

207

Especies invasoras y cambio climático. Una sinergia que trae nuevos desafíos para la conservación de la biodiversidad.

Ficha Metodológica

Autores

Laura Carolina Bello
Instituto Humboldt
lbello@humboldt.org.co

Juliana Cárdenas Toro
Instituto Humboldt
tcardenas@humboldt.org.co

Dairon Cárdenas López
Instituto Sinchi
dcardenas@sinchi.org.co

Sonia M. Sua Tunjano
Instituto Sinchi
ssua@sinchi.org.co

Maria Piedad Baptiste E.
Instituto Sinchi
mpbaptiste@humboldt.org.co

Jorge Velásquez-Tibatá
Instituto Humboldt
jvelasquez@humboldt.org.co

María Cecilia Londoño-Murcia
Instituto Humboldt
mlondono@humboldt.org.co

Colaboradores

Iván González
Instituto Humboldt
igonzalet@humboldt.org.co

Fuentes de datos utilizados

Se creó una base de datos con 959 registros biológicos de 25 especies de plantas consideradas de Alto Riesgo de Invasión según Baptiste et al 2010 (5) (Anexo 1); los registros fueron obtenidos a través de SIB (6) y GBIF (7), COAH-SINCHI (8) e I3N (9). Las colecciones biológicas que reportan datos de las especies invasoras estudiadas a través de SIB y GBIF son: COL, IAvH, MO, Museo de La Salle - Universidad de La Salle, ICN, Corantioquia e ISAGEN.

Por su parte los datos ecológicos se obtuvieron a partir de información secundaria con base en publicaciones de Alvarado y Gutiérrez 2002 (10), Cárdenas et al 2010 (11), Baptiste et al 2010 (12) y Gutiérrez et al 2012 (13) y las referencias que se mencionan a continuación:

Ojasti J., González Jiménez E, Szeplaki L.B. (Eds). 2001. Informe sobre las especies exóticas en Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Oficina Nacional de Biodiversidad Biológica. Caracas- Venezuela.

Wittenberg R. & Cock M.J.W. (eds). 2001. Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, xvii- 228.

Gutiérrez F. de P. 2010. Las invasiones biológicas y el cambio climático. Universidad Jorge Tadeo Lozano P. 109- 122. Revista La Tadeo. Calentamiento global. Más ciencia mejores políticas.

Olden J.D. & Poff N.L. 2003. Toward a Mechanistic Understanding and Prediction of Biotic Homogenization. Vol. 162. No. 4 pp. 442–460. The American Naturalist.

Hernández, G. 2002. Invasores en Mesoamérica y el Caribe. Invasives in Mesoamerica and the Caribbean. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. UICN. San José, Costa Rica.

Baptiste M.P., Castaño N., Cárdenas D., Gutiérrez F. P., Gil D.L. y Lasso C.A. (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 p.

Amaya Villareal, A. M. y Renjifo, L. M. 2010. Efecto del retamo espinoso (*Ulex europaeus*) sobre las aves de borde en un bosque altoandino. Ornitología Colombiana No. 10: 11-25. [Recurso en línea]: <http://www.ornitologiacolombiana.org/oc10/Amaya.pdf> Fecha de Acceso: 10 de Octubre de 2013

Álvarez León, R. y Gutiérrez Bonilla, F. 2007. Situación de los invertebrados acuáticos introducidos y transplantados en Colombia: antecedentes, efectos y perspectivas. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. 31, No. 121: 557-574.

Arcila Cardona, A. M. 2006. Efecto de la pérdida de reinas y obreras en la postura y cría de larvas en colonias de laboratorio de la Hormiga loca *Paratrechina fulva* (Mayr) (Hymenoptera: Formicidae). Facultad de Ciencia, Universidad del Valle, Cali. [Recurso en línea]: <http://entomologia.univalle.edu.co/boletin/arcila.pdf> Fecha de Acceso: 9 de Octubre de 2013

Cárdenas Rocha, E.A. Alternativas forrajeras para clima frío en Colombia. [Recurso en línea]: http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/archivos/FILE_EVENTOSENTI/FILE_EVENTOSENTI10332.pdf Fecha de Acceso: 9 de Octubre de 2013

Gutiérrez Bonilla, F. y Álvarez León, R. 2007. Las tilapias en Colombia: introducciones, trasplantes y manipulación genética. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá D.C, Colombia.

Morales, S., Vivas, N.J., Quiñonez y A. Mera, E. 2006. Validación de un sistema productivo con *Helix aspersa*, bajo las condiciones agroecológicas del altiplano de Popayán. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Vol 4 No.1. [Recurso en línea]: <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol4/2.pdf> Fecha de Acceso: 10 de Octubre de 2013

Pineda Santis, H., Jaramillo Pino, J. E., Echeverri D. M. y Olivera Ange, M. 2004. Triploidía en trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*): posibilidades en Colombia. Rev Col Cienc Pec Vol. 17:1 [Recurso en línea]: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/156/153> Fecha de Acceso: 9 de Octubre de 2013

Ramírez P, A. 1987. Nuevas Pasturas para los Llanos Colombianos. Pasturas Tropicales-Boletín, Vol 9 No. 3 Pag 48-49. [Recurso en línea]: http://ciat-library.ciar.cgiar.org/articulos_ciat/Vol9_rev3_a%C3%B1o87_art10.pdf Fecha de Acceso: 9 de Octubre de 2013

Urbina Cardona, J.N, Nori, J. y Castro, F. 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. Biota Colombiana 12 (2) Jul-Dic: 23-34. [Recurso en línea]: [http://www.humboldt.org.co/publicaciones/uploads/Biota_12\(2\)_Julio-Dic.pdf](http://www.humboldt.org.co/publicaciones/uploads/Biota_12(2)_Julio-Dic.pdf) Fecha de Acceso: 10 de Octubre de 2013.

Cárdenas, D., N. Castaño y J. Cárdenas-Toro. 2010. Análisis de riesgo y categorización de especies de plantas invasoras para Colombia. En: Baptiste M.P., Castaño N., Cárdenas D., Gutiérrez F. P., Gil D.L. y Lasso C.A. (eds.) 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. 50-71p.

Gutiérrez F. P., Lasso C.A., Sánchez-Duarte P. y D.L. Gil. 2010. Análisis de Riesgo para especies acuáticas continentales y marinas. En: Baptiste M.P., Castaño N., Cárdenas D., Gutiérrez F. P., Gil D.L. y Lasso C.A. (eds). 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 p.

Baptiste M.P. y C. Múnera. 2010. Análisis de riesgo de vertebrados terrestres introducidos en Colombia. En: Baptiste M.P., Castaño N., Cárdenas D., Gutiérrez F. P., Gil D.L. y Lasso C.A. (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. 149-199 p.

Gutiérrez, F. de P., C. A. Lasso, M. P. Baptiste, P. Sánchez-Duarte y A. M. Díaz. (Eds). 2012. VI. Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia, 335 pp.

Cárdenas López, Dairon; Castaño Arboleda, Nicolás y Cárdenas-Toro, Juliana. Plantas introducidas, establecidas e invasoras en Amazonia colombiana. Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas –Sinchi-, 2011.

Resolución 848 de 2008. Por la 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.

Resolución 207 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.

Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2011. Plan Nacional para la Prevención, el Control y Manejo de las Especies Introducidas, Trasplantadas e Invasoras: Diagnóstico y listado preliminar de especies introducidas, trasplantadas e invasoras en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; The Nature Conservancy –Colombia – TNC; Franco A; Baptiste, María P.; Díaz J; Montoya M. Bogotá, D.C. 131 p.

Invasive Alien Species Database. I3N Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Recurso en línea disponible en: www.ef.humboldt.org.co. (Agosto 2013).

US Forest Service, Pacific Island Ecosystems at Risk (PIER). 2013a. *Typha angustifolia*, Online resource at http://www.hear.org/pier/species/typha_angustifolia.htm accessed [06 08 2013].

US Forest Service, Pacific Island Ecosystems at Risk (PIER). 2013b. *Azolla filiculoides*, Online resource at http://www.hear.org/pier/species/azolla_filiculoides.htm accessed [06 08 2013].

GISD - Global Invasive Species Database (<http://www.issg.org/database>)

"*Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769)" Encyclopedia of Life, available from <http://eol.org/pages/328448/overview>. Accessed 7 Sep 2013.

"*Cygnus atratus* (Latham, 1790)" Encyclopedia of Life, available from <http://eol.org/pages/1047328/overview>. Accessed 8 Sep 2013.

"*Ovis aries* (Linnaeus, 1758)" Encyclopedia of Life, available from <http://eol.org/pages/311906/overview>. Accessed 8 Sep 2013.

"*Canis lupus familiaris* (Linnaeus, 1758)" Encyclopedia of Life, available from <http://eol.org/pages/1228387/details>. Accessed 7 Sep 2013.

"*Helix aspersa* (Muller, 1774)" Encyclopedia of Life, available from <http://eol.org/pages/449907/overview>. Accessed 7 Sep 2013.

Avibase: The World Bird Database. "*Anser Anser* (Linnaeus, 1758)". Retrieved July 15, 2005 (<http://www.bsc-eoc.org/avibase/avibase.jsp?pg=home&lang=EN>).

Eguchi, K. & Amano, H. E. 2004. Invasive birds in Japan. En Global Environmental Research, 8, 1, pp 29-39.

Trujillo-Jiménez P y Héctor Toledo Beto. 2007 Alimentación de los peces dulceacuícolas tropicales *Heterandria bimaculata* y *Poecilia sphenops* (Cyprinidontiformes: Poeciliidae) En: Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) June Vol. 55 (2): 603-615.

Parques Nacionales Naturales de Colombia:
http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/frame_detalle.php?h_id=5672&patron=01.1513. (Consultada el 7 de Septiembre de 2013).

Jackson, C. 2004. "*Cygnus atratus*" (On-line), Animal Diversity Web. Accessed Sept 06, 2013 at http://animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/Cygnus_atratus/

Fofonoff PW, Ruiz GM, Steves B, & Carlton JT. 2003. National Exotic Marine and Estuarine Species Information System. http://invasions.si.edu/nemesis/CH-INV.jsp?Species_name=Cygnus+olor. Access Date: 07-Sep -2013.

BirdLife International (2013) Species factsheet: *Lonchura malacca*. Downloaded from <http://www.birdlife.org/datazone/speciesfactsheet.php?id=8713&m=1> on 06/08/2013.

Simmons, D. (2008). The use of animal models in studying genetic disease: transgenesis and induced mutation. *Nature Education* 1(1) Downloaded from <http://www.nature.com/scitable/topicpage/the-use-of-animal-models-in-studying-855>. Access Date: 08-Sep-2013.

Hussner, A. (2010): NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Azolla filiculoides*. – From: Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS www.nobanis.org, Date of access 07/08/2013.

Heike Vibrans (ed.), 2009. Malezas de México, Consultado en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/pontederiaceae/eichhornia-crassipes/fichas/ficha.htm>. Fecha de Acceso: 7 de Septiembre de 2013

Heike Vibrans (ed.), 2009. Malezas de México, Consultado en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/dennstaedtiaceae/pteridium-aquilinum/fichas/ficha.htm>. Fecha de Acceso: 7 de Septiembre de 2013

Organización de árboles nativos de Argentina. Recurso online disponible en: http://arbolesnativos.org.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=244: listado-de-plantas-nativas-con-valor-ornamental&catid=36:articulos&Itemid=153x. Fecha de Consulta 06/08/2013.

Sociedad Colombiana del Bambú. Recurso online disponible en <http://www.maderinsa.com/guadua/guadua.html>. Fecha de Consulta 07/08/2013.

Instituto Nacional de Salud. Colombia. Recurso online disponible en: <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Produccion/Paginas/biblioteca%20editor%20de%20contenido/bioterio.html>. Fecha de Consulta 06/08/2013.

Descripción metodológica

Se generó una base de datos con 959 registros biológicos de 25 especies de plantas de hábito terrestre identificadas como de alto riesgo de invasión (Ver Anexo 1). La información taxonómica se ajustó de acuerdo a *Catalogue of Life* (14) y se incluyó la información de aspectos ecológicos de las especies, como origen geográfico, tipo de hábitat y posibles fechas de introducción al país a partir de Alvarado y Gutiérrez 2002 (10), Cárdenas et al 2010 (11), Baptiste et al 2010 (12) y Gutiérrez et al 2012 (13).

Se construyeron modelos de distribución potencial para las 25 especies analizadas (Anexo 2). Los modelos están basados en el concepto de nicho ecológico usando el método estadístico de Máxima Entropía MaxEnt (15, 16). Se utilizaron las 19 variables bioclimáticas de Worldclim para

Comentado [O1]: Código QR que muestre la base de datos de estas especies.

Comentado [O2]: Código QR para ver los modelos de las 25 especies.

el presente para Colombia a resolución de 30 segundos (1-km aprox.). Las capas climáticas disponibles en Worldclim fueron interpoladas a partir de una red meteorológica mundial y corresponden a promedios principalmente para el periodo 1960-1990 (17). MaxEnt fue corrido usando los valores de regularización dados por con funciones lineares, cuadráticas y hinge. Los datos de fondo (N=10000) fueron obtenidos aleatoriamente de la extensión de Colombia.

El resultado de MaxEnt es un modelo de la distribución geográfica potencial de cada especie inferida a partir de factores climáticos (18). Cada uno de los modelos fueron reclasificados a presencia - ausencia según 4 reglas de clasificación: 10p *training presence*, *minimum training presence* y los mismos intervalos con una regla de corte de sobre-predicción (solo se dejan los parches que tienen evidencia de un registro biológico). Estas opciones de modelos de presencia- ausencia, fueron sometidas a la validación por expertos en especies invasoras, los cuales seleccionaron el mejor modelo para cada especie.

Una vez hallado el modelo para el presente, se proyectó a los escenarios futuros y se reclasifico según el umbral elegido por el experto. Los escenarios futuros fueron obtenidos a partir de Worldclim (17) mediante el uso de las capas derivadas de los modelos de circulación (CSMK3, MIHR, HADGEM y NCCCSM) y tres familias de escenarios de desarrollo (19) (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen escenarios de Cambio Climático

Familia	Escenario	Principales Supuestos
A1	A1F1 A1B A1T	Rápido crecimiento económico así como rápida introducción de tecnologías nuevas y eficaces. Convergencia entre las regiones. Reducción de diferencias regionales en ingresos per cápita. Tecnologías energéticas: A1F1 = Uso intensivo combustibles fósiles. A1B= Balance. A1T= Predominante combustibles no fósiles.
A2	A2	Independencia y conservación de identidades locales. Desarrollo orientado hacia las regiones. Crecimiento económico per cápita y desarrollo económico lento.
B1	B1	Mismos supuestos demográficos de A1 pero cambio económico rápido hacia servicios e información. Reducciones en intensidad de materiales e incorporación de tecnologías limpias y eficientes. Énfasis en soluciones mundiales de sostenibilidad económica social y ambiental.

La distribución final bajo escenarios de cambio climático fue hallada como la suma de todos los escenarios, se asumió esta regla bajo la precaución de que bajo algún escenario se presente la especie. No se tuvieron en cuenta limitaciones de dispersión de las especies dado que existen diferentes vectores de dispersión (incluido el ser humano), que permiten su establecimiento a grandes distancias.

Se identificó el cambio potencial de cada una de las especies a partir de la diferencia entre la distribución del presente y la distribución consolidada del futuro (Ver anexo 2).

Finalmente se halló el cambio en el número de especies invasoras como la suma de los modelos elegidos para el presente y para el consolidado del futuro. El cambio en el número de especies se determinó teniendo en cuenta la diferencia en el número de especies del futuro y el número de especies del presente.

Para tener en cuenta

El análisis se realizó a partir de información, basada en registros biológicos georreferenciados de las especies, los cuales no son producto de un muestro sistemático enfocado a la colecta de especies de plantas de Alto Riesgo de Invasión a escala nacional.

Solo se contemplaron especies de plantas terrestres catalogadas como de alto riesgo de invasión, por lo que se hace necesario seguir compilando información de otros grupos de especies con el fin de evaluar el riesgo que representan para el país.

Existen limitantes en las herramientas y variables ambientales utilizadas, que no necesariamente reflejan las dinámicas de transformación del país. Los modelos de distribución obtenidos son un reflejo del nicho climático de las especies y no incluyen factores antrópicos ni de dispersión que pueden potenciar los procesos de invasión.

Los escenarios de cambio climático son proyecciones de las variables bajo ciertos supuestos por lo que los resultados derivados reflejan un escenario potencial para el futuro, más no necesariamente una predicción real.

Usos y usuarios recomendados

La ficha de especies invasoras y cambio climático fue diseñada para conocer la relación entre el cambio climático y las especies invasoras; plantear tendencias preliminares en la variación del número de especies de plantas terrestres de Alto Riesgo de Invasión en Colombia bajo un escenario de cambio climático; conocer las especies que tienen el mayor potencial de invasión en el país; tener información básica para entender el riesgo que representan estas especies para los ecosistemas, la provisión de servicios ecosistémicos y el bienestar humano en el país; y reconocer las áreas del país que serán más susceptibles a invasión de este tipo de especies en escenarios de Cambio climático

Se recomiendan entre sus usuarios a Corporaciones Autónomas Regionales, Gobernaciones, Universidades, ONGs e instituciones de investigación.

Vacíos de información

Entre los vacíos de información sobre el tema se encontró que:

- No existe para el país un muestreo sistemático enfocado a la colecta de especies de Alto Riesgo de Invasión (Fauna y Flora).
- No se han hecho estudios que muestren el impacto de las especies invasoras bajo un escenario de cambio climático.
- No fue posible incluir los registros provenientes de corporaciones autónomas regionales por su bajo nivel de depuración taxonómica y geográfica. Muchos de estos registros no cuentan con un nombre científico válido ni con coordenadas geográficas.
- Los modelos se generaron solo para especies de plantas terrestres clasificadas como de alto riesgo de invasión ya que este es el grupo que cuenta con más información. Hay que realizar un esfuerzo en la obtención de información de los otros grupos de especies invasoras para poder tener una visión más completa de los efectos de la invasión en el país.
- Es necesario desarrollar mejores técnicas para la modelación de la distribución potencial de especies acuáticas, por esta razón este tipo de especies no fueron tenidas en cuenta en este análisis.