

BIOTA COLOMBIANA

ISSN 0124-5376

Volumen 12 · Número 2 · Julio - diciembre de 2011
Especial Simposio Especies Invasoras

Biodiversidad exótica: presencia de especies marinas no-nativas introducidas por el tráfico marítimo en puertos colombianos. Caracterización taxonómica de la población del pez león *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758) (Scorpaenidae) residente en el Caribe colombiano. Áreas vulnerables a la invasión de *Lithobates catesbeianus*: Ranidae) e invasión actual y futura de Colombia: estrategias pro-arribo del escarabajo coprófago (Coleoptera: Scarabaeidae) de su establecimiento. Dist. (Dumeril y Bribon 1836) dispersión del cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*) (Fabricius, 1785) y posibles efectos de su establecimiento. Presencia de *Hemidactylus frenatus* (Girard, 1859) en Colombia: introducidas por el tráfico marítimo. Caracterización taxonómica de la población del pez león (*Pterois volitans*) (Linnaeus, 1758) residente en el Caribe colombiano. Áreas vulnerables a la invasión de *Lithobates catesbeianus*: Ranidae) e invasión actual y futura de Colombia: estrategias pro-arribo del escarabajo coprófago (Coleoptera: Scarabaeidae) de su establecimiento. Dist. (Dumeril y Bribon 1836) dispersión del cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*) (Fabricius, 1785) y posibles efectos de su establecimiento. Presencia de *Hemidactylus frenatus* (Girard, 1859) en Colombia: introducidas por el tráfico marítimo.



Pez león (*Pterois volitans*)



Rana toro (*Lithobates catesbeianus*)
Fernando Castro



Cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*)



Rana toro (*Lithobates catesbeianus*)
Fernando Castro



P. viridis entre otros mhillones - M. Ahrens



P. viridis - M. Ahrens



Gecko (*Hemidactylus frenatus*) - Jose Rances Caicedo



Gecko (*Hemidactylus angulatus*) - Jose Rances Caicedo



Escarabajo coprófago (*Digitonthopaeus gazella*)
Jorge Sotillos

Biota Colombiana es una revista científica, periódica-semestral, arbitrada por evaluadores externos, que publica artículos originales y ensayos sobre la biodiversidad de la región neotropical, con énfasis en Colombia y países vecinos. Incluye temas relativos a botánica, zoología, ecología, biología, limnología, pesquerías, conservación, manejo de recursos y uso de la biodiversidad. El envío de un manuscrito implica la declaración explícita por parte del autor(es) de que este no ha sido previamente publicado, ni aceptado para su publicación en otra revista u otro órgano de difusión científica. Todas las contribuciones son de la entera responsabilidad de sus autores y no del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, ni de la revista o sus editores.

Biota Colombiana incluye, además, las secciones de Notas y Comentarios, Reseñas y Novedades Bibliográficas, donde se pueden hacer actualizaciones o comentarios sobre artículos ya publicados, o bien divulgar información de interés general como la aparición de publicaciones, catálogos o monografías que incluyan algún tema sobre la biodiversidad neotropical.

Biota colombiana is a scientific journal, published every six months period, evaluated by external reviewers which publish original articles and essays of biodiversity in the neotropics, with emphasis on Colombia and neighboring countries. It includes topics related to botany, zoology, ecology, biology, limnology, fisheries, conservation, natural resources management and use of biological diversity. Sending a manuscript, implies a the author's explicit statement that the paper has not been published before nor accepted for publication in another journal or other means of scientific diffusion. Contributions are entire responsibility of the author and not the Alexander von Humboldt Institute for Research on Biological Resources, or the journal and their editors.

Biota Colombiana also includes the Notes and Comments Section, Reviews and Bibliographic News where you can comment or update the articles already published. Or disclose information of general interest such as recent publications, catalogues or monographs that involves topics related with neotropical biodiversity.

Biota Colombiana es indizada en Redalyc, Latindex, Biosis, Zoological Record, Ulrich's y Ebsco.

Biota Colombiana is indexed in Redalyc, Latindex, Biosis, Zoological Record, Ulrich's and Ebsco.

Biota Colombiana es una publicación semestral. Para mayor información contáctenos / **Biota Colombiana** is published two times a year. For further information please contact us.

www.siac.net.co/biota/
biotacol@humboldt.org.co

Comité Directivo / Steering Committee

Brigitte L. G. Baptiste	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Jaime Aguirre Ceballos	Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia
Francisco A. Arias Isaza	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés", Invemar
Charlotte Taylor	Missouri Botanical Garden

Editor / Editor

Carlos A. Lasso	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
-----------------	--

Editora invitada / Guest editor

María Piedad Baptiste	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
-----------------------	--

Editora Asistente / Assistant editor

Ángela M. Suárez M.	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
---------------------	--

Comité Científico Editorial / Editorial Board

Ana Esperanza Franco	Universidad de Antioquia
Arturo Acero	Universidad Nacional - Invemar
Cristián Samper	NMNH - Smithsonian Institution
Donald Taphorn	Universidad Experimental de los Llanos (Unellez), Venezuela
Gabriel Roldán	Universidad Católica de Oriente
Hugo Mantilla	Texas Tech University Department of Biological Sciences
John Lynch	Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia
Jonathan Coddington	NMNH - Smithsonian Institution
José Murillo	Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia
Juan A. Sánchez	Universidad de los Andes
Paulina Muñoz	Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia
Rafael Lemaitre	NMNH - Smithsonian Institution
Reinhard Schnetter	Universidad Justus Liebig
Ricardo Callejas	Universidad de Antioquia
Steve Churchill	Missouri Botanical Garden

Asistencia Editorial / Editorial Assistance

Diseño y diagramación / Design

Susana Rudas Ll.	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
------------------	--

Impreso por ARFO - Arte y Fitolito - Bogotá, Colombia

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Teléfono / Phone (+57-1) 320 27 67
Calle 28A # 15 - 09 - Bogotá D.C., Colombia

Editorial

El Convenio de Diversidad Biológica (CDB) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en su artículo 8h, insta a los países parte a prevenir, controlar y erradicar las especies invasoras, sean estas de origen exótico (provenientes de otros continentes, países, regiones biogeográficas transnacionales) o trasplantadas (dentro del mismo país).

Colombia como país signatario de dicho Convenio, a través del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -, ha implementado sus primeras acciones para abordar este reto, con la declaratoria oficial de la lista de especies invasoras. De la misma forma, los institutos de investigación del Sistema Nacional Ambiental (SINA) se constituyen en el apoyo técnico del Ministerio, desarrollando investigación sobre ejercicios técnicos y herramientas para el evaluar el impacto de las invasiones biológicas. Prueba de ello es el documento publicado recientemente “Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia (2010)” que representa la hoja de ruta a seguir para los análisis previos y evaluar las introducciones a nivel nacional.

Es así como el Instituto Alexander von Humboldt, en el marco del Tercer Congreso Colombiano de Zoología (Medellín, 21 al 26 de noviembre de 2010), realizó el Simposio “Las invasiones biológicas como actores de cambio y pérdida de biodiversidad”, coordinado con el Instituto de Investigaciones Marinas (Invemar) y la Universidad Jorge Tadeo Lozano. El espacio constituyó un escenario inicial para conocer los investigadores y grupos de trabajo que tienen como uno de sus objetivos la fauna invasora.

Los 29 trabajos presentados evidenciaron que pese a que las plantas son señaladas y asociadas de manera más notoria con los temas sobre invasiones biológicas, la fauna introducida juega un papel importante en la transformación de los procesos ecológicos y pérdida de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en Colombia y otros países de Suramérica. La investigación en invertebrados, peces (marinos y continentales), anfibios, reptiles, aves y mamíferos, mostró unos esfuerzos importantes en los avances sobre la ecología y taxonomía de las especies y evidenció la necesidad de reforzar otros aspectos orientados hacia la gestión y toma de decisiones.

Es por ello que queremos resaltar y agradecer a todos los investigadores asistentes que manifestaron su interés en las invasiones biológicas, pues refleja la inclusión de este tema emergente en sus programas y líneas de investigación académica. Esto nos lleva a hacer un llamado a presentar y hacer públicos los trabajos e investigaciones, como el objetivo de esta edición especial de Biota Colombiana que trae una muestra seleccionada de seis trabajos presentados en el Congreso Colombiano de Zoología con diferentes aproximaciones tanto biológicas, como sociales y económicas.

Nuevamente el Instituto Humboldt apuesta por la importancia de este motor de pérdida de biodiversidad y en el marco de su Plan Operativo Anual para el 2012, priorizará esta temática a través de estudios de caso piloto sobre el impacto de las tilapias en la cuenca del Magdalena, la publicación del catálogo de la fauna acuática invasora en Colombia y la conformación de la Red Nacional de Especies Invasoras.

Brigitte L. G. Baptiste
Directora general

Carlos A. Lasso
Editor

Maria Piedad Baptiste
Editora invitada

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos
Alexander von Humboldt

Biodiversidad exótica: presencia de especies marinas no-nativas introducidas por el tráfico marítimo en puertos colombianos

Michael J. Ahrens¹, John Dorado-Roncancio², Marcela López Sánchez³,
Camilo A. Rodríguez⁴ y Luis A. Vidal⁵

Resumen

Debido a su ubicación geográfica favorable entre el Mar Caribe y el océano Pacífico y la alta actividad portuaria (casi 30.000 arribos por año), Colombia tiene elevada susceptibilidad a la introducción de especies marinas no-nativas mediadas por el tráfico marítimo. A la luz de esta amenaza potencial, en marzo y octubre de 2010 se realizaron levantamientos biológicos de línea base en tres zonas portuarias mayores del Caribe colombiano (Cartagena, Santa Marta y Coveñas) y en tres cuerpos de aguas de referencia adyacentes (Bahía de Barbaçoas, cerca de Barú, ensenada de Gaira, cerca del Rodadero y Ciénaga de Cispatá), con el fin de detectar especies no-nativas, potencialmente introducidas por las embarcaciones. En cada una de las localidades se colectaron muestras de fitoplancton y zooplancton superficial mediante arrastres horizontales. En Coveñas se analizó también el plancton de muestras de agua de lastre de dos tanqueros. La comunidad bentónica epifaunal fue analizada por raspados de sustratos duros entre los 0 y 3 m de profundidad. A la fecha, se han identificado 39 especies sin registros anteriores para el Caribe colombiano que probablemente son introducidas. De éstas, 34 son fitoplancton (de cuales dos fueron observadas solamente en aguas de lastre), tres son copépodos y dos corresponden a macroinvertebrados bentónicos. El número de taxa sin registros anteriores fue mayor para los tres sectores portuarios que para las zonas de referencia, con el mayor número de especies nuevas (17) para Santa Marta.

Palabras clave. Levantamientos portuarios de línea base biológica. Bioinvasiones marinas. Fitoplancton. Zooplancton. Bentos. Aguas de lastre. Caribe colombiano.

Abstract

Colombia's favorable geographic location between the Caribbean Sea and the Pacific Ocean combined with the high shipping activity of its ports (nearly 30000 arrivals per year) make it susceptible to the introduction of non-native marine species. In light of this potential threat, biological port surveys were conducted in three major port areas of the Colombian Caribbean Sea (Cartagena, Santa Marta and Coveñas) as well as three adjacent reference areas (Bay of Barbaçoas, near Barú, Ensenada de Gaira near Rodadero and Ciénaga de Cispatá) in March and October of 2010, with the objective to detect the presence of non-native marine species, potentially introduced by shipping. In each port, surface phytoplankton and zooplankton was collected using horizontal net tows. In Coveñas, plankton from ballast water of two oil tankers was analyzed as well. Benthic fouling communities were collected by scraping hard substrates between 0 to 3 m water depth. To date, 39 new species have been identified with no prior recorded presence in the Colombian Caribbean. These include 34 phytoplankton species (two of which were observed exclusively in ballast water), three species of copepods and two species of benthic macroinvertebrates. The number of non-native taxa was greater for the three port areas than for the corresponding reference zones, with Santa Marta having the greatest number (17).

Key words. Port biological baseline surveys. Marine invasions. Phytoplankton. Zooplankton. Benthos. Ballast water. Colombian Caribbean Sea.

Introducción

La globalización del comercio y la necesidad de intercambiar bienes, servicios y tecnologías entre países hacen que el mecanismo más utilizado para transportarlos sea el tráfico marítimo. Es así como, según datos de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (United Nations Conference on Trade and Development-UNCTAD 2008), mediante esta vía se moviliza más del 90 % del comercio mundial. Colombia es un eje importante para el tráfico marítimo, ya que cuenta con 13 puertos internacionales en las costas de Caribe y Pacífico (Bahía Solano, Barranquilla, Buenaventura, Cartagena, Coveñas, Guapi, Providencia, Puerto Bolívar, Riohacha, San Andrés, Santa Marta, Tumaco y Turbo) y una alta variedad de rutas de intercambio con países de Centro y Norteamérica así como Europa y Asia. Según datos del Ministerio del Comercio, Industria y Turismo, los principales orígenes de importaciones provenían de los Estados Unidos, China, México, Brasil y Alemania, correspondiendo al 58 % de todas las importaciones (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Informe de Importaciones Colombianas y Balanza Comercial 2010, www.mincomercio.gov.co). Anualmente llegan a Colombia casi 30.000 embarcaciones, desde buques de gran calado hasta pequeños veleros recreativos (Dirección General Marítima-DIMAR. Informe total arribos y zarpes por capitania. Primer semestre de 2010, www.dimar.mil.co/secciones/ctm/arribosIsem2010.pdf). Más de la mitad de estos arribos se dan en los puertos distribuidos en el Caribe. Por ejemplo, en el primer semestre de 2010, llegaron más de 5000 embarcaciones tan solo a Cartagena, Santa Marta, Barranquilla y Coveñas.

Además de llevar la mercancía, los buques transportan grandes cantidades de aguas de lastre, para asegurar su equilibrio y estabilidad operacional. Estas son descargadas en las zonas costeras antes de cargar mercancías nuevamente. La Organización Marítima Internacional (OMI) estima que el transporte marítimo transfiere internacionalmente entre 3300 y 5500 millones de toneladas de agua de lastre por año (Endresen *et al.* 2004). Junto con esta, se trasladan millones de organismos acuáticos que son tomados en el puerto de origen y son lanzados a la vez en el puerto de destino (Carlton y Geller 1993). La mayoría de estos

organismos son bacterias, algas microscópicas e invertebrados planctónicos, incluyendo larvas o etapas juveniles de taxones del bentos y necton. Se estima que más de 7000 especies diferentes son trasladadas cada día alrededor del mundo en aguas y sedimentos de lastre (Rilov y Crooks 2009).

Otro vector importante para el transporte de las especies marinas son las estructuras duras sumergidas de estas embarcaciones, como el casco, ancla, cofre, hélice o cadenas, en los cuales criaturas del bentos epifaunal se incrustan, formando la comunidad del “fouling” (Hewitt *et al.* 2009). Esta comunidad puede viajar por largas distancias antes de reproducirse en el puerto de destino si las condiciones son favorables (Minchin *et al.* 2009). Aunque los adultos típicamente son sésiles, frecuentemente tienen una fase juvenil meroplanctónica que facilita la colonización del nuevo hábitat. Aunque las pinturas “antifouling” aplicadas en las superficies sumergidas de las naves parecen reducir la colonización por organismos incrustantes (que además tienen impactos negativos considerables para la hidrodinámica de los buques), las embarcaciones con escaso mantenimiento pueden servir como oasis de supervivencia para taxones no-nativos.

Mientras la transferencia de organismos marinos del “fouling” es un fenómeno muy antiguo, la problemática del agua de lastre ha aumentado significativamente desde el siglo pasado por el reemplazo de lastres sólidos para la estabilización por el uso de agua de lastre, estrategia que resulta eficaz, más práctica y económica, además de permitir un mejor uso del espacio (Carlton 1985, Minchin *et al.* 2009, GEF *et al.* 2009). En la actualidad, según las directrices de la OMI, toda embarcación que utilice tanques con agua de lastre y que quiera fondear en aguas territoriales debe realizar por lo menos un recambio en aguas abiertas (Marr 2003). Sin embargo, en muchos casos no se cumple esta regla ya que se requieren condiciones oceanográficas favorables para realizar el recambio. Además, se puede detener la marcha, causando costos adicionales en términos de fletes, resultando al sólo realizar el recambio de agua de algunos de los tanques o sólo de una fracción de su volumen. Debido al alto número de navíos que pueden arribar en un puerto en un mis-

mo día, o por falta general de personal en las capitánías de puertos, la obligación de revisar los registros de lastre puede ser pasada por alto.

Los organismos no-nativos transportados por el agua de lastre o como incrustaciones tienen el potencial de establecerse en el nuevo ambiente al encontrar condiciones similares o mejores a las de su hábitat nativo. Frecuentemente poseen una alta fecundidad y tolerancia fisiológica y se pueden beneficiar de la ausencia de sus depredadores o parásitos, los cuales ejercen un control biológico en su hábitat nativo. Como consecuencia, pueden iniciar una competencia con especies locales resultando en una disminución o el desplazamiento de estas últimas (Torchin y Lafferty 2009, Olyarnik et al. 2009). Esto podría afectar negativamente la biodiversidad ya establecida, al ejercer procesos “Top-Down”, eliminando eslabones o especies claves en el equilibrio trófico de los ecosistemas marino-costeros (Grosholz y Ruiz 2009). Adicionalmente, los organismos del fouling, como mejillones, pueden disminuir la vida útil de estructuras en los muelles como boyas o pilotes. También se pueden ver afectadas especies de importancia pesquera, ya que pueden causar la aparición de afloramientos de algas o de patógenos como *Vibrio cholerae* que deterioran la calidad del agua y pueden ser perjudiciales para otros seres vivos, incluyendo los humanos (Ruiz et al. 1997).

La mayoría de los estudios sobre especies marinas no-nativas se han realizado en regiones templadas y subtropicales de Europa, Norte América y Australia (Carlton 1987, Reise et al. 1999, McDonald 2008, Carlton 2009). En Colombia, los inventarios acerca de las especies exóticas o introducidas que se han reportado se limitan, en la mayoría de los casos, a recursos hidrobiológicos continentales, recursos pesqueros, y en menor grado a plantas y fauna silvestre (Baptiste et al. 2010), es decir, taxones terrestres o dulceacuícolas. Para especies marino-costeras introducidas la lista lo más actual fue compilado por Gracia et al. (en prensa). La mayoría de los estudios sobre impactos de aguas de lastre se han realizado en Cartagena desde hace relativamente pocos años (Tigreros 2002, Tigreros 2003, Rondón et al. 2003, Cañon et al. 2005, 2007a-b, Suárez-Villalba et al. 2007). Recientemente, el tema de las introducciones marinas ha venido tomando importancia por el registro del pez león del

Indo-Pacífico *Pterois volitans* en el Caribe (González et al. 2009, Betancur-R. et al. 2011), un depredador que amenaza la estabilidad de los ecosistemas costeros. Así mismo, han sido reportadas en Colombia 48 especies marinas no-nativas que corresponden a 10 taxa de fitoplancton, 13 de zooplancton, dos de necton y 23 de bentos (López y Krauss 2006, Álvarez-León y Gutiérrez-Bonilla 2007, Baptiste et al. 2010). Es un número relativamente bajo si se compara con datos para otros países, en los que se habla frecuentemente de 100-200 especies no-nativas reportadas (Ruiz et al. 1997, Reise et al. 1999). Por ejemplo, en los Estados Unidos han sido descritas 234 especies no-nativas en la Bahía de San Francisco (Cohen y Carlton 1998), 116 especies en la Bahía de Chesapeake (Ruiz et al. 1997) y 74 especies en los estuarios y zonas costeras de los cinco estados que bordean el Golfo de México (Ray, G. L. 2005. Invasive Animal Species in Marine and Estuarine Environments: Biology and Ecology. Aquatic Nuisance Species Research Program, U. S. Army Corps of Engineers, Washington D.C. <http://el.erdc.usace.army.mil/elpubs/pdf/trel05-2.pdf>).

El bajo registro de taxones marinos no-nativos en Colombia en comparación con otros lugares es probablemente el resultado no de una inmunidad especial de los puertos colombianos a la invasión de organismos de origen foráneo, sino principalmente un artefacto de los escasos estudios sobre la biodiversidad marina llevados a cabo en estas zonas portuarias hasta la fecha. Es decir, la falta de comparaciones entre puertos, así como la ausencia de programas de monitoreo regulares, listas incompletas de especies invasoras, o la incertidumbre en la identificación taxonómica resulta en esta aparente baja presencia de taxones no-nativos.

Con base en la falta de información actualizada sobre la presencia de especies marinas no-nativas en los puertos colombianos, se realizaron en el año 2010 levantamientos biológicos en tres puertos mayores del Caribe colombiano, dentro del marco del proyecto titulado “Evaluación de bioinvasiones marinas en humedales costeros y su relación con el tráfico marítimo en tres zonas portuarias mayores del Caribe colombiano: Cartagena, Santa Marta y Coveñas”. El objetivo de este estudio fue producir un informe actual de la biodiversidad marina tanto nativa como introducida que reside actualmente en estos tres puer-

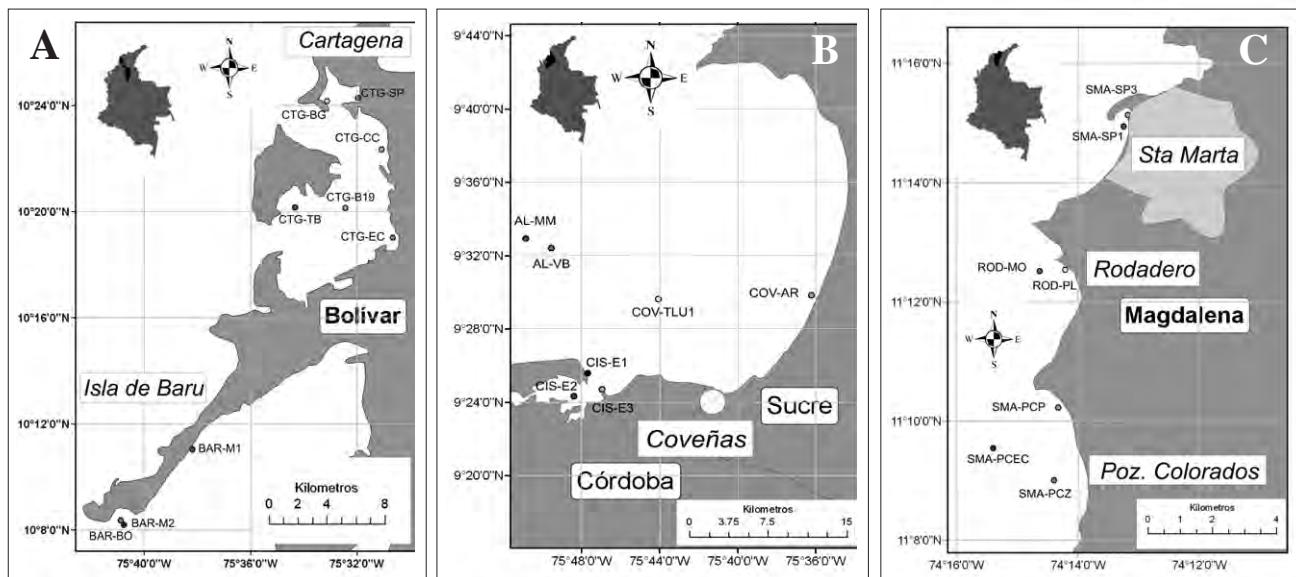


Figura 1. Sectores portuarios muestreados (3) en marzo de 2010. **A.** Cartagena y Barú; **B.** Coveñas y Cispatá; **C.** Santa Marta y Rodadero.

tos, con el fin de relacionar el grado de invasión a la actividad portuaria y obtener información de línea base para el monitoreo y manejo de las especies invasoras.

Material y métodos

En los meses de marzo y octubre de 2010, se realizaron dos levantamientos biológicos en tres sectores portuarios de la costa Caribe colombiana (Cartagena, Coveñas y Santa Marta, Figura 1A, B, C), con apoyo de personal de la Dirección General Marítima de Colombia (DIMAR), las respectivas sociedades portuarias y la Empresa Colombiana de Petróleos - Ecopetrol. Como sitios de referencia, con un bajo nivel de tráfico marítimo, se muestrearon también áreas costeras adyacentes (bahía de Barbacoas, cerca de Barú, ensenada de Gaira, cerca de Rodadero y ciénaga de Cispatá, respectivamente). En cada una de las localidades, se colectaron muestras cualitativas de fitoplancton y zooplancton superficial realizando arrastres superficiales de 1 minuto (malla de 23 μm y 130 μm de diámetro de poro, respectivamente). También se colectaron muestras de las comunidades bentónicas del “fouling” de los sustratos duros artificiales, como pilotes, rompeolas y boyas. Los procedi-

mientos de muestreo y análisis siguieron a los protocolos del Centre for Research on Introduced Marine Species-CRIMP (Hewitt y Martin 2001) adoptados por el programa Globallast de la OMI. En la tabla 1 se resumen las coordenadas de los sitios muestreados en marzo del 2010.

Las muestras de fitoplancton y zooplancton fueron colectadas por duplicado. El fitoplancton se fijó utilizando solución de Lugol (1:100), mientras que el zooplancton fue preservado en etanol al 80 % (1:1). En cada puerto y zona de referencia adyacente se muestrearon un mínimo de tres estaciones. Las comunidades bentónicas de “fouling” (epifaunales) adheridas sobre pilotes, rompeolas, boyas o cuerdas fueron raspadas del sustrato a una profundidad de 0 y 3 m usando una espátula y una red ancha acoplada para capturar cualquier organismo de tamaño mayor a 500 μm . En cada puerto o área de referencia fueron muestreadas un mínimo de tres estaciones para bentos, tomando tres réplicas en cada estación. Para estandarizar el esfuerzo de muestreo y el área de cobertura, se colectaron tres réplicas mediante cuadrantes de 0,5 x 0,5 m cada uno. Las muestras de bentos fueron preservadas en etanol al 80 %. Los especímenes encontrados fueron identificados hasta el nivel taxonómico más fino posible.

Tabla 1. Sitios de muestro para levantamientos portuarios de línea base biológica realizados en marzo de 2010. Se incluye la fecha de muestreo, lugar, coordenadas y los parámetros fisicoquímicos salinidad (Sal) y temperatura del agua superficial (Temp) (abreviaturas: ADL = aguas de lastre, BAR = Barú, CIS = Cispatá, COV = Coveñas, CTG = Cartagena, ROD = Rodadero, SMA = Santa Marta, n.d. = no determinado).

Código	Fecha	Lugar	Coordenadas	Sal (psu)	Temp (°C)
CTG-SP	2-Mar-10	CTG-Sociedad Portuaria	10°24'18"N-75°31'57"O	33,0	27,8
CTG-EC	3-Mar-10	CTG-Terminal Ecopetrol	10°19'02"N-75°30'38"O	24,0	30,4
CTG-TB	4-Mar-10	CTG-Tierrabomba	10°20'15"N-75°34'20"O	n.d.	n.d.
CTG-B19	4-Mar-10	CTG-Boya 19	10°20'09"N-75°32'26"O	n.d.	n.d.
CTG-CC	4-Mar-10	CTG-Contecar Boya	10°22'21"N-75°31'05"O	n.d.	n.d.
CTG-BG	14-Mar-10	CTG-Bocagrande	10°24'10"N-75°33'07"O	35,3	29,2
BAR-BO	5-Mar-10	Barú-Mar Abierto	10°08'12"N-75°40'45"O	35,9	28,4
BAR-MA1	5-Mar-10	Barú-Manglar 1	10°11'02"N-75°38'11"O	36,5	29,0
BAR-MA2	5-Mar-10	Barú-Manglar 2	10°08'22"N-75°40'53"O	36,9	29,9
CIS-E1	9-Mar-10	Cispatá-Manglar E1	09°24'38"N-75°47'35"O	n.d.	n.d.
CIS-E2	9-Mar-10	Cispatá-Manglar E2	09°23'22"N-75°48'15"O	n.d.	n.d.
CIS-E3	9-Mar-10	Cispatá-Pilote E3	09°23'45"N-75°46'51"O	n.d.	n.d.
AL-MM1	9-Mar-10	ADL Minerva Maya Tanque 1 estribor	09°32'23"N-75°49'32"O	35,3	27,7
AL-MM6	9-Mar-10	ADL Minerva Maya Tanque 6 babor	09°32'23"N-75°49'32"O	32,4	27,0
AL-VB1	9-Mar-10	ADL-Vallembrosa Tanque 1 estribor	09°32'55"N-75°50'49"O	36,2	27,7
AL-VB4	9-Mar-10	ADL-Vallembrosa Tanque 4 babor	09°32'55"N-75°50'49"O	36,4	28,0
COV-AR	10-Mar-10	Coveñas-Muelle Argos	09°29'38"N-75°35'56"O	32,8	29,9
COV-TLU1	11-Mar-10	Coveñas-Ecopetrol TLU1	09°29'36"N-75°44'02"O	35,2	28,6
ROD-PL	16-Mar-10	Rodadero-Puerto Luz	11°12'32"N-74°13'56"O	35,2	28,0
ROD-MO	16-Mar-10	Rodadero-Morro	11°12'30"N-74°14'21"O	36,1	27,9
SMA-SP1	16-Mar-10	SPSM-Muelle 1	11°14'55"N-74°12'57"O	36,0	28,0
SMA-SP3	16-Mar-10	SPSM-Muelle 3	11°15'07"N-74°12'54"O	35,7	28,4
SMA-SP3	16-Mar-10	SPSM-Muelle 3	11°15'12"N-74°13'00"O	n.d.	n.d.
SMA-PCP	17-Mar-10	Pozos Colorados-Pilotes	11°10'12"N-74°14'02"O	n.d.	n.d.
SMA-PCEC	17-Mar-10	Pozos Colorados Monoboya Ecopetrol	11°09'32"N-74°15'07"O	35,8	29,9
SMA-PCZ	17-Mar-10	Pozos Colorados Boya Zuana	11°09'00"N-74°14'06"O	35,7	30,1

Respecto a las aguas de lastre, se tomaron muestras cualitativas de dos tanqueros en el Golfo de Morrosquillo el 9 de marzo de 2010, a 20 km de la costa de Coveñas, antes de cargar crudo en las boyas petroleras. Los buques muestreados fueron la "Minerva Maya", con 244 m eslora, 42 m manga y 21 m calado y un peso muerto de 105000 DWT, procedente de New Orleans, Louisiana (EE.UU.), y la "Vallembrosa", tanquero de tamaño similar y procedente de en Port Arthur, Texas (EE.UU.). En cada buque se colectaron muestras de fitoplancton y zooplancton de tres de los 12 tanques de lastre, seleccionados al azar. Las muestras de plancton fueron tomadas por medio

de arrastre vertical de aproximadamente 3 metros de longitud (redes de 23 µm y 130 µm de diámetro de poro respectivamente) bajadas por los pozos de visita. Por falta de un fluímetro, no se pudo determinar el volumen exacto muestreado.

Resultados

Los resultados reportados a continuación representan hallazgos preliminares del trabajo en curso. Como consecuencia, no se incluyen descripciones taxonómicas detalladas de las especies no-nativas encontradas.

Dichas descripciones serán el objeto de publicaciones futuras, como será el depósito de especímenes en una colección de referencia registrada en el sistema de colecciones del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. El objetivo principal del presente informe es ilustrar, de manera cualitativa, la presencia de un alto número de especies no-registradas en los sectores portuarios del Caribe colombiano.

Dentro del material biológico colectado en marzo de 2010 y analizado a la fecha, se detectaron 39 especies marinas que no habían sido reportadas antes para el Caribe colombiano. De estas, 32 corresponden a fitoplancton de aguas portuarias, dos a fitoplancton en agua de lastre, tres a zooplancton y dos al bentos.

Fitoplancton

De las 19 muestras de fitoplancton analizadas del marzo de 2010, se identificaron 265 taxones de las cuales 34 no presentaban registros anteriores publicados para el Caribe colombiano (Tabla 2). Dos de estas (*Eunotia cf. tauntontiensis* y *Parlibellus* sp.) fueron observadas solamente en agua de lastre de los dos tanqueros muestreados en Coveñas. De los taxones no registrados, 19 especies son diatomeas y 15 dinoflagelados. A pesar de los nuevos registros para el Caribe colombiano, no se puede afirmar categóricamente que son especies que han entrado recientemente. Cabe la posibilidad que tengan un tiempo indefinido de estar ahí y que, hasta la fecha, no hubieran sido registradas. Por ejemplo, la diatomea *Pseudoguinaridia recta* se ha observada con alguna frecuencia en la ensenada de Gaira (Vidal, obser. pers.), pero no aparece oficialmente registrada para la región del Caribe colombiano (Lozano-Duque et al. 2010). Lo mismo aplica al dinoflagelado *Gymnodinium sanguineum*, que se observó hace más que 30 años en la bahía de Cartagena bajo otro nombre durante un episodio de “marea roja” (Vidal, obser. pers.). Mientras ocho especies tienen registros para el Caribe general (*Cyclotella striata*, *Hemidiscus cuneiformis*, *Pleurosigma latum*, *Amphora cf. hyalina*, *Amphora ovalis*, *Nitzschia distans*, *Dinophysis exigua* y *Prorocentrum caribbaeum*), la gran mayoría (20 especies) no tiene registros confirmados ni para el Caribe colombiano ni para el Caribe general. Cinco especies están reportadas para el Golfo de México

(*Gymnodinium sanguineum*, *Dinophysis exigua*, *Heteroschisma inaequale*, *Alexandrium cohorticula* y *Ceratium hirundinella*) y tres son conocidas de aguas dulces o salobres (*Tabellaria fenestrata*, *Eunotia cf. tauntontiensis* y *Ceratium hirundinella*). Un caso que merece atención fue la detección de *Ceratium hirundinella* alrededor del terminal petrolero de Ecopetrol en el Golfo de Morrosquillo (estación COV-TLU1). La misma especie fue encontrada dos días antes en el agua de lastre del tanquero “Minerva Maya”. El mismo buque estaba deslastrando el día de la toma de la muestra en la boya TLU1. Considerando la detección de *C. hirundinella* primero en los tanques de lastre (el cual constó de 40 % de los individuos encontrados) y dos días después en el Golfo alrededor de la boya del terminal petrolero y en ningún otro lugar en Coveñas, parece muy probable que este dinoflagelado fuera introducida por este mismo buque.

Zooplancton

La comunidad zooplanctónica de las tres zonas portuarias muestreadas en marzo de 2010 fue dominada por copépodos nativos, típicos para aguas tropicales y el Caribe colombiano, como *Parvocalanus crassirostris*, *Paracalanus quasimodo*, *Temora stylifera*, *Euterpina acutifrons*, *Farranula gracilis*, *Acartia tonsa*, *Oithona hebes* y *Oithona nana*. Fueron identificadas tres especies de copépodos del género *Oithona* sin registros publicados para el Caribe colombiano, todos dentro de la Sociedad Portuaria de Santa Marta. Las especies *Oithona attenuata* y *Oithona decipiens* fueron detectadas en el muelle 3 de la Sociedad Portuaria de Santa Marta (SMA-SP3), mientras *Oithona simplex*, fue encontrado en seis estaciones (COV-AR, COV-TLU1, CIS-E1, BAR-BO, SMA-SP1 y SMA-SP3), indicando una distribución amplia. Todas son especies eurihalinas. *O. simplex* está reportado para aguas europeas (Boxshall 1991), el Golfo de México (Felder y Camp 2009) y Kenia (Okemwa 1992). *Oithona decipiens* esta reportado para Europa y Kenia, y *Oithona attenuata* está reportada solamente para Kenia.

Bentos

Para las muestras del bentos colectado en marzo de 2010, se reportan dos especies sin registros anteriores

Tabla 2. Taxa encontrados en marzo de 2010 que no han sido registradas para el Caribe colombiano, con código del lugar y la estación donde fueron observadas (abreviaturas: BI = bivalvo, CI = clase, CO = copépodo, DC = diatomea central, DP = diatomea penada, DI = dinoflagelado, HO = holotúrio, ADL=aguas de lastre, BAR= Barú, CIS = Cispatá, COV = Coveñas, CTG=Cartagena, ROD = Rodadero, SMA = Santa Marta, incluyendo Pozos Colorados). Los códigos de las estaciones corresponden a los de la tabla 1 y figura 1.

No.	Cl.	Especie	Lugar	Estación
1	DC	<i>Coscinodiscus cf. crenulatus</i>	SMA	SMA-PCEC
2	DC	<i>Cyclotella striata</i>	SMA	SMA-SP3
3	DC	<i>Hemidiscus cf. cuneiformis</i>	COV	COV-AR
4	DC	<i>Huttoniella</i> sp.	SMA	SMA-PCEC
5	DC	<i>Neostreptothecca torta</i>	SMA	SMA-PCEC
6	DC	<i>Pseudoguinaridia recta</i>	CTG, ROD, SMA	CTG-TB, ROD-PL, SMA-PCEC, SMA-SP1
7	DC	<i>Rhizosolenia hyalina</i>	ROD, SMA	ROD-PL, SMA-SP1
8	DP	<i>Amphiprora sulcata</i> v. <i>aequatorialis</i>	BAR, CIS	BAR-BO, BAR-M1, CIS-E1, CIS-E3
9	DP	<i>Amphora cf. hyalina</i>	SMA	SMA-SP3
10	DP	<i>Amphora ocellata</i>	SMA	SMA-SP1
11	DP	<i>Amphora ovalis</i>	SMA	SMA-SP3
12	DP	<i>Campylodiscus cf. clevei</i>	BAR	BAR-M1
13	DP	<i>Eunotia cf. tauntontiensis</i>	AL	AL-VB4
14	DP	<i>Lichmophora paradoxa</i> var. <i>Tincta</i>	CTG	CTG-SP
15	DP	<i>Mastogloia rostrata</i>	ROD	ROD-PL
16	DP	<i>Nitzschia distans</i>	CIS	CIS-E3
17	DP	<i>Parlibellus</i> sp.	AL	AL-VB1
18	DP	<i>Pleurosigma latum</i>	BAR	BAR-M1
19	DP	<i>Tabellaria fenestrata</i>	AL, COV	AL-MM6, AL-VB4, COV-AR, COV-TLU1
20	DI	<i>Alexandrium cf. cohorticula</i>	CTG	CTG-CC
21	DI	<i>Ceratium hirundinella</i>	AL, COV, ROD	AL-MM1, COV-TLU1, CTG-SP, ROD-PL
22	DI	<i>cf. Protoperdinium nudum</i>	AL, CTG	AL-MM1, CTG-EC
23	DI	<i>Dinophysis exigua</i>	COV	COV-AR
24	DI	<i>Dinophysis scrobiculata</i>	SMA	SMA-PCEC
25	DI	<i>Ensiculifera angulata</i>	COV	COV-TLU1
26	DI	<i>Gonyaulax grindleyi</i> (forma grande)	CTG	CTG-TB
27	DI	<i>Gonyaulax grindleyi</i> (forma pequeña)	CTG	CTG-CC, CTG-TB
28	DI	<i>Gonyaulax</i> sp. A	BAR, COV, CTG	BAR-BO, COV-AR, CTG-CC
29	DI	<i>Gymnodinium sanguineum</i>	COV, CTG	COV-TLU1, CTG-EC
30	DI	<i>Heteroschisma inaequale</i>	COV, CTG	COV-AR, COV-TLU1, CTG-CC
31	DI	<i>Prorocentrum caribbaeum</i>	CTG, SMA	CTG-TB, SMA-SP1
32	DI	<i>Protoperdinium capurroi</i>	COV, SMA	COV-AR, SMA-SP3
33	DI	<i>Protoperdinium globiferum</i>	SMA	SMA-SP3
34	DI	<i>Protoperdinium parviverter</i>	COV	COV-TLU1
35	CO	<i>Oithona attenuata</i>	SMA	SMA-SP3
36	CO	<i>Oithona decipiens</i>	SMA	SMA-SP3
37	CO	<i>Oithona simplex</i>	BAR, CIS, COV, SMA	BAR-BO, CIS-E1, COV-AR, COV-TLU1, SMA-SP1, SMA-SP3
38	BI	<i>Perna viridis</i>	CTG	CTG-BG, CTG-SP
39	HO	<i>Pseudothyone belli</i>	ROD, SMA	ROD-PL, SMA-SP1

para el Caribe colombiano. En Cartagena fue confirmado el establecimiento del mejillón verde *Perna viridis* (Linnaeus 1758), originario de Asia, de cual hasta ahora no se tenían registros publicados para Colombia. Sin embargo, fue observado por primera vez en agosto de 2009 en un taller de entrenamiento en levantamientos portuarios biológicos organizado por la DIMAR y el programa Globallast (da Costa y Coatanroch 2009). Con el fin de lograr un registro publicado de esta especie ya establecida y para agilizar su detección en otros lugares, reportamos las siguientes características: la especie es conspicua debido a su gran tamaño y su perióstraco de color verde intenso que rodea el margen de las valvas. El músculo aductor anterior es ausente (o poco desarrollado) mientras tiene un músculo aductor posterior grande, dividido, en forma de riñón. Otras características morfológicas son una línea paleal ondulada en la parte posterior y un margen ventral recto o levemente cóncavo. El umbo es de forma aguda, con una charnela compuesta de dos dientes para la valva izquierda mientras tiene solo uno en la valva derecha. La presencia de *P. viridis* en la Bahía de Cartagena fue confirmada en dos sitios, dentro de la Sociedad Portuaria (CTG-SP) y en el malecón de Bocagrande (CTG-BG). En la estación CTG-SP, se encontró un individuo de 24 mm de longitud exterior y un ancho de 14 mm de un pilote del muelle 1 a una profundidad de 3 m. En la estación CTG-BG, se colectaron 15 individuos de un rango de tallas entre 15 mm y 61 mm y un rango de anchos entre 10 mm y 32 mm. En octubre de 2010, se encontró *P. viridis* también en los pilotes del Terminal Néstor Pineda (TNP) de Ecopetrol en Cartagena, en el sector de Mamonal (10°20'31"N -75°30'55"O), en una profundidad de 3 m. En los sitios CTG-SP, CTG-BG y CTG-TNP ocurrió con una densidad mayor a un individuo por 0,25 m². *Perna viridis* está reportada como establecida en otros países del Caribe, como Trinidad y Tobago, Venezuela y la costa de Florida en los Estados Unidos (Agard et al. 1992, Ingrao et al. 2001). Es reconocida por su alta capacidad de establecimiento, debido a su alta tasa de reproducción, una dispersión planctónica y su rápido crecimiento (Baker et al. 2007).

En Santa Marta, se detectó por primera vez en marzo de 2010 el pepino de mar *Pseudothyone belli* en los pilotes del muelle 1 de la Sociedad Portuaria (SMA-

SP1) a 3 m de profundidad y en Puerto Luz (ROD-PL). En octubre de 2010, se encontró otro individuo en el sector de Pozos Colorados (SMA-PCZ). La especie está reportada para el Caribe en la costa de Florida de los EE.UU. (Hendler et al. 1995). La detección de *P. belli* y *P. viridis* en más que dos sitios de muestreo y en ambos periodos climáticos (marzo y octubre de 2010) indica el establecimiento exitoso de estas especies en Colombia.

Aguas de lastre

En las aguas de lastre tomadas de los dos tanqueros en Coveñas, se identificaron cinco especies de fitoplancton no reportadas para Colombia. Estas fueron las diatomeas *Tabellaria fenestrata*, *Eunotia cf. tauntontiensis* y *Parlibellus* sp., y los dinoflagelados *cf. Protoperidinium nudum* y *Ceratium hirundinella*. Tres de estas fueron detectadas también en aguas abiertas: *T. fenestrata* fue observado en los tanques de ambos buques y en los muelles de Coveñas (COVAR y COV-TLU1). *Ceratium hirundinella* ocurrió en aguas de lastre del buque "Minerva Maya" (AL-MM6) y además en la estación CTG-SP. El dinoflagelado *cf. Protoperidinium nudum* se encontró en agua de lastre de la "Minerva Maya" y fue observado en aguas abiertas del muelle petrolero de Ecopetrol en Cartagena (CTG-EC). La detección de taxones no-nativos en los tanques de ambos buques y la presencia simultánea en aguas portuarias alrededor del terminal petrolero y el muelle Argos en Coveñas, la Sociedad Portuaria Regional Cartagena y el muelle petrolero de Ecopetrol en Mamonal (bahía de Cartagena), pero su ausencia en las zonas de referencia, sugiere que las embarcaciones están actuando como vectores para la introducción de fitoplancton no-nativo en aguas costeras de nuestro país. Además, el hecho de que tres de las especies encontradas en los tanques son conocidas como taxa de aguas continentales sugiere que los tanqueros no cumplen con el requisito de realizar recambios de su agua de lastre en el mar abierto.

Comparación entre puertos y zonas de referencia

La tabla 3 presenta los conteos de taxones sin registros anteriores cuales fueron encontrados en cada uno de los tres sectores portuarios y zonas de referencia, para las muestras analizadas a la fecha para marzo 2010. Como patrón general, se observa un mayor

Tabla 3. Suma de taxones del fitoplancton, zooplancton y bentos sin registros anteriores, encontrados en marzo 2010, agrupados por puertos y zonas de referencia (abreviaturas: BAR= Barú, CIS = Cispatá, COV = Coveñas, CTG=Cartagena, ROD = Rodadero, SMA = Santa Marta, incluyendo Pozos Colorados).

	Código	Total	Fitoplancton	Zooplancton	Bentos
Puertos	CTG	11	10	-	1
	COV	11	10	1	-
	SMA	17	13	3	1
Zonas de referencia	BAR	5	4	1	-
	CIS	3	2	1	-
	ROD	5	4	-	1

número de especies no-registradas (por su mayoría fitoplancton) para los puertos (Cartagena, Coveñas y Santa Marta) que para las zonas de referencia (Barú, Cispatá y Rodadero). Mientras este hallazgo parece que corrobore la hipótesis de mayor riqueza de taxones no-nativos en los sectores portuarios por su mayor volumen de tráfico, una explicación alternativa es que las diferencias se deban a diferentes esfuerzos de análisis: fueron analizadas un mayor número de estaciones para los tres puertos (3 para cada uno) que para las zonas de referencia (2 para cada una). Esto puede haber causado las diferencias en los números de taxones no-registradas encontradas. Sin embargo, queda la observación que el sector portuario de Santa Marta tiene un mayor número de taxones sin registros anteriores (17) que Cartagena y Coveñas (con 11 registros nuevos respectivamente). Este patrón no se puede explicar por diferencias de esfuerzo de análisis, que fue similar para cada sector, ni por diferencias en la magnitud del tráfico marítimo: si se comparan los números de arribos para el primer semestre de 2010 para los tres puertos, Santa Marta ocupa una posición intermedia (810 arribos) a la de Cartagena (3438 arribos) y Coveñas (310 arribos; Dirección General Marítima - DIMAR. Informe total arribos y zarpes por capitania. Primer semestre de 2010, www.dimar.mil.co/secciones/ctm/arribos1sem2010.pdf). Parece que otros aspectos distintos del puerto de Santa Marta favorezcan la elevada presencia de especies no-nativas.

Conclusiones

Aunque el estudio no ha terminado todavía, los resultados a la fecha confirman la presencia de un nú-

mero considerable de especies no-nativas sin registros anteriores en los tres sectores portuarios estudiados mientras que el número es más bajo para las zonas de referencia. Es notable que con un sólo levantamiento portuario se haya casi doblado el número de taxones marinos no-nativos conocidos para Colombia, aumentando el conteo de 48 taxones no-nativos reportados por López y Krauss (2006), Álvarez-León y Gutiérrez-Bonilla (2007) y Baptiste *et al.* (2010) a 86 (excluyendo registros duplicados). Este total corresponde a 44 taxones de fitoplancton, 16 de zooplancton, dos de necton y 24 de bentos. Debido a que se analizaron solamente tres puertos, todos ubicados en el Caribe colombiano, es muy probable que el número de especies marinas no-nativas (o no reportadas) en Colombia sea mayor. El presente trabajo evidencia el valor que tienen los levantamientos portuarios de línea base biológica para generar inventarios actuales sobre el estado del establecimiento de especies no-nativas en las zonas portuarias del país. Sin embargo, debido a que no existen estudios comparativos de este tipo entre otros sectores portuarios y a que se carece de un monitoreo regular y estandarizado en estos, no es posible identificar en este momento cuales puertos son los más vulnerables a la introducción de especies no-nativas ni si la tendencia de introducciones vaya aumentando. Por esta razón, se recomienda realizar levantamientos biológicos estandarizados de todos los sectores portuarios de Colombia, lo cual generaría una disminución en la incertidumbre actual, cuantificaría la vulnerabilidad de los puertos de manera individual y permitiría la detección temprana de introducciones. Por la misma razón, se recomienda un programa de monitoreo de las aguas de lastre y los cascos de los buques que lleguen a Colombia, para identificar cuá-

les son los tipos de buques y rutas de navegación con mayor riesgo para la transferencia de taxones no-nativos. Esto permitiría detectar los probables orígenes de la biota no-nativa y los vectores más significativos. Al mismo tiempo, es importante resaltar la necesidad de ejercer un control riguroso y permanente a las embarcaciones para que cumplan las normas internacionales que obligan a no hacer vertimiento de aguas de lastre en zonas costeras, a fin de prevenir los ya conocidos impactos negativos sobre la biodiversidad, pues además, se sabe que una vez introducida una especie, su erradicación o control frecuentemente son casi imposibles (Simberloff *et al.* 2005). Esta recomendación tiene una alta relevancia, más ahora cuando se evalúa el posible desarrollo de más de diez nuevos puertos a lo largo de las costas Pacífica y Atlántica.

Agradecimientos

Apreciamos el apoyo prestado por la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano y de los estudiantes A. Trias-Verbeeck, M. Sepúlveda y F. Dorado. Agradecemos a S. Rondón, M. Cañon y G. Tous del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de Cartagena (CIOH) por facilitar el uso de sus instalaciones en marzo de 2010. Igualmente agradecemos al personal de las sociedades portuarias y los muelles petroleros en cada puerto para facilitar acceso a las instalaciones, particularmente a F. Delgado y H. Agudelo (Ecopetrol), I. Acuña (SPRC), J. Halblaub y H. Blanco (SP Golfo de Morrosquillo) y J. Duran de la SP de Santa Marta. Estamos agradecidos por el apoyo taxonómico de M Puyana (U. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano), S. Gaviria (U. Viena) y D. Pawson (Smithsonian Museum of Natural History) y el apoyo gráfico de R. Gil (U. Tadeo). Agradecemos las valiosas sugerencias de tres revisores anónimos. Este proyecto se desarrolló dentro del marco de la “Convocatoria a la Biodiversidad”, financiado en parte por Ecopetrol bajo el convenio DHS No. 134 2009. Toda la información de este artículo y cualquier opinión y conclusiones son la responsabilidad de los autores. El proyecto se realizó bajo permiso de investigación científica No. 13 del 23 de mayo de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).

Literatura citada

- Álvarez-León, R. y F. de P. Gutiérrez-Bonilla. 2007. Situación de los invertebrados acuáticos introducidos y transplantados en Colombia: antecedentes, efectos y perspectivas. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 31 (121): 557-574.
- Agard, J., R. Kishore y B. Bayne. 1992. *Perna viridis* (Linnaeus 1758): first record of the Indo-Pacific green mussel (Mollusca: Bivalvia) in the Caribbean. *Caribbean Marine Studies* 3: 59-60.
- Baker, P., J. Fajans, W. Arnold, D. Ingraio, D. Marelli y S. Baker. 2007. Range and dispersal of a tropical marine invader, the Asian green mussel, *Perna viridis*, in subtropical water of the southeastern United States. *Journal of Shellfish Research* 26: 345-355.
- Baptiste M. P., N. Castaño, D. Cárdenas, F. P. Gutiérrez, D. L. Gil y C. Lasso. (Eds.). 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 200 pp.
- Boxshall, G. 2001. Copepoda (excl. Harpacticoida). *En: Costello, M. J. et al. (Ed.) (2001). European register of marine species: a check-list of the marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification. Collection Patrimoines Naturels* 50: 252-268.
- Betancur-R. R., A. Hines, P. A. Acero, G. Ortí, A. E. Wilbur y D. W. Freshwater. 2011. Reconstructing the lionfish invasion: insights into Greater Caribbean biogeography. *Journal of Biogeography* 38: 1281-1293.
- Cañon, M., T. Vanegas, M. Gavilan, L. Morris y G. Tous. 2005. Dinámica planctónica, microbiológica y fisicoquímica en cuatro muelles de la Bahía de Cartagena y buques de tráfico internacional. *Boletín Científico CIOH* 23: 46-59.
- Cañon, M., G. Tous, K. Lopez, R. Lopez y F. Orozco. 2007a. Variación espaciotemporal de los componentes fisicoquímico, zooplanctónico y microbiológico en la Bahía de Cartagena. *Boletín Científico CIOH* 25: 120-134.
- Cañon, M., G. Tous, K. Lopez, R. Lopez, F. Orozco y V. Sánchez. 2007b. Caracterización fisicoquímica, biológica y microbiológica en aguas de lastre de buques de tráfico internacional. *Boletín Científico CIOH* 25: 150-168.
- Carlton, J. T. 1985. Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms: the biology of ballast water. *Oceanography Marine Biology Annual Review* 23: 313-371.

- Carlton, J. T. 1987. Patterns of transoceanic marine biological invasions in the Pacific Ocean. *Bulletin of Marine Science* 41: 452-465.
- Carlton, J. T. y J. Geller. 1993. Ecological roulette: The global transport of nonindigenous marine organisms. *Science* 261: 78-82.
- Carlton, J. T. 2009. Deep invasion ecology and the assembly of communities in historical time. *En: Biological invasions in marine ecosystems*. Rilov, G. y J. Crooks (Eds.), Springer, Berlin. 641 pp.
- Cohen A. N. y J. T. Carlton 1998. Accelerating invasion rate in a highly invaded estuary. *Science* 279: 555-558.
- da Costa, F. y G. Coatanroch. 2009. Trip report—Training course on port biological baseline surveys. Regional Activity Center/Regional Pollution Emergency, Information and Training Center (RAC/REMPEITC-Caribe), August 2009, 50 pp.
- Endresen, Ø., H. L. Behrens, S. Brynstad, A. B. Andersen y R. Skjong R. 2004. Challenges in global ballast water management. *Marine Pollution Bulletin* 48: 615-623.
- Felder, D. L. y D. K. Camp (Eds.). 2009. Gulf of Mexico-Origins, Waters, and Biota. Biodiversity. Texas A&M Press, 1393 pp.
- GEF, UNDP, IMO, GLOBALLAST Partnerships y IOI. 2009. Guidelines for national ballast water status assessment. *Globallast Monographs* 17: 1-25.
- González, J., M. Grijalba-Bendeck, A. P. Acero y R. Betancur. 2009. The invasive red lionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus 1758), in the southwestern Caribbean Sea. *Aquatic Invasions* 4 (3): 507-510.
- Gracia A. Medellín-Mora, J., Gil-Agudelo, D. L. y V. Puentes (Eds.). En prensa. Guía de las especies introducidas marino-costeras de Colombia. INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales No. 15 y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia. 128 pp.
- Grosholz, E. D. y G. M. Ruiz. 2009. Multitrophic effects of invasions in marine and estuarine systems. *En: Biological invasions in marine ecosystems*. Rilov, G. y J. Crooks (Eds.), Springer, Berlin, 641 pp.
- Hendler, G., J. E. Miller, D. L. Pawson y P. M. Kier. 1995. Sea stars, sea urchins and allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press, Washington, 390 pp.
- Hewitt, C. L. y R. B. Martin. 2001. Revised protocols for baseline port surveys for introduced marine species - design considerations, sampling protocols and taxonomic sufficiency. CRIMP Report 22, CSIRO Marine Research, Hobart, 46 pp.
- Hewitt, C. L., S. Gollasch y D. Minchin. 2009. The vessel as a vector-biofouling, ballast water and sediments. *En: Biological invasions in marine ecosystems*. Rilov, G. y J. Crooks (Eds.), Springer, Berlin, 641 pp.
- Ingrao D. A., P. M. Mikkelsen y D. W. Hicks. 2001. Another introduced marine mollusk in the Gulf of Mexico: the Indo-Pacific green mussel, *Perna viridis*, in Tampa Bay, Florida. *Journal of Shellfish Research* 20: 13-19.
- López, V. y U. Krauss. 2006. National and regional capacities and experiences on marine invasive species, including ballast waters, management programmes in the wider Caribbean region - a compilation of current information. Final Report. CAB International (CABI), Caribbean and Latin America Regional Centre (CLARC), United Nations Environment Programme, 103 pp.
- Lozano-Duque, J., L. A. Vidal y G. R. Navas. 2010. Listado de diatomeas (bacillariophyta) registradas para el mar Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 39 (1): 83-116.
- Marr, S. 2003. The precautionary principle in the law of the Sea. Modern decision making in international law. Publications on Ocean Development. Kluwer, 253 pp.
- McDonald, J. I. 2008. A likelihood analysis of non-indigenous marine species introduction to fifteen ports in Western Australia. *Fisheries Research Report No. 182* Fisheries Research Division, Western Australian Fisheries and Marine Research Laboratories, 32 pp.
- Minchin, D., S. Gollasch, S., A.N. Cohen., C.L. Hewitt, C. y S. Olein. 2009. Characterizing vectors of marine invasion. *En: Biological invasions in marine ecosystems*. Rilov, G. and J. Crooks (Eds.), Springer, Berlin, 641 pp.
- Okemwa, E. N. 1992. A long-term sampling study of Copepods across a Tropical Creek in Mombasa, Kenya. *East African Agriculture Forestry Journal* 57(4):199-215.
- Olyarnik, S.V., M. E. S. Bracken, J. E. Byrnes, A. Randall Hughes, K. M. Hultgren y J. J. Stachowicz. 2009. Ecological factors affecting community invasibility. *En: Biological invasions in marine ecosystems: ecological, management and geographic perspectives*. Rilov, G. y J. Crooks (Eds.). Springer, Berlin, 641 pp.
- Reise, K., S. Gollasch y W. J. Wolff. 1999. Introduced marine species of the North Sea coasts. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52: 219-234.
- Rilov, G. y J. Crooks, 2009. Marine bioinvasions: Conservation hazards and vehicles for ecological understanding. *En: Biological invasions in marine*

- ecosystems: ecological, management and geographic perspectives. Rilov, G. y J. Crooks (Eds.). Springer, Berlin, 641 pp.
- Rondón, S. R., T. Vanegas y P. C. Tigreros. 2003. Contaminación en la Bahía de Cartagena por aguas de lastre de los Buques. *Boletín Científico CIOH* 21: 91-100.
- Ruiz, G. M., J. T. Carlton, E. D. Grosholz y A. H. Hines. 1997. Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent, and consequences. *American Zoologist* 37: 621-632.
- Simberloff, D., I. M. Parker y P. N. Windle 2005. Introduced species policy, management, and future research needs. *Frontiers in Ecology and Environment* 3: 12-20.
- Suárez-Villalba, V. C., A. Franco-Herrera y M. Cañón. 2007. El microfítoplancton en los principales muelles de la Bahía de Cartagena, Caribe colombiano, vectores posibles de floraciones microalgales. *Boletín Científico CIOH* 25: 135-149.
- Tigreros, P. 2002. Presencia de organismos exógenos y patógenos en aguas de lastre buques tráfico internacional fase I. Centro de Investigaciones e Hidrográficas CIOH, Armada Nacional de Colombia. Cartagena. Colombia, 65 pp.
- Tigreros, P. 2003. Presencia de organismos exógenos y patógenos en aguas de lastre buques tráfico internacional fase II. Centro de Investigaciones e Hidrográficas CIOH, Armada Nacional de Colombia. Cartagena. Colombia, 75 pp.
- Torchin, M. E. y K. D. Lafferty. 2009. Escape from parasites. *En: Biological invasions in marine ecosystems: ecological, management and geographic perspectives*. Rilov, G. y J. Crooks (Eds.). Springer, Berlin, 641 pp.
- United Nations Conference on Trade and Development-UNCTAD. 2008. Review of Maritime Transport. UNCTAD Report, 184 pp.

¹ Michael J. Ahrens

Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, D. C., Colombia.
michael.ahrens@utadeo.edu.co

² John Dorado-Roncancio

Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, D. C., Colombia.
jhon.dorado@utadeo.edu.co

³ Marcela López Sánchez

Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, D. C., Colombia.
marcela.lopezsanchez@utadeo.edu.co

⁴ Camilo A. Rodríguez

Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, D. C., Colombia.
camiloandresrodriguezferro@gmail.com

⁵ Luis A. Vidal

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Mundo Marino. Santa Marta, Magdalena, Colombia.
lavidalve@yahoo.com

Biodiversidad exótica: presencia de especies marinas no-nativas introducidas por el tráfico marítimo en puertos colombianos

Recibido: 15 de junio de 2011

Aceptado: 3 de octubre de 2011

Caracterización taxonómica de la población del pez león *Pterois volitans* (Linnaeus 1758) (Scorpaenidae) residente en el Caribe colombiano: merística y morfometría

Juan David González-C.¹, Arturo Acero P.², Alba Serrat-LL.³ y Ricardo Betancur-R.⁴

Resumen

Las especies invasoras representan una de las principales causas de extinción de la biodiversidad, por lo que son consideradas el segundo motivo, después de la pérdida de hábitat. El pez león *Pterois volitans* (Linnaeus 1758) fue visto por primera vez al sur de Florida en 1985. Desde 2000 se ha dispersado y establecido en la costa este de Estados Unidos, Bermudas, Bahamas, y desde 2007 se ha expandido por el Caribe, registrándose en localidades oceánicas y continentales de Colombia en 2008 y 2009, respectivamente. Para caracterizar la población residente de *P. volitans* en aguas del Caribe colombiano se hizo una revisión de literatura y se realizaron colectas de la especie. En el laboratorio se efectuó la caracterización merística y morfométrica de una muestra de la población. Se obtuvieron 280 ejemplares provenientes de la región de Santa Marta, tomándose al azar 63 entre 36,3 y 183,0 mm de longitud estándar (LE), realizándose los conteos y medidas pertinentes; los datos merísticos se presentan siguiendo las convenciones ictiológicas y los morfométricos en porcentajes de LE. Los valores encontrados son: aleta dorsal XIII,11 (raro XIII,12); aleta anal III,7 (raro III,8); aleta pectoral 14 (raro 13); longitud cabeza 29,7 - 40,7%; diámetro ojo: 5,6 - 9,1%.

Palabras clave. Pez león. Especies invasoras. Santa Marta. Morfometría. Merística.

Abstract

Invasive species are the second main cause of extinction after habitat loss. Lionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus 1758), was seen by the first time in southern Florida in 1985. Since 2000 it has dispersed and established in the eastern coast of the United States and in Bermuda and Bahamas; since 2007 it has expanded through the Caribbean, appearing in oceanic Colombia in 2008 and in continental Colombia in 2009. In order to characterize the lionfish population inhabiting the Colombian Caribbean a literature revision was made as well as collects. Merisitic and morphometric data were taken in the laboratory from a sample of 63 specimens, 36.3-183.0 mm standard length (SL) (from a total of 280 collected individuals). The counts found were: dorsal fin XIII,11 (rarely XIII,12); anal fin III,7 (rarely III,8); pectoral fin 14 (rarely 13). The main measurements (in percentages of SL) found were head length 29,7 - 40,7% and eye diameter 5,6 - 9,1%.

Key words. Lionfish. Invasive species. Santa Marta region. Morphometry. Meristics.

Introducción

Por su localización en el trópico y su posición geográfica en el continente, Colombia posee una enorme diversidad de sistemas ambientales en sus mares y costas, los cuales, en términos de extensión geográfica, representan casi la mitad del territorio nacional y en su conjunto reúnen una riqueza invaluable de recursos (Invemar 2005). Cuenta de esto la dan las aproximadamente 7000 especies marinas (1000 crustáceos, 2500 moluscos, 153 corales, 2000 peces, 300 equinodermos y 900 briozoos) (Invemar 2009). Este número aumenta cuando se incluyen otros grupos; así, para el Caribe se encuentran registradas 306 especies de esponjas, 9 de zoantideos, 246 de poliquetos, 20 de picnogónidos, 18 de mamíferos, 565 de algas marinas, 378 especies zooplanctónicas y 214 especies de fitoplancton. En total hay 5120 especies marinas registradas para el Caribe colombiano. Para el Pacífico el total de especies registradas para 13 grupos taxonómicos de animales y plantas es de 3328 (Invemar 2009). Sin embargo esta gran diversidad se ve vulnerada por la introducción de especies exóticas, convirtiéndose en un factor determinante de amenaza a la diversidad nativa (Baptiste *et al.* 2010).

Las especies invasoras están presentes en todas las categorías de los organismos vivos (plantas y animales), en todos los tipos de ecosistemas y se encuentran ampliamente distribuidas en el mundo (Gast 2006). Las especies exóticas son todas aquellas que están fuera de su área natural de distribución. Un cierto porcentaje de especies exóticas no sólo llega a establecerse, sino que también desplaza las especies nativas. Estas especies exóticas que desplazan a las nativas a través de depredación, competencia, enfermedades o alteración del hábitat son denominadas especies invasoras (Primack *et al.* 2001) e interfieren con la dinámica de los sistemas naturales y pueden provocar graves daños a los ecosistemas, el reordenamiento de la estructura de la comunidad original, causar la extinción de especies y dar paso al dominio de especies foráneas agresivas particularmente exitosas en grandes áreas, una vez que han reemplazado la variedad de comunidades autóctonas (Rodríguez 2001, Gutiérrez 2006).

El rápido aumento en el tránsito de personas y mercancías ligado a la creciente globalización ha multi-

plicado tanto la escala espacial de las introducciones, como el número de organismos y especies que se transportan de una región a otra (Vilá *et al.* 2008). Estos dos rasgos (gran escala espacial y aceleradas tasas de cambio) son comunes a todos los procesos que forman parte del llamado “cambio global”: conjunto de cambios ecológicos que están ocurriendo a escala planetaria que han sido inducidos, por el hombre. De hecho, el intercambio biótico está considerado, junto con el cambio climático y los cambios de uso del terreno, como uno de los principales motores de alteración global de los ecosistemas y pérdida de los bienes y servicios que obtenemos de éstos (Vilá *et al.* 2008).

El deterioro de los ecosistemas marinos afecta en gran medida la supervivencia de las especies convirtiéndose en una seria amenaza, especialmente para las endémicas de áreas reducidas o con un hábitat restringido. Bahías, estuarios y lagunas costeras de nuestro país se ven seriamente afectadas. Ecosistemas tan productivos como los arrecifes de coral y los manglares también están perdiendo parte de su cobertura viva por la muerte de las especies que los sostienen (Mejía y Acero 2002). La destrucción de la estructura y la composición originales de las comunidades genera nichos disponibles para especies particularmente invasivas, las cuales se adaptan a condiciones marginales y/o cambiantes (Gutiérrez 2006). La piscicultura, o la acuicultura en general, es uno de los mecanismos universales de introducción deliberada de especies acuáticas, bien sea en ríos, lagunas costeras, aguas marinas u otros ecosistemas acuáticos (Vilá *et al.* 2008), pero la mayoría de introducciones de organismos marinos se han producido accidentalmente durante la construcción de canales y debido al transporte de agua en los lastres los barcos (Baltz 1991).

La familia Scorpaenidae es un componente importante de los fondos duros en las plataformas continentales de todos los mares tropicales y subtropicales del mundo. Está constituida por peces demersales de talla pequeña a mediana, generalmente sedentarios (Cervigón *et al.* 1992). Se considera que el grupo incluye alrededor de 180 especies en el Caribe, todas con es-



Figura 1. Área de estudio.

pinas venenosas por lo que tienen que ser manejadas con mucho cuidado (Acero 2009). El género *Pterois* tiene ocho especies que pueden ser diferenciadas por morfometría, merística y coloración (Schultz 1986). Su ámbito natural de distribución va desde el sur de Japón y Korea hasta la costa este de Australia, Indonesia, Micronesia y la Polinesia Francesa en el Pacífico occidental, y desde el oeste de Australia hasta las Islas Marquesas y Oeno en las Islas Pitcairn en el Pacífico sur (Schultz 1986). *Pterois volitans* es un llamativo y atractivo pez de arrecife. Es muy popular entre los acuaristas y fácilmente reconocible para el público en general por su vistoso ornamento en las aletas dorsales y pectorales con enormes espinas y su pigmentación siguiendo un patrón de rayas blancas y rojizas o negruzcas. Pero por ser peces de acuario populares han sido ampliamente comercializados y ahora se encuentran en casi todo el mundo (Freshwater *et al.* 2009).

En su región de origen está asociado a fondos duros, arrecifes de coral y a zonas protegidas desde la superficie hasta los 50 m de profundidad (Schultz 1986). Este pez llegó al Caribe vía escape o introducción intencional, aparentemente desde La Florida (EE.UU.) y las condiciones reinantes de hábitats coralinos, formaciones rocosas y sustratos arenosos y profundidades ideales para su estancia de 1 a 50 m, temperatura entre los 18-30° C, pH de 8 a 8.5 y salinidad de 30-40 ppm, han favorecido la invasión (Gutiérrez *et al.* 2010).

Aunque nativo de la región oceánica Indo-Pacífica, desde 1992 se ha documentado la presencia del pez león en diferentes puntos de la costa este de los EE. UU., particularmente al sur de la Florida (Whitfield *et al.* 2002, Hare y Whitfield 2003, Ruiz-Carus *et al.* 2006, Reef Environmental Education Foundation 2008, REEF database reports <http://www.reef.org/db/reports>). Para el año 2004, la distribución del pez león se había ampliado a las Bahamas (Whitfield *et al.* 2007, REEF 2008, USGS Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL. 2008 <http://nas.er.usgs.gov/queries/FactSheet.asp?speciesID=963>. Actualizado 05/27/2009, consultado 05/16/2009; Morris *et al.* 2009). Más recientemente, en 2007 la especie fue registrada en las islas Turcas y Caicos y Cuba (Chevalier *et al.* 2008) y en las islas Caimán, Jamaica, República Dominicana (Guerrero y Franco 2008), las islas Vírgenes, Belice y Barbados en 2008 (REEF 2008, Morris *et al.* 2009).

El pez león apareció por primera vez en el Caribe insular colombiano en la isla de Providencia (Guerrero y Franco 2008, Schofield *et al.* 2009). Más recientemente entre mayo y junio de 2009, se registró la especie por primera vez en el Caribe continental colombiano, en el Parque Nacional Natural Tayrona y aguas adyacentes donde seis individuos fueron observados, fotografiados y colectados con arpón mecánico (González *et al.* 2009). Estos fueron depositados en el Museo de Historia Natural Marina de Colombia (Invemar-PEC). A julio de 2010, en la región de Santa Marta se habían extraído aproximadamente



Figura 2. Pez león *Pterois volitans*, fotografía *in situ*.

320 individuos (Acero obs. pers.) y un número menor en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Así mismo, en 2010 fue reportada la presencia del pez león en 23 localidades de la costa de Venezuela (Lasso-Alcalá y Posada 2010). El invasor *P. volitans* es el primer pez marino no nativo que se ha establecido a lo largo de la costa Atlántica de EE.UU. y del Gran Caribe en su conjunto. La invasión del pez león en el Atlántico occidental representa la más rápida invasión marina documentada en la historia (Morris *et al.* 2009). Las invasiones del pez león constituyen una preocupación para los administradores costeros (operadores de buceo, guardacostas, autoridades ambientales, pescadores) debido a que representa una amenaza potencial a los recursos pesqueros, las comunidades de peces nativos y la salud humana (Morris y Akins 2009).

El objetivo del presente trabajo fue hacer la caracterización taxonómica de la población residente del invasor pez león *Pterois volitans* (Scorpaenidae) en los arrecifes de la región de Santa Marta. Dicha caracterización se llevó a cabo usando herramientas merísticas y morfométricas en el Cecimar de la Universidad Nacional de Colombia sede Caribe.

Material y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en la región de Santa Marta (Colombia) entre julio de 2009 y mayo de 2010. Las colectas se realizaron en las bahías de Gaira (Punta Gloria, El Morro del Rodadero, Inca-Inca, Isla Pelicano y Playa Blanca), de Santa Marta

(Punta Betín y El Morro), de Taganga (Playa Grande, Mendihuaca, Sisihuaca, Playa Vaca y Playa de Pescadores); y PNN Tayrona (Granate, El Cantil, La Pecera, Isla de la Aguja, Punta Aguja, Punta del Vigía, Punta Venado, Las Minas, Casacamargo, Olla Tortuga, El Morrito, Bahía Concha, Bahía Chengue, Bahía Gayraca, Playa del Amor, Bahía de Nenguange, Playa del Muerto y Bahía Cinto) (Figura 1). Por estar localizada en una ramificación de las estribaciones del sistema montañoso más alto que existe a la orilla del mar -la Sierra Nevada de Santa Marta-, así como por la existencia de una plataforma continental angosta y los fuertes vientos alisios del noreste, se forman acantilados y numerosas bahías protegidas de diferente tamaño, donde se favorece la concentración de la mayoría de los ambientes litorales del trópico en un área relativamente pequeña (Strewe 2005).



Figura 3. Pez león *Pterois volitans*, fotografía *in situ*.

Se realizaron 30 salidas de campo siguiendo el método de buceo errante a un ámbito de profundidad 10-15 m. En este método dos buzos nadan por una hora, contando todos los organismos objeto que encuentren (AGRRA Protocols Version 5.4. http://www.agrra.org/method/AGRRA-V5.4_2010.pdf, consultada en mayo 2010). Luego se fotografiaron *in situ* (Figuras 2 y 3) y se colectaron con un arpón mecánico y red de mano. De cada una de las localidades visitadas fueron extraídos la mayor cantidad de ejemplares del pez león para su caracterización taxonómica y posterior análisis genético. Vale la pena mencionar que esta especie no está protegida, tratándose de una especie invasora (resolución 207 de 2010) altamente perjudicial que debe ser extirpada de los arrecifes colombianos.

Además se llevó a cabo una jornada de extracción de *Pterois volitans* del Parque Tayrona el 24 de mayo de 2010. Dicha actividad fue realizada en conjunto con cuatro escuelas de buceo de Taganga (Nautilus, Octopus, Tayrona y Aquantis) las cuales apoyaron en la organización y logística de la jornada de pesca del invasor. También se contó con material traído de la región de Arboletes (Antioquia) en el giro Colombia-Panamá, el cual fue donado por el biólogo J. Víaña que los colectó mediante una red de arrastre camaronesa.

El material recolectado fue fotografiado, pesado, medido con un calibrador y sus características merísticas y morfométricas debidamente anotadas en las instalaciones del Cecimar-Invemar de la Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe en el Cerro de Punta Betín. Las muestras se marcaron siguiendo una numeración de tres cifras con el siguiente formato LFXXX, se fijaron en formalina y se conservaron en etanol 70%.

Resultados y discusión

En el laboratorio se efectuó la caracterización merística y morfométrica de una muestra de la población residente. Se obtuvieron 280 ejemplares de pez león provenientes principalmente de la región de Santa Marta, de los cuales se tomaron al azar 63 entre 36,3 y 183,0 mm de longitud estándar (LE) (51-248 mm de longitud total) y se les realizaron los conteos y las medidas pertinentes; los datos merísticos se presentan siguiendo las convenciones ictiológicas y los morfométricos en porcentajes de LE.

Los valores encontrados se mencionan a continuación:

Merística

Aleta dorsal XIII,11 (raro XIII,12); aleta anal III,7 (raro III,8); aleta pectoral 14 (raro 13); aleta pélvica (I,5); branquispinas 3-5+8-9 (2-5+7-10)=11-14 (10-15).

Morfometría

Longitud cabeza 34,5% (29,7-40,7); longitud rostro 13,5% (8,7-16,9); longitud mandíbula superior

15,1% (11,5-17,9); altura del cuerpo 36,4% (28,7-45,2); altura pedúnculo caudal 10,7% (8,3-13,1); diámetro ojo 7,3% (5,6-9,6); longitud pre-aleta dorsal: 30,6% (25,0-36,6); longitud base dorsal: 62,6% (52,7-67,8); longitud espina dorsal 44,5% (36,6-53,8); longitud radio dorsal 32,8% (27,0-38,7); longitud pre-aleta anal 66,8% (60,9-72,8); longitud base anal 19,6% (16,9-23,2); longitud espina anal 17,6% (13,0-22,3%); longitud radio anal 33,8% (27,0-40,1); longitud pre-aleta pectoral 35,8% (30,0-42,4); longitud base pectoral 14,5% (11,6-18,1); longitud aleta pectoral 99,8% (69,9-148,7); longitud pre-aleta pélvica 35,9% (28,0-44,5); longitud base pélvica 5,3% (3,6-7,8); longitud espina pélvica 19,5% (15,3-27,0); longitud radio pélvico 46,5% (39,8-55,7).

Las características merísticas de *P. volitans*/*P. miles* basados en Schultz (1986) y Myers (1989) son las siguientes: D: XIII, 10-11 (común 11); A: III, 6-7 (común 7); P₁: 14-16 (varia poblacionalmente). Para *P. miles* (Bennett 1828), la especie hermana y que a simple vista es fácil confundirla, presenta las siguientes características merísticas: D: XIII, 10-11 (común 10); A: III, 6-7 (común 6). Los resultados obtenidos confirman que la especie que se encuentra en el Caribe continental colombiano corresponde a *Pterois volitans* lo cual coincide con lo encontrado por Schultz (1986) para la región Indo-Pacífica.

En cuanto a la morfometría, como sucede con todos los vertebrados, los individuos más pequeños tienen ojos y cabeza mucho más grandes con respecto a la longitud del cuerpo. En los pequeños el ojo corresponde al 9,6 % de la LE, mientras que en los más grandes este es tan solo un 5,6 % de la LE. Igualmente presentan una aleta pectoral que corresponde a más del 100% de la LE (Figura 4).

Tanto animales de talla pequeña como los de talla grande tienen una aleta dorsal conformada por 13 espinas venenosas que corresponden al 44,5 % de la longitud estándar del cuerpo del animal, razón por la cual la especie representa un peligro potencialmente letal para buzos, pescadores y turistas. De igual manera, es importante mencionar que (en promedio) la aleta pectoral, de los 63 individuos medidos, corresponde al 99,81% de la LE. El acorralamiento es

una de las estrategias empleadas por el pez león para obtener su alimento, dicha estrategia se ve favorecida si tiene aletas pectorales con radios de este porte (Figura 5).

Vale la pena anotar que Freshwater *et al.* (2009) predijeron que el último sitio donde se daría la dispersión de la especie en el Caribe sería el Giro Colombia-Panamá, la región más aislada de la cuenca (Cowen *et al.* 2006). Sin embargo, hay varios registros y colecciones que demuestran que esta hipótesis no se cumplió ya que desde 2010 se tienen especímenes capturados en esta región antes de que llegara al Caribe oriental.

Agradecimientos

Contribución 365 del Centro de Estudios en Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe, financiada por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias).

Literatura citada

- Acero, A. 2009. Invasión del pez escorpénido *Pterois volitans/miles* a los arrecifes colombianos: ecología y origen. Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe, Cecimar/Invemar. Santa Marta, 14 pp.
- Baltz, D. M. 1991. Introduced Fishes in Marine Systems and Inland Seas. *Biological Conservation* 56: 151-177.
- Baptiste, M. P., N. Castaño, D. Cárdenas, F. P. Gutiérrez, D. L. Gil y C. Lasso (Eds.). 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia, 200 pp.
- Cervigón, F., R. Cipriani, W. Fischer, L. Garibaldi, M. Hendrickx, A. J. Lemus, R. Márquez, J. M. Poutiers, G. Robaina y B. Rodríguez. 1992. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. Fichas FAO de Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 511 pp.
- Chevalier, P. O., E. Gutierrez, D. Ibarzabal, S. Romero, V. Isla, J. Calderin y E. Hernandez. 2008. First record



Figura 4. Pez león *Pterois volitans*, fotografía de colecta.



Figura 5. Pez león *Pterois volitans*, fotografía de colecta.

of *Pterois volitans* (Pisces: Scorpaenidae) for Cuban waters. *Solenodon* 7: 37-40.

- Cowen, R. K., C. B. Paris y A. Srinivasan (2006) Scaling of connectivity in marine populations. *Science* 311: 522-527.
- Freshwater, D.W., D. Wilson Freshwater, A. Hines, S. Parham, A. Wilbur, M. Sabaoun, J. Woodhead, L. Akins, B. Purdy, P. E. Whitfield y C. B. Paris. 2009. Mitochondrial Control Region Sequence Analyses Indicate Dispersal from the US East Coast as the Source of the Invasive Indo-Pacific Lionfish *Pterois Volitans* in the Bahamas. *Marine Biology*. Published online.
- Gast, F. Presentación. Pp. 7. 2006. En: Estado de Conocimiento de Especies Invasoras: Propuestas de Lineamientos para el Control de los Impactos. F. de P. Gutiérrez Bonilla. Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá.
- González, J., M. Grijalba-Bendeck, A. Acero y R. Bantancur-R. 2009. The Invasive Red Lionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus 1758), in the Southwestern Caribbean Sea. *Aquatic Invasions* 4 (3): 507-510.
- Guerrero K. A., y A. L. Franco. 2008. First record of the Indo-Pacific red lionfish *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758) for the Dominican Republic. *Aquatic Invasions* 3: 255-256.

- Gutiérrez Bonilla, F. P. 2006. Estado de conocimiento de especies invasoras: propuestas de lineamientos para el control de los impactos. Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, 156 pp.
- Gutiérrez, F. P., C. Lasso, P. Sánchez-Duarte y D. L. Gil. 2010. Análisis de riesgo para especies acuáticas continentales y marinas. Pp. 73-114. *En*: Baptiste M. P., N. Castaño, D. Cárdenas, F. P. Gutiérrez, D. L. Gil y C. A. Lasso (Eds). 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.
- Hare, J. A. y P. E. Whitfield. 2003. An integrated assessment of the introduction of lionfish (*Pterois volitans/miles* complex) to the western Atlantic Ocean. *NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 2*, 21 pp.
- Invemar. 2005. Los Ecosistemas del Mar Caribe Colombiano y de sus Costas. Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia, 38 pp.
- Invemar. 2009. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros de Colombia 2008. Instituto de investigaciones marinas y costeras "Benito Vives de Andreis" Invemar. *Serie de publicaciones periódicas* 8. Santa Marta, 244 pp.
- Lasso-Alcalá. O. M. y J. M. Posada. 2010. Presence of the invasive red lionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758), on the coast of Venezuela, southeastern Caribbean Sea. *Aquatic Invasions* (2010) 5 (1): 53-59. Published online: 23 July 2010.
- Mejía, L. S. y A. Acero. (Eds.). 2002. Libro Rojo de Peces Marinos de Colombia. INVEMAR, Instituto de Ciencias Naturales (Universidad Nacional de Colombia), Ministerio de Medio Ambiente. La serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia, 174 pp.
- Morris, J. A., J. L. Akins, A. Barse, D. Cerino, D. W. Freshwater, S. J. Green, R. C. Muñoz, C. Paris y P. E. Whitfield. 2009. Biology and Ecology of the Invasive Lionfishes, *Pterois miles* and *Pterois volitans*. *En*: *Gulf and Caribbean Fisheries Institute*.
- Morris, J. A. y J. L. Akins. 2009. Feeding Ecology of Invasive Lionfish (*Pterois volitans*) in the Bahamian Archipelago. *Environmental Biology Fish* 86: 389-398.
- Myers, R. F. 1989. Micronesian Reef Fishes. Segunda ed. Coral Graphics, Barrigada, Guam, 298 pp.
- Primack R., R. Rozzi, P. Feisinger, R. Dirzo y F. Massardo. 2001. Especies exóticas, enfermedades y sobreexplotación. Pp. 225-252. *En*: Fundamentos de Conservación Biológica: Perspectivas Latinoamericanas. 2001. Primera edición. Fondo de Cultura Económica, México.
- MAVDT. Resolución 0207 del 3 de febrero de 2010 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), mediante la cual se incluye al pez león dentro de la lista de especies invasoras ya que cumple con las características de una especie nociva que puede amenazar ecosistemas, hábitats o especies.
- Rodríguez, J. P. 2001. La amenaza de las especies exóticas para la conservación de la biodiversidad suramericana. *Interiencia* 26(10): 479-483.
- Ruiz-Carus R., R. E. Matheson, D. E. Roberts, P. E. Whitfield. 2006. The western Pacific red lionfish, *Pterois volitans* (Scorpaenidae), in Florida: Evidence for reproduction and parasitism in the first exotic marine fish established in state waters. *Biological Conservation* 128: 384-390.
- Schofield, P. J., J. A. Morris, J. N. Langston y P. L. Fuller. 2009. *Pterois volitans/miles*.
- Schultz, E.T. 1986 *Pterois volitans* and *Pterois miles*: two valid species. *Copeia* 1986: 686-690.
- Strewe, R., R. F. Ante, M. F. Molina y R. Henríquez. 2005. Áreas importantes para la conservación de aves en Colombia. Parque Nacional Natural Tayrona. Pp. 139-140. *En*: Áreas importantes para la conservación de las aves en los Andes Tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. BirdLife International. Quito, Ecuador. Serie de Conservación de BirdLife 14.
- Vilá, M., F. Valladares, A. Traveset, L. Santamaría y P. Catro. 2008. Invasiones Biológicas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, 216 pp.
- Whitfield, P. E., T. Gardner, S.P. Vives, M.R. Gilligan, W. R. Courtenay, G. C. Ray y J. A. Hare. 2002 Biological invasion of the Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans* along the Atlantic coast of North America. *Marine Ecology Program Ser.* 235: 289-297.
- Whitfield, P.E., J. A. Hare, A. W. David, S. L. Harter, R. C. Muñoz y C. M. Addison. 2007. Abundance Estimates of the Indo-Pacific Lionfish *Pterois volitans/miles* Complex in the Western North Atlantic. *Biological Invasions* 9(1): 53-64.

¹ Juan David González-C.
Universidad Nacional de Colombia - Sede Caribe.
jdgonzalezcor@unal.edu.co

² Arturo Acero P.
Universidad Nacional de Colombia - Sede Caribe.
aacero@invemar.org.co - arturo.acero@gmail.com

³ Alba Serrat-LL.
Universidad Nacional de Colombia - Sede Caribe Universitat
de Barcelona.
albaserrat@hotmail.com

⁴ Ricardo Betancur-R.
George Washington University.
betanri@gmail.com

Caracterización taxonómica de la población del pez
león *Pterois volitans* (Linnaeus 1758) (Scorpaenidae)
residente en el Caribe colombiano: merística y
morfometría

Recibido: 15 de junio de 2011
Aceptado: 11 de noviembre de 2011

Áreas vulnerables a la invasión actual y futura de la rana toro (*Lithobates catesbeianus*: Ranidae) en Colombia: estrategias propuestas para su manejo y control

J. Nicolás Urbina-Cardona¹, Javier Nori² y Fernando Castro³

Resumen

La rana toro es una de las especies invasoras más agresivas a nivel global debido a su amplia capacidad de dispersión, de competencia y por sus hábitos alimenticios voraces y plásticos. En Colombia la especie ha sido reportada desde la década de los 80's cuando fue introducida al país como alternativa económica en la ranicultura y su distribución se ha incrementado desde ese entonces. En el presente trabajo se realizó un modelo de distribución potencial de la especie para Colombia basado en la proyección de la distribución actual en el área nativa, en el noreste de los Estados Unidos. Así mismo se comparó la distribución potencial actual con la distribución futura en tres modelos globales de circulación (CCCMA-CGCM31, CSIRO_MK30 y IPSL_CM4) y a lo largo de dos horizontes de tiempo (años 2050 y 2080). Se determinó que los Andes y la región Caribe en Colombia presentan áreas óptimas para el establecimiento de la especie en el presente y en el futuro. Es urgente realizar un plan de manejo y control de la rana toro en Colombia, identificar las áreas invadidas para controlar las poblaciones de esta especie y tomar medidas preventivas en áreas potenciales para la invasión.

Palabras clave. Cambio climático. Distribución geográfica. Especies invasoras. MaxEnt. Planes de monitoreo, vigilancia y control.

Abstract

The bullfrog is one of the most aggressive invasive species globally because of their wide dispersal ability, competence and their voracious eating habits. In Colombia, the species has been reported since the early 80's when entered the country as an economic alternative in the frog breeding and distribution has increased since then. This work has modeled potential distribution of the species in Colombia based upon the projection of the distribution in the native area in the northeastern United States. Likewise, the distribution was compared with the current potential future distribution of three global circulation models (CCCMA-CGCM31, CSIRO_MK30 and IPSL_CM4) and over two time horizons (2050 and 2080 yrs). It was determined that the Andes and the Caribbean Region in Colombia presents optimal areas for the establishment of the species present and the future. It is urgent to design and implement a management and control plan for Bullfrog populations in Colombia, to identify invaded areas and perform control of this species. This article provides some basis for the development of this plan in Colombia.

Key words. Climate change. Geographic distribution. Invasive species management and control plans. MaxEnt.

Introducción

La rana toro (*Lithobates catesbeianus*: Ranidae) es una especie exótica originaria del noreste de los Estados Unidos que ha sido introducida en Suramérica como especie promisoría en la producción de proteína animal y con proyecciones económicas atractivas (Lutz y Avery 1999). Esta especie invasora ha sido reportada en diez de los 13 países de Suramérica continental (Colombia, Ecuador, Venezuela, Perú, Chile, Guyana, Paraguay, Brasil, Argentina y Uruguay) (Rueda-Almonacid 1999, Borges-Martins et al. 2002, Lever 2003, Cisneros-Heredía 2004, Hanselmann et al. 2004, Sanabria et al. 2005, Ziller et al. 2005, Laufer et al. 2008, Frost 2009, Morejón 2009, ISSG 2009, IABIN 2011, Sanabria et al. 2011), siendo los tres últimos países los principales productores de individuos para exportarlos como alimento a Europa y Estados Unidos (Matthews 2005).

La rana toro se encuentra señalada como una de las especies invasoras más agresiva a nivel global (Lever 2003, Lowe et al. 2004). Puede llegar a su madurez sexual entre su primer y segundo año después de la metamorfosis (George 1940, Ryan 1953). Una hembra, según su tamaño, puede llegar a producir de 1000 a 48000 huevos dos veces al año, aún en condiciones de alta contaminación (Bury y Whelan 1984). Cuenta además con una longevidad aproximada de diez años en vida silvestre y puede llegar a vivir hasta 16 años en criaderos (Oliver 1955). El desarrollo del huevo hasta larva dura de 3 a 5 días en rangos de temperatura de 15 a 32 °C (Howard 1978). El renacuajo eclosiona con una longitud de 26 a 32 mm, dependiendo de las condiciones climáticas y ambientales donde se desarrolle; se alimentan de plantas acuáticas, pequeños invertebrados e incluso pequeños peces (Treanor y Nichola 1972). Tanto los huevos como los renacuajos presentan un sabor desagradable para la mayoría de los depredadores potenciales como los peces y sus larvas alteran la composición de algas bentónicas perturbando la estructura de la comunidad acuática (Kiesecker y Blaustein 1998, Matthews 2005). Esta especie ejerce efectos deletéreos en la biodiversidad nativa de los ambientes que coloniza debido a que compete por espacio y alimento con especies nativas y los individuos adultos depredan directamente a otras especies de vertebrados (serpientes, peces, anfibios,

reptiles y aves) (Kiesecker y Blaustein 1998, Rueda-Almonacid 1999, Daza-Vaca y Castro-Herrera 1999, Matthews 2005). Finalmente, se adiciona otro riesgo importante pues se ha demostrado que esta especie tolera y disemina el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, el cual es una de las principales causas de disminuciones y extinciones globales de anfibios (Mazzoni et al. 2003, Garner et al. 2006, Pearl et al. 2004, Schloegel et al. 2009, Urbina-Cardona et al. en prensa), incluso al interior de los fragmentos de vegetación natural remanente y las áreas naturales protegidas (Bosch et al. 2001, Schüttler y Karez 2008, Becker y Zamudio 2011).

Su entrada a Colombia, tiene origen en el atractivo como especie prolífica para la producción de carne y pieles, proceso que floreció en Brasil, y desde entonces 444 individuos (24 hembras y 2 machos adultos, y 78 post-metamórficos) llegaron a Colombia por el departamento de Caldas (Granja Montelindo, vereda Santagueda, Municipio de Palestina; septiembre de 1986) llevada por empresarios del sector agropecuario que buscaban innovar su sistema productivo pero ignorantes de los riesgos de esa introducción (Rueda-Almonacid 1999). Otro foco de invasión fue reportado en junio de 1993 en el Alto de Chinauta (departamento de Cundinamarca) con individuos procedentes del Departamento de Caldas. Hacia 1990 el Inderena emitió una resolución que prohibía su cría en el país y ordenaba la destrucción de las colecciones experimentales (Matthews 2005). Sin embargo, a inicios de 1994 la especie ya había colonizado ambientes en la cuenca del río Cauca, haciendo uso de presas y canales de irrigación, llegando al sector Media Canoa en el Valle del Cauca, y alcanzando rápidamente dispersión hacia el alto y bajo río Cauca y por otro lado el Valle del río Magdalena en el occidente de Cundinamarca y Tolima oriental también era colonizado rápidamente con las introducciones a Chinauta (Rueda Almonacid 1999, Matthews 2005). Lynch (2005) reporta la presencia de esta especie en la cuenca amazónica del oriente de Boyacá, Matthews (2005) reporta las poblaciones más abundantes en La laguna de Sonso del Valle del Cauca y en los alrededores de Buga. Más adelante Mueses-Cisneros y Ballén (2007) reportaron la presencia de esta especie en la ciudad de Bogotá.

Observaciones aun no documentadas en su totalidad, indican que esta especie invasora ha alcanzado una amplia distribución hacia los sectores norte del país (departamentos de Antioquia, Risaralda, Córdoba y sur de Bolívar y el Medio Magdalena), con una gran cantidad de humedales del complejo lagunar de la planicie Caribe.

Recientemente, las herramientas que permiten modelar la distribución de las especies han sido usadas ampliamente para predecir las áreas (potenciales) más adecuadas para el establecimiento de especies invasoras, permitiendo señalar, a manera de alerta temprana, las regiones en las cuales es prioritario tomar acciones de monitoreo y control para evitar las invasiones (Giovanelli *et al.* 2008, Urbina-Cardona y Castro 2010; 2011, Nori *et al.* 2011a,b). Recientemente se ha señalado que la aplicación de dichas herramientas para la determinación de zonas con riesgo de invasión debe hacerse de forma particular ya que dichas áreas están más asociadas al nicho fundamental de la especie que a su nicho realizado (Rodda *et al.* 2011). Haciendo uso de estas herramientas, estudios recientes han descrito la distribución actual de la rana toro en algunas regiones de Suramérica (Giovanelli *et al.* 2008, Nori *et al.* 2011 a,b), demostrado que el cambio climático puede afectar la distribución futura de esta especie en algunos ecosistemas en Colombia y Brasil (Urbina-Cardona y Castro 2011; 2010, Loyola *et al. en prensa*). En el presente estudio se modeló la distribución actual y futura (basados en diferentes modelos climáticos) de *Lithobates catesbeianus* en su ámbito nativo y se proyectó los resultados a Colombia bajo diferentes horizontes de tiempo (actual, 2050, 2080). Los objetivos del presente estudio fueron: (a) determinar la distribución potencial de la rana toro en Colombia, y (b) determinar el patrón de cambio en hábitats potencialmente adecuados para la invasión a futuro bajo diferentes escenarios globales de circulación y diferentes horizontes de tiempo.

Material y métodos

Localidades de presencia de la rana toro

Se inició el estudio con una base de datos compuesta por 1431 registros únicos de la rana toro en su

área de distribución nativa, obtenidos de HerpNet (<http://www.herpnet.org>), Conabio (http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html) y GBIF (<http://data.gbif.org>), incluyendo datos de presencia en México, USA y Canadá. Adicionalmente se usaron 210 registros únicos de invasión de la rana toro en Suramérica, obtenidos a partir del I3N IABIN (<http://i3n.iabin.net>), Species Link (<http://splink.cria.org.br>), y colecciones de herpetología (Instituto Hórus, Universidad de Antioquia, Centro de Zoología Aplicada de la Universidad Nacional de Córdoba), así como literatura científica (Ficetola *et al.* 2007, Giovanelli *et al.* 2008, Akmentins y Cardozo 2010, Nori *et al.* 2011a, Sanabria *et al.* 2011). Los registros duplicados fueron eliminados haciendo uso del software ENMTools 1.3 (Warren y Seifert 2011).

Datos climáticos

Se realizó un análisis de correlación de Pearson entre las 19 variables bioclimáticas del WorldClim (<http://www.worldclim.org>) las cuales describen el clima con una serie de variables interpoladas a partir de un conjunto de datos globales (Hijmans *et al.* 2005). A su vez, se incluyó en el análisis la altitud obtenida del U. S. Geological Survey's Hydro-1K (<http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/gtopo30.html>). Se seleccionaron las diez variables que no presentaron colinealidad con otras variables ($r < 0,75$): rango diurno promedio, isothermalidad, temperatura máxima del mes más cálido, rango anual de temperatura, temperatura media del trimestre más húmedo al año, precipitación del mes más húmedo, estacionalidad en la precipitación, precipitación del trimestre más seco del año y altitud. Para estimar la influencia del cambio climático global en la distribución potencial de *L. catesbeianus*, se modeló la distribución de la especie a lo largo de tres horizontes de tiempo (presente, 2050 y 2080) y usando diferentes modelos de circulación global (CCCMA-CGCM31, CSIRO_MK30 y IPSL_CM4; Diniz-Filho *et al.* 2009, 2010) para cada periodo de tiempo.

Modelos de distribución de rana toro

Se realizaron modelos de distribución geográfica de la rana toro haciendo uso del programa MaxEnt (Phillips *et al.* 2006, 2009), el cual hace inferencias robustas a partir solo de datos de presencia de las

especies (Elith *et al.* 2006) y se basa en el principio de encontrar la probabilidad de distribución de una especie mediante la probabilidad de distribución de máxima entropía (Phillips *et al.* 2006). A partir de datos de distribución de la especie y las variables ambientales (capas climáticas y topográficas) ubicados sobre un espacio geográfico, el modelo obtenido es la probabilidad relativa de la distribución de una especie en un espacio geográfico (Elith *et al.* 2011). Expresa las condiciones de cada celda para albergar a una especie como una función de las variables ambientales incluidas en el modelo. Un valor alto en la función de una celda indica la predicción de tener condiciones óptimas para la especie modelada. El modelo resultante es la probabilidad relativa de la distribución de una especie a lo largo del espacio geográfico definido, donde valores probabilísticos mayores indican que la verosimilitud en una celda tiene potencialmente las condiciones ambientales adecuadas para el establecimiento de la especie modelada (Elith *et al.* 2006, Phillips *et al.* 2006, 2009).

Primero se modeló la distribución potencial de *Lithobates catesbeianus* en su ámbito geográfico nativo, delimitado por un polígono convexo mínimo generado con los 1427 registros recopilados en dicha área. El 75% de dichos registros (1070) fueron destinados al entrenamiento del modelo y el 25 % restantes (357 registros) para la prueba del mismo. El resultado obtenido fue proyectado a toda Suramérica para escenarios actual y futuros. Para correr los modelos en el software MaxEnt, primero se definió el parámetro de regularización a partir de la aplicación de la variación para la corrección de muestras pequeñas del criterio de información de Akaike en ENMTools 1.3 (Warren y Seifert 2011). Para evitar proyecciones débiles y consecuente sub-predicción de las áreas de riesgo en la proyección, producto del algoritmo de modelado implementado, se utilizó el “clamping análisis” (implementado por MaxEnt). Para reclasificar los mapas de la especie a áreas adecuadas (presencia) e inadecuadas (ausencia) para el establecimiento de la especie, se usó el umbral de “minimum training presence” debido a que es idóneo al modelar especies invasoras (Pyrone *et al.* 2010, Rodda *et al.* 2011).

Los resultados de distribución actual se validaron al comparar los modelos de distribución con los reportes de distribución (invasión) de la especie en Suraméri-

ca. Se evaluó la similitud de los diferentes modelos de distribución actual y futuros (modelos de circulación en diferentes horizontes de tiempo) aplicando el estadístico *I* y el rango relativo (RR) en ENMTools (Warren y Seifert 2011).

Una vez evaluada la validez de los modelos de distribución actual y futura de rana toro para Suramérica se procedió a cortar cada modelo geográfico, resultante a un área circunscrita a la extensión de Colombia continental (1.141.962 km²).

Resultados y discusión

Los modelos de distribución presentaron valores de área bajo la curva altos (AUC=0,842 +/- 0,009 para el test; 0,86 +/- 0,011 para entrenamiento del modelo). El umbral de “minimum training presence” fue bajo (0,1) y el mejor valor de regularización, escogido a partir del valor más bajo en el criterio de selección de Akaike fue 1. Los valores del estadístico *I* y el rango relativo reflejaron altos valores de similitud entre los diferentes modelos globales de circulación (CCCMA-CGCM31, CSIRO_MK30 y IPSL_CM4) al comparar el mismo horizonte de tiempo (2050 o 2080).

Todas las poblaciones invasoras reportadas para Colombia coinciden con áreas potencialmente adecuadas para la invasión de la rana toro (Figura 1). Las proyecciones geográficas de distribución de la especie en el futuro muestran un incremento en las áreas adecuadas para el establecimiento de la especie en Colombia principalmente para la Orinoquia y en uno de los modelos (CSIRO_MK30 al año 2080) para la Amazonia (Figura 2).

A pesar de que las diferentes proyecciones a futuro de la distribución de rana toro en el país muestran algunas diferencias (principalmente para la región de la Orinoquia debido a los supuestos y la sensibilidad en demostrar cambios climáticos locales al comparar los diferentes modelos globales de circulación), todos los escenarios muestran una tendencia permanente (actual y futura) de ambientes adecuados para la invasión en las cordilleras y el Caribe colombiano. Este patrón difiere ampliamente con el modelo de

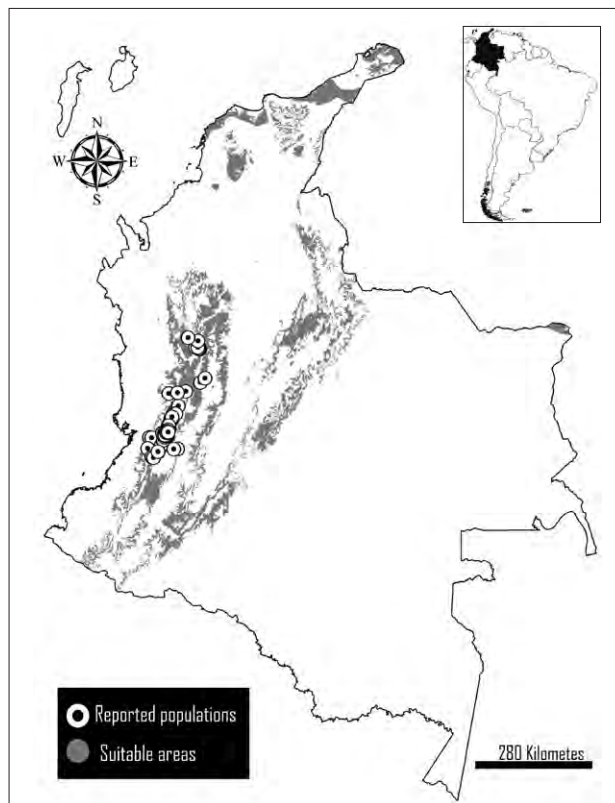


Figura 1. Modelo de distribución actual de rana toro (*Lithobates catesbeianus*: Ranidae) en Colombia. En color gris se indican las áreas (potenciales) adecuadas para el establecimiento de la especie; en círculos blancos con centro negro se indican los reportes de la especie para Colombia.

distribución futura de *L. catesbeianus* propuesto por Urbina-Cardona y Castro (2011), en el cual usando un modelo de circulación CCCMA para el año 2050 subestiman el potencial invasor de la especie hacia la Orinoquia y el Caribe colombiano. Diniz-Filho *et al.* (2009) reportan, a partir del modelado de 3837 especies de aves neotropicales, que el 14% de la variación en los modelos de distribución geográfica se debe al modelo de circulación global usado y un 3% adicional a la interacción entre los modelos de circulación global y los horizontes de tiempo. Esto demuestra la importancia de analizar la distribución futura de las especies invasoras haciendo uso de diversos modelos globales de circulación y a lo largo de diferentes horizontes de tiempo (Nori *et al.* 2011b). Asimismo, resultaron importantes las variaciones metodológicas realizadas en la aplicación de MaxEnt en orden de no sub-predecir el potencial invasor de una especie

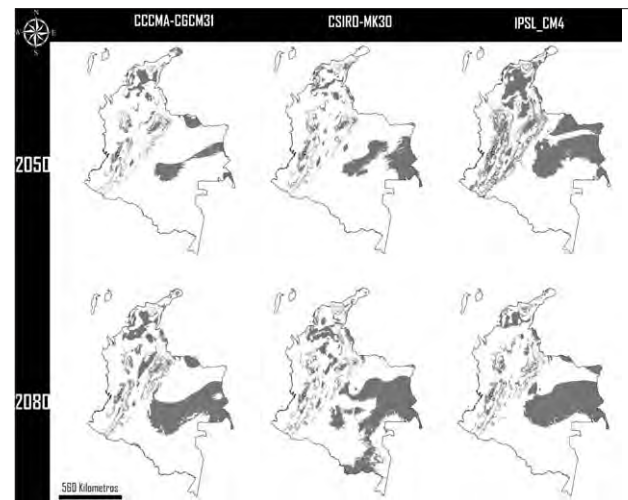


Figura 2. Modelos de distribución futura de rana toro (*Lithobates catesbeianus*: Ranidae) en Colombia bajo diferentes modelos globales de circulación y a dos horizontes de tiempo (2050 y 2080). En color gris se indican las áreas (potenciales) adecuadas para el establecimiento de la especie.

tan agresiva como la rana toro (principalmente la utilización del polígono convexo mínimo para calibrar la proyección, la validación de la prueba de los valores de regularización y la actualización del Maxent con análisis más robustos) y de proyectar la distribución de la especie al área invadida, con modelos basados exclusivamente en las localidades del área nativa. En este sentido, es importante aclarar que las localidades de distribución del área invadida no reflejan siempre poblaciones viables que crecen y sobreviven en el tiempo y colonizan nuevos ambientes (Nori *et al.* 2011b), como se refleja en el reporte de Mueses-Cisneros y Ballén (2007) para algunas áreas verdes de la ciudad de Bogotá. Por lo cual, localidades de distribución del área invadida que no representen poblaciones viables podrían incluir sesgo al momento de construir el modelo de distribución de una especie que use todo el rango geográfico (nativo e invadido) de la especie (según lo sugerido por Broennimann y Guisan 2008).

Distribución de rana toro en Colombia

En el eje de la cuenca hidrográfica del río Cauca, las condiciones de humedales anexos, como madre viejas, ríos lentos y un amplio sector de distritos de riego en la agricultura intensa y extensa de esta región, brinda condiciones idóneas para que individuos adul-

tos y los huevos puestos en masas flotantes de vegetación acuática logren ir colonizando las características locales de nuevos hábitats viables (Matthews 2005). Otro tanto se puede establecer para el eje hídrico en la cuenca del río Magdalena; ambos recorridos convergen en los humedales de los complejos cenagosos y lagunares de la llanura Caribe al norte. En estas áreas indicadas anteriormente, el efecto de dispersión es solamente la migración en esa dirección sur a norte y por medios facilitados por estas cuencas hídricas. El presente estudio documenta un rango actual de distribución geográfica relativamente pequeño (Figura 1), pensando en que hoy día podríamos aceptar un rango más amplio y crítico a lo largo del país. Sin embargo, las áreas adecuadas para el establecimiento de la especie en la actualidad reflejan una buena predicción dado que la alta humedad y presencia de cuerpos de agua, estabilidad de temperaturas anuales y los regímenes de lluvias en el medio Magdalena, brindarían espacios adecuados para implantación de poblaciones de una especie tan agresiva como la rana toro. Con el incremento en las inundaciones causadas por las largas temporadas de lluvias en el país que en los últimos meses asciende a 2.091.871 hectáreas y otras 10 millones de hectáreas en riesgo de inundación (IGAC *et al.* 2011), la conectividad estructural y funcional para la rana toro en las áreas con alta precipitación se ha incrementado en la medida que la especie es capaz de dispersarse largas distancias y prosperar en áreas antropogénicas perturbadas (Matthews 2005).

Pensando en las otras áreas como la Orinoquia y Amazonia, los complejos hídricos conllevan a que actividades de origen antrópico puedan llevar a una rápida colonización. Los modelos generados para los escenarios de cambio climático (Figura 2), dan una idea y predicción robusta, en las cuencas de los ríos Meta, Arauca y sistemas lagunares naturales o “préstamos”. En este caso de la Orinoquia, influye mucho la actividad de reproducción activa desde criaderos en el vecino país (Venezuela) y se agravaría la situación con un cambio de regímenes de lluvias respecto de su intensidad y extensas inundaciones de estas tierras bajas.

Una mirada hacia la Amazonia es casi similar a lo analizado en la Orinoquia. Este sector de la Amazonia tiene amenazas ya existentes desde Ecuador y Perú,

pese a que la cuenca drene en otro sentido a la Orinoquia, estas son tierras bajas y de un impacto de cambios importantes debido a las varzeas, que en periodos de lluvias e inundaciones llenan muchas áreas con extensiones de gran magnitud y para el periodo seco quedan sistemas de lagunas dando lugar a un eficiente medio de dispersión y reclutamiento de poblaciones en ambientes óptimos para su desarrollo. Al igual que la Orinoquia, la Amazonia, no tiene una buena documentación de presencia de la rana toro o el tamaño de sus poblaciones, pero basados en los modelos y con evidencias de la actividad de ranicultura en los países vecinos hay una gran predictibilidad entorno a condiciones óptimas ambientales presentadas allí.

Finalmente, la zona Andina no está en presión actual, pero la especie podría tener condiciones genéticas inhibidas que puedan remontar de nuevo en las poblaciones para adaptarse a condiciones de frío en zonas templadas como lo fueron sus orígenes en las áreas nativas de la especie al nordeste de los Estados Unidos de Norte América. Sin embargo, hay que tener en cuenta que recientemente la rana toro ha sido reportada para áreas verdes de la ciudad de Bogotá (aeropuerto El Dorado y Universidad Nacional de Colombia) (Mueses-Cisneros y Ballén 2007), aunque se discute si las poblaciones se han establecido o simplemente fueron encuentros fortuitos de individuos que escaparon de algún laboratorio o decomiso.

Los presentes modelos de distribución buscan dar una alerta temprana para la toma de decisiones en la prevención de la invasión de esta especie y ayudar en la selección de sitios para realizar monitoreos frecuentes en búsqueda de las poblaciones de la rana toro. De las estrategias de manejo y evaluación del riesgo de especies invasoras (prevención, erradicación y control), la prevención es la más costo-eficiente por cuanto se basa en el desarrollo de normatividad enfocada a prohibir la importación, posesión, transporte o liberación al medio natural de especies exóticas (Pyke *et al.* 2008).

Vacíos normativos y de manejo

En la Política Nacional de Biodiversidad se manifiesta que “en numerosas ocasiones, la introducción de especies foráneas e invasoras es promovida por políticas

estatales de fomento que no tienen en cuenta sus efectos ambientales a mediano y largo plazo”. Así mismo, esta Política asigna funciones de control a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CARs y CDSs); al Ministerio de Ambiente, Vivienda y de Desarrollo Territorial (MAVDT); a la Aduana Nacional y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), con el fin de que definan agendas interministeriales contra el trasplante de especies exóticas introducidas en el país. El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2005), con base en la consulta a expertos, seleccionó un grupo de especies invasoras en Colombia. Más adelante Gutiérrez (2006) realizó, con el apoyo del Instituto Alexander von Humboldt, un análisis sobre el estado de conocimiento de especies invasoras y dio propuestas de lineamientos para el control de los impactos. Para el 2008, la resolución 0848 del 23 de mayo de 2008 determina que “para efectos de adoptar medidas para la prevención, control y manejo de las especies exóticas introducidas, invasoras y trasplantadas presentes en el territorio nacional, las corporaciones autónomas regionales (CARs y CDSs) autorizarán o adelantarán directamente las actividades que en cada caso se estimen pertinentes, tales como el otorgamiento de permisos de caza de control y demás medidas de manejo que resulten aplicables conforme a las disposiciones legales vigentes”. Para 2010, el MAVDT emite la resolución 0207 de 2010 “por la cual se adiciona el listado de especies exóticas invasoras declaradas por el artículo primero de la Resolución 848 de 2008 y se toman otras determinaciones”. Finalmente, el Instituto Alexander von Humboldt publicó en 2010 el “Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia” (Baptiste *et al.* 2010), realizando el análisis de riesgo para diferentes grupos taxonómicos de vertebrados, invertebrados y plantas y proponiendo algunas herramientas metodológicas.

A pesar de la información disponible y de los desarrollos normativos en materia de especies invasoras con los que cuenta Colombia, las introducciones de especies exóticas en Colombia se han hecho sin contar con estudios científicos previos, ni se han evaluado los riesgos sanitarios inherentes a las introducciones (Rueda-Almonacid 1999). Aún falta mucha investigación científica y monitoreos en campo para poder identificar los ecosistemas naturales y las áreas natu-

rales protegidas más vulnerables a la invasión de la rana toro y poder definir aquellas que ya se encuentran amenazadas por la presencia y expansión geográfica de sus individuos. Schüttler y Karez (2008) dan una alerta sobre la presencia de la rana toro en por lo menos cinco Reservas de la Biosfera en Latinoamérica y el Caribe. Por lo cual, la amenaza de las especies invasoras a la persistencia de la biodiversidad, sus procesos y funciones ecosistémicas, es un hecho y representa un reto en conservación y manejo de las áreas naturales protegidas.

Así mismo, es indispensable articular y armonizar los marcos normativos para promover la articulación entre los instrumentos legales y la cooperación entre diferentes sectores asegurando que los sistemas productivos no vuelvan a usar especies exóticas agresivas y con alto poder de invasión (Giovanelli *et al.* 2008). El caso de la introducción de la rana toro a Colombia fue una situación clara de la desarticulación y la ineficiencia institucional (para conocer en detalle el caso de la introducción de rana toro a Colombia, consultar Rueda-Almonacid 1999).

Específicamente para la rana toro, la investigación sobre su ecología, historia natural y distribución geográfica debe ser prioritaria y su financiación estimulada en el país para contribuir en el fortalecimiento de capacidades técnicas, humanas e institucionales guiando la toma de decisiones acertada y efectiva. Asimismo, es necesario contar con un protocolo de gobierno y un marco legal para el control y manejo de las poblaciones de rana toro en Colombia que provean guías de manejo, procedimientos de bioseguridad respecto a la infección por *B. dendrobatidis* y un control estricto para la importación, uso o trasplante de individuos (huevos, larvas o adultos) en el territorio colombiano.

Es necesario que Colombia, como país signatario de la Convención de Diversidad Biológica cuente con una legislación apropiada para cumplir con los compromisos internacionales desarrollando e implementando estrategias adecuadas y planes de manejo para asegurar el control, manejo y reducción de las poblaciones de especies invasoras en el país (Shine *et al.* 2005, McGeoch *et al.* 2010). El desarrollo de las políticas deben estar basadas en el reconocimiento y

la caracterización de las interacciones o sinergismos entre los impulsores de pérdida de biodiversidad tales como: el cambio climático, cambios en el uso y cobertura del suelo, la sobreexplotación, la contaminación, las enfermedades emergentes y la invasión de especies exóticas. Asimismo se debe asegurar que las acciones de mitigación al cambio climático no potencien los problemas de invasión de especies, que el manejo de especies invasoras debe considerar las condiciones climáticas cambiantes y que las actividades de adaptación al cambio climático deben contribuir a este manejo de poblaciones (Pyke *et al.* 2008). En este sentido es esencial que el gobierno acompañe activamente y haga caso de las recomendaciones emitidas por las Universidades, Institutos de Investigación, y ONGs para realizar monitoreos constantes en busca de poblaciones de rana toro en sitios con alto grado de vulnerabilidad a la invasión (actual y futura). Un sistema de información en línea podría servir como alerta temprana, apoyado por la población civil para tener reportes en tiempo real de la invasión de los ecosistemas naturales. El establecimiento de cacería de control para consumo doméstico (sin zoocría) (Urbina-Cardona y Castro 2011), aunado a campañas de educación ambiental con comunidades locales es una estrategia que maximiza los recursos humanos y económicos en el control de poblaciones invasoras y asegura la participación informada de la sociedad civil.

Estrategias propuestas para el manejo y control de rana toro en Colombia

Monitoreo en humedales y áreas potenciales

Una de las medidas de base para mantener un plan de manejo es el crear un espacio para realizar observaciones periódicas y toma de datos en los humedales ya colonizados, en los de la frontera de dispersión y sondeos esporádicos en las zonas de piedemonte. Los datos obtenidos deberían alimentar la base de datos nacional del Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia, SiB (<http://www.siac.net.co/web/sib/home>) y específicamente el portal nacional de especies invasoras I3N Colombia (<http://ef.humboldt.org.co/>) para que esta información sea de dominio público y de libre acceso en línea. Así mismo, se deben hacer monitoreos a largo plazo y

desarrollar estudios ecológicos para determinar el efecto de la rana toro en los ecosistemas naturales y las áreas naturales protegidas así como evaluar la efectividad de las medidas de control sobre las poblaciones.

Ensayos de cuantificación que incluya investigación sobre dinámica de la población

Es importante realizar ensayos robustos que permitan conocer de la biología reproductiva de la especie y su proyección a la dinámica de la población. Este trabajo debe realizarse de acuerdo con estaciones reproductivas discretas o diferenciales a lo largo del periodo anual. Entender las dinámica espacio-temporales en la rana toro es fundamental para aplicar estrategias de control en el ámbito poblacional.

Socialización y generación de conciencia sobre la problemática entorno a la presencia de rana toro

Esta actividad es fundamental y debe ser equilibrada para inducir cualquier medida de control aplicable en el tiempo de manera positiva. La sociedad debe entender, que si bien el problema de la rana toro debe manejarse y controlarse localmente, los efectos de las invasiones biológicas resultan en riesgos mayores a la biodiversidad nativa y los servicios ecosistémicos de los cuales dependen las comunidades rurales y en últimas los sistemas productivos del país. La socialización debe tener como meta, que la población humana se familiarice con la especie invasora, la diferencia de las especies nativas de anuros, e interactúe como factor de solución. Implementar campañas que concienticen a la sociedad de los riesgos del transporte de individuos como mascotas o como pie de cría.

Medidas de acción temprana para reducir las poblaciones de colonizaciones tempranas

En las localidades donde se establezca un foco de colonización, se debe proceder a implementar la extracción directa de sitios específicos y monitoreo de zonas aledañas. Como una medida sana, se debe advertir a los proyectos de acuicultura nuevos, el realizar una estrecha vigilancia para evitar el aposentamiento de cohortes parentales. El distrito de riego para el sector agrícola, debe intensificar y tecnificar procesos de mantenimiento de la red de canales y realizar extracción de individuos de rana toro.

Medidas de control para reducir poblaciones de colonización consolidada

Además de la necesidad de realizar estudios de dinámica de población de la rana toro y sus efectos en poblaciones de especies nativas, se requiere mejorar el estado de conocimiento sobre posibles controladores biológicos en ambientes acuáticos y terrestres. Los estudios de controles biológicos a partir de especies nativas permitirán relacionar la intensidad y preferencias de forrajeo, de depredadores potenciales de la rana toro, con respecto a la oferta alimenticia en ambientes naturales con poblaciones consolidadas de esta especie invasora.

Medidas de contingencia para reducir poblaciones de colonización consolidada

En las localidades donde la población ha alcanzado índices relativos de población altos (>0.05 ind/m²), se sugiere estimular prácticas, reguladas por la autoridad ambiental regional (CAR o CDS), de cacería deportiva o de control para consumo local. Estimular la investigación sobre aspectos relacionados con la contaminación, usando esta especie como indicadora de retención de elementos residuales. Estimular la investigación biomédica y biológica, haciendo uso exclusivo de esta especie y no de otras especies nativas (restricciones fuertes para el establecimiento de criaderos controlados para estos fines, preferible su prohibición por fuera del área ya colonizada).

Medidas de restricción para el control biológico con especies exóticas

Por ningún motivo las autoridades ambientales deben implementar o autorizar controles biológicos con trasplante de especies animales de otros rangos de distribución o especies exóticas en los lugares donde ya se han consolidado poblaciones de especies exóticas. Hasta no probar en extenso a otras especies nativas y sus correspondientes etapas del ciclo de vida, la utilización de controles químicos debe ser evitada (en principio no recomendamos el uso de esta práctica). Por ningún motivo se debe autorizar la zootría de rana toro; todo uso que se pretenda con esta especie invasora debe ser basado en la extracción directa de individuos del medio natural.

Agradecimientos

A Carlos A. Lasso, Julián A. Velasco, María Piedad Baptiste y Susana Rudas por sus comentarios constructivos que mejoraron la versión preliminar del manuscrito. A Dan Warren por su asesoría en el desarrollo de análisis espaciales. A la Universidad del Valle, Vicerrectoría de Investigaciones por el valioso apoyo y administración de fondos del proyecto. Al Departamento de Biología (Universidad del Valle), por su ayuda contingente de transporte a los sitios de campo donde se realizó la toma de información.

Literatura citada

- Akmentins, M. S. y D. E. Cardozo. 2010. American bullfrog *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) invasion in Argentina. *Biological Invasions* 12: 735-737.
- Baptiste, M. P., N. Castaño, D. Cárdenas-López, F. de P. Gutiérrez, D. L. Gil y C. Lasso. 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia, 200 pp.
- Becker C. G. and K. R. Zamudio. 2011. Tropical amphibian populations experience higher disease risk in natural habitats. *PNAS* 108 (24): 9893-9898.
- Broennimann, O. y A. Guisan. 2008. Predicting current and future biological invasions: both native and invaded ranges matter. *Biology Letters* 4: 585-589.
- Borges-Martins, M., M. Di-Bernardo, G. Vinciprova y J. Measey. 2002. Geographic distribution. *Rana catesbeiana*. *Herpetological Review* 33: 319.
- Bosch, J., I. Martínez-Solano y M. García-París. 2001. Evidence of a chytrid fungus infection involved in the decline of the common midwife toad (*Alytes obstetricans*) in protected areas of central Spain. *Biological Conservation* 97: 331-337.
- Bury, R. B. y J. Whelan. 1984. Ecology and Management of the bullfrog, U.S. Fish and Wildlife Service. Resource publication 155. Washington, D. C., E.U.A., 23 pp.
- Cisneros-Heredia, D. F. 2004. Geographic distribution: *Rana catesbeiana*. *Herpetological Review* 35: 406.
- Daza-Vaca, J. D. y F. Castro-Herrera. 1999. Hábitos alimenticios de la rana toro (*Rana catesbeiana*) Anura: Ranidae, en el Valle del Cauca, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 23: 265-274.

- Diniz-Filho, J. A., L. M. Bini, T. F. L. B. Rangel, R. D. Loyola, C. Hof, D. Nogués-Bravo y M. B. Araújo. 2009. Partitioning and mapping uncertainties in ensembles of forecasts of species turnover under climate changes. *Ecography* 32: 897-906.
- Diniz-Filho, J. A. F., J. C. Nabout, L. M. Bini R. D. Loyola, T. F. L. B. Rangel D. Nogués-Bravo y M. B. Araújo. 2010. Ensemble forecasting and geographic range of *Tropidacris cristata* (Orthoptera: Acridoidea: Romaleidae) under climate change. *Insect Conservation and Diversity* 3: 213-221.
- Elith J, C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. y S. Ferrier. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Elith, J., S. J. Phillips, T. Hastie, M. Dudík, Y. E. Chee y C. J. Yates. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* 17: 43-57.
- Ficetola, G. F., W. Thuiller y C. Miaud. 2007. Prediction and validation of the potential global distribution of a problematic alien invasive species the American bullfrog. *Diversity and Distribution* 13: 476-485.
- Frost, D. R. 2009. Amphibian species of the world: an online reference. Version 5.3 (12 February 2009). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/>. Accessed: 01. IX. 2009.
- Garner, T. W. J., M. W. Perkins, P. Govindarajulu, D. Seglie, S. Walker, A. A. Cunningham y M. C. Fisher. 2006. The emerging amphibian pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* globally infects introduced populations of the North American bullfrog, *Rana catesbeiana*. *Biology Letters* 2: 455-459.
- George, I. D. 1940. A study of bullfrog, *Rana catesbeiana* Shaw, at Baton Rouge, Louisiana. Tesis doctoral. University of Michigan, Ann Arbor, 96 pp.
- Giovanelli, J. G. R., C. F. B. Haddad and J. Alexandrino. 2008. Predicting the potential distribution of the alien invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Brazil. *Biological Invasions* 10: 585-590.
- Gutiérrez, F. 2006. Estado de conocimiento de especies invasoras: propuesta de lineamientos para el control de los impactos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia, 156 pp.
- Hanselmann, R., A. Rodríguez, M. Lampo, L. Fajardo-Ramos, A. Aguirre, A. Kilpatrick, J. P. Rodríguez y P. Daszak. 2004. Presence of an emerging pathogen of amphibians in introduced bullfrogs *Rana catesbeiana* in Venezuela. *Biological Conservation* 120: 115-119.
- 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.
- Howard, R. D. 1978. The influence of male-defended oviposition sites on early embryo mortality in bullfrogs. *Ecology* 59: 789-798.
- Iabin. 2011. Inter-American Biodiversity Information Network. <http://i3n.iabin.net/>
- Igac, Ideam y Dane. 2011. Reporte de áreas afectadas por inundaciones 2010-2011. Resúmenes 1-5. <http://www.igac.gov.co:10040/wps/portal/igac/raiz/inicio-home/Noticias6>
- Invasive Species Specialist Group - ISSG. 2009. *Lithobates catesbeianus* (= *Rana catesbeiana*). The Global Invasive Species Database. IUCN Species Survival Commission, Global Invasive Species Programme (GISP).
- Instituto Alexander von Humboldt. 2005. Especies Invasoras de Colombia. Serie especies colombianas 3. Bogotá, D.C., Colombia, 8 pp.
- Kiesecker, J. M. y A. R. Blaustein. 1998. Effects of introduced Bullfrogs and Smallmouth bass on microhabitat use, growth, and survival of native Red-legged frogs (*Rana aurora*). *Conservation Biology* 12 (4): 776-787.
- Laufer, G., A. Canavero, D. Nuñez ay R. Maneyro. 2008. Bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) invasion in Uruguay. *Biological Invasions* 10: 1183-1189.
- Lever, C. 2003. Naturalized amphibians and reptiles of the world. Oxford University Press, New York, USA, 338 pp.
- Lowe, S., M. Browne, S. Boudjelas y M. De Poorter. 2004. 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Publicado por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), 12pp. Primera edición en inglés, Diciembre 2000. Versión traducida y actualizada: noviembre 2004. 11pp.
- Loyola, R. D., J. C. Nabout, J. Trindade-Filho, P. Lemes, J. N. Urbina-Cardona, R. Dobrovolski, M. D. Sagnori y J. A. F. Diniz-Filho. En prensa. Climate change might drive species into reserves: a case study of the American Bullfrog in the Atlantic Forest Biodiversity Hotspot. *Alytes*.
- Lutz, C.G. y J. L. Avery. 1999. Bullfrog culture. Southern Regional Aquaculture Center SRAC publication # 436. <https://srac.tamu.edu/index.cfm/event/getFactSheet/whichfactsheet/96/>
- Lynch, J. 2005. An alert concerning a possible threat to the amphibian fauna east of the Andes: discovery of the American Bullfrog in eastern Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 29 (113): 589-590.

- Matthews, S. 2005. Sudamérica Invasida. GISP El programa mundial sobre especies invasoras. 81 pp.
- Mazzoni, R., A. A. Cunningham, P. Daszak, A. Apolo, E. Perdomo y G. Speranza. 2003. Emerging Pathogen of Wild Amphibians in Frogs (*Rana catesbeiana*) Farmed for International Trade. *Emerging Infectious Diseases* 9(8): 995-998.
- McGeoch, M.A., S. H. M. Butchart, D. Spear, E. Mairais, E. J. Kleynhans y A. Symes 2010. Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses. *Diversity and Distributions* 16: 95-108.
- Morejon, F. J. 2009. Predicción de la distribución geográfica potencial de la especie invasora Rana Toro Americana (*Lithobates catesbeianus*) en Ecuador. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental. Escuela de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad Técnica Particular de Loja, 37 pp.
- Muses-Cisneros, J. J. y G. Ballén. 2007. Un nuevo caso de alerta sobre posible amenaza a una fauna nativa de anfibios en Colombia: primer reporte de la rana toro (*Lithobates catesbeianus*) en la Sabana de Bogotá. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 31 (118): 165-166.
- Nori, J., M. S. Akmentins, R. Ghirardi, N. Frutos y G. C. Leynaud. 2011a. American Bullfrog invasion in Argentina: where should we take urgent measures? *Biodiversity Conservation* 20:1125-1132.
- Nori, J., J. N. Urbina-Cardona, R. D. Loyola, J. N. Lescano y G. C. Leynaud. 2011b. Climate change and American Bullfrog invasion: what could we expect in South America?. *PLoS ONE*: 6 (10): e25718. doi:10.1371/journal.pone.0025718.
- Oliver, J. A. 1955. The natural history of North American amphibians and reptiles. Van Nostrand Co. Princeton, NJ, E.U.A, 359 pp.
- Pearl, C. A., M. J. Adams, R. B. Bury y B. Mc Creary. 2004. Asymmetrical effects of introduced bullfrogs (*Rana catesbeiana*) on native ranid frogs in Oregon. *Copeia* 2004:11-20.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Phillips, S. J., M. Dudík, J. Elith, C. H. Graham y A. Lehmann. 2009. Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data. *Ecological Applications* 19: 181-197.
- Pyke, C. R., R. Thomas, R. D. Porter, J. J. Hellmann, J. S. Dukes, D. M. Lodge y G. Chavarria. 2008. Current practices and future opportunities for policy on climate change and invasive species. *Conservation Biology* 22 (3): 585-92.
- Pyron, R. A., F. T. Burbrink y T. J. Guiher. 2008. Claims of potential expansion throughout the U.S. by invasive python species are contradicted by ecological niche models. *PLoS ONE* 3: e2931. 10.1371/journal.pone.0002931.
- MAVDT: Resolución Número 0848 del 23 de mayo de 2008. Por el cual se declaran unas especies exóticas como invasoras y se señalan las especies introducidas irregularmente al país que pueden ser objeto de cría en ciclo cerrado y se adoptan otras determinaciones. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. MAVDT, República de Colombia.
- MAVDT: Resolución Número 0207 del 2010. Por la cual se adiciona el listado de especies exóticas invasoras declaradas por el artículo primero de la Resolución 848 de 2008 y se toman otras determinaciones. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT, República de Colombia.
- Rodda, G. H., C. S. Jarnevich y R. N. Reed. 2011. Challenges in Identifying Sites Climatically Matched to the Native Ranges of Animal Invaders. *PLoS ONE* 6(2): e14670.
- Rueda -Almonacid, J. V. 1999. Situación actual y problemática generada por la introducción de "rana toro" a Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 23: 367-393.
- Ryan, R. A. 1953. Growth rates of the some ranids under natural conditions. *Copeia* 1953: 73-80.
- Sanabria, E. A., L. B. Quiroga y J. C. Acosta. 2005. Introducción de *Rana catesbeiana* (rana toro), en ambientes pre-cordilleranos de la provincia de San Juan, Argentina. *Multequina* 14: 65-68.
- Sanabria, E. A., Y. Ripoll, M. Jordan, L. Quiroga, M. Ariza, M. Guillemain, M. Pérez y H. Chávez. 2011. A new record for American Bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in San Juan, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 311-313.
- Schloegel, L. M., A. M. Picco, A. M. Kilpatrick, A. J. Davies, A. D. Hyatt and P. Daszak. 2009. Magnitude of the US trade in amphibians and presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and ranavirus infection in imported North American bullfrogs (*Rana catesbeiana*). *Biological Conservation* 142: 1420-1426.
- Shine, C., N. M. Williams y F. Burnhenn-Guilmin. 2005. Legal and institutional frameworks for invasive alien species. Pp. 233-284. *En*: H. A. Mooney, R. N. Mack, J.A. McNeely, L. E. Neville, P. J. Schei y J. K. Waage. (Eds.). *Invasive alien species: a new synthesis*, Island Press, Washington, D. C.
- Schüttler, E. y C. S. Karez. (Eds). 2008. *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera de América*

- Latina y el Caribe. Un informe técnico para fomentar el intercambio de experiencias entre las Reservas de Biosfera y promover el manejo efectivo de las invasiones biológicas. UNESCO, Montevideo.
- Treanor, R. R. y S. J. Nichola. 1972. A preliminary study of the commercial and sporting utilization of the bullfrog (*Rana Catesbeiana*) Shaw in California. Calif. Dep. Fish Game, Inland Fish. Admin. Rep. 72-4 Sacramento, E.U.A., 23 pp.
- Urbina-Cardona, J. N., P. A. Burrowes, M. Osorno, A. J. Crawford, J. A. Velasco, S.V. Flechas, F. Vargas-Salinas, V. F. Luna-Mora, C. A. Navas, M. Guayara-Barragán, F. Castro-Herrera, W. Bolívar-G y P. D. A. Gutiérrez-Cárdenas. En prensa. Prioridades en la conservación de anfibios ante su crisis global: hacia la construcción del Plan de Acción para la Conservación de los anfibios de Colombia. *En: Asociación Colombiana de Zoología*. 2011. Creando un clima para el cambio: la biodiversidad, servicios para la humanidad. III Congreso Colombiano de Zoología, Memorias. Asociación Colombiana de Zoología.
- Urbina-Cardona, J.N. y F. Castro. 2010. Distribución actual y futura de anfibios y reptiles con potencial invasor en Colombia: una aproximación usando modelos de Nicho Ecológico. Pp 65-72. *En: Varela, A. (ed.) Biodiversidad y Cambio Climático. Ideam, Proyecto INAP, Componente "B" Alta Montana - Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.*
- Urbina-Cardona, J. N. y Castro, F. 2011. Distribución del nicho ecológico actual y futuro de anfibios y reptiles invasores: competencias en las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible en Colombia. Pp. 180-188. *En: Vargas-Ríos, O. y S. P. Reyes (Eds). La restauración ecológica en la práctica. Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Colombiano de Experiencias en Restauración Ecológica. Grupo de Restauración Ecológica, Universidad Nacional de Colombia - Greunal.*
- Warren D. L. y S. N. Seifert. 2011. Environmental niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological Applications* 21: 335-342.
- Ziller, S. R., J. K. Reaser, L. E. Neville y K. Brandt (Eds). 2005. Invasive alien species in South America: National reports & Directory of resources. Global Invasive Species Programme, Cape Town, South Africa.

¹ Nicolás Urbina-Cardona
Departamento de Ecología y Territorio, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
nurbina@yahoo.com - urbina-j@javeriana.edu.co

² Javier Nori.
Laboratorio de Herpetología y Animales Venenosos, Centro de Zoología Aplicada, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
javiernori@gmail.com

³ Fernando Castro
Grupo Laboratorio de Herpetología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
fcastro112000@gmail.com

Áreas vulnerables a la invasión actual y futura de la rana toro (*Lithobates catesbeianus*: Ranidae) en Colombia: Estrategias propuestas para su manejo y control.

Recibido: 17 de junio de 2011
Aceptado: 18 de octubre de 2011

Quince años del arribo del escarabajo coprófago *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) (Coleoptera: Scarabaeidae) a Colombia: proceso de invasión y posibles efectos de su establecimiento

Jorge Ari Noriega¹, Juliana Moreno² y Samuel Otavo³

Resumen

El escarabajo coprófago (*Digitonthophagus gazella*), ha sido introducido en diferentes regiones del mundo con el fin de contribuir en la remoción del excremento y control de parásitos. Esta especie ha evidenciado una alta tasa de movilidad y se registra actualmente en Estados Unidos, México, Guatemala, Nicaragua, varias islas del Caribe, Colombia, Venezuela, Brasil, Perú, Bolivia, Argentina y Paraguay. En Colombia en 1995 se reportó por primera vez en la isla de San Andrés y en 2004 en el territorio continental. Desde entonces se han realizado estudios en la región del Caribe, Orinoquia, valles de los ríos Cauca y Magdalena, con el fin de establecer su proceso de dispersión y dimensionar los posibles efectos sobre las poblaciones nativas. Se describe el proceso histórico de introducción y establecimiento, se evidencia un incremento en la distribución y proceso de invasión de esta especie y se discute su efecto sobre poblaciones locales donde se han registrado disminuciones en las abundancias de las especies nativas. Es necesario generar planes de monitoreo a mediano plazo con el fin de encontrar mecanismos de control.

Palabras clave. Dispersión. Escarabajos coprófagos. Especies exóticas. Especies introducidas. Especies nativas. Especies invasoras. Introducción. Scarabaeinae.

Abstract

The dung beetle (*Digitonthophagus gazella*) has been introduced in different regions around the world with the purpose of contributing in dung removal and parasite control. This species has shown a high mobility rate and is recorded nowadays in the United States, Mexico, Guatemala, Nicaragua, several Caribbean islands, Colombia, Venezuela, Brazil, Peru, Bolivia, Argentina, and Paraguay. In Colombia it was reported for the first time in San Andres Island in 1995 and in 2004 in the continental area. Since then, studies have been carried out in the Caribbean and Orinoquia regions, and Cauca, and Magdalena river valleys, to establish its dispersal process and to determine possible effects on native populations. The historic process of introduction and establishment is described. It is confirmed an increase in the distribution pattern and establishment of this species, and in addition, its effect on local populations is discussed, where a decrease in the abundance of native species have been registered. It is necessary to develop monitoring plans in the medium term in order to find control mechanisms.

Key words. Dispersion. Dung beetles. Exotic species. Introduced species. Native species. Invasive species. Introduction. Scarabaeinae.

Introducción

El proceso de invasión de una especie exótica/introducida comprende una serie sucesiva de etapas, donde se superan determinadas barreras: a) introducción: cuando una especie atraviesa de manera natural o antrópica una primera barrera geográfica que impedía su presencia en la nueva zona; b) establecimiento: cuando una especie introducida logra adaptarse y reproducirse a pesar de la existencia de limitaciones ambientales y c) invasión: cuando una especie establecida se adapta a las condiciones y logra dispersarse de manera extensiva, generando una población estable (Davis y Thompson 2000, Baptiste *et al.* 2010, Mack *et al.* 2000, Richardson *et al.* 2000, Blackburn *et al.* 2011). El paso entre estas etapas depende de diversos aspectos (Crawley 1986, Levine 2008), especialmente de la interacción entre factores ecológicos y genéticos que condicionan su capacidad invasiva (Sakai *et al.* 2001). En el caso de los insectos, las especies de menor tamaño con estrategias de vida tipo “r”, tienen una mayor posibilidad de ser mejores invasoras (Lawton y Brown 1986) y de tener un importante impacto en la abundancia y riqueza de otras especies (Simberloff 1996), generando efectos negativos sobre la biodiversidad (Sakai *et al.* 2001) y alterando la funcionalidad ecosistémica (Money y Hobbs 2000).

Este es el caso del escarabajo coprófago *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) (Scarabaeidae: Onthophagini) de origen indo-africano, que fue intencionalmente introducido en el estado de Texas (EUA) en 1970 con la finalidad de ayudar a la fauna local de escarabajos coprófagos en la remoción del excremento bovino (Blume y Aga 1978, Fincher *et al.* 1983). Desde ese momento, esta especie ha ampliado su rango de distribución dispersándose y estableciéndose en México (Rivera-Cervantes y García-R 1991, Lobo y Montes de Oca 1997, Montes de Oca y Halfter 1998), Guatemala (Kohlmann 1994), Nicaragua (Maes *et al.* 1997), las Antillas mayores: Cuba (F. Vaz de Mello comm. pers.), Jamaica, La Española (República Dominicana) y Puerto Rico (Ivie y Philips 2008), las Antillas Menores: St. Croix (Santa Cruz), Anguila, St. Kitts (San Cristobal), Monserrat, Guadalupe (Basse-Terre), Marie-Galante (Ivie y Philips 2008), Martinica (Huchet 1992) y Granada (Kohlmann 1994). En Suramérica se le ha registrado

tanto por procesos de dispersión natural como por introducciones no auspiciadas por los gobiernos en Venezuela (Gámez *et al.* 1997, Noriega *et al.* 2011), Bolivia (Vidaurre *et al.* 2008), Perú (Noriega *et al.* 2010), Argentina (Álvarez *et al.* 2009), Paraguay (Ruiz 2000) y por introducciones auspiciadas por entidades oficiales en Brasil (Miranda *et al.* 1990, Nascimento *et al.* 1990, Bianchin *et al.* 1998, Aidar *et al.* 2000), Chile continental e Isla de Pascua (Ripa *et al.* 1995).

Para el caso de Colombia, esta especie fue inicialmente reportada en 1995 en la Isla de San Andrés (Noriega 2002) y posteriormente en el 2004 se colectó en territorio continental en algunas localidades de la región Caribe y la Orinoquia (Noriega *et al.* 2006). El objetivo de este trabajo es consolidar la información existente de esta especie para Colombia y realizar un análisis de los registros con miras a comprender su proceso de introducción, invasión y establecimiento en el país.

Material y métodos

Se recopiló la información de todos los registros existentes de *D. gazella* para Colombia, contenidos en publicaciones, trabajos de grado, memorias de congresos e informes no publicados. Se verificaron las localidades y las fechas de colecta, con el fin de construir un mapa histórico de la distribución actual y del proceso o patrón de introducción y establecimiento de esta especie en el país. A cada registro se le asignaron las coordenadas geográficas, según los datos de georeferenciación, generando una localidad de colecta. Los puntos obtenidos a partir de las localidades se digitalizaron en formato vectorial con un buffer de 1 km². Para la elaboración del mapa de distribución potencial se construyó un polígono uniendo los registros de las localidades y se le agregó el área adyacente que coincidía con los límites altitudinales de distribución de la especie (Hirzel *et al.* 2002, Hortal *et al.* 2008, Camero y Lobo 2010, Lobo *et al.* 2010). Los mapas se realizaron utilizando el programa ArcGis v. 9.3 a una escala de 1:1 con respecto a las planchas del IGAC.

Resultados

Distribución actual y potencial de *D. Gazella* en Colombia

Actualmente *D. gazella* se encuentra presente a nivel insular en la Isla de San Andrés (Noriega 2002). En el ámbito continental en la región del Caribe colombiano se ha registrado en los departamentos de: Atlántico (Noriega *et al.* 2006, Rivera y Wolff 2007, Noriega *et al.* 2011a), Bolívar (Noriega *et al.* 2006, Rivera y Wolff 2007), César (Noriega *et al.* 2006, Noriega *et al.* 2011a), Córdoba (Noriega *et al.* 2011a), La Guajira (Noriega *et al.* 2006, Noriega *et al.* 2011a), Magdalena (Noriega *et al.* 2006, Noriega *et al.* 2007, Jiménez-Ferbans *et al.* 2008, Martínez *et al.* 2009, Noriega *et al.* 2011a) y Sucre (Navarro *et al.* 2009, Noriega *et al.* 2011a) (Figura 1). En la región de la Orinoquia se ha registrado en los departamentos de: Arauca (Noriega *et al.* 2011a), Casanare (Noriega *et al.* 2006, Medi-

na y Pulido 2009, Noriega *et al.* 2011a) y Vichada (Noriega *et al.* 2006, Quintero *et al.* 2007, Medina y Pulido 2009) (Figura 1). Recientemente, se le ha colectado en la porción baja del valle del río Cauca y valle medio del río Magdalena, en los departamentos de Antioquia (Noriega *et al.* 2011a), Boyacá, Caldas, Cundinamarca, Santander y Tolima (Noriega *et al.* 20011b) (Figura 1).

A partir de la combinación de toda la información de los registros de *D. gazella* y de las limitaciones en el rango altitudinal, se propone un mapa tentativo de la distribución potencial de esta especie en el país (Figura 2a). A continuación se describe en más detalle el proceso de invasión en las diferentes unidades biogeográficas (provincias o distritos biogeográficos) del país (Hernández-Camacho *et al.* 1992).

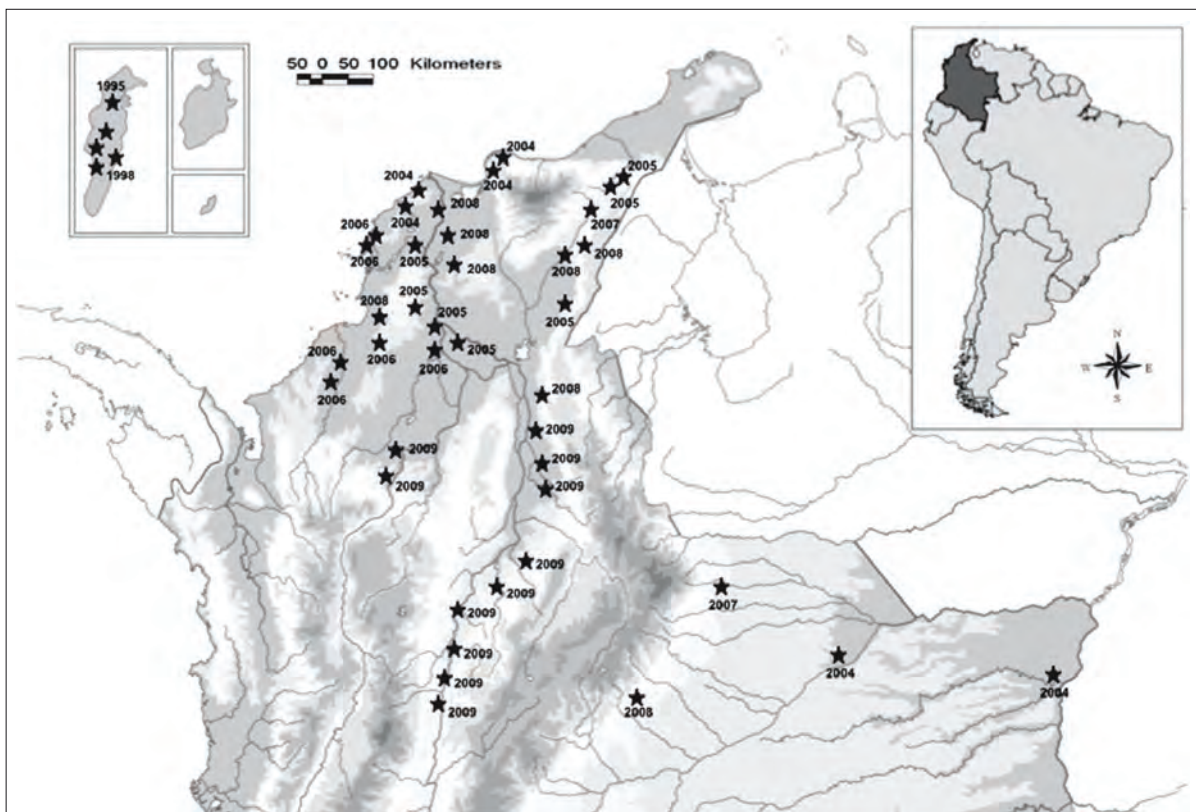


Figura 1. Ubicación de las localidades (★) donde se ha registrado la presencia de *D. gazella* en Colombia entre 1995 y 2009.

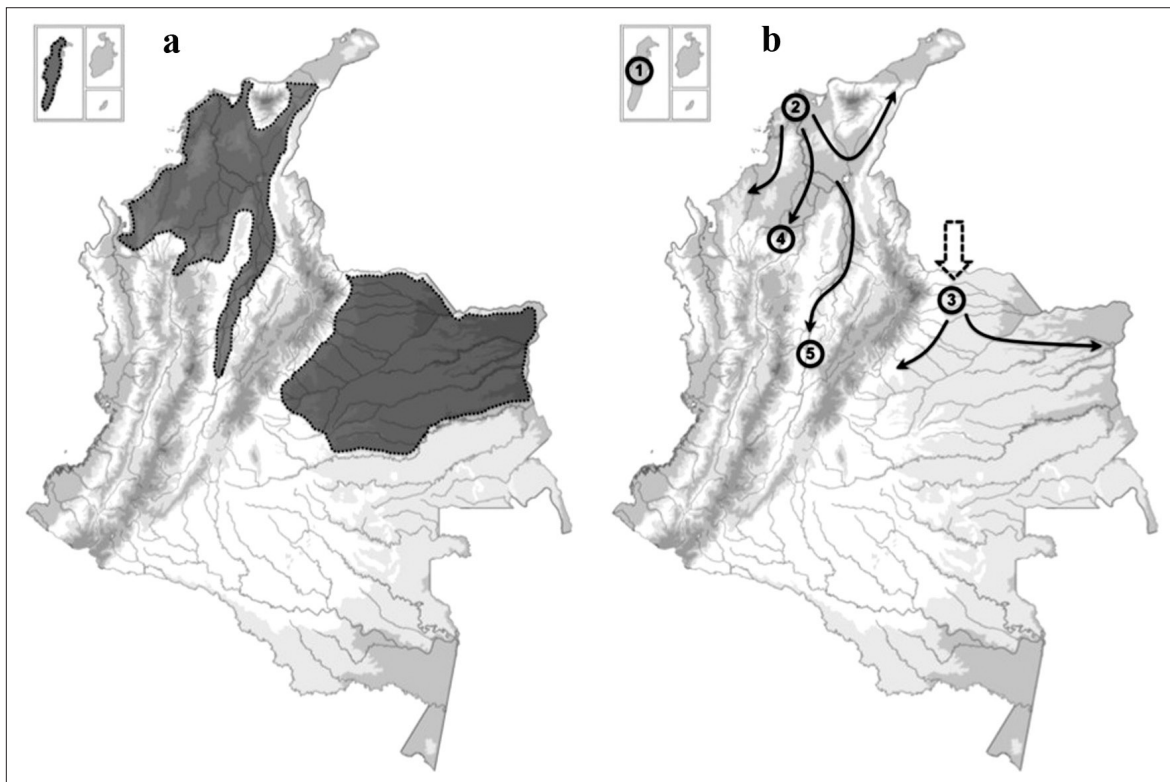


Figura 2. (a) Distribución potencial (área sombreada) de *D. gazella* en Colombia, y (b) Mapa del posible proceso secuencial de dispersión de *D. gazella* en Colombia. Números de 1-5 corresponden a los registros históricos analizados en los resultados.

Registros históricos del proceso de introducción y establecimiento

1. Invasión del distrito biogeográfico de San Andrés (provincia territorios insulares oceánicos caribeños) (1995-1998).

En 1995 se reportó el arribo de *D. gazella* a la región insular del Caribe de Colombia en la Isla de San Andrés (Noriega 2002). Inicialmente la población registrada (diciembre 1995) en cinco localidades a lo largo de la isla era poco abundante ($n=3$). Tres años después en un segundo muestreo (julio 1998) en las mismas localidades, la cantidad de individuos registrados aumentó ($n=387$), indicando que posiblemente la especie se había adaptado a las condiciones ambientales y había logrado establecerse (Figura 1) (Noriega 2002). El arribo de esta especie a San Andrés aunque incierto, es posible atribuirlo a una introducción accidental en el transporte de ganado a la isla vía marítima. Adicionalmente, se han realizado muestreos en la isla cercana de Providencia

y no se ha registrado hasta la fecha ningún individuo de *D. gazella* (J.A. Noriega datos sin pub.).

2. Invasión de la provincia del Cinturón Árido Pericaribeño (2004-2009).

En diversos estudios de caracterización de la provincia del Cinturón Árido Pericaribeño (Hernández *et al.* 1992), se evidenció por primera vez la presencia y establecimiento de *D. gazella* en territorio continental (Noriega *et al.* 2006), se encontraron especímenes en los departamentos del Atlántico ($n=50$) y Magdalena ($n=13$) en el 2004 y en Bolívar ($n=27$), Cesar ($n=2$) y La Guajira ($n=11$) en el 2005 (Figura 1). Sin embargo, estos primeros registros corresponden a números poblacionales bajos al compararse con las abundancias de las poblaciones nativas en las zonas estudiadas. A continuación Rivera y Wolff (2007), confirman la presencia de la especie adicionando una localidad en el Atlántico (Sabanalarga) y otra en Bolívar (Magangué). En el 2006 se registra la presencia de *D. gazella* para el departamento de

Córdoba (n=4) (Noriega *et al.* 2011a). Posteriormente varios trabajos continúan señalando el proceso de dispersión de la especie a lo largo del departamento del Magdalena (Noriega *et al.* 2007, Jiménez-Ferbans *et al.* 2008, Martínez *et al.* 2009). En el 2008 se registra la presencia de *D. gazella* para el departamento de Sucre (n= 44) (Navarro *et al.* 2009). Posterior a esto, se han continuado registrando nuevas localidades, con números poblacionales cada vez mayores, lo cual estaría confirmando su proceso de dispersión en la región, especialmente en los departamentos de Atlántico, Cesar, La Guajira, Magdalena y Sucre (Noriega *et al.* 2011a) (Figura 2b).

3. Invasión de la provincia de la Orinoquia (2004-2008).

En el 2004 se detectó a *D. gazella* en los departamentos de Casanare (n=1) y Vichada (n=3), un foco de dispersión incipiente por las bajas abundancias encontradas (Noriega *et al.* 2006), señalando una posible expansión desde las sabanas venezolanas (Noriega *et al.* 2011a) (Figura 2b). En el 2007 se la registró por primera vez en el departamento de Arauca (n=7) (Noriega *et al.* 2011a) (Figura 1). Posteriormente, varios trabajos continúan señalando el proceso de dispersión de *D. gazella* en los departamentos de Casanare (Medina y Pulido 2009, Noriega *et al.* 2011a) y Vichada (Quintero *et al.* 2007, Medina y Pulido 2009).

4. Invasión del distrito Sinú – San Jorge (provincia biogeográfica Chocó - Magdalena) valle del río Cauca (2009-2010).

En algunos muestreos directos en las zonas de transición del Cinturón Árido Pericaribeño y los inicios de la región Andina correspondiente a la cordillera Occidental se registró por primera vez la presencia de *D. gazella* en el valle del río Cauca en el departamento de Antioquia (n=9) (Noriega *et al.* 2011a) (Figura 1), sugiriendo la posible invasión de las zonas bajas de este valle (Figura 2b).

5. Invasión de los distritos Nechí y Lebrija (provincia biogeográfica Chocó - Magdalena) (2009-2010).

A finales del 2009 durante un estudio de caracterización de la fauna del valle del río Magdalena, se registró por primera vez la presencia de *D. gazella* en cinco nuevos departamentos: Boyacá (n=4), Caldas

(n=5), Cundinamarca (n=7), Santander (n=18) y Tolima (n=9) (Noriega *et al.* 2011b) (Figura 1). Lo cual demuestra la capacidad de dispersión y de adaptación de esta especie a zonas interandinas y a presiones ambientales como los constantes eventos de inundación de este valle.

Discusión

Distribución, patrón y áreas de invasión

Aunque *D. gazella* presenta un amplio rango de distribución en el territorio colombiano, encontrándose especialmente en las sabanas del Caribe y Orinoquia, todavía no se ha registrado su presencia en ningún área cercana de alta endemicidad para este grupo de organismos (Figura 2a). Sin embargo, su rango de distribución limita con algunos refugios de especies endémicas como los del Catatumbo, Nechi-Nare y Perijá, en donde su efecto podría ser crítico. La existencia de un flujo de ganado entre los departamentos del Cesar y Cundinamarca es probablemente la causa de su entrada al Valle del río Magdalena, similar a lo que estaría sucediendo en el Valle del río Cauca, lo cual le permitiría a *D. gazella* el poder alcanzar zonas más susceptibles a nivel subandino por debajo de los 1300 m s.n.m.

Igualmente, la invasión de las sabanas naturales de la Orinoquia, puede llegar a ser fácil y rápida para esta especie, al no presentar grandes barreras naturales al ser este un hábitat homogéneo y con una importante presencia de ganado. Aparentemente, esta especie está colonizando hábitats alterados con influencia de ganado y sabanas abiertas con remanentes de parches de bosque. Hasta la actualidad las muestras provienen de sitios con alturas inferiores a los 1200 m s.n.m., por lo que se estima que la variable altitudinal, puede ser un factor limitante para la distribución de la especie. Sin embargo, si la especie logra adaptarse a zonas menos perturbadas, a mayores alturas, a climas más templados o al excremento de otras especies diferente a la del ganado vacuno, su patrón de dispersión puede aumentar considerablemente.

A nivel general se ha presentado un incremento en los registros, especialmente en la región Caribe y en los

valles interandinos, colonizando áreas donde antes no estaba presente (Noriega et al. 2006, 2007, Quintero et al. 2007, Rivera y Wolff 2007, Jiménez-Ferbans et al. 2008, Navarro et al. 2009, Martínez et al. 2009, Medina y Pulido 2009, Noriega et al. 20011 a y b). A partir del análisis de los registros, se evidencia un rápido incremento en la distribución y en el establecimiento poblacional de esta especie (Figura 2b). Las tasas de dispersión en la región Caribe tienen un valor promedio de 95 km/año y en la región de la Orinoquia de 105 km/año. Sin embargo, en el Valle del Magdalena estos valores aumentan significativamente presentándose un promedio de 300 km/año, valor mucho mayor que el registrado por Kohlmann (1994) en México.

El número de individuos encontrados en ciertas localidades, es todavía bajo en comparación con algunas especies nativas dominantes (ej. *Canthidium euchalceum* Balthasar 1939; *Canthon acutus* Harold 1868; *Onthophagus landolti* Harold 1880 y *Onthophagus marginicollis* Harold 1880), lo cual demostraría que esta especie continúa en una fase de establecimiento en ciertas regiones, sin llegar a constituirse todavía en una especie invasora a nivel local. Aún así, es posible que en poco tiempo esta relación se invierta, ya que *D. gazella* es una especie muy competitiva en la obtención del recurso alimenticio, con una alta capacidad de desplazamiento de otras especies y con la habilidad de explotar recursos locales de animales domésticos y nativos (Kohlmann 1994, Lobo 1996, Delgado y Márquez 2006, Young 2007, Flechtmann com. pers., Noriega datos sin publ.).

Posibles efectos del proceso de establecimiento e invasión

El poder de dispersión de *D. gazella* es comparativamente mayor que el de muchas especies de escarabajos coprófagos (Barbero y López-Guerrero 1992, Montes de Oca y Halffter 1998), presentando una alta movilidad individual (Seymour 1980), una alta tasa de reproducción (Rougon y Rougon 1980); Lee y Peng 1982) y estrategias de historia de vida del tipo oportunista frente al recurso alimenticio (Cambefort 1984). Todo esto la convierte en una especie invasora capaz de ocasionar efectos negativos a especies nativas (Zunino y Barbero 1993).

En zonas en donde los requerimientos de *D. gazella* lleguen a sobrelaparse con especies que presenten nichos estrechos, es probable que las poblaciones de especies nativas puedan verse fuertemente afectadas, generando posibles extinciones locales, especialmente si sus números poblacionales son bajos. En una de las localidades de Texas donde se introdujo inicialmente a *D. gazella*, se ha registrado un incremento de la abundancia cercano al 30%, generando fuertes disminuciones en algunas especies nativas (Fincher et al. 1986). Adicionalmente, en Georgia (USA), se ha comprobado el efecto negativo de *D. gazella* sobre la estructura poblacional nativa, especialmente en el caso de *Ateuchus histeroides* Weber, 1801 y *Copris minutus* (Drury 1773), especies originalmente dominantes que han disminuido fuertemente sus abundancias debido a la competencia por el recurso alimenticio (Young 2007).

En Colombia (Noriega datos inéditos) y en Brasil (Flechtmann com. pers.), se han detectado efectos similares sobre la estructura de los ensambles, donde algunas especies han disminuido fuertemente sus abundancias y algunas poblaciones locales de especies altamente susceptibles no se han vuelto a coleccionar. Sin embargo, en otras localidades este efecto no es tan evidente y pareciera que los ensambles nativos son más resistentes (Matavelli y Louzada 2008), lo cual puede atribuirse a que *D. gazella* se encuentre todavía en etapas iniciales del proceso de establecimiento.

Por todo lo anterior, es necesario elaborar modelos del proceso de establecimiento e invasión (Cannas et al. 2003), a partir de la información existente de historia natural y barreras abióticas de esta especie. Igualmente, es importante realizar planes de monitoreo en las localidades donde se ha registrado su presencia y localidades cercanas donde aun no, con el fin de evaluar el efecto que puede tener su establecimiento sobre las poblaciones nativas, llegando a generar posibles extinciones locales por competencia y desplazamiento sobre el recurso alimenticio. Es necesario, igualmente, generar políticas más estrictas que ayuden a generar mecanismos de control de los efectos que las especies invasoras pueden tener el país.

Agradecimientos

Al Laboratorio de Zoología y Ecología Acuática (LA-ZOEA) de la Universidad de Los Andes y al programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad El Bosque. A Ricardo Botero-Trujillo, Carolina Vizcaíno, Carlos A. Lasso, María Piedad Baptiste, Susana Rudas y Edgar Camero por los valiosos aportes y comentarios realizados a diferentes versiones del manuscrito. A dos evaluadores anónimos por sus valiosos comentarios y anotaciones que contribuyeron al mejoramiento del artículo. A David Morris por la revisión del inglés del abstract. Al Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y a su programa de Biología de la Conservación y Uso de Biodiversidad por fomentar el estudio de este tema en el país. Este estudio fue financiado parcialmente gracias al apoyo de la División de Investigación de la Universidad El Bosque y al programa Jóvenes Investigadores “Virginia Gutiérrez de Pineda” del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias).

Literatura citada

- Aidar, T., W. W. Koller, S. R. Rodrigues, A. M. Correa, J. C. C. Da Silva, O. S. Balta, J. M. De Oliveira y V. L. De Oliveira. 2000. Besouros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) colectados em Aquidauana, MS, Brasil. *Anales Sociedad Entomológica de Brasil*, 29(4): 817-820.
- Álvarez, M. C., M. P. Damborsky, M. E. Bar y F. C. Ocampo. 2009. Registros y distribución de la especie afroasiática *Digitonthophagus gazella* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 68 (3-4): 373-376.
- Barbero, E. y Y. Lopez-Guerrero. 1992. Some considerations on the dispersal power of *Digitonthophagus gazella* (Fabricius 1787) in the New World (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Tropical Zoology* 5: 115-120.
- Baptiste, M. P., N. Castaño, D. Cárdenas, F. P. Gutiérrez, D. Gil y C.A. Lasso (Eds.). 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, 200 pp.
- Bianchin, I., R. G. O. Alves y W. Koller. 1998. Efeito de carrapaticidas/insecticidas “Pour-On” sobre adultos do besouro coprófago africano *Onthophagus gazelle* Fabr. (Coleoptera: Scarabaeidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 27: 275-279.
- Blackburn, T. M., P. Pyšek, S. Bacher, J. T. Carlton, R.P. Duncan, V. Jarošík, J. R. U. Wilson y D. M. Richardson. 2011. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution* (en prensa).
- Blume, R. R. y A. Aga. 1978. *Onthophagus gazella*: Progress of experimental releases in South Texas. *Folia Entomológica Mexicana* 39-40: 190-191.
- Cambefort, Y. 1984. Étude écologique des coléoptères Scarabaeidae de Côte d'Ivoire. *Travaux des Chercheurs de la Station de Lamto (Côte d'Ivoire)* 3(1): 1-320.
- Camero-R., E. y J. M. Lobo. 2010. Distribución conocida y potencial de las especies del género *Eurysternus* Dalman, 1824 (Coleoptera: Scarabaeidae) de Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA)* 47: 257-264.
- Cannas, S. A., D. E. Marco y S. A. Páez. 2003. Modelling biological invasions: species traits, species interactions, and habitat heterogeneity. *Mathematical Biosciences* 183(1): 93-110.
- Crawley, M. J. 1986. The population biology of invaders. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Ser. B* 314: 711-729.
- Davis, M. A. y K. Thompson. 2000. Eight ways to be an invader: A proposed nomenclature scheme for invasion ecology. *Bulletin of the Ecological Society of America* 81: 226-230.
- Delgado, L. y J. Márquez. 2006. Estado del conocimiento y conservación de los coleópteros Scarabaeoidea (Insecta) del estado de Hidalgo, Mexico. *Acta Zoologica Mexicana (n.s.)* 22(2): 57-108.
- Fincher, G.T., T. B. Stewart y J. S. Hunter, III. 1983. The 1981 distribution of *Onthophagus gazella* Fabricius from releases in Texas and *Onthophagus taurus* Schreber from an unknown release in Florida (Coleoptera: Scarabaeidae). *The Coleopterists Bulletin* 37: 159-163.
- Fincher, G. T., R. R. Blume, J. S. Hunter III y K. R. Beerwinkle. 1986. Seasonal distribution and diel flight activity of dung-feeding scarabs in open and wooded pasture in east-central Texas. *Southwestern Entomologist, Supplement* 10: 1-35.
- Gámez, J., E. Mora y A. de Ascencao. 1997. Coleópteros copronecrófilos (Scarabaeidae) en un sistema agropastoril en el sur del Lago de Maracaibo. En: Resúmen XV Congreso Venezolano de Entomología, Trujillo, Venezuela, 51 pp.

- Hernández, J., A. Hurtado, R. Ortiz y T. Walschburger. 1992. Unidades biogeográficas de Colombia. Pp. 105-151. En: G. Halffter (ed.) *La Diversidad Biológica de Iberoamerica*. Acta Zoológica Mexicana, Volumen especial.
- Hirzel, A. H., J. Hausser, D. Chessel y N. Perrin. 2002. Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat suitability maps without absence data?. *Ecology* 83 (7): 2027-2036.
- Hortal, J., A. Jiménez-Valverde, J. F. Gómez, J. M. Lobo y A. Baselga. 2008. Historical bias in biodiversity inventories affects the observed environmental niche of the species. *Oikos* 117: 847-858.
- Huchet, J. B. 1992. Un scarabée nouveau pour les Petites Antilles: *Digitonthophagus gazella* (Fabricius) [Col. Scarabaeidae, Coprinae, Onthophagini]. *L'Entomologiste* 48(6): 297-303.
- Ivie, M. A. y T. K. Philips. 2008. Three new species of *Canthonella* Chapin from Hispaniola, with new records and nomenclatural changes for West Indian dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Zootaxa*. 1701: 1-14.
- Jiménez-Ferbans, L., W. Mendieta-Otálora, H. García y G. Amat. 2008. Notas sobre los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en ambientes secos de la región de Santa Marta, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 13(2): 203-208.
- Kohlmann, B. 1994. A preliminary study of the invasion and dispersal of *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) in México (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 61: 35-42.
- Lawton, J. H. y K.C. Brown. 1986. The population and community ecology of invading insects. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Ser. B* 314: 607-616.
- Lee, J. M. y Y. S. Peng. 1982. Influence of manure availability and nesting density on the progeny size of *Onthophagus gazella*. *Environmental Entomology* 11(1): 38-41.
- Levine, J. M. 2008. Biological invasions. *Current Biology* 18 (2): 57-60.
- Lobo, J. M. 1996. Diversity, biogeographical considerations and spatial structure of a recently invaded dung beetle (Coleoptera: Scarabaeoidea) community in the Chihuahuan desert. *Global Ecology and Biogeography Letters* 5(6): 342-352.
- Lobo, J. M. y E. Montes de Oca. 1997. Spatial microdistribution of two introduced dung beetle species *Digitonthophagus gazella* (F.) and *Euoniticellus intermedius* (Reiche) (Coleoptera: Scarabaeidae) in an arid region of northern Mexico (Durango, Mexico). *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 71: 17-32.
- Lobo, J. M., A. Jiménez-Valverde y J. Hortal. 2010. The uncertain nature of absences and their importance in species distribution modelling. *Ecography* 33: 103-114.
- Mack, R. N., D. Simberloff, W. M. Lonsdale, H. Evans, M. Clout y F. Bazzaz. 2000. Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences and control. *Issues in Ecology* 5: 1-20.
- Maes, J. M., B. C. Ratcliffè y M. L. Jameson. 1997. Fauna entomológica de la Reserva Natural Bosawas, Nicaragua. XI. Escarabajos (Coleoptera: Scarabaeidae) nuevos para la fauna de Nicaragua. *Revista Nicaragüense Entomológica* 39: 41-45.
- Martínez, N. J., H. García, L. A. Pulido, D. Ospino y J. C. Narváez. 2009. Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de la vertiente noroccidental, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Neotropical Entomology* 28 (6): 708-715.
- Matavelli, R. A. y J. N. C. Louzada. 2008. Invasão de áreas de savana intra-amazônicas por *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae). *Acta Amazonica* 38 (1): 153-158.
- Medina, C. A. y L. A. Pulido. 2009. Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de la Orinoquia Colombiana. *Biota Colombiana* 10 (1-2): 55-56.
- Miranda, C. H. B., Y. A. do Nascimento y I. Bianchin. 1990. Desenvolvimento de um programa integrado de controle dos nematodeos e a mosca-dos-chifres na região dos cerrados. Fase 3. Potencial de *Onthophagus gazella* no enterrio de fezes bovinas. *EMBRAPA-Gado de Corte, Pes. And.* 42: 1-5.
- Money, H. A. y R. J. Hobbs. 2000. *Invasive species in a changing world*. Washington, D.C., Island. 457 pp.
- Montes de Oca, E. y G. Halffter. 1998. Invasion of Mexico by two dung beetles previously introduced into the United States. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 33 (1): 37-45.
- Nascimento Y. A., I. Blanchin I. y M. R. Honer. 1990. Instruções para a criação do besouro *Onthophagus gazella* em laboratório. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA). *Comunicado Técnico* No. 33.
- Navarro, I. L., A. K. Roman, F. H. Gomez y H. A. Pérez. 2009. Primer registro de *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) para el departamento de Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 1 (1): 60-64.
- Noriega, J. A. 2002. First report of the presence of the genus *Digitonthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae) in Colombia. *Caldasia* 24 (1): 213-215.
- Noriega, J. A., C. Solis, I. Quintero, L. G. Pérez, H. G. García y D.A. Ospino. 2006. Registro continental de

- Digitonthophagus gazella* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Colombia. *Caldasia* 28 (2): 379-381.
- Noriega, J. A., C. Solís, F. Escobar y E. Realpe. 2007. Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) de la provincia de la Sierra Nevada de Santa Marta. *Biota Colombiana* 8 (1): 77-86.
- Noriega, J. A., F. Horgan, T. Larsen y G. Valencia. 2010. Records of an invasive dung beetle species, *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) (Coleoptera: Scarabaeidae), in Peru. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 26 (2): 451-456.
- Noriega, J. A., O. Delgado, J. I. Blanco, J. Gámez y J. A. Clavijo. 2011a. Introducción, establecimiento e invasión de *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) (Coleoptera: Scarabaeidae) en las sabanas colombo-venezolanas. *Entomotropica* 26(2): (en prensa).
- Noriega, J.A., J. Moreno, C. Moreno, S. Otavo y E. Castaño. 2011b. New departmental records of *Digitonthophagus gazella* (Coleoptera: Scarabaeidae) in Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 16(3) (en prensa).
- Quintero, I., P. Osorio, R. Castillo y M. Higuera. 2007. Insectos. Pp. 87-122. En: Villarreal-Leal, H., J. Madonado-Ocampo (comp.). *Caracterización biológica del Parque Nacional Natural El Tuparro (Sector Noreste), Vichada, Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia.
- Richardson, D.E., P. Pyšek, M. Rejmanek, M. G. Barbour, F. D. Panetta y C. J. West. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* 6: 92-107.
- Ripa, R. S., P. S. Rojas y G. Velasco. 1995. Releases of biological control agents of insects pests on Eastern Island (Pacific Ocean). *Entomophaga* 40 (3/4): 427-440.
- Rivera-Cervantes, L. E. y E. García-R. 1991. New locality records for *Onthophagus gazella* Fabricius (Coleoptera: Scarabaeidae) in Jalisco, México. *The Coleopterists Bulletin* 45 (4): 370.
- Rivera, C. y M. Wolff. 2007. *Digitonthophagus gazella* (Coleoptera: Scarabaeidae): distribución en América y dos nuevos registros para Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 33 (2): 190-192.
- Rougon, C. y D. Rougon. 1980. Contribution à la biologie des coléoptères coprophages en région sahélienne. Étude du développement d'*Onthophagus gazella* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Revue d'Ecologie et de Biologie du sol* 17 (3): 379-39.
- Ruiz, M. A. 2000. *Levantamiento poblacional de besouros coprofagos (Coleoptera Scarabaeidae) no Estado de Amambay, Republica do Paraguay*. Tese de Mestrado em Entomologia, 80 pp.
- Sakai, A. K., F.W. Allendorf, J. S. Holt, D. M. Lodge, J. Molofsky, K. A. With, S. Baughman, R. J. Cabin, J. E. Cohen, N. C. Ellstrand, D. E. Mccauley, P. O'neil, I. M. Parker, J. N. Thompson y S.G. Weller. 2001. The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 305-332.
- Seymour, J. 1980. Dung beetles get a little help from their friends. *Ecos* 26 (1): 20-25.
- Simberloff, D. 1996. Impacts of introduced species in the United States. *Consequences: The nature and implications of environmental change* 2 (2): 1-13.
- Vidaurre, T., J. A. Noriega y M. J. Ledezma. 2008. First report on the distribution of *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) (Coleoptera: Scarabaeidae) in Bolivia. *Acta Zoologica Mexicana (n.s.)* 24 (3): 217-220.
- Young, O. P. 2007. Relationships between an introduced and two native dung beetle species (Coleoptera: Scarabaeidae) in Georgia. *Southeastern Naturalist* 6 (3): 491-504.
- Zunino, M. y E. Barbero. 1993. Escarabajos, ganado, pastizales: algunas consideraciones deontológicas. *Folia Entomológica Mexicana* 87: 95-101.

¹ Jorge Ari Noriega
Laboratorio de Zoología y Ecología Acuática (LAZOEA)
Universidad de Los Andes, Bogotá, D. C., Colombia.
jnorieg@hotmail.com

² Juliana Moreno
Programa joven investigador, Colciencias - Ingeniería
Ambiental, Universidad El Bosque, Bogotá, D. C., Colombia.
moreno.tiusaba@gmail.com

² Samuel Otavo
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá,
Colombia.
geniusforestal@gmail.com

Quince años del arribo del escarabajo coprófago
Digitonthophagus gazella (Fabricius 1787)
(Coleoptera: Scarabaeidae) a Colombia: proceso de
invasión y posibles efectos de su establecimiento.

Recibido: 30 de mayo de 2011
Aceptado: 11 de noviembre de 2011

Distribución del gecko introducido *Hemidactylus frenatus* (Dumeril y Briçon 1836) (Squamata: Gekkonidae) en Colombia

Rances Caicedo-Portilla¹ y Claudia Juliana Dulcey-Cala²

Resumen

El gecko casero *Hemidactylus frenatus* es originario de Asia y la región Indo-Pacífica pero se ha distribuido en grandes áreas de las zonas tropicales del Viejo y Nuevo mundo. Por medio de la revisión de ejemplares de museos se encontraron 32 *H. frenatus*, que habían sido erróneamente identificados con otra especie introducida de este género, *Hemidactylus angulatus*. El primer registro de *H. frenatus* para Colombia se hizo en el 2000 en la región del Magdalena Medio, desde esa fecha hasta el presente, se encontraron reportes de esta especie en varias localidades del Caribe, los valles interandinos, la costa Pacífica y la Orinoquía. La especie ha mostrado predilección por ambientes urbanos y suburbanos y nunca se ha detectado en ambientes naturales. De acuerdo con las observaciones realizadas en Colombia, este gecko es ahora mucho más abundante que su co-específico *H. angulatus*, lo que puede indicar una fuerte competencia con éste y otras especies nativas, especialmente en las islas de San Andrés y Providencia. Se recomienda realizar estudios que permitan determinar el grado de presión y competencia que puede estar ejerciendo *H. frenatus* sobre especies nativas e introducidas de lagartijas.

Palabras clave. *Hemidactylus frenatus*. *Hemidactylus angulatus*. *Hemidactylus garnotii*. Especies introducidas. Colombia. Relaciones interespecíficas.

Abstract

The common house gecko, *Hemidactylus frenatus*, is a native species from Asia and the Indo-Pacific region. It has been found extensively in areas of the tropics both in the Old as well as the New World. Through the revision of museum specimens, we found 32 *H. frenatus* that have been erroneously identified with another invasive species, *H. angulatus*. The first record of *H. frenatus* in Colombia was reported in 2000 from the Magdalena Medio region, since that date to the present, the species has been founded in different localities into the Caribbean, Andean valleys, Pacific coastal and Orinoquia. The species has predilection for urban and suburban environments, but no records exist on its natural environment. According to our observations, this gecko is now more abundant than its conspecific, *H. angulatus*, and therefore we assume a strong competition between both species as well as other native and exotic geckos, mainly those that inhabit the San Andrés and Providencia islands. We recommend future studies that examine the degree of pressure and competition of *H. frenatus* on other native and exotic species of lizards.

Key words. *Hemidactylus frenatus*. *Hemidactylus angulatus*. *Hemidactylus garnotii*. Invasive species. Colombia. Interspecific interactions.

Introducción

La familia Gekkonidae es una de las más ampliamente distribuidas y diversas del mundo, habita el nuevo mundo (desde el sur de Estados Unidos hasta la región de la Patagonia, pasando por las islas del mar Caribe), el continente africano, el sur de Europa, el sur y parte central de Asia, la región Indo-Pacífica y el continente australiano. La familia consta de aproximadamente 970 especies, divididas en cuatro subfamilias (Vitt y Caldwell 2009).

Dentro de la familia Gekkonidae, el género *Hemidactylus* es uno de los más diversos, contando con cerca de 90 especies (Giri y Bauer 2008). Este género se encuentra ampliamente distribuido en la zona tropical de Asia, África y Suramérica, zonas áridas del norte de África y el suroccidente asiático, así como en la región Mediterránea (Carranza y Arnold 2006).

Igualmente, este género tiene las mayores extensiones de rango comparado con cualquier otro grupo de reptiles, debido principalmente a que un grupo de especies que han sido introducidas accidentalmente desde sus areales de distribución histórica en el Viejo Mundo a zonas de las Américas, las Indias Occidentales, Australia y en varias islas de los océanos Índico, Pacífico y Atlántico (Carranza y Arnold 2006).

En el Nuevo Mundo se encuentran cinco especies introducidas de los llamados geckos caseros, éstas son: *Hemidactylus angulatus* (= *H. brookii*), *H. frenatus*, *H. garnotii*, *H. turcicus* y *H. mabouia* (Rivas *et al.* 2005); de las cuales se tienen registros de tres para Colombia: *H. angulatus*, *H. frenatus* y *H. mabouia* (Kluge 1969, Vanzolini 1978, Castaño-Mora 2000, Cárdenas-Arévalo *et al.* 2010), los dos últimos trabajos sin referencia de material examinado.

El gecko casero *H. frenatus* es originario del sur de Asia y de la región Indo-Pacífica, pero se ha distribuido en grandes regiones del nuevo y del viejo mundo (Case *et al.* 1994). Se considera que esta especie posee el mayor rango de distribución no nativa dentro de su género (Case *et al.* 1994, Perry *et al.* 1998, Hoskin 2011). *Hemidactylus frenatus* ha sido el causante del desplazamiento y extinción de algunos lagartos

nativos (especialmente geckos) en algunas islas; por ejemplo, ha diezmado seis especies de geckos del género *Nactus*, de éstas, tres están extintas y las tres especies restantes se encuentran como poblaciones relictuales en islotes del archipiélago de la isla Mauricio (Cole *et al.* 2005). También ha sido el causante del desplazamiento de geckos introducidos como *H. turcicus* y *H. mabouia* en México (Powell *et al.* 1998, Farr *et al.* 2009), así como el desplazamiento a nivel global de *Lepidodactylus lugubris* y *H. garnotii* (Petren *et al.* 1993, Case *et al.* 1994, Petren y Case 1996, Dame y Petren 2006).

Hemidactylus frenatus fue reportado por primera vez para Colombia por Castaño (2000) en la región del Magdalena Medio (Puerto Boyacá, Boyacá), posteriormente Carranza y Arnold (2006), reportan un espécimen de Puerto Carreño, departamento de Vichada, pero sólo obtienen una cola para estudios moleculares (Carranza com. pers.). Por último Cárdenas-Arévalo *et al.* (2010), reportan esta especie en la ciénaga grande del Bajo Sinú, en el departamento de Córdoba.

A pesar de ser una especie tan común en hábitats con alto grado de intervención antrópica, está pobremente representada en las colecciones herpetológicas del país (obs. pers.), posiblemente debido a que ha pasado inadvertida, al ser confundida con las otras especies de geckos caseros que se encuentran en Colombia, tales como *H. angulatus* y *H. mabouia*. Lo anterior se hace evidente en las guías de campo realizadas por Renjifo y Lundberg (1999) y Angarita-Sierra (2010), donde se muestran fotografías de *H. frenatus*, pero estos autores las refieren como *H. angulatus* (= *H. brookii*).

Cabe resaltar que aunque especies como las del género *Hemidactylus* sean fáciles de recolectar y abundantes dentro de sus areales de distribución, pueden pasar un gran tiempo sin ser reportadas, dando como resultado considerables vacíos en el conocimiento de la expansión y distribución total de un taxón exótico o introducido en un área determinada (Rivas *et al.* 2005). Lo anterior es reflejado en el trabajo publicado por Rödder *et al.* (2008), quienes argumentan que en gran parte de Suramérica *H. frenatus* parece estar

ausente o es raro, aunque las condiciones climáticas sean las apropiadas; este argumento se debe a que ellos no encontraron registros en las bases de datos electrónicas y a la literatura que consultaron. Por lo tanto, se hace necesario una revisión cuidadosa de las especies del género que se encuentran depositadas en las colecciones del país, así como la realización de recolectas adicionales en el territorio colombiano.

El objetivo del presente trabajo es documentar la distribución actual de *Hemidactylus frenatus* en Colombia, así como proveer algunos datos de su historia natural en el país. De forma adicional, se hacen algunos comentarios acerca de los posibles impactos que puede tener la presencia de esta especie sobre algunas especies nativas e introducidas y se discute la presencia del gecko *H. garnotii* en Colombia.

Estudios moleculares recientes (Carranza y Arnold 2006, Weiss y Hedges 2007) han revelado que las poblaciones asiáticas y africanas de *H. brookii* tienen valores de divergencia altos, por lo que estos autores consideran las poblaciones africanas como *H. angulatus*; así mismo, encontraron que las tasas de divergencia entre las muestras del occidente de África y Las Antillas tienen valores muy bajos por lo que sugieren considerar a *H. haitianus* un sinónimo de *H. angulatus*. Adicionalmente, Carranza y Arnold (2006) argumentan que el segundo autor no encontró diferencias morfológicas entre las poblaciones de África y las poblaciones de Las Antillas. En concordancia con lo anterior, Rösler y Glaw (2010) realizaron un estudio de variación morfológica y taxonomía de *H. angulatus* y *H. brookii*, confirmando que *H. haitianus* es un sinónimo de *H. angulatus* y que el estatus de *H. brookii leightoni* permanece incierto con la evidencia presentada por ellos, pero sospechan que probablemente sea un sinónimo de *H. angulatus*. Por lo tanto, en este trabajo se tratará a lo que comúnmente se llama en Colombia *H. brookii* como *H. angulatus*. Sin embargo, en Colombia no se han realizado estudios de ningún tipo con este género, por lo que se deben iniciar estudios morfológicos y moleculares que permitan aclarar la identidad de las poblaciones que comúnmente se refieren a *H. brookii* o *H. leightoni*.

Material y métodos

Se hizo la revisión de material referente al género *Hemidactylus* que se encuentra depositado en las siguientes colecciones herpetológicas: Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá (ICN); Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander (UIS-R), Museo de Historia Natural de la Universidad de Antioquía, Medellín (MHUA), Museo de la Universidad Javeriana (MUJ) y Colección Zoológica de la Universidad de Nariño, Pasto (PSO-CZ). También se hizo determinación de material recolectado anteriormente por otros herpetólogos, pero que no ha ingresado formalmente a alguna colección herpetológica. Igualmente fue posible obtener algunas determinaciones por medio de fotografías de buena resolución que fueron enviadas a los autores, esto fue en contados casos y aparecen como registros indirectos (por observación y literatura).

En total 51 localidades fueron georreferenciadas por medio del gacetero en línea Geonames: <http://www.geonames.org>, utilizando el sistema WGS84 (World Geodetic System 1984). Las localidades en el mapa de distribución fueron ubicadas manualmente.

Resultados

Según los datos de distribución, *H. frenatus* se encuentra en 20 de los 32 departamentos de Colombia (Figura 1), aunque por falta de muestreo y de colecciones, puede estar presente en un mayor número de departamentos. Actualmente, el gecko se encuentra en la región Caribe, las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, los valles interandinos, la costa Pacífica y la Orinoquía, concordando con la distribución de la mayoría de poblaciones humanas en Colombia. Hasta el momento no se tienen registros u observaciones de la especie en la Amazonía; aunque hay dos registros de San Vicente del Caguán, Caquetá, población limítrofe con las selvas del Amazonas (Figura 1, Tabla 1). Su distribución altitudinal en Colombia va desde el nivel del mar hasta un registro a 2600 m s.n.m. cerca de la ciudad de Bogotá D. C., pero generalmente se encuentra por debajo de los 1600 m s.n.m. con reportes en la

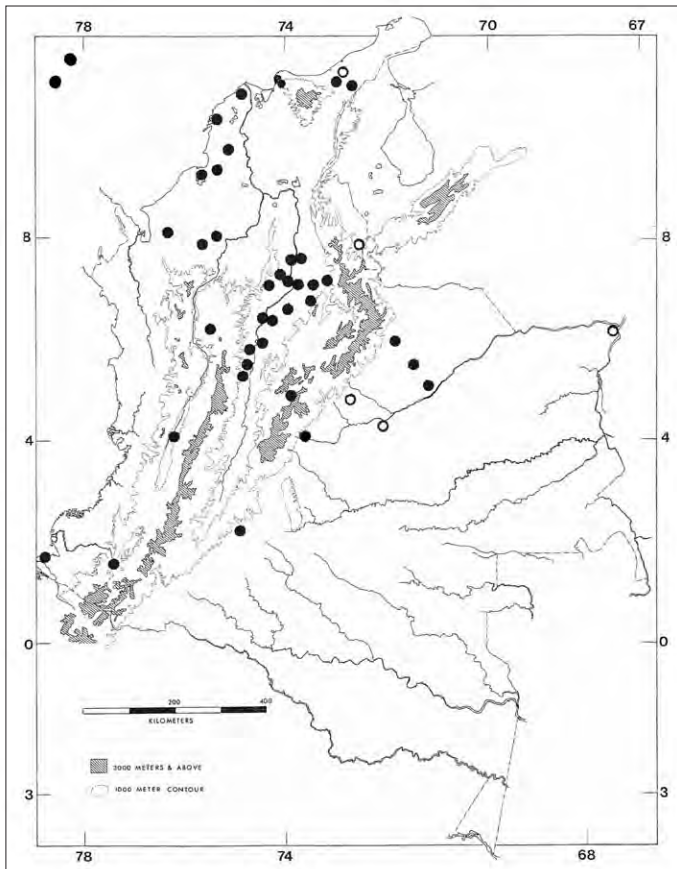


Figura 1. Distribución de *Hemidactylus frenatus* en Colombia. Círculos negros corresponden a las localidades de la Tabla 1. Círculos abiertos son registros de literatura y observaciones.

ciudad de Medellín. Igualmente, se ha observado en ciudades como Cúcuta y el poblado de Puerto Gaitán, en el departamento del Meta (Figura 1).

Los registros que se tienen hasta el momento de *H. frenatus* están relacionados exclusivamente con hábitats antrópicos (edificaciones y viviendas humanas), no encontrándose en las zonas de jardines ni en los bosques (Tabla 1).

Historia Natural. En Colombia, *H. frenatus* (Figura 2A) es encontrado comúnmente en casas y construcciones humanas hasta una altura de aproximadamente 15 metros. Esta especie es de actividad nocturna, se le ve forrajeando en las paredes internas y externas de las edificaciones. Durante el día se refugia en huecos y grietas de las paredes, así como detrás de cuadros u otros objetos que estén colgados en las mismas. Nun-

ca se le ha observado en plantas o árboles en o cerca de las construcciones humanas. A pesar de que es una especie predominantemente nocturna, un ejemplar fue observado vocalizando y forrajeando entre los palos de un techo de madera en el pueblo de Gamarra, Cesar, la observación y captura del individuo sucedió a las 7:30 horas (UIS R 2236), igualmente en la ciudad de Bucaramanga se escuchan chillidos de esta especie en el transcurso del día. La especie se observa forrajeando frecuentemente en búsqueda de artrópodos e insectos alrededor de las luces de las casas o construcciones donde habita. En los pueblos del sur de Bolívar (Santa Rosa del Sur, Simití y Morales), las densidades poblacionales de la especie son altas, en una noche se alcanzaron a observar hasta 25 especímenes sobre la pared de la iglesia del poblado de Morales. Los especímenes se ubican alrededor de los bombillos y mueven lentamente la punta de la cola de lado a lado, luego se lanzan sobre las presas, algunas veces se ven co-específicos atacándose unos a otros por un puesto alrededor de los bombillos para poder capturar las presas. Una nidada comunal de ocho huevos se observó durante el mes de octubre del año 2010 dentro de una caja de cigarrillos de cuero, la cual es un objeto decorativo en el interior de un apartamento de un quinto piso en la ciudad de Bucaramanga, en esta caja se han observado huevos cada dos meses aproximadamente (Quintero com. pers.). El 24 de julio de 2011, en la isla de San Andrés, en el sector La Loma aproximadamente a las 19:00 horas, se observó a dos adultos acorralando a un juvenil de la misma especie, finalmente uno de los adultos se comió al ejemplar juvenil (Mc Nish com. pers.).

Un registro interesante es el del espécimen capturado el doce de febrero de 2008 (MUJ 1315), en el municipio de Tocancipá (Cundinamarca), dentro de las instalaciones de la bodega de cajas vacías de una empresa productora de cerveza, la cual está localizada cerca de la ciudad de Bogotá a una altura de 2600 m s.n.m. aproximadamente, a pesar de la altura y el clima, en este sitio se estableció una población dentro de la edificación.

Tabla 1. Registros en Colombia del gecko introducido *Hemidactylus frenatus*

	Localidad	Voucher	Referencia	Fecha de colección
Antioquia	Amalfí, Proyecto hidroeléctrico porce II, El Mango, 1000 m.	MHUA 10499	Este trabajo	
	Medellín, barrio Lomas de los Bernal, 1600 m s.n.m.	MHUA 11124	Este trabajo	
	Puerto Berrío, casco urbano	UIS R 2264 - 2266	Este trabajo	septiembre de 2010
		MUJ 1327, 1328	Este trabajo	agosto de 2010
	Puerto Triunfo, corregimiento Doradal, Hotel El Lago, 260 m s.n.m.	MHUA 11483, 11485	Este trabajo	
Carretera Doradal-Medellín, 710	MHUA 11490	Este trabajo		
Atlántico	Pto. Colombia, canteras El Triunfo, Argos, 20 m s.n.m.	MHUA 11680	Este trabajo	
	Cartagena, barrio Daniel Lemaitre, 10 m s.n.m.	MUJ 1317	Este trabajo	enero de 2011
Bolívar	El Carmen de Bolívar, casco urbano	MUJ 1318, 1319	Este trabajo	enero de 2011
	Morales, casas alrededor iglesia principal, 55 m s.n.m.	UIS R 2243 - 2250	Este trabajo	enero de 2009
	Santa Rosa del Sur, Hotel Villa Real	UIS R 2256	Este trabajo	enero de 2009
	Símiti, Hotel Villa Julia	UIS R 2252 - 2255	Este trabajo	enero de 2009
Boyacá	Puerto Boyacá, Campo Palagua de Ecopetrol	UIS R 2257, 2258	Este trabajo	junio de 2010
	Puerto Boyacá, Estación Vasconia de Ecopetrol	UIS R 2259, 2260	Este trabajo	abril de 2010
	Puerto Boyacá, Puerto Romero (Las Quinchas)	ICN 7895, 7910, 7918, 7920	Castaño-Mora (2000)	septiembre de 1996, marzo de 1997
	Puerto Boyacá, Puerto Romero (Las Quinchas), instalaciones de TECHINT	ICN 7942, 7961 - 7963	Castaño-Mora (2000)	septiembre de 1997
Caldas	La Dorada, charca de Guarimocito	MUJ 1171 - 1174	Este trabajo	agosto de 2008
	La Dorada, vereda Guamales, Hacienda La Española	MUJ 1272	Este trabajo	diciembre de 2009
	Norcasia, Proyecto Miel I	MHUA 11006	Este trabajo	
Caquetá	San Vicente del Caguán	RC 1330, 1331	Este trabajo	julio de 2011
Casanare	Aguazul	Observado, fotografía	Este trabajo	octubre de 2010
	Orocué, casco urbano	MUJ 1251	Este trabajo	marzo de 2009
	Paz de Ariporo, vereda El Totumo, caserío El Totumo, 151 m s.n.m.	MUJ 1316	Este trabajo	octubre de 2008
	Mpio Trinidad, Hotel Portal del Llano, 187 m s.n.m.	MUJ 1322 - 1325	Este trabajo	marzo de 2011
Cesar	Gamarra, orilla puerto sobre río Magdalena, 35 m s.n.m.	UIS R 2236, 2237, 2251	Este trabajo	enero de 2009
	Montelíbano, casco urbano, Hotel Betocca	ICN 12202 - 12207	Este trabajo	julio de 2010
Córdoba	Puerto Libertador, vereda Centro América, Hacienda El Botón	ICN 12200, 12201	Este trabajo	julio de 2010
	Santa Cruz de Lórica	ICN 11366	Cárdenas-Arévalo <i>et al.</i> (2010)	febrero de 2005
	Tierra Alta urra	ICN 8430	Renjifo y Lundberg (1999)	marzo de 1999
	Tierra Alta urra, campamento funcionarios	ICN 8495 - 8497	Renjifo y Lundberg (1999)	abril de 1999
Cundinamarca	Tocácipa, Planta de Bavaria, zona de canastas vacías	MUJ 1315	Este trabajo	febrero de 2008
Guajira	Riohacha, corregimiento Juan y Medio, Finca El Paraiso, 154 m s.n.m.	ICN 12208	Este trabajo	mayo de 2010
Isla de San Andrés	Sector del Barrack, casa nativa hospedaje (Native lodging), 78 m s.n.m.	RC 1239, 1246, 1252	Este trabajo	agosto de 2010
Isla de Providencia	Sector de South West Bay, 14 m s.n.m.	RC 1254, 1255	Este trabajo	agosto de 2010

Cont. **Tabla 1.** Registros en Colombia del gecko introducido *Hemidactylus frenatus*

	Localidad	Voucher	Referencia	Fecha de colección
Magdalena	Santa Marta, caserío de Minca	ICN 11393	Este trabajo	octubre de 2007
Nariño	Taminango, Corregimiento Remolino	PSO CZ 311	Este trabajo	julio de 2008
	Tumaco, casco urbano	UIS R 2267, 2268	Este trabajo	junio de 2011
N. Santander	Cucutá	Observado	Este trabajo	diciembre de 2010
	Puerto Gaitán	Observado	Este trabajo	mayo de 2011
Meta	Villavicencio, Estación de Biología Tropical Roberto Franco	MUJ 1329 - 1361	Este trabajo	junio de 2011
Santander	Santander, Bucaramanga, calle 52 con carrera 27, al lado del Parque Turbay	UIS R 1719	Este trabajo	julio de 2006
	Bucaramanga, barrio Diamante II	Observado	Este trabajo	octubre de 2006
	Cimitarra, corregimiento de Puerto Araujo	UIS R 2263	Este trabajo	agosto de 2010
	Municipio Carmén de Chucurí, casco urbano	MUJ 1320, 1321, 1326	Este trabajo	marzo de 2011
	Girón, Via Bucaramanga- Girón	ICN 11507	Este trabajo	junio de 2008
	Girón, Vereda El Puente, Finca El Resplendor	UIS R 1807	Este trabajo	febrero de 2009
	Puerto Parra, corregimiento Puerto Olaya, Estación Sebastopol de Ecopetrol	UIS R 2261, 2262	Este trabajo	abril de 2010
	Puerto Parra, Vereda Campo Capote	ICN 11385-11390	Este trabajo	marzo de 2008
Sucre	Sincelejo, casco urbano	JADS 0026, 0050	Este trabajo	diciembre de 2009
Valle del Cauca	Andalucía, casco urbano	JJM 2398	Angarita-Sierra 2010	junio de 2008
Vichada	Vichada, Puerto Carreño	E509.3	Carranza y Arnold 2006	2001

Relaciones interespecíficas. *Hemidactylus frenatus* es simpátrico y sintópico en varias localidades transandinas con *H. angulatus* (Figura 2B), gecko introducido hace varias décadas en Colombia (Boulenger 1911, Shreve 1936). En los sitios donde se encuentran en simpatria (p. ej. en el sur de Bolívar y Girón, Santander), se pueden observar las dos especies forrajeando cerca una de la otra, pero los individuos de *H. frenatus* son más agresivos que los de *H. angulatus* y terminan relegando a estos últimos, a pesar de que *H. angulatus* es un gecko de mayor tamaño que su co-específico. En las casas donde se capturaron y observaron especímenes de las dos especies se pudo encontrar a *H. angulatus* refugiándose en troncos caídos y escombros a los lados de las casas, mientras a *H. frenatus* se le encontró dentro de la casa detrás de cuadros colgados de las paredes. Otra localidad donde se encuentran en simpatria es en Remolinos, Nariño, donde se capturó un ejemplar de *H. frenatus* (PSO CZ 311) y otro de *H. angulatus* (PSO CZ 312)

dentro de casetas de madera, al lado de la carretera (notas de campo de Marvin Anganoy); y en el municipio de Orocué, Casanare, donde se registran un ejemplar adulto de *H. angulatus* (MUJ 1250) y un juvenil de *H. frenatus* (MUJ 1251), recolectados en la misma fecha, aunque los datos de museo no precisan que sean del mismo lugar los dos especímenes.

Hemidactylus frenatus se puede encontrar en simpatria con varias especies de geckos como *Gonatodes albogularis*, *G. vittatus*, *Phyllodactylus ventralis* y *Thecadactylus rapicauda*. De forma específica, en las islas de San Andrés y Providencia convive con los geckos *Aristelliger georgeensis* y *Sphaerodactylus argus*. Aparentemente se puede encontrar en la región cis-andina en simpatria con *H. mabouia*, pero no se ha recolectado material de las dos especies en una misma localidad, sólo se han encontrado registros de una de las dos especies por localidad.

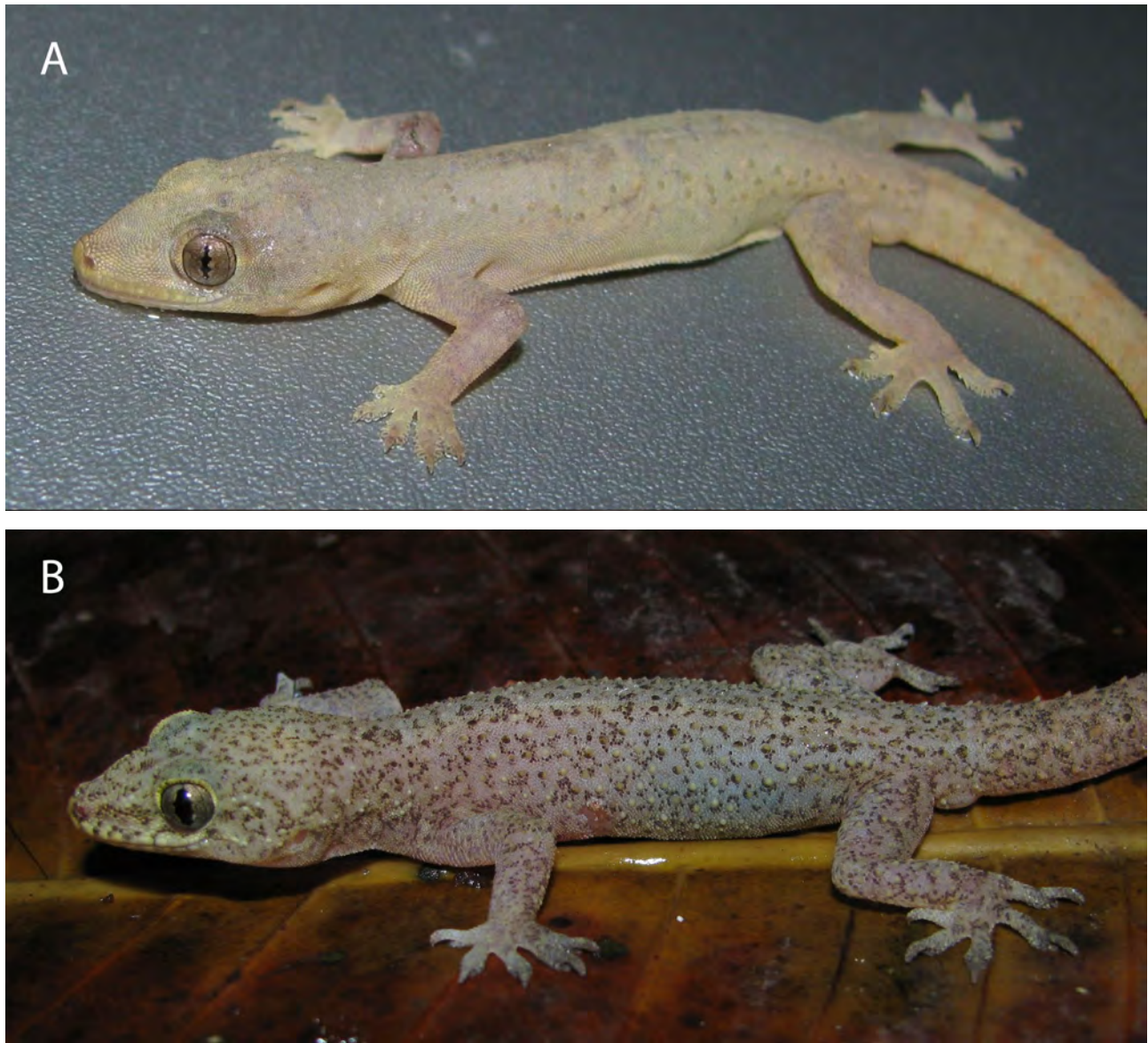


Figura 2. Vista general de algunos lagartos del género *Hemidactylus* de Colombia. (A) *Hemidactylus frenatus* de Montelíbano, Córdoba, y (B) *Hemidactylus angulatus* de Girón, Santander.

En una reciente colección de ejemplares en la Estación de Biología Tropical Roberto Franco en la ciudad de Villavicencio (Tabla 1), se recolectó y se pudo registrar la presencia de *H. frenatus*, no encontrándose *H. angulatus* en dichas instalaciones. En 1967 J. D. Lynch recolectó en el mismo sitio seis especímenes (los cuales se encuentran depositados en la colección de reptiles de la Universidad de Kansas, Estados Unidos), los cuales eran *H. angulatus*, no registrando para ese entonces a *H. frenatus*.

Discusión

Hemidactylus frenatus en Colombia muestra un modelo de invasión por difusión estratificada, en la cual la especie invasora o introducida amplía su rango de distribución por dos métodos: uno a través de la expansión en las localidades vecinas (p. ej. caseríos continuos) y dos, por medio de la dispersión a larga distancia (Shigesada *et al.* 1995); este último posiblemente se debe al transporte de carga a través de las

carreteras colombianas, ocasionando introducciones accidentales en varias regiones del país, muy similar al planteamiento de Townsend y Krysko (2003) para la dispersión de *H. garnotii* y *H. turcicus* en el estado de La Florida (Estados Unidos).

Aunque el primer registro de la especie es del Magdalena Medio en el año 1996 (Castaño-Mora 2000), no se puede asumir que este sea el primer punto de introducción de la especie, ya que probablemente pudo ingresar por los principales puertos del océano Atlántico como los ubicados en Santa Marta, Barranquilla o Cartagena, puertos por donde entran la mayoría de importaciones al país. Así mismo, el reporte molecular de Carranza y Arnold (2006) de Puerto Carreño (departamento del Vichada), ciudad fronteriza con la Republica Bolivariana de Venezuela puede indicar otro punto de entrada de la especie, debido a que esta ciudad mantiene un comercio activo con el país vecino, la muestra de la cola fue tomada en el año 2001 (Carranza, com. pers.), pero no se puede asumir que este es el año de introducción de la especie, pudo ser mucho antes.

De igual manera, aunque se obtuvieron reportes recientes de la especie en el Chocó Biogeográfico colombiano (Tumaco, julio de 2011), es muy posible que la especie se encontrara distribuida en esa zona anteriormente, pues en la región se localizan puertos de gran importancia para Colombia como lo son Buenaventura y Tumaco, además el registro de Andalucía (departamento del Valle del Cauca) es muy cercano a la ciudad de Cali, de la cual dista solamente en 110 km (IGAC, 1996); así mismo, Jadin *et al.* (2009) reportan la especie en San Lorenzo, provincia de Esmeraldas en Ecuador, localidad que dista de la frontera con Colombia por sólo 15 km. Por lo anterior, se puede asumir que la introducción probablemente ha ocurrido o sigue ocurriendo por múltiples introducciones independientes desde diferentes puertos de entrada al país, similar a lo reportado por Hoskin (2011) en la introducción de *H. frenatus* en Australia.

Farr (2011) pudo rastrear por medio de los registros de colecciones la dispersión cronológica de esta especie en México, pero el caso colombiano es más complejo pues los registros que se tienen son muy

recientes y los primeros son de zonas del interior del país y no de poblaciones costeras donde se esperaría primero la presencia de la especie.

Por otra parte y de acuerdo con el modelamiento de nicho ecológico realizado por Rödder *et al.* (2008), teniendo en cuenta las condiciones climáticas actuales, *H. frenatus* se podría encontrar con mayor probabilidad en la costa norte de Colombia, el valle medio del río Magdalena, la costa Pacífica y la zona oriental de Colombia en inmediaciones de Puerto Carreño; contrario a esto, en un escenario con condiciones de cambio climático la especie se podría encontrar en casi todo el territorio nacional, con densidades menores hacia el sur de Colombia, resultados que concuerdan con los datos encontrados en este trabajo.

Con este panorama, es muy difícil rastrear la fecha y lugar (o lugares) de entrada de la especie en el país, sin embargo, es claro que la especie ingresó a Colombia en la década de los 90's y que en un transcurso aproximado de 20 años se ha distribuido en gran parte del territorio nacional.

El registro de la localidad de Tocancipá a 2600 m. s.n.m. es un registro extraordinario y no sería sorpresa que esta especie pueda llegar a tales altitudes y establecerse, ya que debido a la selección de microhábitat, estacionalidad comportamental y otras respuestas adaptativas se estaría facilitando el establecimiento de *H. frenatus* en estos ambientes fríos, al menos en ambientes urbanos, los cuales pueden ser térmicamente más cálidos e ideales para la especie (Hoskin 2011).

A pesar de que *H. frenatus* aún no se ha registrado en ambientes naturales perturbados o conservados en Colombia, en otras regiones del mundo donde se encuentran poblaciones introducidas, esta especie ha empezado a invadir este tipo de hábitat, empezando a ser el gecko más abundante (Cole *et al.* 2005, Hoskin 2011), por lo que no se descartaría que esto pudiera suceder en Colombia. No se sabe a ciencia cierta por qué *H. frenatus* invade hábitat naturales en algunas áreas y en otras no, pero se puede deber a presiones de dispersión desde las poblaciones suburbanas, más que a su establecimiento en áreas de bosque como tal

(Hoskin 2011). Otras de las causas que pueden facilitar el proceso de dispersión en áreas naturales son la fragmentación del hábitat y la urbanización desmedida, por ejemplo, la llegada de esta especie a zonas protegidas como los parques nacionales por medio de los materiales de construcción que se utilizan para cabañas y demás instalaciones necesarias para las prácticas del ecoturismo (Hoskin 2011); lo cual podría llegar a ser fatal en las islas oceánicas como San Andrés, Providencia (Caribe) y Malpelo (Pacífico) colombiano, de no tomarse las medidas preventivas para el control de esta especie.

Relaciones interespecíficas. *H. frenatus* ha sido considerado como una de las especies del género que ha contribuido a la exclusión competitiva tanto de especies nativas como de especies introducidas, especialmente otros geckos (Case *et al.* 1994, Petren y Case 1996, Cole *et al.* 2005). Esto también podría estar ocurriendo con las poblaciones de geckos nativos caseros como *G. albogularis*, *G. vittatus*, y *P. ventralis*, especies mucho más pequeñas y que pueden ser predadas o sobre las cuales *H. frenatus* puede estar ejerciendo una fuerte competencia por los recursos alimentarios y de hábitat dentro sus areales de distribución. Este gecko puede llegar a presentar una fuerte presión sobre *Lepidodactylus lugubris*, especie partenogenética introducida hace varios años en la Costa Pacífica (Ayala 1986, Castro-Herrera y Vargas-Salinas 2008) y de la cual se tiene información de que ha sido desplazada a nivel global (Petren *et al.* 1993, Case *et al.* 1994, Petren y Case 1996).

Según el trabajo realizado por Rödder *et al.* (2008), *H. frenatus* tiene más probabilidad de presentar una mayor disponibilidad de hábitat que *H. mabouia*, lo que podría alterar las abundancias de las especies en sus rangos de distribución nativa e introducida. Aunque en el momento no hay datos cuantitativos, se ha observado que el gecko introducido *H. angulatus* ha disminuido notablemente su número en algunas zonas de la ciudad de Bucaramanga, así como se han incrementado las frecuencias de las vocalizaciones emitidas por *H. frenatus* (obs. pers.), las frecuencias en los chillidos se pueden relacionar con la abundancia de la especie en determinado lugar, como lo demostraron Frenkel (2006) y Marcellini (1974). Así mismo en los

pueblos del sur de Bolívar, la gente ha comentado que *H. frenatus* ha incrementado sustancialmente su densidad poblacional en los últimos 5-10 años. Una región que merece mayor atención es el archipiélago de San Andrés y Providencia, donde este gecko ha sido introducido recientemente y aún se encuentran poblaciones significativas de los geckos *A. georgeensis* y *S. argus*, estas especies utilizan los hábitats antrópicos y naturales en estas islas (obs. pers.); por lo que la introducción de *H. frenatus* puede ser devastadora en esta región del país, ya que el área total de distribución de las especies nativas es menor a 25 km² en cada isla y las zonas conservadas van en disminución constante, por lo tanto, la mayoría de hábitats disponibles son los de actividad antrópica, sitios que están siendo dominados por *H. frenatus* (obs. pers.).

Una posible exclusión competitiva pudo haber sucedido en las edificaciones de la Estación de Biología Tropical Roberto Franco de Villavicencio, pues hace 44 años *H. angulatus* se encontraba en dichas instalaciones (recolectas de J. D. Lynch en 1967), pero recientes colecciones en esa localidad arrojaron la captura de *H. frenatus*, no observándose ni coleccionándose *H. angulatus*, el tiempo en que pudo haber ocurrido el desplazamiento no se puede rastrear pues el intervalo de tiempo entre las dos fechas de colección es muy amplio. Por el motivo anterior, se hace necesario visitar localidades de donde se tengan registros de las otras especies de *Hemidactylus*, para poder observar y evaluar si se registra la especie recolectada en esos momentos o por el contrario ya se encuentra *H. frenatus* en dichas localidades; así mismo visitar las localidades donde se han registrado en simpatria *H. angulatus* y *H. frenatus* para poder evaluar si las dos especies coexisten hoy en día o por el contrario, *H. frenatus* ha desplazado a *H. angulatus*. Con los datos hasta ahora obtenidos y el éxito de colonización que ha tenido la especie, es posible que continúe dispersándose por todas las zonas bajas del país en los próximos años, aunque se sospecha que ya está presente en la gran mayoría de regiones intervenidas de Colombia.

Baptiste *et al.* (2010) publicaron recientemente el libro titulado “Análisis de Riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia”, don-

de se registra la especie partenogenética *H. garnotii*. Este gecko aparece registrado para el Aica/Iba (Área de Importancia para la Conservación de las Aves) Ciénaga Grande de Santa Marta, específicamente en la Isla de Salamanca (Múnera com. pers.) localizada al norte de Colombia. Al consultar las fuentes de donde se adquirió el dato de la presencia de la especie, se trató de tener comunicación con la persona que hizo el registro, pero ésta nunca contestó nuestro llamado. Al parecer no fue depositado ningún espécimen de *H. garnotti* en algún museo colombiano (Múnera, com. pers.), por lo que este registro mantiene cierta duda, debido entre otras cosas a la difícil diferenciación de este gecko con *H. frenatus* (Krysko y Daniels 2005). La única forma de diferenciar estas dos especies es porque “el segundo par de los escudos geniales anteriores están en contacto con las escamas infralabiales en *H. frenatus* y esta condición no se presenta en *H. garnotii*” (Krysko y Daniels 2005), además, en nuestros datos de distribución se encuentran registros de *H. frenatus* en Puerto Colombia (Atlántico) y de zonas aledañas a la ciudad de Santa Marta (Figura 1, Tabla 1), localidades cercanas a la Ciénaga Grande de Santa Marta, por lo que se podría tratar de registros de *H. frenatus*, en lugar de *H. garnotii*. Debido a la ausencia de ejemplares depositados en colecciones de museo que permitan corroborar esta información, se propone no considerar a *H. garnotti* dentro de los listados de los reptiles de Colombia, hasta que no se realicen búsquedas sistemáticas que corroboren la presencia de la especie en Colombia, especialmente en las zonas aledañas al Aica Ciénaga Grande de Santa Marta.

Agradecimientos

Agradecemos a los profesores John D. Lynch y Martha Calderón (ICN), Martha Patricia Ramírez (UIS), Vivian Páez (MHUA), Julio Mario Hoyos (MUJ) y Belisario Cepeda y Jhon Jairo Calderón (PSO CZ) por permitirnos el acceso y préstamo del material herpetológico bajo su cuidado para la revisión de los especímenes. Agradecimientos a la bióloga Catalina Mantilla (MUJ), al estudiante Carlos Hernández (UIS) por las facilidades prestadas durante las visitas a la colección de la Universidad Javeriana y Universi-

dad Industrial de Santander, respectivamente. A Claudia Múnera, María Piedad Baptiste y Carlos A. Lasso del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt por invitarnos como expositores dentro del simposio “Las invasiones biológicas como factores de cambio y pérdida de la biodiversidad” realizado en la ciudad de Medellín en el Marco del Tercer Congreso Colombiano de Zoología. A Gilson Rivas por la ayuda en la consecución de bibliografía clave para la realización de este trabajo, así como los comentarios valiosos al mismo. Agradecimientos especiales a W. E. Duellman y Andrew Campbell de la Universidad de Kansas por el envío de las fotografías de los especímenes recolectados por J. D. Lynch en 1967 de Villavicencio, que sirvieron para poder determinar la identidad de estos ejemplares recolectados en aquel tiempo. El primer autor da agradecimientos especiales a John D. Lynch por el préstamo del mapa que se utiliza en el presente trabajo y a las nutridas charlas y comentarios acerca del tema de la dispersión de especies, así como por su interés constante para la revisión y publicación de este artículo.

Literatura citada

- Angarita-Sierra, T. 2010. Reptiles: culebras, lagartijas y tortugas. Pp. 213-221. *En*: Infante-Betancour, J. y A. Tiboche-García (Eds.). Flora y fauna de los humedales y bosques de la zona plana del municipio de Andalucía. Serie Biodiversidad para la sociedad N° 1. Coldesal, Bogotá D. C., Colombia.
- Ayala, S.C. 1986. Saurios de Colombia: lista actualizada y distribución de ejemplares colombianos en los museos. *Caldasia* 15 (71-75): 555-575.
- Baptiste, M. P., N. Castaño, D. Cárdenas, F. P. Gutiérrez, D. L. Gil y C. Lasso (Eds). 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia, 200 pp.
- Boulenger, G. 1911. Descriptions of new reptiles from the Andes of South America preserved in the British Museum. *Annals and Magazine of Natural History* 7: 19-25.
- Cárdenas-Arévalo, G., O. V. Castaño-Mora y J. E. Carvajal-Cogollo. 2010. Comunidad de reptiles en humedales y áreas aledañas del departamento de Córdoba. Pp. 381-398. *En*: J. O. Rangel-Ch (Ed.), Colombia Diversidad Biótica IX: Ciénagas de Córdoba: biodi-

- versidad-ecología y manejo ambiental. Editores Impresores LTDA., Bogotá D. C., Colombia.
- Carranza, S. y E. N. Arnold. 2006. Systematics, biogeography and evolution of *Hemidactylus* geckos (Reptilia: Gekkonidae) elucidated using mitochondrial DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 38: 531-545.
- Case, T. J., D. T. Bolger y K. Petren. 1994. Invasions and competitive displacement among house geckos in the tropical Pacific. *Ecology* 75 (2): 464-477.
- Castaño-Mora, O. V. 2000. Invasores en el Magdalena Medio. Primer registro de la presencia de *Hemidactylus frenatus* (Reptilia: Sauria: Gekkonidae), en Colombia. Pp. 19. En: P. Muñoz de Hoyos y J. Aguirre C. (Eds.). Libro de Resúmenes. Primer Congreso Colombiano de Zoología. Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, sede Santafé de Bogotá.
- Castro-Herrera, F. y F. Vargas-Salinas. 2008. Anfibios y reptiles en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Revista Biota Colombiana* 9 (2): 251-277.
- Cole, N.C., C. G. Jones y S. Harris. 2005. The need for enemy-free space: the impact of an invasive gecko on island endemics. *Biological Conservation* 125: 467-474.
- Dame, E. A. and K. Petren. 2006. Behavioural mechanisms of invasion and displacement in Pacific island geckos (*Hemidactylus*). *Animal Behaviour* 71: 1165-1173.
- Farr, W. L. 2011. Distribution of *Hemidactylus frenatus* in Mexico. *The Southwestern Naturalist* 56 (2): 265-273.
- Farr, W. L., D. Lazcano y P. A. Lavín-Murcio. 2009. New distributional records for amphibians and reptiles from the state of Tamaulipas, Mexico II. *Herpetological Review* 40: 459-467.
- Frenklen, C. 2006. *Hemidactylus frenatus* (Squamata: Gekkonidae): call frequency, movement and condition of tail in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 54 (4): 1125-1130.
- Giri, V. y A. M. Bauer. 2008. A new ground-dwelling *Hemidactylus* (Squamata: Gekkonidae) from Maharashtra, with a key to the *Hemidactylus* of India. *Zootaxa* 1700, 21-34.
- Hoskin, C. J. 2011. The invasion and potencial impact of the Asian House Gecko (*Hemidactylus frenatus*) in Australia. *Austral Ecology* 36: 240-251.
- IGAC. 1996. Diccionario Geográfico de Colombia. Tercera edición. Horizonte Impresores LTDA. Bogotá, D. C., Colombia, 2521 pp.
- Jadin, R. C., M. A. Altamirano, M. H. Yañez-Muñoz y E. N. Smith. 2009. First record of the common house gecko (*Hemidactylus frenatus*) in Ecuador. *Applied Herpetology* 6: 193-195.
- Kluge, A. G. 1969. The evolution and geographical origin of the New World. *Hemidactylus mabouia-brookii* complex (Gekkonidae, Sauria). *Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan* 138: 1-78.
- Krysko, K. L. y K. J. Daniels. 2005. A key to the geckos (Sauria: Gekkonidae) of Florida. *Caribbean Journal of Science* 41 (1): 28-36.
- Marcellini, D. L. 1974. Acoustic behavior of the gekkonid lizard, *Hemidactylus frenatus*. *Herpetologica* 30: 44-52.
- Perry, G., G. H. Rodda, T. H. Fritts y T. R. Sharp. 1998. The lizard fauna of Guam's fringing islets: island biogeography, phylogenetic history, and conservation implications. *Global Ecology and Biogeography* 7: 353-365.
- Petren, K., D. T. Bolger y T. J. Case. 1993. Mechanism in the competitive success of an invading gecko over and asexual native. *Science* 159: 354-357.
- Petren, K. y T. J. Case. 1996. An experimental demonstration of exploitation competition in an ongoing invasion. *Ecology* 77 (1): 118-132.
- Powell, R., R. I. Crombie y H. E. A. Boss. 1998. *Hemidactylus mabouia* (Moreau de Jonnés). *Catalogue of American amphibians and reptiles*, Society for the Study of Amphibians and Reptiles 674:1-11.
- Renjifo, J. M. y M. Lundberg. 1999. Guía de campo anfibios y reptiles de Urrá. Editorial Colina, Medellín, Colombia. 96 pp.
- Rivas, G., G. N. Ugueto, A. M. Bauer, T. Barros y J. Manzanilla. 2005. Expansion and natural history of a successful colonizing gecko in Venezuela (Reptilia: Gekkonidae: *Hemidactylus mabouia*) and the discovery of *H. frenatus* in Venezuela. *Herpetological Review* 36 (2): 121-125.
- Rödler, D., M. Solé y W. Böhme. 2008. Predicting the potencial distributions of two alien invasive house-geckos (Gekkonidae: *Hemidactylus frenatus*, *Hemidactylus mabouia*). *North-Western Journal of Zoology* 4 (2): 236-246.
- Rösler, H. y F. Glaw. 2010. Morphologische variation und taxonomie von *Hemidactylus brookii* Gray, 1845 und *Hemidactylus angulatus* Hallowell, 1854 sowie phänotypisch ähnlicher taxa. *Spixiana* 33 (1): 139-160.
- Shigesada, N., K. Kawasaki y Y. Takeda. 1995. Modeling stratified diffusion in biological invasions. *The American Naturalist* 146 (2): 229-251.
- Shreve, B. 1936. A new *Atelopus* from Panama and a new *Hemidactylus* from Colombia. *Occasional Pa-*

- pers of the Boston Society of Natural History* 8: 269-271.
- Townsend, J. H y K. L. Krysko. 2003. The distribution of *Hemidactylus* (Sauria: Gekkonidae) in northern peninsular Florida. *Florida Scientific* 66 (3): 204-208.
- Vanzolini, P. E. 1978. On South American *Hemidactylus* (sauria, Gekkonidae). *Papéis Avulsos de Zoologia* 31 (20): 307-343.
- Vitt, L. J y J. P. Caldwell. 2009. *Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles*. Third Edition. Academic Press, San Diego, California, USA. 697 pp.
- Weiss, A. J., y S. B. Hedges. 2007. Molecular phylogeny and biogeography of the Antillean geckos *Phyllodactylus wirshingi*, *Tarentola Americana* and *Hemidactylus haitianus*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 45: 409-416.

¹ José Rances Caicedo-Portilla

Laboratorio de anfibios. Grupo de Cladística Profunda y Biogeografía Histórica, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C., Colombia.
jrcaicedop@unal.edu.co - ranchocaicedo@yahoo.com

² Claudia Juliana Dulcey-Cala

UT TIP PETROLABIN, Servicios Técnicos Especializados-Ambiental, Instituto Colombiano del Petróleo, Ecopetrol S. A. Piedecuesta, Santander, Colombia.
claudiajuli83@gmail.com

Distribución del gecko introducido *Hemidactylus frenatus* (Dumeril y Bribon 1836) (Squamata: Gekkonidae) en Colombia

Recibido: 17 de junio de 2011

Aceptado: 16 de noviembre de 2011

Nota breve

Presencia y dispersión del cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii* Girard, 1852) (Decapoda: Cambaridae) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia

Pablo Emilio Flórez-Brand¹ y Javier Ovidio Espinosa-Beltrán²

Resumen

En años atrás, las especies importadas llegaban al país de forma descontrolada y sin realizar un estudio previo de adaptación y comportamiento por parte de los institutos de investigación del Estado. Tal es el caso del cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*) que fue introducido al Valle del Cauca en 1985, en calidad de especie experimental. Se pretende realizar una evaluación preliminar de la dispersión de esta especie en el Valle del Cauca, para conocer a qué tipo de ecosistemas ha llegado a colonizar por efectos de la dispersión realizada por el hombre o como una ampliación del rango de distribución de la especie como tal. El avance en la dispersión de esta especie es bastante preocupante, porque está ocurriendo de manera acelerada. Hasta el momento no se ha evidenciado un efecto directo sobre las especies y comunidades nativas. Sin embargo, las madrigueras que construye el cangrejo rojo pueden causar daños en los diques de contención que se han construido en las orillas del río Cauca.

Palabras clave. Especies introducidas. Especies exóticas. Crustáceos decápodos. Humedales. Cuenca del río Magdalena.

Abstract

Years ago, exotic species were imported freely and without any previous studies as to their adaptation or behavior by government agencies. This is the case of the American Red Crayfish (*Procambarus clarkii*) that was introduced to Valle del Cauca in 1985 as an experimental species. Here we present a preliminary evaluation of the dispersion of this species in Valle del Cauca, to determine which sorts of ecosystems it has colonized as a result of this introduction. The advance of this species through Colombian aquatic systems is worrisome because of its accelerated speed. At this time there is no evidence of direct impacts on native species or communities. However, the tunnels constructed by the red crayfish can cause damage to the flood protection dikes that have been constructed on the banks of the Cauca River.

Key words. American Red Crayfish. *Procambarus clarkii*. Introduced species. Wetlands. Valle del Cauca. Colombia.

Introducción

El Valle geográfico del río Cauca, por sus características climáticas y por contar con recursos hídricos abundantes, ha sido el espacio para que diversas empresas de acuicultura lideraran dicha actividad en la región en años anteriores, mediante la adopción y desarrollo de nuevas técnicas con nuevas especies, e iniciar ensayos con miras a incrementar la productividad. Este auge llevó a que los productores se interesaran por el cultivo de especies exóticas que aparentemente ofrecían mayores rendimientos. Sin embargo, estas especies hidrobiológicas exóticas pueden traer consigo una serie de inconvenientes que no son tenidos en cuenta en primera instancia por los interesados, pudiendo llegar a causar impactos y desequilibrar los ecosistemas naturales al establecerse y colonizar los cuerpos de agua. Actualmente cualquier importación de flora y fauna debe ir acompañada de un estudio previo de impacto ambiental y del análisis de riesgo respectivo, ya que dichas introducciones pueden ser catastróficas para las especies nativas y generar cambios drásticos a los ecosistemas naturales.

Procambarus clarkii es nativa del norte de México y del valle del río Mississippi en Estados Unidos; ha sido introducida en diversos países como Francia, España, Japón, Hawái, este de África y República Dominicana, donde actualmente es fuente importante de producción de alimento para satisfacer la creciente demanda de proteínas. Fue introducida al Valle del Cauca en 1985 por la “Agropecuaria Heliodoro Villegas Sucesores S.A.”, con registro sanitario del ICA (O.N. 867 -85), en calidad de especie experimental. La especie es conocida como cangrejo rojo americano, camarón rojo, crawfish, cangrejo rojo de Louisiana, camarón del diablo, cangrejo de río americano, langostilla y cangrejo rojo de las marismas (Figuras 1-2).

El estudio básico del trabajo planteado en ese tiempo por Romero y von Prahel en 1988, fue enfocado al crecimiento y reproducción de esta especie en cautiverio bajo condiciones controladas en el trópico. El ensayo tuvo una duración de 17 meses, y se investigaron aspectos relacionados con el cortejo, cópula, desarrollo post-larval y cría de juveniles con dietas naturales



Figura 1. Ejemplares adulto y juvenil de cangrejo rojo.



Figura 2. Hembra con sacos ovígeros entre sus pleópodos.

en condiciones de cautiverio. Posterior al ensayo en 1988, se presentó una fuga accidental de ejemplares al ambiente natural.

El camarón rojo se dispersó por medios naturales en el municipio de Palmira y el hombre lo distribuyó a otros municipios del departamento, incluyendo a Santiago de Cali, Jamundí, Yotoco, San Juan Bautista de Guacarí, Guadalajara de Buga, todos ellos drenados por el río Cauca (2007-2011).

El presente estudio inició en 1999 y se extendió hasta el 2011. El primer paso (años 1999 y 2000), fue realizar una evaluación ambiental de las comunidades ícticas, bentónicas y planctónicas del ecosistema natural, colonizado por la especie *Procambarus clarkii* en el Valle del Cauca. Posteriormente entre el 2002 y el 2006, se detectaron los medios de dispersión de la especie en la región aledaña al municipio de Palmira (Valle del Cauca), por funcionarios de la CVC, incluyendo también otros humedales lóticos cercanos al mismo municipio.



Figura 3. Ejemplar adulto en posición defensiva de su territorio.

Una de las características de comportamiento de la especie es su territorialidad (Figura 3) y tener el hábito de hacer madrigueras profundas en la tierra, especialmente en época de mudas y de postura, lo que ha ocasionado grandes problemas en algunas regiones de Europa, Japón, África Central y Hawái (Coll 1998), ya que puede causar daños a estructuras civiles, afectando cimientos de edificaciones, cimientos grandes de edificios (zapatas), estribos de puentes, tuberías de aguas servidas, cimientos de postes de energía entre otros.

Es una especie omnívora (Romero y von Prah 1988 a-b, ISSG 2011), que puede consumir tanto material vegetal (Coll 1998) como animal e incluso detritos (Romero y von Prah 1988 a-b). Según Coll (1998), la especie posee poca resistencia a las altas temperaturas y a las bajas concentraciones de oxígeno. Adicionalmente es considerada una especie con estrategia “r”, es decir, con un ciclo de vida corto y un alta tasa de fecundidad, entre otros aspectos (ISSG 2011).



Figura 4. Madriguera en el talud con cangrejo americano dentro.

Material y métodos

Área de estudio

El estudio se desarrolló (1999-2011) en el departamento del Valle del Cauca, municipios de Palmira, Santiago de Cali, Jamundí, Yotoco, San Juan Bautista de Guacarí, Guadalajara de Buga. Se muestrearon los zanjones de Romero, Zumbáculo, Chimbiqua y Berraco (cuenca baja de los ríos Bolo y Fraile, Palmira) y San Juan (Cali). También se realizaron observaciones en la madreveja Videles (Guacarí); madreveja Román (Yotoco) y en la Laguna de Sonso (Buga). Se evaluaron ecosistemas tanto lénticos como loticos, incluyendo cuerpos de agua naturales y artificiales. Donde se detectó la presencia de la especie, se realizó el programa de muestreo que incluyó el conteo de madrigueras y capturas de ejemplares adultos y juveniles, los cuales fueron pesados y medidos.

El canal artificial conocido como Zanjón Romero donde inicialmente apareció la especie, nace en la zona sur-oriental del municipio de Palmira en el sitio denominado El Retiro, con temperatura promedio de 26 °C, altitud de 1050 m s.n.m. y 5,2 km de longitud desde su nacimiento hasta el bosque municipal de Palmira. A tan sólo 2 km de su nacimiento el área circundante al zanjón está compuesta por cultivo de caña de azúcar, y asentamientos humanos a medida que se va acercando al bosque municipal.

En las localidades estudiadas se buscó evidencia de las madrigueras realizadas por los camarones en los talu-



Figura 5. Madriguera de cangrejo rojo en la vegetación acuática.

des de los zanjones, lo cual es indicativo de la presencia de la especie. Las madrigueras son orificios hechos en la tierra de 8 a 15 cm de diámetro y de profundidades que varían entre 50 cm y 180 cm (Figuras 4 y 5).

Toma de muestras

Para cada uno de los zanjones donde fue reportada la especie (Zumbáculo, Chimbiqua, San Juan, Berraco y Jamundí) se establecieron cuatro estaciones de muestreo distribuidas a lo largo de los mismos de la siguiente manera: 1) el nacimiento del Zanjón, 2) zona alta, 3) zona media y 4) zona baja (Figuras 6-7). Entre los años 2003 a 2005 se realizaron muestreos cada 3 meses. En cada estación se trazaron entre 10 y 12 transectos de 15 m de longitud por 3 m de ancho. En estos transectos se procedió a ubicar las madrigueras o a determinar la presencia de camarón rojo (Tabla 1). Dicha práctica se realizó con el fin de obtener información que permitiera estimar datos de densidad relativa; adicionalmente también se realizaron lances con atarraya (se realizaron entre 8 a 10 lances con atarraya o chile punto 1, ojo de malla de 1 cm de longitud) y se utilizaron trampas, nasas y catangas, para la captura de ejemplares. En cada muestreo, una cantidad representativa (2 a 5 ejemplares) del cangre-

jo rojo fueron colectados para análisis del contenido estomacal en laboratorio.

Se realizaron análisis de agua de las localidades muestreadas considerando oxígeno, alcalinidad, contenido de CO₂, dureza, amonio, nitrito, pH, cloruro y temperatura. En la tabla 2 se muestran los parámetros fisicoquímicos de las estaciones de muestreo.

Resultados y discusión

Posterior a 1999 (entre los años 2003 y 2005), la especie fue reportada por los funcionarios de la CVC, en los zanjones Zumbáculo (longitud (l) = 6850 m), Chimbiqua (l = 3600 m), San Juan (l = 12530 m) y Berraco (l = 4625 m), todos ellos en jurisdicción del municipio de Palmira.

A partir del 2007 y hasta el 2011, se realizó un seguimiento de la dispersión de la especie en varios municipios y se confirmó su presencia en otras localidades del Valle del Cauca. Igualmente, se reportan datos de densidad relativa para algunas de las localidades estudiadas. En el 2007 fue reportada en el municipio de Jamundí, al sur del departamento del Valle del Cauca, en un zanjón artificial colector de aguas de drenaje del ingenio La Cabaña. Para el 2010 ya la especie se dispersó hacia las cuencas bajas de los ríos Bolo y Fraile en cercanías del municipio de Palmira, y por primera vez se registra la especie en un medio natural (Figura 7). En el 2011 fue reportada la aparición de este crustáceo en las inmediaciones de la Laguna de Sonso, por un pescador artesanal de la laguna (Figura 8).

Mediante las capturas manuales se pudo registrar la presencia de *P. clarkii* a lo largo de todos los zanjones muestreados. La profundidad promedio de los



Figura 6. Zanjón artificial Chimbiqua.



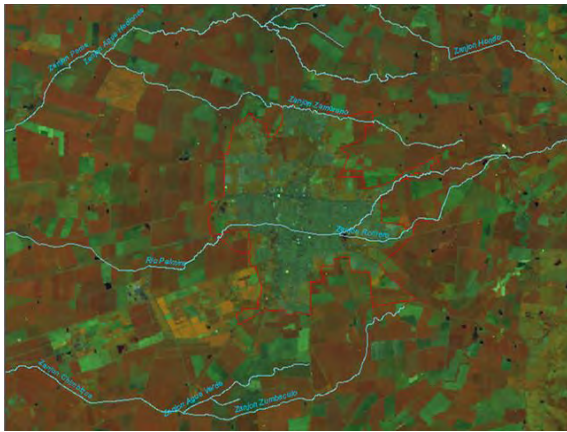
Figura 7. Zanjón San Juan en la desembocadura al río Cauca.

Tabla 1. Resumen de los transectos, longitud y densidad relativa del camarón rojo por zanjón, entre 2003 a 2005.

Zanjón	Longitud (m)	Transectos	Dens. Relat.	Estaciones
Romero	5200	10	7500	4
Zumbáculo	6850	10	8100	4
Chimbiqua	3600	10	2850	3
San Juan	12530	12	16820	4
Berraco	4625	12	6810	4

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de las estaciones de muestreo. Los datos corresponden al promedio de siete muestreos en diferentes épocas de los años 1999-2008.

Parámetros	Romero	Zumbáculo	Chimbiqua	San Juan	Berraco	R. Palmira
O ₂ (ppm)	2,8	6	3	2,9	1,8	0,6
pH	6,3	6,4	6,4	5,9	6,6	4,8
CO ₂ (ppm)	7	55	44	18,5	19,6	84,5
Dureza (ppm)	222,3	223,6	189	196,5	235,5	297,5
Cloruro (ppm)	50	50	55	53,5	58,0	145,5
Nitrito (ppm)	0,02	0,02	0,09	0,07	0,16	0,35
Alcalinidad (ppm)	145	188,1	132,5	189,5	146,0	78,5
Temperatura (°C)	23,3	24,0	25	24,5	23,5	25,5

**Figura 8.** Municipio de Palmira y ubicación de los zanjones donde se reportó inicialmente la presencia de camarón rojo.

zanjones no superó los 70 cm, por lo tanto se facilitó la recolecta de los ejemplares por métodos manuales.

En todos ellos se encontraron animales de todos los tamaños y en diferente estado de desarrollo (Figura 9 a-b). La mayoría del área de los zanjones tienen un

área circundante de vocación agrícola (caña de azúcar) y sirven de colectores tanto de aguas de cultivo, como de aguas domésticas aledañas. De acuerdo a los muestreos y análisis realizados, estos ecosistemas o ambientes acuáticos artificiales no han sido alterados por la presencia de la especie en el lugar -salvo por la construcción de madrigueras-, ya que no ha causado problemas evidentes en la comunidad biótica local, tal como los que describen otros autores en ambientes naturales. Los zanjones son canales de drenaje de cultivos y como tal no son ecosistemas naturales, por lo tanto no se encuentran especies nativas con las que *P. clarkii* pueda competir por espacio o alimentación y por ende desplazarlas ocupando su nicho ecológico. En este sentido se considera que *P. clarkii* hasta ahora no ha ocasionado ningún impacto ambiental en el área del municipio de Palmira. En el río Palmira no se capturó ningún ejemplar de *P. clarkii*, ni organismos de comunidades bentónicas, planctónicas e ícticas, debido a las condiciones fisicoquímicas del agua, con 0 ppm de oxígeno disuelto y altos contenidos de materia orgánica en descomposición, lo que se constituye en

**Figura 9.** (a) Jornada de captura con habitantes de la zona. (b) Camarón rojo (*Procambarus clarkii*), individuos de mayor tamaño en la foto.

Tabla 3. Análisis de los contenidos alimenticios del aparato digestivo.

Aparato bucal	Estómago
Raicillas de varias especies vegetales	Algas pardas: diatomeas (<i>Gomphonema</i> , <i>Synedra</i> , <i>Pinnularia</i> , <i>Navicula</i>).
Restos de vegetales- fibras restos de hojas y tallos	Algas verdes: Clorofíceas (<i>Selenastrum</i> , <i>Pediastrum</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Cosmarium</i> , <i>Staurastrum</i>).
Restos quitinosos (élitros) de insectos	Organismos unicelulares no identificados
<i>Vorticella</i> sp. (Ciliados)	

una “barrera fisicoquímica” para la dispersión de la especie.

No obstante, la presencia del cangrejo rojo en los zanjones ha ocasionado la visita de personas para la captura de los mismos con el objeto de vender los ejemplares vivos, desconociéndose el destino final y actuando así como dispersores de la especie. Así, según conversaciones con los habitantes, se pudo evidenciar que algunos de los compradores eran dueños de restaurantes chinos y japoneses de la ciudad de Palmira que los adquirían para consumo. De esta forma, *Procambarus clarkii* se encuentra circunscrito en la zona comprendida en los municipios de Palmira, Santiago de Cali, Jamundí, Guacarí, Yotoco y ahora recientemente en Guadalajara de Buga.

De acuerdo con los análisis de contenido estomacal de ejemplares de *P. clarkii* se evidencia que la especie es omnívora, siendo detritívora y filtradora en las épocas de aguas altas y vegetariana en períodos de aguas bajas cuando la vegetación marginal ha colonizado los taludes de los zanjones (Tabla 3).

En resumen, a la luz de los datos disponibles sobre el uso del hábitat y la dieta, se concluye de manera

preliminar que el cangrejo rojo no ha ocasionado un impacto evidente -al menos por el momento- sobre las comunidades bióticas locales. No obstante, la rápida dispersión de la especie, potenciada por el ser humano, se constituye en un impacto potencial que debe ser monitoreado de manera continua.

Literatura citada

- Coll, J. 1998. El cultivo controlado de los cangrejos de río. *Revista Latinoamericana de Acuicultura de Ol-depesca* 35: 25-41.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 1985. Registro Sanitario ON. 867-85. Cali 1985.
- Invasive Species Specialist Group - ISSG. 2011. *Procambarus clarkii* (crustacean). <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=608&fr=1&sts=&lang=EN>
- Romero, L. E. y H. Von Prael. 1988 a. Reproducción y desarrollo post-larval del camarón rojo de río *Procambarus clarkii* (Girard 1852), Trabajo de Grado. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Cali, 168 pp.
- Romero, L.E y H. Von Prael. 1988 b. El camarón rojo de río (*Procambarus clarkii*) ¿una especie promisoría?. Pp: 48. *En: Boletín Red de Acuicultura* Nos. 1 y 2. Colciencias - CIID Canadá. Bogotá.

¹ Pablo Emilio Flórez-Brand
Grupo de Biodiversidad Dirección Técnica Ambiental, CVC.
pablo-emilio.florez@cvc.gov.co

² Javier Ovidio Espinosa-Beltrán
Dirección Ambiental Regional DAR Centro sur, CVC.
javier-ovidio.espinosa@cvc.gov.co

Nota breve

Presencia y dispersión del cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii* Girard, 1852) (Decapoda: Cambaridae) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia.

Recibido: 25 de marzo de 2011

Aceptado: 23 de noviembre de 2011

Guía para autores

(ver también: www.siac.co/biota/)

Preparación del manuscrito

El envío de un manuscrito implica la declaración explícita por parte del autor(es) de que este no ha sido previamente publicado, ni aceptado para su publicación en otra revista u otro órgano de difusión científica. Todas las contribuciones son de la entera responsabilidad de sus autores y no del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, ni de la revista o sus editores.

Los trabajos pueden estar escritos en español, inglés o portugués, y se recomienda que no excedan las 40 páginas (párrafo espaciado a 1,5 líneas) incluyendo tablas, figuras y anexos. En casos especiales el editor podrá considerar la publicación de trabajos más extensos, monografías o actas de congresos, talleres o simposios. De particular interés para la revista son las descripciones de especies nuevas para la ciencia, nuevos registros geográficos y listados de la biodiversidad regional.

Para la elaboración de los textos del manuscrito se puede usar cualquier procesador de palabras (preferiblemente Word); los listados (a manera de tabla) deben ser elaborados en una hoja de cálculo (preferiblemente Excel). Para someter un manuscrito es necesario además anexar una carta de intención en la que se indique claramente:

1. Nombre(s) completo(s) del(los) autor(es), y direcciones para envío de correspondencia (es indispensable suministrar una dirección de correo electrónico para comunicación directa).
2. Título completo del manuscrito.
3. Nombres, tamaños y tipos de archivos suministrados.
4. Lista mínimo de tres revisores sugeridos que puedan evaluar el manuscrito, con sus respectivas direcciones electrónicas.

Evaluación del manuscrito

Los manuscritos sometidos serán revisados por pares científicos calificados, cuya respuesta final de evaluación puede ser: a) *aceptado* (en cuyo caso se asume que no existe ningún cambio, omisión o adición al artículo, y que se recomienda su publicación en la forma actualmente presentada); b) *aceptación condicional* (se acepta y recomienda el artículo para su publicación solo si se realizan los cambios indicados por el evaluador); y c) *rechazo* (cuando el evaluador considera que los contenidos o forma de presentación del artículo no se ajustan a los requerimientos y estándares de calidad de *Biota Colombiana*).

Texto

- Para la presentación del manuscrito configure las páginas de la siguiente manera: hoja tamaño carta, márgenes de 2,5 cm en todos los lados, interlineado 1,5 y alineación hacia la izquierda (incluyendo título y bibliografía).
- Todas las páginas de texto (a excepción de la primera correspondiente al título), deben numerarse en la parte inferior derecha de la hoja.

- Use letra Times New Roman o Arial, tamaño 12 puntos en todos los textos. Máximo 40 páginas, incluyendo tablas, figuras y anexos. Para tablas cambie el tamaño de la fuente a 10 puntos. Evite el uso de negritas o subrayados.
- Los manuscritos debe llevar el siguiente orden: título, resumen y palabras clave, abstract y key words, introducción, material y métodos, resultados, discusión, conclusiones (optativo), agradecimientos (optativo) y bibliografía. Seguidamente, presente una página con la lista de tablas, figuras y anexos. Finalmente, incluya las tablas, figuras y anexos en tablas separadas, debidamente identificadas.
- Escriba los nombres científicos de géneros, especies y subespecies en cursiva (itálica). Proceda de la misma forma con los términos en latín (p. e. *sensu*, *et al.*). No subraye ninguna otra palabra o título. No utilice notas al pie de página.
- En cuanto a las abreviaturas y sistema métrico decimal, utilice las normas del Sistema Internacional de Unidades (SI) recordando que siempre se debe dejar un espacio libre entre el valor numérico y la unidad de medida (p. e. 16 km, 23 °C). Para medidas relativas como m/seg., use m.seg⁻¹.
- Escriba los números del uno al diez siempre con letras, excepto cuando preceden a una unidad de medida (p. e. 9 cm) o si se utilizan como marcadores (p. e. parcela 2, muestra 7).
- No utilice punto para separar los millares, millones, etc. Utilice la coma para separar en la cifra la parte entera de la decimal (p. e. 3,1416). Enumere las horas del día de 0:00 a 24:00.
- Expresé los años con todas las cifras sin demarcadores de miles (p. e. 1996-1998). En español los nombres de los meses y días (enero, julio, sábado, lunes) siempre se escriben con la primera letra minúscula, no así en inglés.
- Los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste) siempre deben ser escritos en minúscula, a excepción de sus abreviaturas N, S, E, O (en inglés W), etc. La indicación correcta de coordenadas geográficas es como sigue: 02°37'53''N-56°28'53''O. La altitud geográfica se citará como se expresa a continuación: 1180 m s.n.m. (en inglés 1180 m a.s.l.).
- Las abreviaturas se explican únicamente la primera vez que son usadas.
- Al citar las referencias en el texto mencione los apellidos de los autores en caso de que sean uno o dos, y el apellido del primero seguido por *et al.* cuando sean tres o más. Si menciona varias referencias, éstas deben ser ordenadas cronológicamente y separadas por comas (p. e. Rojas 1978, Bailey *et al.* 1983, Sephton 2001, 2001).
- RESUMEN: incluya un resumen de máximo 200 palabras, tanto en español o portugués como inglés.
- PALABRAS CLAVE: máximo seis palabras clave, preferiblemente complementarias al título del artículo, en español e inglés.

Agradecimientos

Opcional. Párrafo sencillo y conciso entre el texto y la bibliografía. Evite títulos como Dr., Lic., TSU, etc.

Figuras, tablas y anexos

Refiera las figuras (gráficas, diagramas, ilustraciones y fotografías) sin abreviación (p. e. Figura 3) al igual que las tablas (p. e. Tabla 1). Gráficos (p. e. CPUE anuales) y figuras (histogramas de tallas), preferiblemente en blanco y negro, con tipo y tamaño de letra uniforme. Deben ser nítidas y de buena calidad, evitando complejidades innecesarias (por ejemplo, tridimensionalidad en gráficos de barras); cuando sea posible use solo colores sólidos en lugar de tramas. Las letras, números o símbolos de las figuras deben ser de un tamaño adecuado de manera que sean claramente legibles una vez reducidas. Para el caso de las figuras digitales es necesario que estas sean guardadas como formato tiff con una resolución de 300 dpi. Es oportuno que indique en qué parte del texto desea insertarla.

Lo mismo aplica para las tablas y anexos, los cuales deben ser simples en su estructura (marcos) y estar unificados. Presente las tablas en archivo aparte (Excel), identificadas con su respectivo número. Haga las llamadas a pie de página de tabla con letras ubicadas como superíndice. Evite tablas grandes sobrecargadas de información y líneas divisorias o presentadas en forma compleja. Es oportuno que indique en qué parte del texto desea insertar tablas y anexos.

Bibliografía

Contiene únicamente la lista de las referencias citadas en el texto. Ordénelas alfabéticamente por autores y cronológicamente para un mismo autor. Si hay varias referencias de un mismo autor(es) en el mismo año, añada las letras a, b, c, etc. No abrevie los nombres de las revistas. Presente las referencias en el formato anexo, incluyendo el uso de espacios, comas, puntos, mayúsculas, etc.

ARTÍCULO EN REVISTAS

Agosti, D., C. R. Brandao y S. Diniz. 1999. The new world species of the subfamily Leptanilloidinae (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 24: 14-20.

LIBROS, TESIS E INFORMES TÉCNICOS

Libros: Gutiérrez, F. P. 2010. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., 118 pp.

Tesis: Cipamocha, C. A. 2002. Caracterización de especies y evaluación trófica de la subienda de peces en el raudal Chorro de Córdoba, bajo río Caquetá, Amazonas, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C., 160 pp.

Informes técnicos: Andrade, G. I. 2010. Gestión del conocimiento para la gestión de la biodiversidad: bases conceptuales y propuesta programática para la reingeniería del Instituto Humboldt. Informe Técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., 80 pp.

Capítulo en libro o en informe: Fernández F., E. E. Palacio y W. P. MacKay. 1996. Introducción al estudio de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. Pp: 349-412. *En:* Amat, G. D., G. Andrade y F. Fernández (Eds.). *Insectos de Colombia. Estudios Escogidos.* Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales & Centro Editorial Javeriano, Bogotá.

Resumen en congreso, simposio, talleres: Señaris, J. C. 2001. Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. *En:* Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, Venezuela, p. 124.

PÁGINAS WEB

No serán incluidas en la bibliografía, sino que se señalarán claramente en el texto al momento de mencionarlas.

Guidelines for authors

(see also: www.siac.co/biota/)

Manuscript preparation

Submitting a manuscript implies the explicit statement by the author(s) that the paper has not been published before nor accepted for publication in another journal or other means of scientific diffusion. Contributions are entire responsibility of the author and not the Alexander von Humboldt Institute for Research on Biological Resources, or the journal and their editors.

Papers can be written in Spanish, English or Portuguese and it is recommended not exceeding 40 pages (with paragraphs spaced at 1,5) including tables, figures and Annex. For special cases, the editor could consider publishing more extensive papers, monographs or symposium conclusions. New species descriptions for science, new geographic records and regional biodiversity lists are of particular interest for this journal.

Any word-processor program may be used for the text (Word is recommended). taxonomic list or any other type of table, should be prepared in spreadsheet application (Excel is recommended). To submit a manuscript must be accompanied by a cover letter which clearly indicates:

1. Full names, mailing addresses and e-mail addresses of all authors. (Please note that email addresses are essential to direct communication).
2. The complete title of the article.
3. Names, sizes, and types of files provide.
4. A list of the names and addresses of at least three (3) reviewers who are qualified to evaluate the manuscript.

Evaluation

Submitted manuscript will have a peer review evaluation. Resulting in any of the following: a) *accepted* (in this case we assume that no change, omission or addition to the article is required and it will be published as presented.); b) *conditional acceptance* (the article is accepted and recommended to be published but it needs to be corrected as indicated by the reviewer); and c) *rejected* (when the reviewer considers that the contents and/or form of the paper are not in accordance with requirements of publication standards of *Biota Colombiana*).

Text

- The manuscript specifications should be the following: standard letter size paper, with 2.5 cm margins on all sides, 1.5-spaced and left-aligned (including title and bibliography).
- All text pages (with the exception of the title page) should be numbered. Pages should be numbered in the lower right corner.
- Use Times New Roman or Arial font, size 12, for all texts. Use size 10 text in tables. Avoid the use of bold or underlining. 40

pages maximum, including tables, figures and annex. For tables use size 10 Times New Roman or Arial Font (the one used earlier).

- The manuscripts must be completed with the following order: title, abstract and key words, then in Spanish Título, Resumen y Palabras claves. Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, conclusions (optional), acknowledgements (optional) and bibliography. Following include a page with the Table, Figure and Annex list. Finally tables, figures and annex should be presented and clearly identified in separate tables.
- Scientific names of genera, species and subspecies should be written in italic. The same goes for Latin technical terms (i.e sensu, *et al.*). Avoid the use of underlining any word or title. Do not use footnotes.
- As for abbreviations and the metric system, use the standards of the International System of Units (SI) remembering that there should always be a space between the numeric value and the measure unit (e.g., 16 km, 23 °C). For relative measures such as m/sec, use m.sec⁻¹.
- Write out numbers between one to ten in letters except when it precedes a measure unit (e.g., 9 cm) or if it is used as a marker (e.g., lot 9, sample 7).
- Do not use a point to separate thousands, millions, etc. Use a comma to separate the whole part of the decimal (e.g., 3,1416). Numerate the hours of the from 0:00 to 24:00. Express years with all numbers and without marking thousands (e.g., 1996-1998). In Spanish, the names of the months and days (enero, julio, sábado, lunes) are always written with the first letter as a lower case, but it is not this way in English.
- The cardinal points (north, south, east, and west) should always be written in lower case, with the exception of abbreviations N, S, E, O (in English NW), etc. The correct indication of geographic coordinates is as follows: 02°37'53''N-56°28'53''O. The geographic altitude should be cited as follows: 1180 m a.s.l.
- Abbreviations are explained only the first time they are used.
- When quoting references in the text mentioned author's last names when they are one or two, and et al. after the last name of the first author when there are three or more. If you mention many references, they should be in chronological order and separated by commas (e.g., Rojas 1978, Bailey *et al.* 1983, Sephton 2001, 2001).
- ABSTRACT: include an abstract of 200 words maximum, in Spanish, Portuguese or English.
- KEY WORDS: six key words maximum, complementary to the title.

Figures, Tables and Annex

- Figures (graphics, diagrams, illustrations and photographs) without abbreviation (e.g. Figure 3) the same as tables (e.g., Table 1). Graphics and figures should be in black and white, with uniform font type and size. They should be sharp and of good quality, avoiding unnecessary complexities (e.g., three dimensions graphics). When possible use solid color instead of other schemes. The words, numbers or symbols of figures should be of an adequate size so they are readable once reduced. Digital figures must be sent at 300 dpi and in .tiff format. Please indicate in which part of the text you would like to include it.
- The same applies to tables and annexes, which should be simple in structure (frames) and be unified. Present tables in a separate file (Excel), identified with their respective number. Make calls to table footnotes with superscript letters above. Avoid large tables of information overload and fault lines or presented in a complex way. It is appropriate to indicate where in the text to insert tables and annexes.

Bibliography

References in bibliography contains only the list of references cited in the text. Sort them alphabetically by authors and chronologically by the same author. If there are several references by the same author(s) in the same year, add letters a, b, c, etc. Do not abbreviate journal names. Present references in the attached format, including the use of spaces, commas, periods, capital letters, etc.

JOURNAL ARTICLE

Agosti, D., C. R. Brandao y S. Diniz. 1999. The new world species of the subfamily Leptanilloidinae (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 24: 14-20.

BOOK, THESIS, TECHNICAL REVIEWS

Book: Gutiérrez, F. P. 2010. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., 118 pp.

Thesis: Cipamocha, C. A. 2002. Caracterización de especies y evaluación trófica de la subienda de peces en el raudal Chorro de Córdoba, bajo río Caquetá, Amazonas, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C., 160 pp.

Technical reviews: Andrade, G. I. 2010. Gestión del conocimiento para la gestión de la biodiversidad: bases conceptuales y propuesta programática para la reingeniería del Instituto Humboldt. Informe Técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., 80 pp.

Book chapter or in review: Fernández F., E. E. Palacio y W. P. MacKay. 1996. Introducción al estudio de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. Pp: 349-412. *En:* Amat, G. D., G. Andrade y F. Fernández (Eds.). Insectos de Colombia. Estudios Escogidos. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales & Centro Editorial Javeriano, Bogotá.

Symposium abstract: Señaris, J. C. 2001. Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. *En:* Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, Venezuela, p. 124.

WEB PAGES

Not be included in the literature, but clearly identified in the text at the time of mention.

TABLA DE CONTENIDO / TABLE OF CONTENTS

Editorial	1
Biodiversidad exótica: presencia de especies marinas no-nativas introducidas por el tráfico marítimo en puertos colombianos - Michael J. Ahrens, John Dorado-Roncancio, Marcela López Sánchez, Camilo A. Rodríguez y Luis A. Vidal	3
Caracterización taxonómica de la población del pez león <i>Pterois volitans</i> (Linnaeus 1758) (Scorpaenidae) residente en el Caribe colombiano: merística y morfometría - Juan David González-C., Arturo Acero P., Alba Serrat-LL. y Ricardo Betancur-R.....	15
Áreas vulnerables a la invasión actual y futura de la rana toro (<i>Lithobates catesbeianus</i> : Ranidae) en Colombia: esreategias propuestas para su manejo y control - J. Nicolás Urbina-Cardona, Javier Nori y Fernando Castro	23
Quince años del arribo del escarabajo coprófago (<i>Digitonthophagus gazella</i>) (Fabricius, 1787) (Coleoptera: Scarabaeidae) a Colombia: proceso de invasión y posibles efectos de su establecimiento - Jorge Ari Noriega, Juliana Moreno y Samuel Otavo	35
Distribución del gecko introducido <i>Hemidactylus frenatus</i> (Dumeril y Bribon 1836) (Squamata: Gekkonidae) en Colombia - Rances Caicedo-Portilla y Claudia Juliana Dulcey-Cala	45
Presencia y dispersión del cangrejo rojo americano (<i>Procambarus clarkii</i> Girard, 1852) (Decapoda: Cambaridae) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia - Pablo Emilio Flórez-Brand y Javier Ovidio Espinosa-Beltrán	57
Guía para autores	64

