

ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD ECOLÓGICA DE LOS ESPACIOS TERRESTRES INCLUIDOS EN EL SISTEMA GUATEMALTECO DE ÁREAS PROTEGIDAS (SIGAP)

Estrada C.¹, García M.², Machuca O.³

¹ crissestrada2005@hotmail.com

² CONAP, 6a calle 4-17 zona 1, Edificio Tikal, Oficina 310, Torre Norte;
mahuagarec@hotmail.com

³ olingo26@gmail.com

PALABRAS CLAVE: efectividad ecológica, SIGAP, especies endémicas,
biodiversidad, complementariedad.

KEY WORDS: ecological effectiveness, SIGAP, endemic species, biodiversity,
complementarity.



• RESUMEN

La Ley de Áreas Protegidas (APs), creada a partir del Decreto Gubernativo 4-89, es el instrumento por excelencia de conservación de la diversidad biológica presente en Guatemala. Desafortunadamente, no ha existido ningún esfuerzo que evidencie el papel del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) en la conservación de las especies de vertebrados endémicos en cada una de las regiones. Más aún, no se han evaluado los patrones biogeográficos de endemismo de los vertebrados en Guatemala. Utilizando técnicas analíticas modernas, donde se combina el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y estadística computacional, se identificaron zonas o regiones ricas en especies endémicas de vertebrados en Guatemala y se contrastaron con su nivel de protección dentro del SIGAP; además se describieron patrones espaciales de la distribución de la diversidad de vertebrados endémicos. La identificación de áreas de alta biodiversidad es de suma importancia, ya que las acciones y estrategias de conservación en el país se deben priorizar en estas áreas, enfocándose en hábitats, más que en un número pequeño de especies carismáticas. Además, estos análisis se deben utilizar para identificar APs complementarias que maximicen la protección de los hábitats importantes para las especies endémicas.

• ABSTRACT

The Law of Protected Areas (PAs) created by the Guatemalan Government through Decree 4-89, is the instrument par excellence for the conservation of the biological diversity in Guatemala. Unfortunately, there has not been any effort that evaluates the role and effectiveness of the Guatemalan System of Protected Areas (SIGAP) in the conservation of endemic species in each of the region's vertebrates. Moreover, authorities have not evaluated the biogeographic patterns of endemism of vertebrates in Guatemala. Using modern analytical techniques, where the use of Geographic Information Systems (GIS), and combined computational statistics, areas or regions rich in endemic species of vertebrates in Guatemala were identified and contrasted with the level of protection within the SIGAP. Besides spatial distribution patterns of diversity they described endemic vertebrate. The identification of areas of high biodiversity is of paramount importance, since the actions and conservation strategies in the country should prioritize these areas, focusing on habitats, rather than on a small number of charismatic species. In addition, these analyses should be used to identify additional APs to maximize the protection of important habitats for endemic species.

• INTRODUCCIÓN

La función principal de un AP es preservar la diversidad biológica en el medio silvestre, asegurando procesos de conservación y mantenimiento a largo plazo (Elbers 2011). Lo ideal, es que estas áreas brinden la mayor cobertura a la máxima riqueza, permitan el flujo génico de las especies y mantengan los procesos de una determinada región, incluyendo la diversidad de hábitat, las diferentes formas de vida, las especies endémicas, raras, vulnerables y amenazadas. Desde luego, debe considerar las necesidades inmediatas y de largo plazo de las poblaciones humanas locales.

Para tal efecto, la definición del tamaño, ubicación y configuración de un AP deberá basarse en la información biológica, ecológica y socioeconómica del lugar o región que se busca proteger (Vázquez y Valenzuela-Galván 2009).

La simple presencia de una especie o de diferentes especies al interior de un AP o un sistema de APs, no es suficiente para asegurar su conservación o permanencia a largo plazo. Menor serán los procesos de conservación para aquellas especies con demandas específicas de hábitat que no han sido

consideradas en el diseño inicial de las APs (Rodrigues *et al.* 2004). No se puede esperar que las APs protejan lo que en ellas no está contenido, siendo el requerimiento mínimo para asegurar la efectividad de éstas, la representación de todas las especies que necesitan ser conservadas al interior de sus límites (Rodrigues & Gaston 2001). Ante esta debilidad, a nivel mundial se ha aceptado la creación de redes nacionales e internacionales de APs como una respuesta fácil al problema. Sin embargo, poco se ha evaluado o cuestionado su eficacia; las únicas reglas aceptadas han sido que a mayor número de áreas se obtienen mejores resultados, y que las áreas con grandes superficies son mejores que las pequeñas (Rozzi *et al.* 2001).

Evaluar la efectividad de los programas de conservación de ecosistemas, comunidades, y poblaciones contrastando las prioridades de biodiversidad con las APs existentes, permite generar nueva información e identificar vacíos en la preservación de la biodiversidad que necesiten incluirse a las áreas ya decretadas, o designarse nuevas APs (Armesto y Smith-Ramírez 2001; Gaston *et al.* 2006).

• MATERIALES Y MÉTODOS

REGISTRO Y RECOPIACIÓN DE DATOS

La región de estudio se circunscribió dentro de un polígono rectangular contenido entre las coordenadas -95.00° , -87.00° Latitud, 21.00° y 13.00° Longitud y en las Áreas Legalmente Protegidas terrestres de la República de Guatemala, lo que equivale al **32%** del territorio nacional. La información sobre la distribución geográfica de los taxa seleccionados (Mamíferos, Reptiles, Anfibios y Aves) fue obtenida de **1.** The 2010 IUCN Red List of Threatened Species (IUCN 2011), disponible en (<http://www.iucnredlist.org>). **2.** Los datos de aves fueron obtenidos de BirdLife's globally threatened species range maps (BirdLife

International, 2011, <http://www.birdlife.org>) y Digital Distribution Maps of the Birds of the Western Hemisphere (<http://www.natureserve.org>) para las especies no amenazadas (Ridgely *et al.* 2007).

ANÁLISIS REALIZADOS

Se aplicaron tres niveles de diversidad: La diversidad Alfa (α), la cual expresa el número de especies totales en una localidad. La diversidad Gamma (γ), que mide la riqueza regional al calcular la diversidad total sobre una región grande o a través de ecosistemas; y la diversidad Beta (β) que mide el cambio en diversidad de especies entre localidades.

El análisis de complementariedad se efectuó construyendo curvas de acumulación de las especies distribuidas dentro de cada una de las áreas protegidas, identificando la cantidad mínima de APs que son necesarias para conservar porcentajes determinados de biodiversidad. Este análisis se realizó utilizando el software EstimateS versión 8.2.0 (Copyright R. Colwell).

La identificación de las especies *gap*, es decir, especies endémicas que no presentan distribución potencial en ninguna de las áreas del SIGAP, se realizó por medio de un análisis polígono en polígono implementado en el software Hawth's Analysis Tools versión 3.27 para ArcGis.

Los modelos de distribución potencial fueron examinados con la técnica de análisis de parsimonia de endemismos (PAE; Rosen 1988). El análisis PAE (Rosen 1988; Cracraft 1991; Morrone 1994), clasifica las áreas (análogas a taxa) por sus taxa compartidos (análogo a caracteres) de acuerdo al cladograma más parsimonioso. El PAE consiste en matrices de áreas por taxa y los cladogramas resultantes representan grupos anidados de áreas (Morrone & Crisci, 1995). Las especies están codificadas por presencia (1) o ausencia (0) en cada área de la matriz de datos. Los análisis cladísticos fueron realizados con el Software TNT (*Tree analysis using New Technology*).

• RESULTADOS

NÚMERO DE ESPECIES REGISTRADAS

En total se registraron 169 especies endémicas, clasificadas de la siguiente manera: 24 especies de mamíferos, 28 especies de aves, 48 especies de reptiles y 69 especies de anfibios.

ANÁLISIS DE DIVERSIDAD

Diversidad Alfa: para los mamíferos, las regiones de mayor riqueza de especies, o *hot spots*, se encuentran al norte del occidente guatemalteco, en los departamentos de Huehuetenango y Quiché, y algunas áreas en Alta Verapaz, Baja Verapaz, San Marcos y Quetzaltenango. Para las aves, existe una alta concentración de especies que recorren las Tierras Altas que van desde todo el occidente del país, pasando por la región central, el altiplano, algunos departamentos del oriente, hasta la parte sur del departamento de Izabal. En el caso de los reptiles, la alta riqueza de especies se concentran en regiones más pequeñas, principalmente en los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, y Sololá. Para los anfibios las zonas de mayor riqueza de especies se encuentran también en una franja delgada al occidente del país, específicamente en San Marcos, Quetzaltenango y Sololá.

Diversidad Beta: las áreas de alta diversidad alfa se encuentran rodeadas con áreas con los más altos valores de diversidad beta. Además estas áreas con alto recambio de especies, se caracterizan por presentar los valores de riqueza de especie más bajos.

Diversidad Gamma: para los mamíferos, los valores más altos de diversidad γ se distribuyen al noroccidente del país. Con las aves el conjunto más rico de especies se encuentra ocupando la totalidad de las Tierras Altas, desde occidente hasta buena parte de oriente. En el caso de los reptiles, la

diversidad γ se concentran en las regiones al occidente del país. Mientras que para los anfibios, los puntos más altos se concentran en los departamentos de Huehuetenango, Quiché, San Marcos, Retalhuleu e Izabal.

ÁREAS DE IMPORTANCIA Y ANÁLISIS DE COMPLEMENTARIEDAD

Se identificaron tres áreas con altos valores de biodiversidad en el país: (Área 1) Sierra de los Cuchumatanes, delimitada en los municipios de San Mateo Ixtatán, Barillas, Nentón y Santa Eulalia en el departamento de Huehuetenango; además del municipio de Nebaj en Quiché; (Área 2) sistema montañoso presente en los municipios de Tactic, Tucurú y Senahú del departamento de Alta Verapaz y la Sierra de Chuacús del departamento de Baja Verapaz; además de algunos sitios ubicados en los linderos de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas; (Área 3) cordillera volcánica y montañas altas del occidente en los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango (figura I).

En cuanto al análisis de complementariedad, se estableció que son necesarias al menos 70 APs para la conservación del 92.77% de las especies endémicas identificadas para Guatemala. Quince especies endémicas no tienen distribución potencial dentro de las áreas que integran el SIGAP (tabla I). De estas, cinco especies de anfibios (*Craugastor myllomylon*, *Exerodonta perkinsi*, *Plectrohyla teuchestes*, *Ptychohyla dendrophasma*, *Ptychohyla macrotympanum*) se distribuyen únicamente dentro del país. El resto de especies analizadas (154) presentan diferentes porcentajes de protección a lo largo de todo el SIGAP (tabla II).

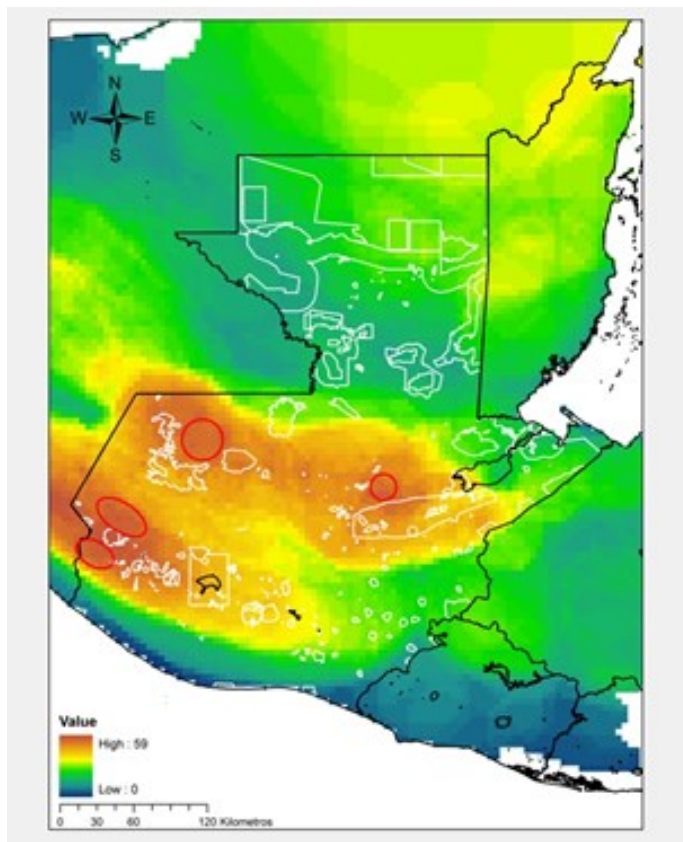


Figura 1. Áreas con alto valor de biodiversidad contenidas en el SIGAP (coloración café-oscuro). Áreas prioritarias para la declaración de nuevas áreas protegidas, dado su alto valor de biodiversidad (delimitadas en rojo)

• DISCUSION

En el caso de los vertebrados terrestres endémicos de Guatemala, la diversidad β y la diversidad α en cierta medida se correlacionan positivamente. Los valores más altos de diversidad beta se observan al pasar de una zona de alta diversidad a una de baja diversidad alfa, especialmente en el caso de las zonas de montaña a las de valles, donde las comunidades faunísticas cambian fuertemente. Esto debido a que las diferencias altitudinales crean diferentes mosaicos de hábitats (Bergl *et al.* 2007).

Aunque el valor de β estimado de esta manera no tiene límites máximos de escalamiento y depende del número total de especies consideradas (Koleff *et al.* 2008), su interpretación es evidente y muestra que los anfibios en Guatemala presentan un grado de endemismo/rareza geográfica muy superior a los otros grupos, seguidos de los reptiles y luego de los mamíferos y las aves. El alto valor de β tiene implicaciones importantes. Un factor β alto significa que el total del territorio tiene muchas más especies que la subregión promedio (Arita y León-Paniagua 1993), lo que implica que, las áreas de distribución de los anfibios y reptiles son más restringidas que las de mamíferos y aves.

| | ESPECIE | GRUPO TAXONÓMICO | Porcentaje de distribución dentro de Guatemala |
|----|---------------------------------|------------------|--|
| 1 | <i>Craugastor amniscola</i> | Anfibios | 8.81 |
| 2 | <i>Craugastor greggi</i> | Anfibios | 65.06 |
| 3 | <i>Craugastor myllomyllon</i> | Anfibios | 100 |
| 4 | <i>Ecnomihyla salvaje</i> | Anfibios | 14.42 |
| 5 | <i>Exerodonta perkinsi</i> | Anfibios | 100 |
| 6 | <i>Incilius tutelarius</i> | Anfibios | 1.85 |
| 7 | <i>Plectrohyla teuchestes</i> | Anfibios | 100 |
| 8 | <i>Ptychohyla dendrophasma</i> | Anfibios | 100 |
| 9 | <i>Ptychohyla macrotympanum</i> | Anfibios | 100 |
| 10 | <i>Aspidoscelis motaguae</i> | Reptiles | 0 |
| 11 | <i>Laemactus serratus</i> | Reptiles | 0.36 |
| 12 | <i>Sceloporus carinatus</i> | Reptiles | 2.48 |
| 13 | <i>Sceloporus internasalis</i> | Reptiles | 0 |
| 14 | <i>Peromyscus zarhynchus</i> | Mamíferos | 0.07 |
| 15 | <i>Amazona xantholora</i> | Aves | 0* |

TABLA No. 1. Especies sin distribución potencial dentro del SIGAP.

* Se tienen registros no publicados de esta especie dentro de Guatemala en el Parque Nacional Mirador – Río Azul (R. Balas, Com. pers.)

El análisis reveló que las regiones con mayores índices de endemismo de Guatemala son aquellas que se encuentran en zonas montañosas. Este fenómeno de alto endemismo en montañas es un patrón resultante de múltiples eventos como, dispersión, vicarianza, extinciones durante glaciaciones pasadas, lo que ha provocado la fragmentación de poblaciones originales en poblaciones relictas restringidas a refugios (Ashton, 2010). El área *per se* no tiene influencia mayor sobre la riqueza de especies, pero sí los gradientes ambientales resultado de la compleja geografía del territorio. Dichos gradientes ambientales pronunciados que ocurren en las zonas montañosas tropicales son los principales determinantes de la mayor diversidad (Janzen 1967). Por otro lado, los análisis de complementariedad efectuados demuestran que las APs no cubren el 100% de la distribución de las especies endémicas estudiadas, lo que pone en duda la efectividad del SIGAP. Es indudable que uno de los criterios fundamentales y bases dentro del SIGAP, debe ser el mantenimiento y resguardo de las especies con una distribución restringida y exclusiva para el país. Esto principalmente si tomamos en cuenta que estas especies están propensas a procesos de extinción en comparación con las que se distribuyen más extensamente (Lawton 1993).

Existen tres implicaciones directas a partir del análisis de complementariedad realizado, **(1)** es necesario priorizar recursos y esfuerzos para establecer e implementar estrategias de manejo específicas en las APs que mejor se complementan, para asegurar la conservación de las especies; **(2)** definir nuevas APs (o analizar estrategias de conservación que se puedan adecuar) para cubrir la distribución de todas las especies endémicas presentes, logrando que el SIGAP se complemente en un **100%**; **(3)** Cabe mencionar que registrar una especie como presente o ausente dentro de un AP específica, no necesariamente implica que este protegida adecuadamente. Monitoreos y evaluaciones realizados en algunas de las APs del país, demuestran que el manejo no es totalmente efectivo, impidiendo que las áreas cumplan a cabalidad los objetivos de conservación para los que fueron creadas (CONAP 2010). Además, hay que tomar en cuenta que muchas de las especies endémicas que si están presentes dentro de alguna AP, cuentan con menos del **25%** de su distribución total dentro del SIGAP (77 especies de un total de 154), por lo que su mantenimiento y conservación a largo plazo de ninguna forma está asegurado. El análisis demostró que las áreas de endemismo coinciden con las tres principales cadenas montañosas (Cuchumatanes, Volcánica, y de las Minas), un patrón similar se ha observado en la Península Ibérica (Lobo *et al.* 2001).

| DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES CUBIERTA DENTRO DEL SIGAP | NO. DE ESPECIE ENDÉMICAS | | | | TOTALES |
|--|--------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | ANFIBIOS | REPTILES | MAMÍFEROS | AVES | |
| 0 - 25% | 30 | 19 | 10 | 18 | 77 |
| 26 - 50% | 18 | 10 | 5 | 1 | 34 |
| 51 - 75% | 6 | 5 | 2 | 2 | 15 |
| 76 - 100% | 6 | 10 | 6 | 6 | 28 |
| TOTALES | 60 | 44 | 23 | 27 | 154 |

TABLA No. 2. Rangos de protección dentro del SIGAP de 154 especies endémicas.

Este patrón puede estar explicado por diversos factores incluyendo, la persistencia de bosques húmedos en periodos glaciales, o el papel de áreas montañosas como corredores durante periodos de cambios climáticos (Schuster *et al.* 2000).

Los resultados expuestos en este trabajo son de interés para la biogeografía de Mesoamérica a gran escala, facilitando la selección de áreas de endemismo para propósitos operativos. Sin embargo, varias de las áreas de endemismo son relativamente pequeñas y se traslapan con áreas de endemismo vecinas. Por lo que, el adoptar unidades de área muy grandes como "Centroamérica nuclear" (Vinsony & Brineman 1963) o Mesoamérica norte" para análisis históricos a escalas geográficas más amplias puede ser riesgoso, ya que dicha área realmente está compuesta por sectores de naturaleza heterogénea, presentando diferentes tipos de ecosistemas con especies altamente especializadas.

• AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales por todo el apoyo prestado a este proyecto. A la Escuela de Biología, especialmente al Dr. Jorge Erwin López y a la Dra. Dulce Bustamante. A la Dirección General de Investigación (DIGI), de la Universidad de San Carlos de Guatemala (proyecto 4.8.63.2.16).

• LITERATURA CITADA

- Arita H., y León-Paniagua L. (1993). Diversidad de mamíferos terrestres. *Ciencias* 7: 13–22.
- Armesto J., y Smith-Ramírez C. (2001). La importancia de la distribución de las áreas protegidas. En R. Primack, R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo (Eds.). *Fundamentos de Conservación Biológica, Perspectivas Latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Ashton P. (2010). Conservation of Borneo biodiversity: do small lowland parks have a role, or are big inland sanctuaries sufficient? Brunei as an example. *Biodivers. Conserv.* 19: 343–356.
- Bergl R., Oates J. & Fotso R. (2007). Distribution and protected area coverage of endemic taxa in West Africa's Biafran forests and highlands. *Biological Conservation* 134: 195–208.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP– (2010). *Biodiversidad Terrestre de Guatemala: Análisis de Vacíos y Estrategias para su Conservación*. Documento Técnico No. 73 (I-2010). Guatemala: TNC-WWF-CI-CONAP. 158 p.
- Cracraft J. (1991). Patterns of diversification within continental biotas: hierarchical congruence among the areas of endemism of Australian vertebrates. *Australian Systematic Botany*, 4, 211–227.
- Elbers J. (2011). *Las Áreas Protegidas de América Latina: Situación actual y perspectivas para el futuro*. Quito, Ecuador. IUCN, 227 p.
- Gaston K., Charman K., Jackson S., Armsworth P., Bonn A., Briers R., Callaghan C., Catchpole R., Hopkins J., Kunin W., Latham J., Opdam P., Stoneman R., Stroud D. & Tratt R. (2006). The Ecological Effectiveness of Protected areas: The United Kingdom. *Biological Conservation* 132: 76–87.
- Janzen D. (1967). Why mountain passes are higher in the tropics. *American Naturalist* 101: 233–249.



- Koleff P., Soberón J., Patricia T., Óscar D., Golubov F., Villela J., Halffter G., Claudia A., Noriega L. (2008). *Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies*. Capital Natural de Mexico (Vol. I, pp. 323–364).
- Lawton J. (1993). Range, population abundance and conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 8:409–413.
- Lobo J., Castro I. & Moreno J. (2001). Spatial and environmental determinants of vascular plant species richness distribution in the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Biol J Linn Soc* 73:233–253.
- Morrone J. (1994). On the identification of areas of endemism. *Systematic Biology*, 43, 438–441.
- Ridgely R., Allnutt T., Brooks T., McNicol D., Mehlman D., Young B., & Zook J. (2007). *Digital Distribution Maps of the Birds of the Western Hemisphere, version 3.0*. NatureServe, Arlington, Virginia, USA.
- Rodrigues A. & Gaston K. (2001). How large do reserve networks need to be? *Ecology Letters* 4: 602–609.
- Rodriguez A., Andelman S., Bakarr M., Boitani L., Brooks T., Cowling R., Fishpool L., Fonseca G., Gaston K., Hoffman M., Long J., Marquet P., Pilgrim J., Pressey R., Schipper J., Sechrest W., Stuart S., Underhill L., Waller R., Watts E. & Yan X. (2004). Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* 428: 640–643.
- Rosen B. (1988). From fossils to earth history: applied historical biogeography. In A. Myers & P. Giller (Eds.) *Analytical biogeography: an integrated approach to the study of animal and plant distributions* (p: 437–481). Chapman y Hall, London.
- Rozzi R., Primack R., Feinsinger P., Dirzo R. y Massardo F. (2001). *¿Qué es la Biología de la Conservación?* En: Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica. 35–58 pp.
- Schuster J., Cano E., & Cardona C. (2000). Un método sencillo para priorizar la conservación de los bosques nubosos de Guatemala, usando Passalidae (coleóptera) como organismos indicadores. *Acta Zoológica Mexicana* 80: 197 – 209.
- Union for Conservation of Nature -IUCN- (2011). IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2011.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded el 23 Marzo 2011.
- Vazquez L. y Valenzuela-Galván D. (2009). ¿Qué tan bien representados están los mamíferos mexicanos en la red federal de áreas naturales protegidas del país?. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:249–258.
- Vinsony G. & Brineman J. (1963). Nuclear Central América. Hub of Antillean Transverse Belt. In O. Chills & Y. Beebe (Eds.) *Backbone of the Americas: Tectonic history from pole to pole* (p: 310–318). Am AsocPetGeolBull. V 81.