

## Distribución potencial del caracol gigante africano (*Achatina fulica* Bowdich 1822) en Colombia

Alan Giraldo<sup>1</sup>, Angie Patiño<sup>2</sup>, Rodrigo Lozano<sup>3</sup>, Mario F. Garcés<sup>4</sup>

### Resumen

**Objetivo:** establecer la distribución potencial de la especie invasora *Achatina fulica* (caracol gigante africano) en Colombia con base en la idoneidad ambiental. **Alcance:** proporcionar elementos a las autoridades ambientales e investigadores nacionales para fortalecer los procesos de investigación y las acciones de manejo y control de esta especie invasora en Colombia. **Metodología:** se implementó un modelo de distribución potencial para el caracol gigante africano en Colombia bajo el algoritmo MaxEnt, utilizando las variables climáticas de World Clim. Principales **Resultados:** la variable que más contribuyó fue la precipitación del mes más cálido seguido de la máxima temperatura del mes más cálido. El 50% de los departamentos del país presentaron una ocupación probable superior al 50%, siendo los más afectados Córdoba y Atlántico con un área de ocupación probable por encima del 80%. Se identificó una adecuación ambiental del 100% en localidades asociadas a alta densidad de centros urbanos. **Conclusión:** se presentan evidencias de la asociación de esta especie invasora a los centros urbanos de país y se identifica el riesgo de invasión por departamentos.

**Palabras Clave:** Distribución potencial, especie invasora, manejo, control.

## Potential distribution of the giant African snail (*Achatina fulica* Bowdich 1822) in Colombia

### Abstract

**Objective:** To establish the potential distribution of the invasive species *Achatina fulica* (giant African snail) in Colombia based on environmental suitability. **Scope:** To provide researchers and national environmental authorities with elements to strengthen the research efforts and management and control actions of this invasive species in Colombia. **Methodology:** A potential distribution model for the African giant snail in Colombia was implemented under the MaxEnt algorithm, using the climatic variables of World Clim. **Main Results:** The variable that contributed the most was the precipitation of the warmest month followed by

\*FR: 18-VI-21. FA: 14-VI-22

<sup>1</sup> Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología, Grupo de Investigación en Ecología Animal. Cali, Colombia. E-mail: alan.giraldo@correounivalle.edu.co, ecologia.animal@correounivalle.edu.co

 0000-0001-9182-888X **Google Scholar**

<sup>2</sup> Magíster. Universidad de Brasilia, Brasilia, Brasil. Correo Electrónico: angie.patino@correounivalle.edu.co.

 0000-0003-3309-2346 **Google Scholar**

<sup>3</sup> Magíster. Universidad Federal do Pará, Pará, Brasil. Correo Electrónico: Lozano.osorio.r@gmail.com.

 0000-0003-3989-645X **Google Scholar**

<sup>4</sup> Doctorado. Universidad del Valle, Cali, Colombia. Correo Electrónico: mario.garces@correounivalle.edu.co.

 0000-0002-9937-7902 

### CÓMO CITAR:

Giraldo, A., Patiño, A., Lozano, R. y Garcés, M. F. (2022). Distribución potencial del caracol gigante africano (*Achatina fulica* Bowdich 1822) en Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 26(2), 261-273. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.2.13>



the maximum temperature of the warmest month. Fifty per cent of the departments in the country presented an occupancy greater than 50%, being the most affected Cordoba and Atlantico with an occupation area above 80%. An environmental suitability of 100% was identified in locations associated with high density of urban centers. **Conclusion:** Evidence of the association of this invasive species with urban centers of the country was obtained and the risk of invasion by departments was identified.

**Key Words:** Potential distribution, invasive species, management, control.

## Introducción

Los múltiples efectos negativos que trae la presencia de una especie exótica en un ecosistema han impulsado la investigación mundial para obtener información que sea de utilidad para la erradicación, el control o el manejo a partir de los monitoreos y análisis de mitigación de impactos (Blackburn et al., 2014; Latombe et al., 2017). Sin embargo, para 2010 solo el 26% de los países reportaron tener monitoreo activo de este tipo de especies y el 16% indicaron la intención de producir programas similares (Latombe et al., 2017). En el caso del caracol gigante africano (*Achatina fulica*, Bowdich 1822), la contribución de la comunidad científica internacional se concentra en los países con mayor capacidad científica y mayor tiempo de invasión del molusco (Thiengo et al., 2007; Roda et al., 2016). Sin embargo, al ser esta especie considerada como una de las 100 especies exóticas más peligrosas en el mundo, con un rango de dispersión asociado a la región tropical, donde se concentra el mayor porcentaje de diversidad mundial, se hace prioritario que los países latinoamericanos incorporen elementos de ocurrencia, estatus e impacto en los esfuerzos de monitoreo para realizar el seguimiento de esta especie invasora (Latombe et al., 2017).

En Colombia, el caracol gigante africano fue declarado especie exótica invasora en 2008 (MAVDT, 2008), se reportó oficialmente por primera vez entre 2009 y 2010 en el sur del país (De La Ossa-Lacayo et al., 2012 Cano-Pérez et al., 2021), y para el 2011 se definieron las competencias y responsabilidades de acción, control, manejo y generación de información científica por parte de las autoridades ambientales nacionales, regionales y municipales (MAVDT, 2011; De La Ossa-Lacayo et al., 2012). Esta política nacional para el manejo, prevención y control del caracol gigante africano incluye como necesidad una línea base de información que incluye la necesidad de conocer el patrón de la distribución potencial de la especie, para establecer medidas preventivas o de reacción temprana en zonas donde esta no se haya registrado (MAVDT, 2011).

Aunque la presencia del caracol gigante africano en Colombia es reciente (Patiño-Montoya y Ginaldo, 2020), esta especie, originaria del continente africano, fue reportado por primera vez en el continente americano en el estado de California (USA) hace 90 años

y en las islas del Caribe y Brasil hace 30 años (Fontanilla et al., 2014; Roda et al., 2016; Valente, 2017). Cinco años después del primer reporte inicial del caracol gigante africano en Colombia, este molusco exótico invasor alcanzó la región Caribe de Colombia, al ser reportado en más de la mitad de sus departamentos (De la Ossa-Lacayo et al., 2012; Patiño-Montoya y Giraldo, 2020). En la actualidad, se han adelantado esfuerzos de investigación científica que sugieren una fuerte relación entre la especie y los centros urbanos del país y ponen de manifiesto el alto riesgo en salud pública por la presencia confirmada de nematodos como *Angiostrongylus cantonensis*, que provoca meningitis eosinofílica en los humanos, *A. costaricensis*, causante de la angiostrongiliasis abdominal, e incluso se ha demostrado la presencia de otros agentes patógenos asociadas a este molusco exótico, como *Aelurostrongylus abstrusus*, *Angiostrongylus vasorum*, *Troglostrongylus brevior* y *Crenosoma vulpis* (Liberia et al., 2010; Londoño et al., 2013; Córdoba et al., 2017; Giraldo et al., 2019; Penagos-Tabares et al., 2019).

La relación entre la presencia de *A. fulica* con las condiciones climáticas colombianas ha sido superficialmente estudiada en trabajos de ecología poblacional. Sin embargo, se ha sugerido que existe una relación positiva entre la precipitación y la abundancia de la especie, además de plantearse reiteradamente que la temperatura y la humedad relativa son los moduladores de parámetros poblacionales como la densidad y proporción etaria (Avendaño y Linares, 2015; De La Ossa et al., 2017). Los trabajos de Borrero et al. (2009) y Vogler et al. (2013) propusieron modelos de distribución potencial del caracol gigante africano para el neotrópico, identificando zonas vulnerables desde el punto de vista ambiental para el territorio colombiano. Sin embargo, el registro de presencia de la especie en nuevas localidades de Colombia (Patiño-Montoya et al., 2021), podrían tener influencia significativa en el área de ocupación y ajuste de los modelos de distribución publicados para la especie, antes de que se registrara su presencia en Colombia.

Colombia, como país signatario del Convenio de Diversidad Biológica (CBD, 1992), debe garantizar información mínima de las especies invasoras, entre ellas el caracol gigante africano, para su manejo y prevención en países vecinos (Latombe et al., 2017). Por lo tanto, el propósito de este trabajo de investigación fue establecer la distribución potencial de la especie invasora *Achatina fulica* (caracol gigante africano) en Colombia con base en la idoneidad ambiental, así como establecer las variables antrópicas relacionadas con el área de ocupación de la especie.

## **Materiales y métodos**

Los reportes de presencia del caracol gigante africano (*Achatina fulica*) se obtuvieron de los trabajos de De la Ossa et al. (2012), De la Ossa-Lacayo et al. (2014), Avendaño y Linares (2015), Patiño-Montoya et al. (2018) y Patiño-Montoya y Giraldo (2021). Con el índice de Moran, se excluyeron los puntos que presentaron una distancia

inferior a 600 m con el propósito de eliminar la autocorrelación espacial. En total, para el desarrollo del análisis se consideraron 74 puntos de ocurrencia para la elaboración del modelo de distribución.

Se seleccionaron seis de las 19 variables climáticas de WorldClim v1.4 con una resolución espacial de 30 segundos (1 km<sup>2</sup> aprox.) para utilizarlas en la modelación. Para seleccionar las variables, inicialmente se evaluó la colinearidad mediante una correlación de Peterson (Dormann et al., 2012). Entre las variables que presentaron correlación por encima de 0,8, se escogieron aquellas que presentan mayor importancia biológica para la presencia de la especie según el criterio de los investigadores. Las variables seleccionadas fueron: precipitación del mes más caliente, temperatura máxima del mes más caliente, temperatura estacional, precipitación estacional, precipitación del mes más seco y rango anual de temperatura.

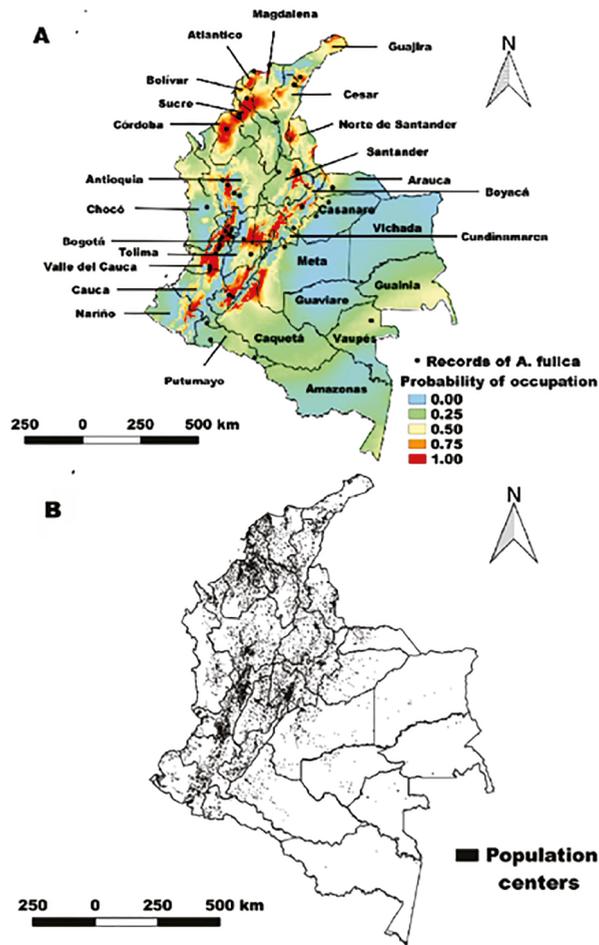
Se usó el algoritmo de máxima entropía en el programa MaxEnt 3.4.1 (Phillips et al., 2008) para realizar la modelación. El modelo se calibró utilizando el 80% de los puntos de ocurrencia y se realizaron ajustes lineales y cuadráticos con formato de salida logística, obteniendo valores continuos de la probabilidad de adecuación ambiental de la especie que van de 0 a 1. Se utilizó la técnica de área bajo la curva (AUC) como criterio para evaluar el modelo obtenido, a partir de la creación de valores de pseudoausencia teniendo en cuenta las variables predictoras y el 20% de los puntos de ocurrencia. El valor de AUC considerado óptimo fue por encima de 0,5 (Elith et al., 2006). El modelo final de distribución potencial se obtuvo a partir de 500 iteraciones y 10 repeticiones usando como modelo de remuestreo el *Bootstrap*. Para definir el umbral en la elaboración de mapa de presencia /ausencia se utilizó la regla “*Equal training sensitivity and specificity*” (Glaros y Kline, 1988; Dziak et al. 2020). Las estimaciones del área de ocupación de *A. fulica*, así como los mapas de distribución por departamento, se hicieron mediante el software libre QGIS 3.2. Los mapas base se obtuvieron del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Para identificar posibles variables antrópicas relacionadas con el área de ocupación de *A. fulica*, se realizó una regresión lineal múltiple considerando el área de ocupación como variable independiente y como variables dependientes el número de habitantes por km<sup>2</sup>, densidad de centros poblados y área urbanizada por departamento administrativo. Esa información también se obtuvo del DANE.

## Resultados

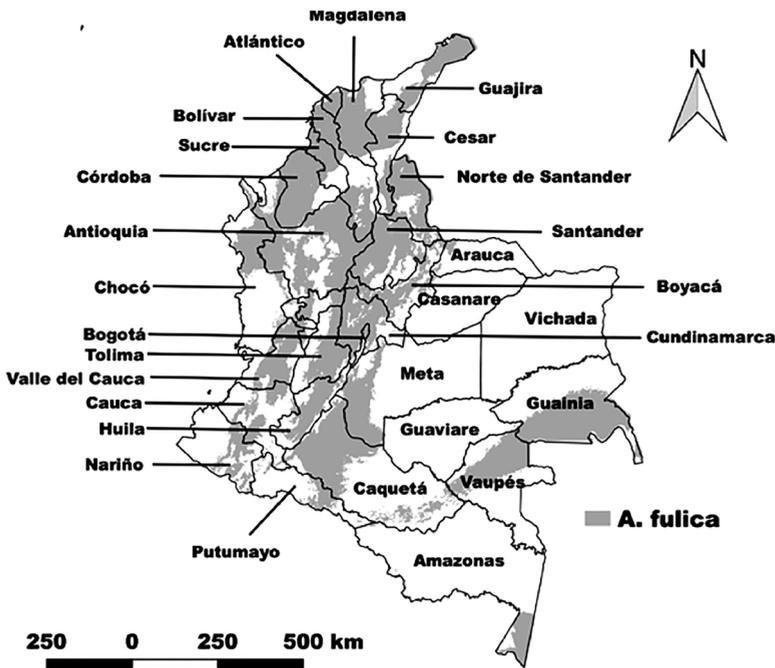
El modelo obtenido de distribución potencial de *A. fulica* en Colombia en el desarrollo de esta investigación presentó un ajuste adecuado con valor de AUC =0,858±0,024. Los departamentos que presentaron una adecuación ambiental entre 0,75 a 1 para la presencia de *A. fulica* en Colombia fueron el Valle del Cauca, Huila, Tolima, Cundinamarca,

Boyacá, Santander, Norte de Santander y la mayoría de los departamentos de la región Caribe: Córdoba, Sucre, Bolívar, Atlántico y Magdalena, con excepción de La Guajira en el Este y Antioquia y Chocó en el Oeste. En cada una de estas unidades político-administrativas de Colombia, las zonas con la máxima probabilidad de ocupación coincidieron con la ubicación de los centros urbanos de mayor densidad poblacional, como las ciudades ubicadas en el valle geográfico del río Cauca (ej. Cali, Buga, Tuluá, altiplano cundiboyacense (Bogotá) y los centros urbanos del Caribe (Barranquilla, Sincelejo, Montería). Por otro lado, se observó una probabilidad de adecuación ambiental de *A. fulica* de entre el 25% al 50% en los departamentos de la Orinoquía y la Amazonía, coincidiendo con una baja ocupación urbana (Figura 1).



**Figura 1.** Riesgo ambiental potencial en Colombia ante la presencia del caracol gigante africano (*Achatina fulica*). A. Probabilidad de ocupación del molusco exótico invasor por unidad político-administrativa (departamento), B. Densidad de zonas urbanas dentro del territorio nacional.

El área de ocupación del molusco exótico invasor estimada dentro de Colombia fue del 31% del territorio (Figura 2, Tabla 2). Los departamentos con mayor área de ocupación fueron Córdoba (83,85%), Atlántico (83,32%) y Norte de Santander (72,73%). Catorce departamentos presentaron más del 50% de su territorio en riesgo, y cuatro presentaron menos del 10% (Amazonas, Arauca, Casanare y Guaviare). De estos últimos, Casanare y Guaviare presentan menos del 1% de área ocupada. Solamente en el Vichada no se detectó susceptibilidad ambiental. De los cuatro departamentos de Colombia con líneas de conocimiento base reconocidas, Sucre, Santander y Antioquia, tuvieron porcentajes de ocupación entre el 64% y 67%, mientras que para el Valle del Cauca el área vulnerable fue equivalente al 50% de su territorio (Figura 2, Tabla 1).



**Figura 2.** Distribución potencial del caracol gigante africano (*Achatina fulica*) en cada unidad administrativa de Colombia, según el modelo de MaxEnt. En gris las áreas con probabilidad de ocupación superior a 0,5).

**Tabla 1.** Área potencial ocupada por el caracol gigante africano (*Achatina fulica*) en cada departamento de Colombia.

Departamento	Área total (km <sup>2</sup> )	Área ocupada (km <sup>2</sup> )	% área ocupada
Córdoba	25022,08	20980,63	83,85
Atlántico	3357,29	2797,34	83,32
Norte de Santander	21445,52	15596,58	72,73
Magdalena	22831,47	15840,24	69,38
Cundinamarca	22787,32	15669,01	68,76
Antioquia	63264,20	42713,94	67,52
Santander	30283,26	20200,72	66,71
Sucre	10811,72	6928,99	64,09
Guajira	21019,07	12270,28	58,38
Bolívar	26121,44	15245,69	58,36
Cesar	22967,44	13178,52	57,38
Tolima	23392,90	12204,85	52,17
Caldas	7548,77	3887,37	51,50
Valle del Cauca	22104,24	11061,21	50,04
Huila	20289,74	9349,48	46,08
Guainía	72287,30	31108,85	43,04
Bogotá D.C	1649,92	667,61	40,46
Quindío	1729,52	689,40	39,86
Boyacá	23352,33	9226,11	39,51
Cauca	29679,76	9005,44	30,34
Caquetá	90136,03	27076,30	30,04
Vaupés	53163,67	14955,04	28,13
Risaralda	4036,37	1056,22	26,17
Chocó	46737,29	11808,05	25,26
Meta	85396,20	15651,90	18,33
Nariño	33193,37	5499,14	16,57
Putumayo	24669,20	2651,81	10,75
Amazonas	110126,59	6380,87	5,79
Arauca	24224,88	929,24	3,84
Casanare	44751,20	146,22	0,33
Guaviare	55702,24	40,28	0,07
Vichada	100262,34	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>1144344,65</b>	<b>354817,33</b>	<b>31,01</b>

Las variables ambientales que más contribuyeron en el modelo fueron la precipitación del mes más caliente (47,3%) y la máxima temperatura del mes más caliente (24,5%). El rango anual de temperatura fue la variable que menos influyó en la probabilidad de ocupación del caracol gigante africano (Tabla 2). Según el modelo de regresión múltiple (F-statistic=2,883, p=0,05), de las tres variables consideradas (Tabla 3), la densidad de centros poblados por departamento fue la única que presentó un efecto positivo y significativo (t value=2,70, p=0,01), por tanto, a mayor densidad de centros urbanos se espera mayor área de ocupación del caracol gigante africano. Sin embargo, las variables consideradas solo explicaron el 23,6% de la variación observada ( $R^2=0,236$ ).

**Tabla 2.** Porcentaje de contribución de las variables climáticas utilizadas en el modelo de distribución potencial del caracol gigante africano en Colombia.

Variable	Nombre	% contribución
Bio_13	Precipitación del mes más caliente	47,3
Bio_5	Max. Temperatura del mes más caliente	24,5
Bio_4	Temperatura estacional	12,7
Bio_15	Precipitación estacional	6,8
Bio_14	Precipitación del mes más seco	5,0
Bio_7	Rango anual de temperatura	3,7

**Tabla 3.** Valores de las variables antrópicas y porcentaje de ocupación de *A. fulica* por departamentos usados en el análisis de regresión lineal múltiple.

Departamento	% ocupación de <i>A. fulica</i>	No. Hab/km <sup>2</sup>	No. Centros poblados/km <sup>2</sup>	% área urbanizada
Norte de Santander	72,73	64,33	0,0098	0,01
Atlántico	83,32	749,98	0,0265	0,63
Magdalena	69,38	56,30	0,0137	0,14
Cundinamarca	68,76	121,24	0,0219	4,89
Valle del Cauca	50,04	213,00	0,0258	19,00
Córdoba	83,85	70,44	0,0223	0,78
Huila	46,08	58,30	0,0104	0,58
Guajira	58,38	48,19	0,0083	1,04
Tolima	52,17	60,54	0,0115	0,04
Cesar	57,38	45,87	0,0100	0,14
Sucre	64,09	80,32	0,0357	0,39
Quindío	39,86	330,57	0,0526	0,66
Cauca	30,34	47,312	0,0141	0,11
Chocó (2)	25,26	10,91	0,0086	0,89
Antioquia	67,52	104,53	0,0122	1,40
Bolívar	58,36	82,18	0,0190	0,01
Putumayo	10,75	14,35	0,0045	0,51
Boyacá	39,51	54,81	0,0109	0,02
Bogotá D.C.	40,46	4897,65	0,0079	0,56
Caldas	51,50	13,14	0,0266	0,81
Santander	66,71	68,72	0,0111	0,15
Nariño	16,57	53,85	0,0177	0,34
Risaralda	26,17	238,46	0,0394	0,48
Arauca	3,84	11,06	0,0031	0,15
Guainía	43,04	0,59	0,0003	3,58
Caquetá	30,04	5,44	0,0012	1,78
Casanare	0,33	8,25	0,0021	0,64
Meta	18,33	11,69	0,0023	1,26
Amazonas	5,79	0,71	0,0005	0,62
Vaupés	28,13	0,01	0,0003	1,71
Guaviare	0,07	2,05	0,0010	0,01
Vichada	0,00	0,75	0,0003	0,01

## Discusión

En Colombia, las autoridades ambientales regionales cuentan con directrices específicas para el control y manejo del caracol gigante africano (MAVDT, 2011). Sin embargo, la generación de información científica para establecer el conocimiento de referencia sobre la historia natural de esta especie en Colombia es incipiente (De La Ossa-Lacayo et al., 2012; Patiño-Montoya y Giraldo, 2020). Con un 31% del territorio colombiano con características ambientales adecuadas para la ocupación del caracol gigante africano y que involucra a la mayoría de las unidades político-administrativas del país, es el momento de incrementar la resolución espacial de los estudios y los esfuerzos de control implementados por la autoridad ambiental, como lo sugiere Latombe et al. (2017). Sobre todo, cuando se considera la alta congruencia con los centros urbanos y la presencia confirmada de *Angiostrongylus cantonensis* en el territorio nacional (Albuquerque et al., 2009; Giraldo et al., 2019).

De acuerdo con los resultados obtenidos, la precipitación en el mes más caliente (47,3%) y la máxima temperatura del mes más caliente (24,5%), fueron las variables ambientales que estarían condicionando la distribución espacial de *A. fulica* en Colombia. Probablemente, la combinación de estas dos variables estaría reflejando las condiciones climáticas del hábitat que provocan mayor estrés fisiológico en los individuos de esta especie, modulando así la probabilidad de ocupación. Por otro lado, la baja contribución de la precipitación en el mes más seco en la explicación del modelo puede estar vinculado con las estrategias que utiliza esta especie para reducir la pérdida de agua durante periodos de tiempo seco (Rahman y Raust, 2010).

Para diseñar un programa sistemático de manejo, la presencia en una escala espacial o temporal de interés provee la base para la elaboración de indicadores de impacto (Latombe et al., 2017; Barbet-Massin et al., 2018). El caracol gigante africano (*Achatina fulica*) exhibe un patrón espacial de ocupación que parece estar modulado por las condiciones locales de precipitación y disponibilidad de recurso alimenticio, toda vez que esta variable climática se correlaciona con las condiciones de humedad, requerimiento básico del ensamble de moluscos terrestres tanto nativos como exóticos (Ebenso, 2006; Rhaman et al., 2010; Chinedu et al., 2013; Vázquez et al., 2017). Siendo prioritario entonces, el monitoreo en los lugares con mayor porcentaje de precipitación.

En las investigaciones realizadas en el departamento de Sucre, con un porcentaje de ocupación del 64%, se describe una dinámica poblacional asociada con la estacionalidad de las precipitaciones a pesar de las medias de control implementadas por las autoridades ambientales (de la Ossa et al., 2017). Para el Valle del Cauca, que tuvo un porcentaje de ocupación del 50%, se ha reportado una mayor adecuación ambiental a la zona del valle geográfico del río Cauca, probablemente relacionado con las condiciones de temperatura del aire y precipitación que caracterizan esta zona del departamento (Giraldo et al., 2014; Avendaño y Linares, 2015).

Uno de los elementos no ambientales que tiene mayor incidencia en el patrón de ocupación espacial del caracol gigante africano en Colombia es su asociación con los centros urbanos del país, confirmada por la relación directamente proporcional entre el área ocupación de *A. fulica* con la densidad de centros poblados establecida en este estudio. El entorno urbano proporciona hábitats idóneos tanto en clima como en recursos para el mantenimiento y expansión de las poblaciones de *A. fulica*, específicamente oferta de alimento y refugios asociados a la infraestructura urbana de las cabeceras municipales (Albuquerque et al., 2009; De La Ossa et al., 2017; Cano, 2018; Patiño-Montoya et al., 2018; Miranda et al., 2014; Goldyn et al., 2017; Vázquez et al., 2017). Esto puede relacionarse al efecto isla de calor donde las temperaturas urbanas son más altas debido a la acumulación de energía por los materiales absorbentes de calor utilizados en la construcción de las ciudades (Magee et al., 1999; Yin et al., 2018), ya que una de las variables determinantes de su distribución es la máxima temperatura del mes más caliente. Al considerar que en Colombia el patrón de ocupación de *A. fulica* está directamente asociado a los centros urbanos y que ha sido reportada la presencia de parásitos Strongylidos, potencialmente nocivos para los seres humanos como *Angiostrongylus cantonensis*, en poblaciones de caracol gigante africano en Colombia (Córdoba et al., 2017; Giraldo et al., 2019; Penagos-Tabares et al., 2019), la probabilidad de estar ante una inminente crisis de salud pública nacional es alta, ya que la meningitis eosinofílica, causada por *A. cantonensis*, es potencialmente mortal para los humanos (Dorta-Contreras et al., 2007).

De acuerdo con los resultados obtenidos, la mayor intensidad de ocupación se registró asociada con las zonas urbanas, incrementada de manera significativa la posibilidad del desarrollo de una crisis de salud pública nacional, razón por la cual las autoridades ambientales deben incrementar los esfuerzos de control sobre esta especie invasora. Es necesario destacar la necesidad de la continuidad temporal en los esfuerzos de control y promover una mayor articulación entre las corporaciones autónomas regionales en pro de la construcción de un sistema de priorización y estandarización para el manejo de la especie que vaya a la par de los criterios internacionales recientemente propuestos para las especies exóticas.

### **Contribución de los autores**

Alan Giraldo: conceptualización de la investigación, diseño del estudio (líder), análisis de datos (todos los autores), interpretación de resultados (todos los autores), obtención de fondos, revisión y edición de versión inicial, revisión y edición de versión final (líder). Aprobación versión final (todos los autores). Angie Patiño-Montoya: diseño del estudio (colaboradora), obtención de datos (líder), revisión base de datos (líder), análisis de datos (todos los autores), interpretación de resultados (todos los autores), redacción versión inicial, revisión versión final (todos los

autores), aprobación versión final (todos los autores). Rodrigo Lozano: obtención de datos (colaborador), revisión base de datos (colaborador), análisis de datos (todos los autores), interpretación de resultados (todos los autores), revisión versión final (todos los autores), aprobación versión final (todos los autores). Mario F. Garcés-Restrepo: análisis de datos (todos los autores), interpretación de resultados (todos los autores), revisión versión final (todos los autores), aprobación versión final (todos los autores).

## Agradecimientos

A la Universidad del Valle por el apoyo logístico para el desarrollo de esta investigación. Este estudio fue parcialmente financiado por el grupo de investigación en Ecología Animal de la Universidad del Valle y la *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil* (CAPES) – Código de financiación 001, a favor de A. Patiño-Montoya

## Referencias

- Albuquerque, F. S. D., Peso-Aguiar, M. C., Assunção-Albuquerque, M. J. T. y Gálvez, L. (2009). Do climate variables and human density affect *Achatina fulica* (Bowditch) (Gastropoda: Pulmonata) shell length, total weight and condition factor? *Brazilian Journal of Biology*, 69(3), 879-885.
- Avendaño, J. M. y Linares, E. L. (2015). Morfometría del caracol gigante africano *Achatina fulica* (Gastropoda: Achatinidae) en Colombia. *Cuadernos de Investigación UNED*, 7(2), 287-293.
- Barbet-Massin, M., Rome, Q., Villemant, C. y Courchamp, F. (2018). Can species distribution models really predict the expansion of invasive species? *PLoS one*, 13(3), e0193085.
- Blackburn, T. M., Essl, F., Evans, T., Hulme, P. E., Jeschke, J. M., Kühn, I., ... y Bacher, S. (2014). A unified classification of alien species based on the magnitude of their environmental impacts. *PLoS Biol*, 12(5), e1001850.
- Borrero, F. J., Breure, A. S., Christensen, C., Correoso, M. y Ávila, V. M. (2009). Into the Andes: three new introductions of *Lissachatina fulica* (Gastropoda, Achatinidae) and its potential distribution in South America. *Tentacle*, 17, 6-8.
- Cano-Garzón, J. S. (2018). *Apoyo técnico a la Universidad Cooperativa de Colombia en la determinación del riesgo, modelación cartográfica y distribución biogeográfica del caracol africano en el Departamento del Tolima* (trabajo de grado). Universidad Cooperativa de Colombia. <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/6359>
- Cano-Pérez, E., Torres-Pacheco, J., Barraza-Quiroz, L., Morelos-Muñoz, J. y Gómez-Camargo, D. (2021). Population characterization and parasitological assessment of the giant African snail (*Achatina fulica*) in urban areas of Cartagena, Colombia. *F1000Research*, 10, 77.
- Chinedu, M. T., Joseph, O. J., Nwogor, U. A., Chukwuemeka, N. M. y Nwamaka, I. K. (2013). Preliminary investigation of the influence of housing types on reproductive characteristics of snail (*Achatina achatina*). *American Journal of Bioscience*, 1(4), 54-58.
- Córdoba, D., Montoya, A. P. y Giraldo, A. (2017). Prevalencia de parásitos nematodos Strongylidos asociados al Caracol africano, *Achatina fulica*, en el Valle del Cauca, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 22(3), 6276-6286.
- De La Ossa-Lacayo, A., De La Ossa-V, J. y Lasso, C.A. (2012). Registro del caracol africano gigante *Achatina fulica* (Bowdich 1822) (Mollusca: Gastropoda-Achatinidae) en Sincelejo, costa Caribe de Colombia. *Biota Colombiana*, 13(2), 247-252.
- De La Ossa-Lacayo, A. y De La Ossa-V, J. (2014). Caracol africano gigante *Achatina fulica* bowdich 1822 (Mollusca: Gastropoda-achatiniidae) en zona urbana de Sincelejo y Sampedú, Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECLA*, 6(2), 299-304.
- De La Ossa-V, J., De La Ossa-Lacayo, A., Carmona, J. C., Monroy-Pineda, M. C., Salcedo-Rivera, J. y Fuentes-Mario, J. A. (2017). Incremento poblacional de *Achatina fulica* Bowdich 1822 (mollusca: gastropoda-achatiniidae) en una zona urbana de Sincelejo, Sucre, Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 29, 21-29.
- Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., ... y Lautenbach, S. (2013). Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36(1), 27-46.
- Dorta-Contreras, A. J., Núñez Fernández, F. A., Pérez Martín, O., Lastre González, M., Magraner Tarrau, M. E., Bu Coifun Fanego, R., ... y Sánchez Zulueta, E. (2007). Peculiaridades de la meningoencefalitis por *Angiostrongylus cantonensis* en América. *Revista de Neurología*, 45(12), 755-63.
- Dziak, J. J., Coffman, D. L., Lanza, S. T., Li, R. y Jermini, L. S. (2020). Sensitivity and specificity of information criteria. *Briefings in Bioinformatics*, 21(2), 553-565.
- Ebenso, I. E. (2006). A note on the effect of water on incubating eggs of edible tropical land snail *Limnicolaria aurora*. *Livestock Research for Rural Development*, 18(10), 17-23.
- Elith, J., H. Graham, C., P. Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., ... y E. Zimmermann, N. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2), 129-151.
- Fontanilla, I. K. C., Sta. Maria, I. M. P., Garcia, J. R. M., Ghaté, H., Naggs, F., & Wade, C. M. (2014). Restricted genetic variation in populations of *Achatina* (*Lissachatina*) *fulica* outside of East Africa and the Indian Ocean Islands points to the Indian Ocean Islands as the earliest known common source. *PLoS One*, 9(9), e105151.

- Giraldo, A., Bolívar, W., González, A. y Garcés, M. F. (2014). *Caracol africano en el Valle del Cauca: línea base para el Valle del Cauca*. Grupo Investigación en Ecología Animal, Universidad del Valle.
- Giraldo, A., Garzón, C., Castillo, A. y Córdoba-Rojas, D. F. (2019). Confirmation of the presence of *Angiostrongylus cantonensis* in lung tissue of the African giant snail (*Lissachatina fulica*) in Colombia. *Infectio*, 23(2), 129-132.
- Glaros, A. G. y Kline, R. B. (1988). Understanding the accuracy of tests with cutting scores: The sensitivity, specificity, and predictive value model. *Journal of Clinical Psychology*, 44(6), 1013-1023.
- Goldyn, B., Kaczmarek, E., Roszkowska, M., Guayasamin, P. R., Książkiewicz-Parulska, Z. y Cerda, H. (2017). Urban ecology of invasive giant African snail *Achatina fulica* (Férussac) (Gastropoda: Achatinidae) on its first recorded sites in the Ecuadorian Amazon. *American Malacological Bulletin*, 35(1), 59-64.
- Latombe, G., Pyšek, P., Jeschke, J. M., Blackburn, T. M., Bacher, S., Capinha, C., ... y McGeoch, M. A. (2017). A vision for global monitoring of biological invasions. *Biological Conservation*, 213, 295-308.
- Liboria, M., Morales, G., Carmen, S., Isbelia, S. y Luz, P. (2010). Primer hallazgo en Venezuela de huevos de *Schistosoma mansoni* y de otros helmintos de interés en salud pública, presentes en heces y secreción mucosa del molusco terrestre *Achatina fulica* (Bowdich, 1822). *Zootecnia Tropical*, 28(3), 383-394.
- Londoño, J. D., Zamora, A. y Osorio, J. (2013). *Angiostrongylus Cantonensis* y el caracol gigante como causantes de meningitis eosinofílica. *RFS Revista Facultad de Salud*, 5(2), 61-69.
- Magee, N., Curtis, J. y Wendler, G. (1999). The urban heat island effect at Fairbanks, Alaska. *Theoretical and Applied Climatology*, 64(1), 39-47.
- MAVDT. (2008). 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, Colombia.
- MAVDT. (2011). Resolución Número 654 de abril 7 2011. "Por el cual se corrige la Resolución No. 0848 del 23 de mayo de 2008 y se adoptan las medidas que deben seguir las autoridades ambientales, para la prevención, control y manejo de la especie Caracol Gigante Africano (*Achatina fulica*)". Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. MAVDT, Colombia.
- Miranda, M. S., Fontenelle, J. H. y Pecora, I. L. (2015). Population structure of a native and an alien species of snail in an urban area of the Atlantic Rainforest. *Journal of Natural History*, 49(1-2), 19-35.
- Patiño-Montoya, A. y Giraldo, A. (2017). Variación genética intrapoblacional del caracol gigante africano (*Achatina fulica*) en el Valle del Cauca. *Revista MVZ Córdoba*, 22(2), 5925-5937.
- Montoya, A. P. y Giraldo, A. (2020). Diez años del caracol gigante africano en Colombia: Revisión de la investigación y divulgación desarrollada entre 2008-2017. *Ecología Austral*, 30(1), 125-133.
- Patiño-Montoya, A., Murillo, O. y Giraldo, A. (2018). Variación morfológica poblacional de una especie invasora: el caracol gigante africano, *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) (Mollusca: Gastropoda-Achatinidae) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 19(1), 112-122.
- Patiño-Montoya, A., Murillo-García, O. y Giraldo, A. (2021). Allometry and geographic variation of the morphology of *Achatina fulica* (Achatinidae) in Colombia. *Molluscan Research*, DOI: 10.1080/13235818.2020.1865513
- Penagos-Tabares, E., Lange, M. K., Vélez, J., Hirschmann, J., Gutiérrez-Arboleda, J., Taubert, A., ... y Chaparro Gutiérrez, J. J. (2019). The invasive giant African snail *Lissachatina fulica* as natural intermediate host of *Aelurostrongylus abstrusus*, *Angiostrongylus vasorum*, *Troglostrongylus brevior*, and *Crenosoma vulpis* in Colombia. *PLoS neglected tropical diseases*, 13(4), e0007277.
- Phillips, S. J. y Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175.
- Rahman, M. S. y Raut, S. K. (2010). Factors inducing aestivation of the giant African land snail *Achatina fulica* Bowdich (Gastropoda: Achatinidae). In *Proceedings of the Zoological Society*, 63(1), 45-52. Springer-Verlag.
- Roda, A., Nachman, G., Weihman, S., Yong Cong, M. y Zimmerman, F. (2016). Reproductive ecology of the giant African snail in south Florida: implications for eradication programs. *PLoS One*, 11(11), e0165408.
- Thiengo, S. C., Faraco, F. A., Salgado, N. C., Cowie, R. H. y Fernández, M. A. (2007). Rapid spread of an invasive snail in South America: the giant African snail, *Achatina fulica*, in Brasil. *Biological Invasions*, 9(6), 693-702.
- Valente, R. (2018). *Epidemiología de las parasitosis transmitidas por moluscos en el NE de Argentina: Puerto Iguazú, sitio de intercambio en la triple frontera* (doctoral dissertation). Universidad Nacional de La Plata.
- Vázquez, A. A., Sánchez, J., Martínez, E. y Alba, A. (2017). Facilitated invasion of an overseas invader: human mediated settlement and expansion of the giant African snail, *Lissachatina fulica*, in Cuba. *Biological Invasions*, 19(1), 1-4.
- Vogler, R. E., Beltramino, A. A., Sede, M. M., Gregoric, D. E. G., Núñez, V., y Rumi, A. (2013). The giant African snail, *Achatina fulica* (Gastropoda: Achatinidae): Using bioclimatic models to identify South American areas susceptible to invasion. *American Malacological Bulletin*, 31(1), 39-50.
- Yin, C., Yuan, M., Lu, Y., Huang, Y. y Liu, Y. (2018). Effects of urban form on the urban heat island effect based on spatial regression model. *Science of the Total Environment*, 634, 696-704.