

# 205

## MECANISMOS DE INTRODUCCIÓN Y DISPERSIÓN DE FAUNA EXÓTICA EN COLOMBIA

### Ficha metodológica

#### Análisis de vías de introducción y dispersión

El análisis de las vías de introducción de la fauna introducida a Colombia se realizó siguiendo el esquema de clasificación propuesto por Hulme y colaboradores<sup>1</sup>, el cual fue adoptado por el CDB<sup>2,3</sup> buscando unificar la terminología y tener una base de análisis estandarizada a escala global.

Este esquema diferencia entre vías de introducción intencionales y accidentales en función del mecanismo de introducción; además incluye referencias para ambientes acuáticos y terrestres, por lo cual es aplicable a todos los grupos biológicos. A partir de esta propuesta Hulme et al.<sup>1</sup>, la introducción y dispersión de una especie en una región podría darse a través de seis vías de

introducción. Cinco están asociadas a actividades humanas: 1. Liberación en la naturaleza, 2. Fuga de cautividad, 3. Contaminantes por transporte, 4. Polizones por transporte, 5. Corredor. La sexta categoría, No asistida, incluye las especies que pueden llegar a una región por mecanismos de dispersión natural (Anexo 1).

A partir de la consulta en 39 fuentes de información especializada incluyendo bases de datos globales se actualizó el listado de especies de fauna exótica y se consolidó una matriz sistematizada con base en las categorías de Hulme et al.<sup>1</sup>, las cuales no son excluyentes y un taxón puede tener múltiples categorías asignadas. Los

resultados de este ejercicio están en proceso de validación por parte de expertos y tomadores de decisiones.

Para el análisis de las vías, se estimó el número de casos reportados para todo el país de acuerdo a la vía específica y el número de especies introducidas o dispersadas a través de las diferentes vías; se exploró de manera separada para vertebrados terrestres, vertebrados acuáticos e invertebrados.

### **Análisis de ocurrencia de especies y variables de transformación del paisaje.**

#### Variables

Se integró y validó su los registros y su información geográfica a partir de la consulta a expertos, registros del SiB Colombia, la Infraestructura Institucional de Datos del Instituto Humboldt I2D y en artículos científicos que tuvieran información de especímenes recolectados en campo u observaciones documentadas. La base de datos final de especies invasora compila registros de incidencia de especies exóticas en cualquier grupo

Para evaluar cuántos taxones se han introducido a través de las diferentes vías, los conteos fueron analizados usando una tabla de contingencia de dos variables (número de casos por cada categoría de vía versus tipo de organismo).

taxonómico. Con estos registros se calculó la incidencia de especies invasoras por grupo en cada una de las subzonas hidrográficas de Colombia<sup>7</sup>, (SZH) como la densidad de registros por SZH. Estas SZH son las definidas durante el estudio nacional del agua del 2014 (IDEAM 2014).

Para explorar las variables que expliquen la variabilidad en la incidencia de especies exóticas, las variables usadas se analizaron a nivel de SZH, y estas corresponden a: 1) cambios en Bosque No-Bosque para 1990, 2000, 2005, 2010, 2012-2016. Con estas capas

se desarrolló un indicador de transformación que combina el área que ha permanecido como bosque, ponderado por áreas perdidas y sumado a áreas de bosque recuperado. También se calculó la variabilidad temporal considerando los cambios de estas variables. 2) Cambios de coberturas natural a coberturas no naturales con base en el análisis de transición de capas Corine Land Cover de 2002-05 y 2010-12. De forma similar a las capas anteriores se generó un indicador de transformación que combina áreas perdidas, ganadas, y estáticas en coberturas naturales. 3) Cambios de cobertura específicamente de cobertura natural en el mismo periodo anterior, a cobertura para ganadería. 4) Cambios de cobertura de natural a agricultura en el mismo periodo que las capas anteriores. 5) densidad de vías, estimado como el promedio de densidad para cada SZH. Para esto se hizo un mapa de densidad con la representación de la longitud y la concentración de carreteras por unidad de área (km<sup>2</sup>) del territorio colombiano, a partir de información cartográfica oficial a

escala 1: 100.000 correspondiente a vías principales y secundarias<sup>4</sup>. 6) Para los análisis con especies de peces invasores se incluyó el total de demanda hídrica de cada una de las SZH, esta variable puede asumirse como proxy para el grado de urbanización de cada una de las zonas.

### Métodos

La relación entre variables indicadoras de transformación del paisaje<sup>5,6</sup> sobre la incidencia de especies exóticas en subzonas hidrográficas de Colombia, se analizó mediante la construcción de modelos lineales que explora el poder explicativo de variables (pérdida de cobertura de natural a ganadería, agricultura, y densidad de carreteras por subzona hidrográfica, demanda hídrica por subzona hidrográfica -Anexo 2) que pueden estar contribuyendo al éxito y dispersión de especies exóticas de fauna en el país, sobre la variabilidad de la incidencia de especies exóticas. Para responder la pregunta de qué dispersión se debe incluir puntualmente información sobre los medios de dispersión de cada una de las especies. La

información disponible no permite realizar éste tipo de análisis más detallado.

Para explorar la relación entre la incidencia de especies exóticas y las variables de transformación del paisaje se usó agregación de variables por SZH dado que un análisis puntual de la incidencia de especies invasora tendría a acumular errores de diferentes fuentes y en general presentaría un alto nivel de incertidumbre. Otra consideración en contra de análisis puntuales es que los puntos de presencia de especies invasora sesgan el análisis a los eventos de presencia, más no permiten determinar probabilidad de invasión dado que no existe información sobre sitios donde esta especie no está presente. Por otro lado, para muchas variables, la resolución de la información no permite ligar atributos específicos de transformación a los puntos. Estas consideraciones se deben tener en cuenta al interpretar y divulgar los resultados de esta ficha.

Para los grupos con suficientes datos (Aves y Peces) se desarrollaron análisis exploratorios cada una de las variables con la incidencia ponderada de especies invasoras. Se consideraron suficientes los grupos que presentaban registros en gran parte del país. Dado que muchas variables presentaban correlaciones fuertes, porque reflejan un grado de intervención antrópica con signos a varios niveles, se realizó un análisis de componentes principales, y luego una regresión múltiple para determinar los componentes con mayor poder explicativo.

### Resultados

El resultado del análisis de sugiere que en el caso de Peces las variables utilizadas explican el 69% de la variabilidad; para aves, este porcentaje es del 78% (Anexo 2). En peces las variables más relevantes para explicar la incidencia de especies invasoras son interacciones de segundo y tercer orden de las variables de degradación (densidad de vías, demanda hídrica, pérdida de cobertura para ganadería y agricultura). La incidencia de

especies invasoras aumenta con la variabilidad temporal de cambios de coberturas, densidad de vías y demanda hídrica. En aves la incidencia de especies invasoras aumenta significativamente con la disminución de coberturas naturales y bosques y aumento de la densidad de vías. La variabilidad temporal en cobertura de bosque no fue significativa para este grupo. De forma consistente, para aves y

peces las variables que indican intervención antrópica se relacionan positivamente con la incidencia de especies invasoras. Es importante destacar que para los modelos finales se explicaron entre el 34 y el 54% de la variabilidad en la incidencia en especies invasoras, por lo que queda por explorar qué otras variables podrían estar correlacionadas con la variabilidad en la incidencia

## LITERATURA ASOCIADA

1. Hulme, P. E., Bacher, S., Kenis, M., Klotz, S., Kühn, I., Minchin, D., Nentwig, W., Olenin, S., Panov, V., Pergl, J., Pyšek, P., Roques, A., Sol, D., Solarz, W. y Vilà, M. (2008). Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. *Journal of Applied Ecology* 45(2): 403–414. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2007.01442.x
2. CDB (Convenio sobre la Diversidad Biológica). (2014a). “Vías de introducción de especies invasoras, su priorización y gestión” (UNEP/CBD/SBSTTA/18/9/Add.1). Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-18/official/sbstta-18-09-add1-es.pdf>. Fecha de acceso: 19 de mayo de 2016.
3. CDB (Convenio sobre la Diversidad Biológica). (2014b). “Analysis on pathways for the introduction of invasive alien species: updates” (UNEP/CBD/COP/12/INF/10). Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/meetings/cop/cop-12/information/cop-12-inf-10-en.pdf>. Fecha de acceso: 16 de junio de 2016.

## FUENTES DE DATOS ESPACIALES

4. IGAC. (2016a). Cartografía Básica, escala 1: 100.000. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, D. C.
5. IDEAM. (2000-2002), (2010-2012). Mapa de coberturas y uso de de la tierra escala. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C.
6. IDEAM. (1990-2016). Mapa de cobertura de Bosque No Bosque. Formato raster, resolución espacial de metros para colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C.
7. IDEAM. (2014). Mapas en formato shapefile, escala 1: 100.000 de la Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia., Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.

## **FUENTE DE DATOS UTILIZADOS**

Alvarado-Forero, H., & Gutiérrez-Bonilla, F.D.P (2002). Especies hidrobiológicas continentales introducidas y trasplantadas y su distribución en Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, Ramsar, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Santafé de Bogotá. Colombia.

Alzate, J., Utría, G., Strewe, R., Villa-De León, C. & Navarro, C. (2016). Primer registro documentado de la Torcaza aliblanca (*Zenaida asiatica*) en América del Sur. Ornitología Colombiana, 15, 90-93.

AUNAP -Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-. s.f. Anexo 10. Subpartidas que amparan productos pesqueros de control por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca - AUNAP. Sujetos en la importación a: Resolución de Autorización de Importación (RA) y Visto Bueno (VB). Normatividad: Ley 13 de 1990; Decretos 2256 de 1991 y 4181 de 2011 y Resoluciones 601 y 602 de 2012. Disponible en línea: <http://www.mincit.gov.co/loader.php?IServicio=Documentos&IFuncion=verPd>

f&id=4765&name=ANEXO\_No\_\_10\_Autoridad\_Nacional\_de\_Acuicultura\_y\_pesca\_-\_AUNAP.pdf

ANLA -Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-. (2013). Auto 843. Por el cual se ordena la apertura de una investigación ambiental. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. República de Colombia. 20 de marzo de 2013.

Baptiste, M.P., Castaño, N., Cárdenas, D., Gutiérrez, F.P., Gil, D.L. & 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. 200p.

CABI (2017). Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. [www.cabi.org/isc](http://www.cabi.org/isc).

Catálogo de la biodiversidad de Colombia. (2017). Fichas de especies consultadas en línea: <http://catalogo.biodiversidad.co> en junio de 2017.

Colecciones Biológicas del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Consultado en junio de 2017.

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. Franco, A., Baptiste, M.P., Díaz, J. & Montoya, M. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, The Nature Conservancy. Bogotá D.C. 84p.

Decreto 2270 de 2012. Por el cual se modifica el Decreto 1500 de 2007, modificado por los Decretos 2965 de 2008, 2380, 4131, 4974 de 2009, 3961

de 2011, 917 de 2012 y se dictan otras disposiciones. Ministerio de Salud y Protección Social. República de Colombia. 2 de noviembre de 2012.

Decreto 4589 de 2006. Por el cual se adopta el Arancel de Aduanas y otras disposiciones. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. República de Colombia. 27 de diciembre de 2006.

FVSN –Fundación Vida Silvestre Neotropical–. s.f.- Programa nacional para la conservación de los felinos en Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Dirección de Ecosistemas, República de Colombia, Bogotá.

Global Invasive Species Database (2017). Invasive Species Group of the Species Survival Commission (SSC) of the International Union for Conservation of Nature (IUCN). Disponible en línea: <http://www.iucngisd.org/gisd/search.php>.

Global Register of Introduced and Invasive Species -GRIIS- for reporting and national planning of alien and invasive species management (2017). Disponible en línea: <http://www.griis.org/>. Consultado en junio de 2017.

Guevara, S.G., & de la Ossa, J. (2011). Fauna exótica y fauna trasplantada con mayor representatividad en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 3(1), 167-179.

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 (IAvH). Bogotá, D. C. Colombia. 335p.



Guzmán-Maldonado, A. & Lasso, C. A. (2014). Análisis comparativo (1990-2014) de la pesquería de peces ornamentales en el departamento del Amazonas, Colombia. *Biota Colombiana*, 15(1), 83-108.

Hausdorf, B. (2002). Introduced land snails and slugs in Colombia. *Journal of Molluscan Studies*, 68(2), 127-131.

Hoogmoed, M.S. & Avila-Pires, T.C. (2015). *Lepidodactylus lugubris* (Duméril & Bibron 1836) (Reptilia: Gekkonidae), an introduced lizard new for Brazil, with remarks on and correction of its distribution in the New World. *Zootaxa*, 4000(1), 090-110.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2014). Fauna invasora en el territorio continental e insular colombiano. 4100 registros, aportados por: Baptiste, M. (Contacto del recurso), De la cruz Godoy, J. (Creador del recurso, Proveedor de metadatos). Versión 3.0. Disponible en: [http://i2d.humboldt.org.co/ceiba/resource.do?r=fauna-invasora\\_is\\_2014](http://i2d.humboldt.org.co/ceiba/resource.do?r=fauna-invasora_is_2014).

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. S.f. Documento de trabajo para la integración de información del país con base en The IABIN Invasives Information Network (I3N) de la Inter-American Biodiversity Information Network.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. S.f. Tabla 3. Resultados lineamientos vertebrados. Documento de trabajo. Sin publicar.

Kondo, T., Gullan, P. & Ramos-Portilla, A.A. Report of new invasive scale insects (Hemiptera: Coccoidea), *Crypticerya multicitricas* Kondo and *Unruh* (Monophlebidae) and *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Pseudococcidae), on the islands of San Andres and Providencia, Colombia, with an updated

taxonomic key to iceryine scale insects of South America. *Insecta Mundi*, 0265: 1–17.

Martínez, A. & Arias-Bernal, L. (2004). *Trachemys scripta callirostris*. La tortuga hicoitea en Colombia: biología, usos y conservación. *Reptilia*, 49, 52-57.

McCann, M. 2012. Capítulo 88: cuero, pieles y calzado. En: D – INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) (Ed.). Enciclopedia de la OIT. 16p. Disponible en línea: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/88.pdf>.

Noriega, J.A., Moreno, J., & Otavo, S. (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. *Biota Colombiana*, 12(2), 35-43

Ortega-Lara A. 2016. Guía Visual de los Principales Peces Ornamentales Continentales de Colombia. Serie Recursos Pesqueros de Colombia – AUNAP. En: Ortega-Lara A, Puentes V, Barbosa LS, Mojica H, Gómez SM, Polanco-Rengifo O (Eds.). Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP ©. Fundación FUNINDES ©. Santiago de Cali, Colombia. 112 p.

Padilla J.C., Rojas, D.P. & Sáenz-Gómez, R. (2012). Dengue en Colombia: epidemiología de la reemergencia a la hiperendemia. ISBN 978-958-46-0661-7. Bogotá. 281 pp. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/INV/Dengue%20en%20Colombia.pdf>.

Prieto-Guevara, M., Hernández, J., Gómez-R., C., Pardo, S., Atencio-García, V. & Rosa, P.V. (2013). Efecto de tres tipos de presas vivas en la larvicultura

de bagre blanco (*Sorubim cuspicaudus*). *Revista MVZ Córdoba*, 18(3), 3790-3798.

Ramírez-Chaves, H.E., Ortega-Rincón, M., Pérez, W. A., & Marín, D. (2011). Historia de las especies de mamíferos exóticos en Colombia. *Boletín Científico Del Museo de Historia Natural*, 15(2), 139-156.

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. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia. 23 de mayo de 2008.

Resolución 1924 de 2015. Por la cual se autorizan las especies ícticas ornamentales aprovechables comercialmente, se establecen unas prohibiciones, se derogan las Resoluciones número 3532 del 17 de diciembre de 2007 y número 0740 del 4 de mayo de 2015 y se establecen otras disposiciones. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca –AUNAP-. República de Colombia. 3 de noviembre de 2017.

Resolución 3532 de 2007. Por la cual se expiden normas para el ejercicio, administración y control de la actividad pesquera comercial ornamental precisando las especies ícticas ornamentales aprovechables comercialmente, y otras disposiciones. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural - INCODER. República de Colombia. 17 de diciembre de 2007.

Restrepo-Santamaría, D. & Álvarez-León, R. (2013). Algunos aspectos sobre la introducción de especies, y estado del conocimiento sobre los peces introducidos en el Departamento de Caldas, Colombia. *Luna Azul*, (37), 268-281.

Rippstein, G., Escobar, G. & Motta, F. (2001). Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Publicación CIAT; no. 322). Cali, Colombia. 302p.

Rivera, A., Ramírez, N. & Diavanera, A. 2008. Desarrollo e implementación de actividades contundentes a la ordenación de zootecnia en el país: fortalecimiento de la autoridad científica Cites de Colombia. Informe final Convenio No. 626 (C-0062-08). Bogotá, D.C., Colombia. 210p.

Soares-Álvares, E.S., & De Maria, M. (2004). First record of *Cyrtophora citricola* (Forskål) in Brazil (Araneae, Araneidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(1), 155-156.

Schüttler, E. & Karez, C.S. (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.

UICN -The IUCN Red List of Threatened Species- (2017). Disponible en línea: <http://www.iucnredlist.org/> en Junio de 2017.

## **USOS Y USUARIOS RECOMENDADOS**

Esta información puede ser útil para cualquier lector que tenga relación en términos de control, manejo y producción de alguna especie exótica de cualquier taxón de

fauna. Para las autoridades ambientales y el Sina en general y los organismos de control del mismo.

## ANEXOS

Anexo 1. Clasificación de vías de introducción de especies exóticas. Tomado y adaptado de CDB 2014a, 2014b, Hulme et al. 2008.

| Mecanismo                               | Categoría                         | Subcategoría/Ejemplo   | Descripción   |
|---|-----------------------------------|--|---|
| <b>IMPORTACIÓN DE PRODUCTOS BÁSICOS</b> | 1.<br>LIBERACIÓN EN LA NATURALEZA | Control biológico<br>Control de la erosión / estabilización de dunas (cortavientos, cercas vivas, setos, entre otros) Pesca en la naturaleza (incluyendo la pesca recreativa)<br>Caza<br>"Mejora" de paisajes/flora/fauna en la naturaleza<br>Introducción de organismos para fines de conservación o gestión de la vida silvestre<br>Liberación en la naturaleza con fines de consumo (ajenos a los antedichos, por ejemplo pieles, transporte, uso en medicina).<br>Otras liberaciones intencionales | Introducción intencional de organismos exóticos vivos en entornos naturales con fines antrópicos. |

| Mecanismo                               | Categoría                  | Subcategoría/Ejemplo   | Descripción  |
|---|----------------------------|--|--|
| <b>IMPORTACIÓN DE PRODUCTOS BÁSICOS</b> | 2.<br>ESCAPE DE CAUTIVIDAD | Agricultura (incluyendo materias primas para biocombustible)<br>Acuicultura / maricultura<br>Jardín botánico/zoológico/acuario (excluyendo los acuarios domésticos)<br>Especies para uso como mascota/acuario/terrario especies (incluyendo los alimentos vivos para tales especies)<br>Animales de explotación o de granja (incluyendo los animales libres en condiciones restringidas)<br>Silvicultura (incluyendo reforestación)<br>Explotación de animales para peletería<br>Horticultura<br>Fines ornamentales ajenos a la horticultura<br>Investigación y reproducción animal <i>ex-situ</i> (en instalaciones)<br>Alimentos vivos y carnada viva<br>Otras fugas de cautividad | Transvase de especies exóticas (potencialmente) invasoras criadas en cautiverio (por ejemplo en zoológicos, acuarios, jardines botánicos, agricultura, horticultura, instalaciones de acuicultura y maricultura, programas de investigación científica o de cría y mejora de mascotas) a un entorno natural. Siguiendo esta vía los organismos fueron importados inicialmente de forma intencionada o de la forma que fueron transportados hasta las condiciones de cautiverio, pero llegaron a escaparse de tales condiciones accidentalmente. Esto puede significar la liberación accidental o irresponsable de organismos vivos de sus lugares de reclusión, incluidos casos tales como la liberación de alimentos vivos al medio ambiente o el uso de carnada viva en un sistema de aguas no restringidas. |

| Mecanismo | Categoría | Subcategoría/Ejemplo | Descripción |
|-----------|-----------|----------------------|-------------|
|-----------|-----------|----------------------|-------------|

|   |                                     |  |  |
|---|-------------------------------------|--|--|
| <b>IMPORTACIÓN DE PRODUCTOS BÁSICOS</b> | (3)<br>CONTAMINANTES POR TRANSPORTE | Material contaminante de vivero/criadero<br>Carnada contaminada<br>Contaminante de alimentos (incluyendo alimentos vivos)<br>Contaminantes presentes en animales (salvo parásitos, especies transportadas por un hospedero o vector).<br>Polizones presentes en animales (incluyendo especies transportadas por un hospedero o vector)<br>Polizones presentes en plantas (salvo parásitos, especies transportadas por un hospedero o vector)<br>Parásitos en plantas (incluyendo especies transportadas por un hospedero o vector)<br>Contaminantes de semillas<br>Comercio de maderas<br>Transporte de materiales de hábitat (suelo, vegetación, entre otros) | Desplazamiento no intencionado de organismos vivos cual contaminantes de un producto básico, que se transfiere intencionadamente en el ámbito del comercio internacional, de la asistencia al desarrollo o de socorro en casos de emergencia. Esto incluye a las plagas y enfermedades de alimentos, semillas, maderas y demás productos de agricultura, silvicultura, pesca, así como a contaminantes de otros productos. |
|---|-------------------------------------|--|--|

| Mecanismo                    | Categoría                       | Subcategoría/Ejemplo  | Descripción   |
|------------------------------|---------------------------------|---|---|
| <b>VECTOR POR TRANSPORTE</b> | (4)<br>POLIZONES POR TRANSPORTE | Equipos de pesca/pesca recreativa<br>Contenedor/granel<br>Polizones dentro o fuera de la cabina del avión.<br>Polizones en buques/embarcaciones (excluyendo el agua de lastre y la incrustación en cascos)<br>Maquinaria/equipos.<br>Personas y sus maletas/equipaje (especialmente turistas)<br>Material orgánico de embalaje, especialmente maderas de embalaje<br>Agua de lastre en buques/embarcaciones<br>Incrustaciones en cascos de buques/embarcaciones<br>Vehículos (coche, tren, entre otros)<br>Otros medios de transporte | Desplazamiento de organismos vivos incrustados a un buque, a sus equipos y a sus medios. Los medios físicos en los que los polizones viajan incluyen diversos medios de transferencia, aguas de lastre y sedimentos, las incrustaciones biológicas en los buques, embarcaciones, plataformas de explotación petrolífera y gasística mar adentro y embarcaciones de otros tipos, equipos de dragados, de pesca o de pesca de recreo, aviación civil, contenedores de transporte por aire y por mar. El transporte de polizones por parte de otros vehículos y equipos destinados a las actividades humanas, actividades militares, socorro en caso de emergencia, asistencia y respuesta, asistencia al desarrollo internacional, eliminación de desechos, embarcaciones de recreación, turismo (por ejemplo, los mismos turistas y sus equipajes) quedan también incluidos en el marco de estas vías de introducción. |

| Mecanismo         | Categoría       | Subcategoría/Ejemplo   | Descripción   |
|-------------------|-----------------|--|---|
| <b>DISPERSIÓN</b> | (5)<br>CORREDOR | Mares/cuencas/vías de navegación interconectadas<br>Túneles y puentes terrestres | Desplazamiento de organismos exóticos y su introducción a una nueva región, tras la construcción de infraestructuras de |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  | <p>transporte sin las cuales la dispersión no habría sido posible. Tales corredores biogeográficos incluyen los canales internacionales (que conectan las cuencas hidrográficas con los mares) y los túneles transfronterizos que unen montañas, valles o islas oceánicas.</p> |
|--|--|--|--|

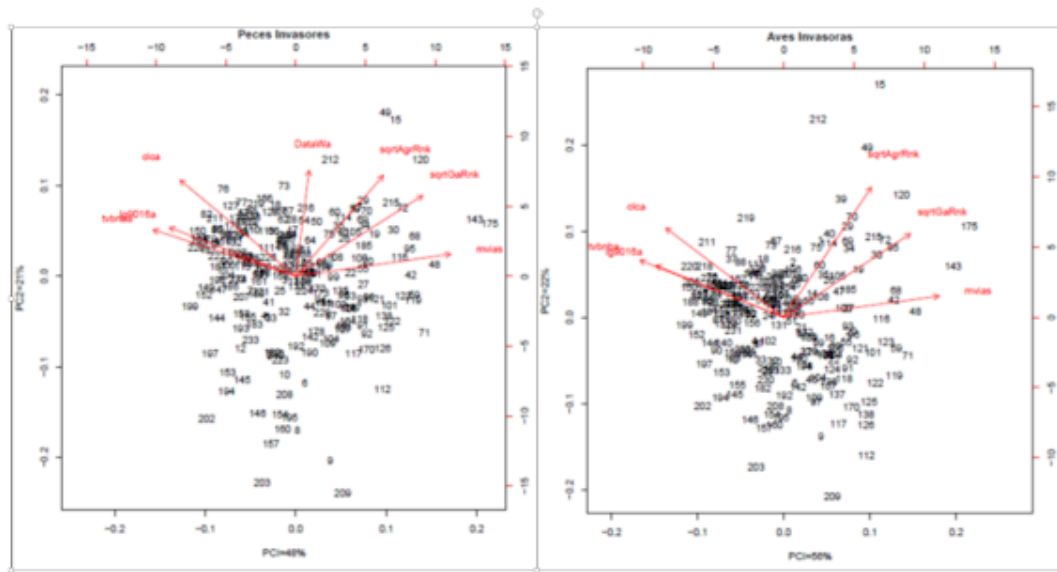
## Anexo 2

En análisis de componentes principales indicó que las variables mostraron una consistencia en su estructura de variabilidad (Figura A2.1). En el caso de Peces las variables agrupadas en los primeros dos componentes explican el 69% de la variabilidad; para aves, este porcentaje es del 78%.

El principal componente se relaciona positivamente con Incidencia de indicadores de creciente degradación (pérdida de cobertura natural a ganadería, agricultura, y densidad de carreteras), y negativamente con variables de conservación (indicador de cambio de cobertura de bosques, y de coberturas naturales). La variación temporal en el cambio de coberturas de

bosques se relaciona negativamente con este componente principal; a mayor variación temporal menor incidencia de especies invasoras. En el caso particular de peces, la variable de demanda hídrica que se asume como un proxi a impacto humano en la subzona hidrográfica muestra una leve correlación positiva con el componente uno, y una correlación del 0.5 con el componente dos. Para los dos grupos de especies, la correlación de las variables con el componente dos es menos clara y todas las variables se relacionan positivamente con este componente. La información de éste análisis de componentes principales se usó para desarrollar

los modelos de regresión múltiple probados.



**Figura A2.1 Análisis de componentes principales para incidencia de aves y peces.** Cada panel representa un grupo biológico, peces en el panel izquierdo, y aves en el derecho. En cada panel los vectores representan la correlación entre cada componente principal (se muestran solo los dos primeros) y las variables usadas. En las etiquetas de cada eje, se indica el porcentaje de la variable explicado por cada componente. Abreviaturas: tvbna=variable temporal en el cambio de capas bosque-no bosque, lg9016a=indicador de cambio de cobertura en la capa de bosque-no bosque de 1990 a 2016, clca=indicador de cambio de cobertura con base en capas Corine Land Cover adaptado para Colombia entre 2000-02 y 2010-12, DensVia=Densidad de carreteras categorías 1-4 en cada unidad de análisis, sqrtAgrRnk=indicador de cambio de cobertura de natural a agricultura usando el periodo de análisis de capas Corine Land Cover, sqrtGaRnk=indicador de cambio de cobertura de natural a ganadería usando el periodo de análisis de capas Corine Land Cover, DataWa=Demanda Hídrica total por subzona hidrográfica.

Para los dos grupos el análisis de regresión múltiple determinó primero la significancia de curvaturas para cada una de las variables y interacciones de segundo y tercer nivel. Para los dos grupos no se encontraron curvaturas significativas en ninguna variable. En peces, las variables incluidas en el modelo final no incluyeron cambio de cobertura de

bosque-no bosque; se incluyeron interacciones de segundo y tercer nivel entre variables de degradación (densidad de vías, pérdida de cobertura a ganadería y agricultura y demanda hídrica). La incidencia de especies invasoras aumenta significativamente al aumentar la variabilidad temporal en el cambio de bosque-no bosque, la densidad de vías, y la demanda hídrica



principalmente. La relación con aumento de ganadería y agricultura es menos claro por la significancia de interacciones de segundo y tercer grado con otras variables de degradación.

Para aves, la estructura del modelo final es más simple. La incidencia de especies invasoras aumenta significativamente con aumento de coberturas naturales y bosques y densidad de vías. Cuando ésta última variable interactúa con cobertura en ganadería y agricultura, su influencia sobre la incidencia es menos clara. La variabilidad temporal en cobertura

de bosque no fue significativa para este grupo.

De forma consistente, para aves y peces las variables que indican intervención antrópica se relacionan positivamente con la incidencia de especies invasoras.

Es importante destacar que para los modelos finales se explicaron entre el 34 y el 54% de la variabilidad en la incidencia en especies invasoras, por lo que queda por explorar qué otras variables podrían estar correlacionadas con la variabilidad en la incidencia

**Modelos finales.** Modelo final de incidencia de especies de Peces (A) y Aves (B).

```
Call:
lm(formula = log(IncPeca) ~ tvnba + sqrtAgrRnk + mvias + Demidri +
sqrtGaRnk + sqrtAgrRnk:Demidri + mvias:sqrtGaRnk + Demidri:sqrtGaRnk +
mvias:Demidri:sqrtGaRnk)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.24682 -0.70080 -0.00811  0.77957  2.22766

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -5.475e-01  3.908e-01  -1.401  0.162555
tvnba        6.639e-03  1.835e-03  3.619  0.000366 ***
sqrtAgrRnk   3.814e-04  3.134e-04  1.217  0.224908
mvias        1.360e+00  1.499e-01  9.067 < 2e-16 ***
Demidri      1.966e-01  6.873e-02  2.861  0.004625 **
sqrtGaRnk   -1.096e-03  8.298e-04  -1.331  0.000242 ***
sqrtAgrRnk:Demidri -2.183e-04  9.211e-05  -2.370  0.018649 *
mvias:sqrtGaRnk  9.576e-04  2.772e-04  3.454  0.000660 ***
Demidri:sqrtGaRnk  9.190e-04  2.279e-04  4.033  7.55e-05 ***
mvias:Demidri:sqrtGaRnk -2.744e-04  7.112e-05  -3.859  0.000349 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.01 on 223 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.565, Adjusted R-squared:  0.5475
F-statistic: 32.19 on 9 and 223 DF, p-value: < 2.2e-16
```

(A)

```
Call:
lm(formula = log(IncAva) ~ lg9016a + clca + sqrtAgrRnk + sqrtGaRnk +
mvias + sqrtAgrRnk:mvias + sqrtGaRnk:mvias)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.8181 -1.0375 -0.1505  0.9951  3.5644

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.2140171  0.5490242  0.390  0.697043
lg9016a     0.0744504  0.0221194  3.366  0.000897 ***
clca        0.0572210  0.0211198  2.709  0.007260 **
sqrtAgrRnk  -0.0034518  0.0009000  -3.835  0.000163 ***
sqrtGaRnk   0.0016504  0.0007029  2.348  0.019750 *
mvias       1.6797381  0.2252302  7.458  1.89e-12 ***
sqrtAgrRnk:mvias 0.0008219  0.0003304  2.487  0.013599 *
sqrtGaRnk:mvias -0.0004215  0.0002444  -1.725  0.085910 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.374 on 225 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4165, Adjusted R-squared:  0.3983
F-statistic: 22.94 on 7 and 225 DF, p-value: < 2.2e-16
```

(B)

**Cítese como:**

Baptiste, M.P., García, L.M., Córdoba, D. y S. Rodríguez-Buriticá. (2018). Mecanismos de introducción y dispersión de fauna exótica en Colombia. En Moreno, L. A., Rueda, C. y Andrade, G. I. (Eds.). 2018. Biodiversidad 2017. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.