98
Belice	60	70
El Salvador	59	63
Argentina	71	60
Paraguay	47	54
Uruguay	13	23
Chile	8	11

diversidad a pequeña escala.

Finalmente, la eficiencia y el uso de la información libre sobre biodiversidad dependen de la calidad de los datos. En América del Sur la unión de esfuerzos de proveedores y usuarios permitiría lograr una alta consistencia taxonómica y geográfica antes de suministrar o analizar los datos. En bases de datos como GBIF se ponen a

disposición del mundo datos e información sobre biodiversidad, pero los investigadores son los responsables de su uso y verificación, en particular para aplicar y desarrollar protocolos para su validación y evaluación.

CONCLUSIONES

Los registros procesados de GBIF sobre la presencia de murciélagos en el neotrópico están heterogéneamente distribuidos, la mayor disponibilidad se encuentra en México, América Central y el norte de los Andes. A pesar de que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre la riqueza actual conocida de murciélagos en los 21 países analizados y el número de especies obtenido de GBIF, los datos de riqueza discrepan entre sí. Mejorar la calidad y cantidad de los datos en América del Sur es necesario para disminuir los sesgos espaciales y de representatividad de los datos analizados.

Es importante indicar que fuentes de datos como GBIF están permitiendo el avance de diferentes tipos de estudios y aplicaciones para el conocimiento, manejo y conservación de la biodiversidad. Con el análisis básico de relación de latitud y riqueza de los murciélagos neotropicales, los datos permitieron identificar el patrón. Aun así, existen sesgos en los datos, por lo tanto los investigadores deben ser los responsables del uso y verificación de la información.

REFERENCIAS

Aguirre LF, Mamani CJ, Barbosa-Márquez K,

- Mantilla-Meluk H. 2010. Lista actualizada de murciélagos de Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 27:1-7.
- Barquez RM, Díaz MM, Ojeda RA. (eds.). 2006. *Mamíferos de Argentina: sistemática y distribución*. Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos, Tucumán.
- Botto G, González EM, Rodales AL. 2008. *Promops centralis* Thomas 1915, nuevo género y especie de murciélago para Uruguay (Mammalia, Molossidae). *IX Jornadas de Zoología del Uruguay*.
- Ceballos G, Arroyo-Cabrales J, Medellín RA. 2002. The mammals of México: Composition, distribution and conservation status. *Occasional papers, Texas Tech University* 218: 1-27.
- Chapman AD. 2005. *Principles and methods of data cleaning*. Report for the Global Biodiversity Information Facility 2004. Copenhagen: GBIF.
- Escalante T, Espinosa D, Morrone JJ. 2002. Patrones de distribución geográfica de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 8: 47-65.
- ESRI. 2008. ArcGis (v 9.3). [Software de cómputo]. Environmental Systems Research Institute: Redlands. California.
- Fenton MB, Bernard E, Bouchard S, Hollis L, Johnston DS, Lausen CL, Ratcliffe JM, Riskin DK, Taylor JR, Zingouris J. 2001. The bat fauna of Lamanai, Belice: Roosts and trophic roles. *Journal of Tropical Ecology* 17:511-524.
- Gallo M. 2005. *Estado del conocimiento de la Biodiversidad en El Salvador*. Documento final. Ministerios de Medios Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio).
- Gardner AL. (Ed.). 2008. *Mammals of South America, vol. 1: Marsupials, xenarthrans, shrews and bats*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Gaubert P, Papes M, Peterson AT. 2006. Natural history collections and the conservation of poorly known taxa: Ecological niche modeling in central African rainforest genets (*Genetta* spp). *Biological conservation* 130:106-117.
- Guralnick R, Hill A. 2009. Review: Biodiversity informatics-automated approaches for documenting global biodiversity patterns and processes. *Bioinformatics* 25(4): 421-428.
- Hutson AM, Mickleburgh SP, Racey PA. (comp.). 2001. *Microchiropteran bats: global status survey and conservation action plan*. IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group. IUCN, Gland, Suiza y Cambridge.
- Kozak KH, Graham C, Wiens JJ. 2008. Integrating GIS-based environmental data into evolutionary biology. *Trends in Ecology and Evolution* 23(3): 1-8.
- Kusber WH, Zippel E, Kelbert P, Holetschek J, Güntsch A, Berendsohn WG. 2009. From cleaning the valves to cleaning the data: Case studies using diatom biodiversity data

- on the Internet (GBIF, BioCASE). *Studi trentini di scienze naturali* 84: 111-122.
- Lim BK, Engstrom MD, Ochoa JG. 2005. Mammals. En Hollowell T, Reynolds RP. (eds). 2005. Checklist of the Terrestrial Vertebrates of the Guiana Shield. *Bulletin of the Biological Society of Washington* 13: 77-92.
- López-González C. 2004. Ecological zoogeography of the bats of Paraguay. *Journal of Biogeography* 31:33-45.
- Medina-Fitoria A, Saldaña O, McCarthy TJ, Vilchez S. 2010. Nuevos reportes y comentarios históricos de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) para la fauna de Nicaragua. *Revista biodiversidad y áreas protegidas* 2: 93-101.
- Mickleburgh SP, Hutson AM, Racey PA. 2002. A review of the global conservation status of bats. *Oryx* 36(1): 18-34.
- Murphey PC, Guralnick RP, Glaubitz R, Neufeld D, Ryan JA. 2004. Georeferencing of museum collections: A review of problems and automated tools, and the methodology developed by the Mountain and Plains Spatio-Temporal Database-Informatics Initiative (Mapstedi). *Phyloinformatics* 1:1-29.
- Pacheco V, Cadenillas R, Salas E, Tello C, Zeballos H. 2009. Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú. *Revista Peruana de Biología* 16(1): 5-32.
- Paglia AP, Fonseca GAB, da Rylands AB, Herrmann G, Aguiar LMS, Chiarello AG, Leite YLR, Costa LP, Siciliano S, Kierulff MCM, Mendes SL, da C Tavares V, Mittermeier RA, Patton JL. 2012. *Annotated Checklist of Brazilian Mammals*. 2nd Edition. Occasional Papers in Conservation Biology 6. Conservation International, Arlington.
- Palma RE. 2007. Estado actual de la mastozoología en Chile-Editorial. *Mastozoología neotropical* 14(1):5-9.
- Portillo-Reyes HO. 2007. *Recopilación de la información sobre la biodiversidad de Honduras*. Informe final de Consultoría. Tegucigalpa: INBIO-DiBio.
- Proches S. 2005. The world's biogeographical regions: cluster analyses based on bat distributions. *Journal of Biogeography* 32: 607-614.
- R. Version 3.0. 2013. Development Core Team. R: *A language and environment for statistical computing*. [Software de cómputo]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado el 3 de abril de 2013, de <http://www.R-project.org/>.
- Rodríguez-Herrera B, Chavarría CR. 2010. Educando para conservar. *Boletín Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos* 1 (2):1-17.
- Rosenzweig ML. 1992. "Species diversity gradients: we know more and less than we thought". *Journal of Mammalogy* 73(4): 715-730.
- Sánchez HJ, Lew D. 2012. Lista actualizada y

- comentada de los mamíferos de Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 173-174: 173-238.
- Simmons, N. B. 2005. Order Chiroptera. En: Wilson, DE, Reeder, DM (eds) *Mammals species of the world: A taxonomic and geographic reference*, Tercera edición. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.
- Solari S, Muñoz-Saba Y, Rodríguez-Mahecha JV, Defler TR, Ramírez-Chaves HE, Trujillo F. Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. En prensa *Mastozoología Neotropical*.
- Tirira DG. 2012. *Lista actualizada de especies de mamíferos en el Ecuador / Updated species check list of Mammals in Ecuador ver. 2012.1*. Fundación Mamíferos y Conservación y Editorial Murciélago Blanco. Quito.
- Willig MR, Lyons SK, Stevens RD. 2008. Spatial methods for the macroecological study of bats. En: Kunz TH, Parsons S (eds) *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Johns Hopkins University Press. Baltimore.
- Willig MR, Patterson BD, Stevens RD. 2003. Patterns of range size, richness, and body size in the Chiroptera. En: Kunz TH, Fenton MB (eds) *Bat ecology*. University of Chicago Press, Chicago.
- Wilson, D.E. y Reeder, D.M. (eds) 2005. *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. Tercera edición. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Yesson C, Brewer P W, Sutton T, Caithness N, Pahwa JS, Burgess M, Gray WA, White RJ, Jones AC, Bisby AF, Culham A. 2007. How global is the global biodiversity information facility? *PLoS One* 2(11):e1124.

Elkin A. Noguera-Urbano

Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera"
 Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias
 Universidad Nacional Autónoma de México
 Apartado Postal 70-399, 04510 México, D. F., México.
 elkalexno@gmail.com