



Modelamiento de la distribución de *Hoplias malabaricus* en Ecuador continental; una contribución para su conservación.

Modeling the distribution of *Hoplias malabaricus* in continental Ecuador; a contribution for its conservation

Gabriela Obando Moreno¹ y Sheila Ayala Espinoza²

^{1,2} Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Biológicas

*Autor de correspondencia:  ggom_95@hotmail.com (G. Obando Moreno)

Resumen

La presencia de *Hoplias malabaricus* en la hidrografía ecuatoriana es muy extensa dada la riqueza hídrica del país, la cual posee las condiciones físicas y climáticas requeridas por esta especie. Pese a estar catalogada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza como una especie de preocupación menor, la "Tararira" es uno de los peces carnívoros de río más importantes de la región, por lo cual conocer su distribución hidrogeográfica mediante el uso de los programas Maxent y Diva-Gis, es el primer paso para el desarrollo de prácticas de conservación eficientes. Para esto, se utilizaron 97 registros compilados de la especie y 19 variables bioclimáticas dadas por Bioclim. Los resultados arrojados por el modelamiento indican que *H. malabaricus*, está distribuida en la mayoría de cuencas hidrográficas de Ecuador, principalmente en los ríos Pastaza y Bobonaza; en contraposición del modelamiento ejecutado, apunta que la distribución de *H. malabaricus* estaría en las cercanías a los ríos Coca, Napo y San Miguel, por ende, corresponden a áreas donde el nicho de la "Tararira" es ideal para realizar proyectos viables de conservación de la especie. Es recomendable ampliar estudios científicos que corroboren tanto la taxonomía como la distribución de la misma, ya que es una especie que genera confusión hasta la actualidad.

Palabras clave: *Hoplias malabaricus*, Guanchiche, Tararira, Maxent, DivaGIS, distribución.

Abstract

The presence of *Hoplias malabaricus* in the Ecuadorian hydrography is very extensive given the water richness of the country, which possesses the physical and climatic conditions required by this species. Despite being cataloged by the International Union for the Conservation of Nature as a minor concern, the "Tararira" is one of the most important carnivorous river fish in the region, so knowing its hydrogeographic distribution through the use of The Maxent and DivaGis programs, is the first step for the development of efficient conservation practices. For this, 97 compiled records of the species and 19 bioclimatic variables given by Bioclim were used. The results obtained to date indicate that *H. malabaricus* is distributed in the majority of watersheds in Ecuador, mainly in the Pastaza and Bobonaza rivers. In contrast, the modeling carried out indicates that the distribution of *H. malabaricus* would be in the vicinity of the Coca, Napo and San Miguel rivers, which correspond to areas where the "Tararira" niche is ideal for carrying out viable conservation projects. the species. It is advisable to extend scientific studies that corroborate both the taxonomy and the distribution of it, since it is a species that generates confusion until today

Keywords: *Hoplias malabaricus*, Guanchiche, Tararira, Maxent, DivaGIS, distribution.



Introducción

Hoplias malabaricus (Bloch, 1794), conocido con el nombre vernacular de “Guanchiche” o “Taratira”, es un pez de agua dulce perteneciente a la familia *Erythrinidae* (Romero, 2002), es uno de los depredadores más importantes en ecosistemas dulceacuáticos en Latinoamérica (Cucalón & Bajaña, 2015); es una especie de amplia distribución, aparece en la mayor parte de las cuencas de América Central y de Sudamérica (Peteán & Morales, 2008), de hábitos lacustres, prefiriendo aguas poco profundas, cálidas, cenagosas y con abundante vegetación (Kenny, 1995), las aguas en las que habita están a una temperatura entre 20 y 26°C (Baensch & Riehl, 1985), con un rango de pH entre 6.0 y 8.0 (Riede, 2004). Su dieta incluye peces, anfibios, insectos, roedores, aves y todo aquel animal que, caído al agua o nadando, produzca vibraciones suficientes para excitar su instinto predador (Planquette & LeBail, 1996).

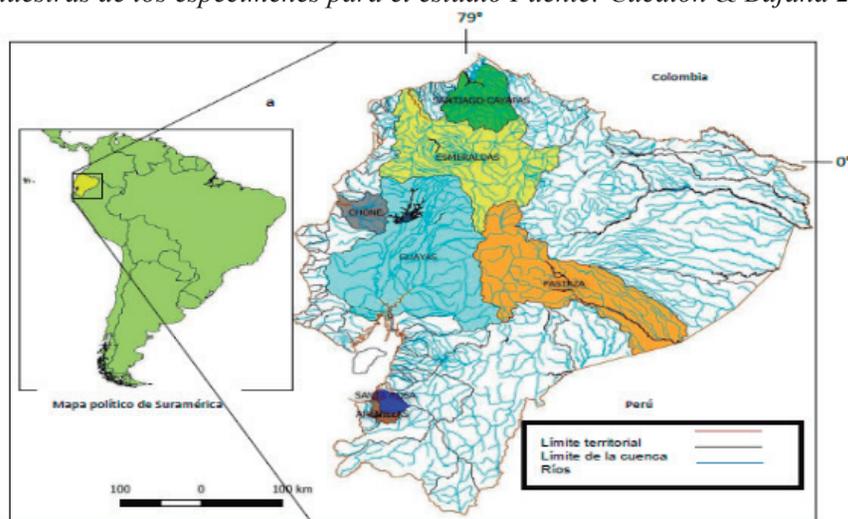
En temporada invernal, *Hoplias malabaricus*, experimenta un aletargamiento, pasando los fríos enterrada en el lecho barroso o entre la vegetación (Paiva, 2002). Esta característica no pasa desapercibida para los aficionados a la pesca, pese a esto está en la

categoría de preocupación menor (IUCN, 2014). En Ecuador es aprovechada como fuente de alimento en localidades rurales, existiendo en el país dos especies: *Hoplias microlepis* en las provincias del suroccidente y *Hoplias malabaricus* en las provincias del noroccidente y en la Amazonía (Cucalón & Bajaña, 2015) (Figura 1), siendo estas dos especies confundidas por su similitud anatómica, mas no molecular (Revelo & Laaz, 2012).

Para la realización de este trabajo se tomará en cuenta a *Hoplias malabaricus* y se analizará su distribución en la hidrografía ecuatoriana continental mediante el uso de *Softwares* libres de mapeo y análisis de datos como Maxent y DivaGIS.

El programa Maxent, emplea algoritmos fáciles de usar y asegura dar buenos resultados. Sin embargo, es un método utilizado con mayor frecuencia para “interpolarse” entre puntos de ocurrencia que para predecir áreas no observadas (Soberón, 2012); por otro lado, DivaGIS contiene una buena cantidad de herramientas para depurar y organizar datos, así como una implementación del método llamado Bioclim, debido a que es un programa versátil en la aplicación de este tipo de estudios (Soberón & Peterson, 2005).

Figura 1. Distribución conocida de *Hoplias* sp. En color se indica las cuencas donde se tomaron las muestras de los especímenes para el estudio Fuente: Cucalón & Bajaña 2015



Materiales y métodos

Localidades de presencia de *Hoplias malabaricus*

Se inició el estudio con una base de datos compuesta por 97 registros del pez *Hoplias malabaricus* en el Ecuador continental, obtenidos de literatura, expertos y encuestas.

Datos climáticos

Para modelar la distribución de *Hoplias malabaricus*, se utilizaron 19 variables bioclimáticas dadas por BioClim, las mismas que están disponibles como archivos “raster”, usados en SIG (Sistema de Información Georeferenciada). Esta herramienta consiste en un recuadro georreferenciado, el cual abarca cuadrículas que poseen un valor específico de variables ambientales, atribuido a la misma. Estas variables, describen el clima con una serie de variables interpoladas a partir de conjuntos de datos globales (Hijmans *et al.*, 2005).

Modelos de distribución de *Hoplias malabaricus*

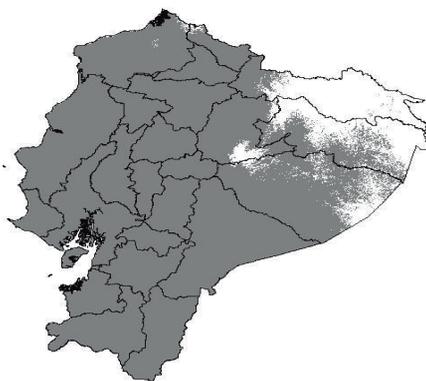
Se realizaron modelos de distribución geográfica de *Hoplias malabaricus* utilizando el programa Maxent (Phillips *et al.*, 2006, 2009), el mismo hace inferencias robustas a partir de datos de presencia de las especies (Elith *et al.*, 2006) y basándose en el principio de encontrar la probabilidad de distribu-

ción de una especie mediante la probabilidad de distribución de máxima entropía (Phillips *et al.*, 2006). Con los registros de distribución de la especie y los datos de las variables climáticas, topográficas e hídricas, se obtiene un modelamiento basado en la probabilidad relativa de la distribución de la especie en un espacio geográfico (Elith *et al.*, 2011).

El programa Maxent, enuncia 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, pronostica condiciones óptimas para la especie en proceso de modelamiento. Es decir, el modelo resultante, es la probabilidad relativa de la distribución de una especie a lo largo del espacio geográfico definido (Elith *et al.*, 2006, Phillips *et al.*, 2006, 2009).

Primero se ejecutó el modelamiento de la distribución potencial de *Hoplias malabaricus* en su ámbito geográfico en el Ecuador continental, añadiendo además una capa de unidades administrativas llamada “provincias” para mayor identificación de áreas de distribución potencial haciendo uso de las 97 localizaciones obtenidas. Posteriormente se procedió al modelamiento del sitio en donde no existiría variables bioclimáticas adecuadas para el desarrollo no apropiado de *Hoplias malabaricus* (Figura 2).

Figura 2. En color blanco se ubican las zonas de mayor probabilidad de distribución de la especie *Hoplias malabaricus*. Mapa realizado con Bioclim DivaGIS.



En este análisis, se usó el umbral 10 Percentile Training Presence, el cual indica el valor de probabilidad en el que el 90% de los puntos de presencia estarán dentro del área potencial. El 10% restante de los puntos que caen por fuera del área potencial, son aquellos con un ambiente atípico no incluido dentro de los límites del nicho realizado con un ambiente atípico no incluido dentro de los límites del nicho realizado.

Además, se utiliza el programa DivaGIS para importar el “raster” generado en Maxent, este archivo puede ser abierto, visualizado y modificado

Resultados y discusión

Existen investigaciones científicas sobre el origen de *H. malabaricus*, los mismos que apuntan al territorio de las cataratas del Iguazú; la introducción de esta especie a la zona antes mencionada, supone que pudo haberse efectuado desde las cabeceras de Tibagi en base a la similitud de patrones genéticos de las poblaciones, así como también la continuidad entre los ríos Iguazú y Tibagi (Dergam *et al.*, 1998).

El género *Hoplias* sp. se encuentra en la mayoría de cuencas hidrográficas del territorio ecuatoriano (Figura 1). Puntualmente para *H. malabaricus*, existen registros en la parte oriental, específicamente en el río Bobonaza y Pastaza. A su vez, se cree que esta especie está restringida tanto para la cuenca del Amazonas, al este de los Andes como para los sistemas de drenaje al norte de la costa, en la provincia de Esmeraldas (Aguirre, 2011).

Además, la presencia de *H. malabaricus* es predominante en el Neotrópico debido a que su distribución comprende Brasil, Argentina, Uruguay, Colombia, Panamá (Chu-Koo & Dañino, 2007), Bolivia, Costa Rica, Ecuador, Guayana, Paraguay, Perú, Surinam, Tobago y Trinidad (Reis *et al.* 2003). Su extensa distribución por el Neotró-

pico, se debe a la facilidad que tiene *H. malabaricus* para colonizar cabeceras de altitud considerable tales como Jacaré y zonas de Tombadouro (Santos *et al.*, 2009).

Para el caso de *Hoplias malabaricus*, el estudio realizado con los programas Maxent y DivaGIS, mostró que su distribución mayoritaria está en las provincias de la Amazonía (Figura 2). Este resultado discrepa con el reporte de (Barriga, 1994), lo cual indica que *Hoplias malabaricus* se encuentra al límite del Sistema Hidrográfico de la provincia de Esmeralda, concretamente en la región Noroccidental del Ecuador. Aún se mantiene la idea de que las poblaciones de esta especie que se encuentran al Este y Oeste de los Andes, sean distintas (Froese & Pauley, 2014).

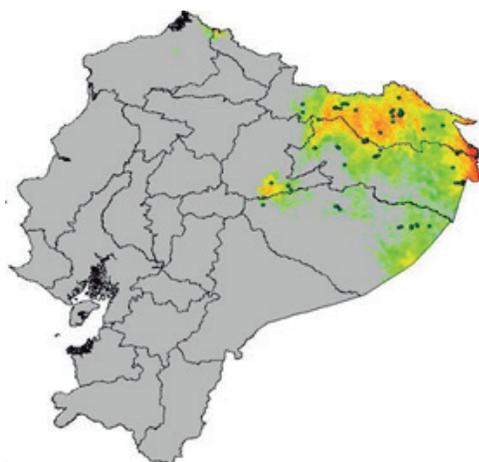
El modelamiento con DivaGIS permite analizar las zonas de mayor incidencia de *Hoplias malabaricus*, las cuales se hallan en las provincias de Sucumbios y Centro-norte de Orellana; también en la parte Este de las provincias de Napo y Pastaza; por último, el noreste de la provincia de Esmeraldas (Figura 3) y el noroccidente de la provincia del Carchi donde el clima es similar al hábitat de la especie (Tabla 1).

El mapa resultante muestra una escala colorimétrica, en la que plomo corresponde a localidades donde por factores bioclimáticos, la presencia de *Hoplias malabaricus* es improbable; en color verde claro, se indica las áreas cercanas al río Curaray que poseen, según el modelamiento de DivaGIS, características pobres para albergar al “Guanchiche”; las tonalidades amarillo-rojizas son áreas donde la especie puede desarrollarse sin problemas de acuerdo a las variables climáticas que requiere; por último, la coloración rojiza, cercanas a los ríos Coca, Napo y San Miguel, corresponde a áreas donde el nicho de *Hoplias malabaricus*, es ideal (Figura 3).

Tabla 1. Escala colorimétrica de la distribución de *Hoplias malabaricus* en Ecuador continental de acuerdo al punto de corte obtenido. Rojo corresponde a áreas con mayor presencia de la especie. Realizado con DivaGIS

color	Fron	To	Label
	0	0,33	0,0373
	0,0373	0,4	0,0373 - 0,4
	0,4	0,5	0,4 - 0,5
	0,5	0,6	0,5 - 0,6
	0,6	0,7	0,6 - 0,7
	0,7	0,8	0,7 - 0,8
	0,8	0,9	0,8 - 0,9
	0,9	1	0,9 - 1

Figura 3. En escala verde-rojo se observa las zonas de incidencia de la especie *Hoplias malabaricus* según modelamiento con el programa DivaGIS.



La contraposición existente sobre la distribución de *H. malabaricus* entre el modelamiento comparado con la revisión bibliográfica, puede deberse a temas importantes como la diversidad cariotípica que este pez presenta, puesto que, se la considera como una sola especie biológica, pero su taxonomía aún no está muy clara (Oyakawa, 1990); pues muestra diferencias interpoblacionales y diferencias en los sistemas de cromosomas sexuales (morfología y número diploide de cromosomas) (Bertollo *et al.*, 2000); por esta razón se maneja la hipótesis de que *H. malabaricus* es una especie que genera confusión hasta la actualidad (Bertollo *et al.*, 2000).

Así mismo, se ha podido establecer la existencia de siete diferentes configuraciones básicas de cariotipos para *H. malabaricus*, más conocidos como citotipos (A, B, C, D, E, F, G), los mismos que poseen distribuciones geográficas específicas. Para el citotipo F, se tiene la distribución más cercana a Ecuador, siendo localizado en la parte sudeste de Brasil, con tendencia oriental en el continente (Bertollo *et al.*, 2000).

Conclusiones

Tras haber realizado la presente investigación, se concluye que la distribución de *H. malabaricus* en Ecuador, aún evidencia

cierta confusión debido a que la taxonomía de la especie continúa en discusión. Según revisión bibliográfica, esta especie está distribuida en la mayoría de cuencas hidrográficas de Ecuador, potencialmente por los ríos Pastaza y Bobonaza; a diferencia del modelamiento ejecutado con Maxent y Diva-Gis, indica que la distribución de *H. malabaricus* estaría en las cercanías a los ríos Coca, Napo y San Miguel, mismos que corresponden a áreas donde el nicho de la especie en estudio, es ideal.

Los sitios determinados por Maxent y Diva-GIS no han coincidido completamente con la distribución señalada en la literatura revisada, pero es posible la ocurrencia de la especie en las zonas antes mencionadas.

Literatura citada

- Aguirre, W. 2011. The Freshwater Fishes of Ecuador. Recuperado el 11 de Diciembre de 2016, de http://condor.depaul.edu/waguirre/fishwestec/hoplias_malabaricus.html.
- Baensch, H., & Riehl, R. 1985. Verlag für Natur-und Heimtierkunde. *Mergus*, 2, 1216. doi:<http://dx.doi.org/>
- Barriga, R. 1994. Peces del Noroeste del Ecuador. *Politécnica* 19 (2):43-154.
- Bertollo, L., Guassenir, Born., Dergam, J., Moreira-Filho. 2000. A biodiversity approach in the neotropical Erythrinidae fish, *Hoplias malabaricus*. Karyotypic survey, geographic distribution of cytotypes and cytotoxicity. *Chromosome Research* 8:603-613.
- Cucalón, R., & Bajaña, L. 2015. *Filogeografía Molecular del guanchiche Hoplias spp. de la costa Ecuatoriana*. Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales, Guayaquil. Recuperado el 23 de octubre de 2016.
- Dergam JA, Bertollo LAC. 1990. Karyotypic diversification in *Hoplias malabaricus* (Osteichthyes, Erythrinidae) of the Sao Francisco and Alto Paraná basins, Brazil. *Brazil J Genet* 13: 755-766.
- Dergam, J. A.; Suzuki, H. I.; Shibatta, O. A.; Duboc, L. F.; Júlio Jr., H. F.; Giuliano-Caetano, L. and Black IV, W. C. 1998. Molecular biogeography of the neotropical fish *Hoplias malabaricus* (Erythrinidae: Characiformes) in the Iguazu, Tibagi, and Paraná rivers. *Genetics and Molecular Biology*, 21, 493-496.
- 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.
- Ferreira RHR, Fonseca CG, Bertollo LAC, Foresti F. 1989. Cytogenetics of fishes from Parque Florestal do Rio Doce (MG). I. Preliminary study of "Hoplias malabaricus" (Pisces, Erythrinidae) from Lagoa Carioca and Lagoa dos Patos. *Brazil J Genet* 12: 219-226.
- Froese, R. y D. Pauly. (eds.). (2014). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org.
- 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.
- IUCN. 2014. IUCN Red List of *Threatened Species*. doi:<http://dx.doi.org/>
- Kenny, J. 1995. *fishbase*. Recuperado el 23 de octubre de 2016, de <http://www.fishbase.org/references/FBRefSummary.php?ID=11225>.
- Lopes PA, Fenocchio AS. 1994. Confirmation of two different cytotypes for the neotropical fish *Hoplias malabaricus* Gill 1903 (Characiformes). *Cytobios* 80: 217-221.
- Lopes PA, Alberdi AJ, Dergam JA, Fenocchio AS. 1998. Cytotaxonomy of *Hoplias malabaricus* (Osteichthyes, Erythrinidae) in the Aguapey river (Province of Corrientes, Argentina). *Copeia* 1998: 485-487.
- Oyakawa, OT. 1990. Revisao sistemática das espécies do genero *Hoplias* (grupo *lacerdae*) da Amazonia Brasileira e regioao leste do Brasil (Teleostei, Erythrinidae). MSc dissertation. Universidade de Sao Paulo, Brazil
- Paiva, M. 2002. *Crecimiento, alimentacao e reproducao da traíra, Hoplias malabaricus no nordeste-brasileiro*. Universidad Federal de Ceará. Recuperado el 23 de octubre de 2016, de <http://hydrobio.f-cien.edu.uy/proyecto.htm>
- Peteán, J., & Morales, C. 2008. *UICN-GUYRA-PROTEGER*. Recuperado el 23 de octubre de 2016, de <http://www.proteger.org.ar/peces-cuenca-plata/>
- 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.

- Planquette, P., & LeBail. 1996. *Atlas des poissons d'eau douce de Guyane* (Vol. 22). Paris, Francia. doi:<http://dx.doi.org/>
- Reis R., Kullander S., Ferraris C. 2003. Check list of the freshwater fishes of south and central America.
- Revelo, W., & Laaz, E. 2012. *Catálogo peces de aguas continentales provincia de Los Rios Ecuador*. Guayaquil: Instituto Nacional de Pesca. Recuperado el 23 de octubre de 2016.
- Romero, P. 2002. *fishbase*. Recuperado el 24 de octubre de 2016, de <http://www.fishbase.org/references/FBRefSummary.php?ID=45335>.
- Santos, U, C. M. Völcker, F. A. Belei, M. B. Cioffi, L. A. C. Bertollo, S. R. Paiva, J. A. Dergam. 2009. Molecular and karyotypic phylogeography in the Neotropical *Hoplias malabaricus* (Erythrinidae) fish in eastern Brazil. *Journal of Fish Biology* 75, 2326–2343.
- Scavone MDP, Bertollo LAC, Cavallini MM. 1994. Sympatric occurrence of two karyotypic forms of *Hoplias malabaricus* (Pisces, Erythrinidae). *Cytobios* 80: 223-227.
- Soberón, J. 2012. Recuperado el 23 de octubre de 2016, de <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsd-GRvbWFpbmXuaWNoZXNhbmRhcmVhc29mZGJzdHJpYnV0aW9ufGd4OjU0ZTE0MDE3ZTJlMTU3NGI>
- Soberón, J., & Peterson, A. T. 2005. *Nichos y Áreas de distribución*. Recuperado el 23 de octubre de 2016, de [nicho.conabio: http://nicho.conabio.gob.mx/](http://nicho.conabio.gob.mx/)