

205

HIPOPÓTAMOS EN COLOMBIA

El proceso de invasión, avances desde la investigación y necesidades de gestión

Ficha metodológica

Se desarrolló un análisis de las covariables que reportan los registros disponibles espacializados de la presencia de hipopótamos en la zona del río Magdalena, la cual muestra desde su punto de introducción y escape (Puerto Triunfo), hasta las zonas con reportes confiables tomados con GPS. Se contó con un total de 46 registros los cuales fueron analizados a la luz de la dependencia espacial mediante pruebas de k-Ripley y Moran para determinar si su patrón de ocurrencia depende de alguna covariable o si presentan un patrón aleatorio en el espacio¹. En dicho análisis se emplearon las capas de cobertura Corine Landcover, el mapa de humedales nacional, la distancia a asentamientos humanos y a vías para cada punto. De acuerdo a dichos reportes, los hipopótamos presentan un patrón agregado ($M: 1.57, p=0.01$), lo que

hace que los humedales sean la variable que mayor aporte dan a la presencia de la especie, seguida de las coberturas, las cuales en su mayoría corresponden a zonas de pastos para ganadería. Los reportes se cruzan con algunos asentamientos y se presentan muy cercanos a vías más que todo por la dinámica de densidad poblacional humana alta y alta disponibilidad de vías para la movilización entre asentamientos. Al analizar estas mismas variables (humedales, coberturas, distancia a vías y asentamientos), bajo las condiciones del paisaje que rodean dichos reportes de presencia, se toman aquellas zonas cercanas a asentamientos, con sistemas productivos ganaderos y en zonas de humedales temporales, como aquellas de mayor riesgo de conflicto de los hipopótamos con humanos. La zona corresponde a una matriz antrópica agropecuaria,

donde hay pocas coberturas naturales y donde aquellas zonas de humedales que se inundan estacionalmente están dominados por sistemas productivos, lo cual representa un riesgo de encuentro con hipopótamos.

Metodología para la obtención del BioModelo V2. *Hippopotamus amphibius*

El mapa de distribución validado (http://biomodelos.humboldt.org.co/es/species/visor?species_id=7233) fue obtenido siguiendo el flujo de trabajo de BioModelos (<http://biomodelos.humboldt.org.co>). El flujo de trabajo consistió en: 1) Obtención de localidades de presencia. 2) Modelo de distribución potencial. 3) Verificación y validación de mapa de distribución por expertos. Todos los procesamientos estadísticos se ejecutaron en el programa R-Cran² y el código se encuentra disponible para consulta y modificación (https://github.com/LBAB-Humboldt/modeling/blob/master/hipo_05012_018.R).

1) Obtención de localidades de presencia. Se obtuvieron 26 registros de presencia de la especie a partir de exploraciones en campo y revisión de literatura por los autores (G.L.J-R & D.E-L). Algunas localidades sin georreferir fueron asignadas consultando Google Earth (https://earth.google.com/static/9.2.67.3/app_min__es.html). Todas las

localidades y datos geográficos fueron verificadas en Google Earth para detectar y eliminar errores (Cuyckens et al. 2015). Se excluyeron 16 localidades aplicando un filtro de 10km² para reducir la autocorrelación espacial y se almacenaron como grados decimales en el sistema WGS84.

2) Modelo de distribución potencial. El modelo se construyó usando el Algoritmo de Máxima Entropía^{4,5} implementado en el programa Maxent (http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/). El programa calcula la idoneidad ambiental de la especie con base en los datos de presencia y variables ambientales sobre los píxeles de un área de interés, considerando que la mejor solución se obtiene al maximizar la entropía de dicha distribución bajo ciertas condiciones ambientales⁴. Se generó un modelo de distribución para el hipopótamo usando 10 localidades y un conjunto de siete variables bioclimáticas (Bios: 1,2,3,4,12,15,18) a resolución aprox. de 1 km², disponibles en WorldClim v2.0 (<http://worldclim.org/version2>;⁶). Las siete variables fueron seleccionadas por presentar la menor multicolinealidad (Correlación de Pearson, $r < 0.7$) y presentar importancia biológica para la especie. Maxent se corrió usando 10000 puntos de *background*, salida logística, los valores de

regularización dados por defecto en el programa y se forzó el uso de únicamente funciones lineales, cuadráticas y hinge con el propósito de poder modelar relaciones no lineales entre las variables ambientales y los datos de ocurrencia sin sobreajustar el modelo. El modelo se evaluó usando el estadístico área bajo la curva (AUC) mediante una validación cruzada de 5 (K) iteraciones (k-fold partitioning). El área bajo la curva es un estadístico que asume valores entre 0 y 1 y mide la capacidad de discriminación de los modelos. Un valor de 1 corresponde a una discriminación perfecta de áreas de presencia y ausencia, mientras que un valor de 0.5 corresponde a una discriminación similar a la obtenida por un modelo aleatorio (no significativa). Modelos con valores de AUC mayores a 0.7 son asumidos como aceptables⁷. Para convertir los modelos de escala logística (mapa de idoneidad) a mapas de distribución potencial (mapa booleano, 1=presencia potencial), es necesaria la aplicación de umbrales de corte. Varios métodos para definir umbrales han sido propuestos⁸, sin embargo estos han sido desarrollados pensando principalmente en datos de presencia/ausencia. En modelos obtenidos con datos de sólo presencia, es difícil justificar la aplicación de un umbral u otro para obtener el mapa de distribución

potencial, por lo tanto se aplicó umbral del percentil 10⁹, el cual considera posibles errores en los datos.

3) Verificación y validación de mapa de distribución por expertos. El mapa de distribución potencial fue editado por los expertos (G.L.J-R & D.E-L) para reducir las áreas de sobrepredicción y así obtener un BioModelo híbrido Versión 1 que representara la distribución conocida de la especie (Graham & Hijmans 2006). La edición consistió en crear un polígono de experto que excluyera las áreas de poco acceso para la especie o con poca disponibilidad de recursos como en este caso fuentes de agua. El polígono de experto se usó como máscara de corte sobre el mapa de distribución potencial. El BioModelo híbrido Versión 1 fue reprocesado restringiendo la distribución a los hábitats disponibles para la especie. Para ello los expertos definieron una lista de tipos de hábitats usados por el hipopótamo en Colombia, los cuales fueron seleccionados de un mapa de coberturas de la tierra CORINE Land Cover escala 1:100.000 (http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021521/LIBRO_CORINEFINAL.pdf). Las coberturas seleccionadas fueron usadas como máscara para recortar el mapa híbrido Versión 1 y así obtener un BioModelo V2 verificado (Disponible en:

<http://biomodelos.humboldt.org.co/>

es/species/visor?species_id=7233).

El BioModelo V2 fue superpuesto sobre mapas de humedales y cultivos con el objetivo de determinar la potencial interacción de la especie con zonas habitadas por seres humanos. A este modelo

se añadieron los registros proporcionados por Cornare y Corantioquia, para obtener un total de 46 registros de la especie que caen dentro del modelo de distribución que se encuentra publicado en BioModelos.

FUENTE DE DATOS UTILIZADOS

El mapa 1 (modelo continuo del hipopótamo) y 2 (modelo discreto del hipopótamo en humedales) se

construyeron con las siguientes capas espaciales:

Capa	Fuente
Modelo de distribución (discreto) validado de <i>Hippopotamus amphibius</i>	http://biomodelos.humboldt.org.co/es/species/visor?species_id=7008
Modelo de distribución (continuo) de <i>Hippopotamus amphibius</i>	Laboratorio de biogeografía aplicada. 2018. Instituto Alexander von Humboldt
Mapa de humedales de Colombia	Jaramillo, U., Cortés-Duque, J. y Flórez, C. (eds.). 2015. Colombia Anfibia. Un país de humedales. Volumen 1. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 140 pp.
Departamentos de Colombia	IGAC. 2016
Centros poblados de Colombia	IGAC. 2016
Ríos principales de Colombia	IGAC. 2016

USOS Y USUARIOS RECOMENDADOS

La información consignada en la ficha puede ser utilizada tanto por la comunidad científica y académica como por las autoridades ambientales interesadas en generar medidas para la conservación de los anfibios, y para prevenir la dispersión de la enfermedad. La ficha muestra la distribución actual del patógeno en el país y reconoce áreas potenciales donde el hongo

puede estar presente. Esta información es de gran utilidad para diseñar estudios en el que se monitoreen continuamente las poblaciones para determinar el impacto de los individuos sobre los ecosistemas y sus interacciones con la comunidad. Así como para monitorear las áreas de distribución actual y potencial.

LITERATURA ASOCIADA

Legendre, P. & L. Legendre. 1998. Numerical ecology. Elsevier, Ámsterdam.

R Development CoreTeam. 2017. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, R Foundation for Statistical Computing.

Cuyckens GAE, Perovic PG, Cristobal L. 2015. How are wetlands and biological interactions related to carnivore distributions at high altitude? *Journal of Arid Environments*, 115, 14-18.

Phillips, Anderson RP, Schapire RE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231-259.

Phillips SJ, Anderson RP, Dudík M, Schapire RE, Blair M. 2017. Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*, 40, 887-893.

Fick SE, Hijmans RJ. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial

resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37, 4302-4315.

Fielding AH, Bell J. F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental conservation*, 24, 38-49.

Liu C, Berry PM, Dawson TP, Pearson RG. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28, 385-393.

Redon M, & Luque S. 2010. Presence-only modelling for indicator species distribution: biodiversity monitoring in the French Alps. 6th Spatial Analysis and Geomatics international conference (SAGEO 2010). Toulouse, France. *Universite de Toulouse*, 1, 42-55.

Cítese como:

Jiménez, G., Echeverry, D., Baptiste, M.P., Isaacs-Cubides, P., García L, L.M., Noguera-Urbano, E.A., Velásquez-Tibatá, J. y W.F. Moreno-Escobar. (2018). Hipopótamos en Colombia: El proceso de invasión, avances desde la investigación y necesidades de gestión. En Moreno, L. A, Andrade, G. I. y Gómez, M.F. (Eds.). 2019. Biodiversidad 2018. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.