

DISTRIBUCIÓN Y ACTIVIDAD VOCAL DE LA RANA INVASORA *ELEUTHERODACTYLUS JOHNSTONEI* (ANURA: ELEUTHERODACTYLIDAE) EN IBAGUÉ-COLOMBIA

DISTRIBUTION AND VOCAL ACTIVITY OF THE INVASIVE FROG *ELEUTHERODACTYLUS JOHNSTONEI* (ANURA: ELEUTHERODACTYLIDAE) IN IBAGUÉ-COLOMBIA

Mariana Polo-Cardoso¹, Heidy Alejandra Granada-Delgado¹ & Manuel Hernando Bernal-Bautista^{1*}

¹Grupo de investigación en Herpetología, Eco-Fisiología y Etología (GHEE), Universidad del Tolima, Ibagué-Tolima, Colombia.

*Correspondence: mhbernal@ut.edu.co

Received: 2025-02-18. Accepted: 2025-03-24. Published: 2025-06-17.

Editor: Anyelet Valencia-Aguilar, Colombia.

Resumen.— Las especies invasoras representan una amenaza significativa para la biodiversidad, compitiendo por recursos y transmitiendo patógenos causantes de enfermedades. La rana *Eleutherodactylus johnstonei*, originaria de las Antillas Menores, se ha convertido en una especie invasora en varios países, incluido Colombia. Este estudio se realizó para determinar la distribución actual y el patrón de actividad vocal nocturna de *E. johnstonei* en la ciudad de Ibagué, Colombia, y sus alrededores. Se realizaron recorridos nocturnos en varias localidades para identificar su distribución. Seleccionamos seis viveros de la ciudad para grabar los cantos de los individuos utilizando una grabadora AudioMoth® durante dos minutos cada 10 minutos durante un período de 14 horas continuas (17:00 – 7:00 h) y cinco días, tanto en la época seca como en la lluviosa. También medimos las variables climáticas de temperatura y humedad relativa en estos sitios. Encontramos a *E. johnstonei* en 47 localidades de Ibagué, 18 en viveros y 29 en jardines de conjuntos residenciales, edificios o escuelas. Comparando estos datos con reportes previos, observamos una importante expansión geográfica de esta especie en Ibagué. Además, descubrimos que la actividad vocal nocturna más significativa de *E. johnstonei* comenzó a las 18:00 h y disminuyó alrededor de las 02:00 h durante la época lluviosa, mientras que la actividad varió ligeramente durante la época seca. La actividad vocal de *E. johnstonei* permite un monitoreo continuo de esta especie invasora y podría utilizarse para identificar su expansión geográfica y así desarrollar estrategias efectivas de control poblacional.

Palabras clave.— Anfibios, comportamiento vocal, especies introducidas, monitoreo acústico.

Abstract.— Invasive species pose a significant threat to biodiversity, competing for resources and transmitting disease-causing pathogens. The frog *Eleutherodactylus johnstonei*, originally from the Lesser Antilles, has become an invasive species in several countries, including Colombia. This study was conducted to determine the current distribution and nocturnal vocal activity pattern of *E. johnstonei* in the city of Ibagué, Colombia, and its surrounding areas. Nocturnal surveys were carried out in various locations to identify its distribution. We selected six nurseries in the city to record the songs of individuals using an AudioMoth® recorder for two minutes every 10 minutes over a period of 14 continuous hours (17:00 – 7:00 h) and five days, both in the dry and rainy seasons. We also measured the climatic variables of temperature and relative humidity at these sites. We found *E. johnstonei* in 47 locations in Ibagué, 18 in nurseries and 29 in gardens of residential complexes, buildings or schools. Comparing these data with previous reports, we observed a significant geographic expansion of this species in Ibagué. Furthermore, we discovered that the most significant nocturnal vocal activity of *E. johnstonei* began at 18:00 h and decreased around 02:00 h during the rainy season, while the activity varied slightly during the dry season. The vocal activity of *E. johnstonei* allows for continuous monitoring of this invasive species and could be used to identify its geographic expansion and thus develop effective population control strategies.

Keywords.— Acoustic monitoring, amphibians, introduced species, vocal behavior.

INTRODUCCIÓN

La actividad humana amenaza de múltiples maneras a la biodiversidad, y una de estas es la introducción de especies invasoras (Primack & Vidal, 2019). Estas especies tienden a establecerse fácilmente en nuevas zonas. Además, se propagan y aumentan rápidamente en número, lo que conlleva diversos efectos negativos, como la perturbación de redes tróficas, la aparición de epidemias, la competencia por recursos, la extinción de especies nativas y la degradación de la calidad humana (Kraus, 2009; Primack & Vidal, 2019).

La rana *Eleutherodactylus johnstonei*, nativa de las Antillas Menores (Leonhardt et al., 2019), ha experimentado una de las mayores expansiones geográficas entre las especies invasoras de anfibios, sólo superada por *Rhinella marina* y *Lithobates catesbeianus* (Leonhardt et al., 2019). A nivel global, *E. johnstonei* se encuentra como especie invasora en 12 países: Dominica, San Vicente y las Granadinas, Guyana, Barbados, Costa Rica, Granada, Panamá, Jamaica, Santa Lucía, Venezuela, Trinidad y Tobago, y Colombia (Global Register of Introduced and Invasive species [GRIIS], 2022). En Suramérica, Kaiser y colaboradores (2002) indican la expansión de esta especie en Guyana, Guayana Francesa, Venezuela y Colombia.

En Colombia, se considera que *E. johnstonei* ingresó por la ciudad de Barranquilla alrededor del año 1980 (Montes & Bernal, 2012), posiblemente debido al comercio de plantas ornamentales (Leonhardt et al., 2019). Leonhardt y colaboradores (2019) reportaron por primera vez la presencia de *E. johnstonei* en los siguientes 10 municipios del país: Barranquilla (Atlántico), Bucaramanga (Santander), Cali (Valle del Cauca), Cartagena (Bolívar), Santa Marta (Magdalena), Medellín (Antioquia), Fusagasugá (Cundinamarca), Popayán (Cauca), Mariquita e Ibagué (Tolima). Posteriormente, Vera-Pérez et al. (2021) registraron la presencia de esta rana en otros dos municipios: Santander de Quilichao (Cauca) y La Plata (Huila). Especialmente en la ciudad de Ibagué, Gómez-Martínez y colaboradores (2016) reportaron la presencia de esta rana invasora en viveros y en barrios de estrato alto, e indicaron que los viveros podrían ser los responsables de la llegada de *E. johnstonei* a este municipio y su posterior distribución en zonas residenciales.

El éxito colonizador de *E. johnstonei* parece estar relacionado con su dieta generalista, su tolerancia a la deshidratación y elevadas temperaturas, así como su desarrollo directo y cuidado parental (Meza-Joya et al., 2017). Su tipo de desarrollo directo se considera una de las características que le permite colonizar una amplia variedad de microhábitats, incluyendo aquellos sin

cuerpos de agua permanentes (Ortega et al., 2005; Meza-Joya et al., 2017).

En Ibagué, investigadores han identificado a los viveros como posibles focos de dispersión de *E. johnstonei* (Gómez-Martínez et al., 2016), ya que estas instalaciones albergan una gran diversidad de plantas ornamentales provenientes de diferentes regiones, cuyo manejo ofrece condiciones de humedad y refugio ideales para la reproducción y desarrollo de esta especie (Leonhardt et al., 2019). Adicionalmente, la alta densidad de plantas y la presencia de hojarasca proporcionan microhábitats adecuados para la oviposición y el desarrollo de las crías (Meza-Joya et al., 2017).

La especie *E. johnstonei* ha sido utilizada como modelo biológico en diversos trabajos sobre reproducción (Ortega et al., 2005), tasas de desarrollo embrionario (Bernal, 2009), fecundidad y fertilidad (Guayara & Bernal, 2012), tolerancia térmica (Bernal & Lynch, 2013), hábitos alimenticios (Hernández, 2014) e incluso toxicidad de agroquímicos (Meza-Joya et al., 2017). No obstante, pocas investigaciones se han enfocado en estudiar la extensión de su distribución local, aun cuando la introducción y propagación de especies exóticas e invasoras, como *E. johnstonei*, representa una amenaza para la biodiversidad.

El canto de *E. johnstonei* oscila entre los 2,000-3,500 Hz (Watkins et al., 1970). La actividad vocal inicia al atardecer y termina después de medianoche (Gómez-Martínez et al., 2016). Sin embargo, no se han registrado datos sobre el patrón de actividad vocal nocturno, por lo que se requiere una descripción sobre las horas y picos de actividad. Esta información resulta importante porque el canto de estos individuos impacta negativamente a los residentes de los lugares en donde habitan, ya que interrumpe su sueño y puede causarles estrés crónico (Melo et al., 2014). Incluso, puede generar daños socioeconómicos debido a la devaluación de los predios (Melo et al., 2014). Además, también puede afectar los canales de comunicación de especies locales, reduciendo su éxito reproductivo, como se ha reportado en *Lithobates catesbeianus* (Both & Grant, 2012).

Por lo anterior, este trabajo pretende aportar información sobre la biología de la rana invasora *E. johnstonei* localizada en la ciudad de Ibagué, Tolima, Colombia. En particular, se espera identificar las poblaciones de *E. johnstonei* en el área urbana de Ibagué y sus centros poblados, con el fin de establecer su distribución actual. También, se busca identificar el patrón de actividad vocal nocturna de esta especie durante la época seca y

de lluvia, específicamente las horas de inicio y fin, así como las horas de mayor actividad vocal nocturna.

MÉTODOS

Especie de estudio. *Eleutherodactylus johnstonei* Barbour, 1914, también conocida como la rana silbadora Johnstone (Fig. 1), es una especie de pequeño tamaño; los machos miden alrededor de 25 mm, mientras que las hembras alcanzan los 35 mm (Ortega et al., 2005). Estos anuros se reproducen durante todo el año a través de un desarrollo directo, su etapa embrionaria dura aproximadamente 15 días y alcanzan la madurez sexual cuando los individuos machos llegan a medir alrededor de 17-29 mm, y las hembras entre los 23-32 mm (Ortega et al., 2005). Área de estudio. Este trabajo se llevó a cabo en el área urbana de Ibagué y en los centros poblados aledaños a la ciudad. La ciudad de Ibagué se encuentra en el departamento del Tolima, Colombia (Fig. 2), en las coordenadas geográficas 4.43537° N, 75.26420° W, a una altitud alrededor de 1,285 m, con un rango de temperatura

anual entre 17 y 28 °C (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2023). La extensión urbana abarca aproximadamente 100 km² y está distribuida en 13 comunas: Centro, Calambeo, San Simón, Piedra Pintada, Jordán, Vergel, Salado, Simón Bolívar, Picalaña-Mirolindo, Estadio, Ferias, Ricaurte y Boquerón. Entre los centros poblados aledaños a la ciudad de Ibagué se encuentran: Juntas, Villa Restrepo, Cay, Coello-Cocora, Totumo, Buenos Aires y San Bernardo (Fig. 2) (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2023).

Registro de la distribución de *E. johnstonei* en el área de estudio. Para establecer la distribución de *E. johnstonei* en el área urbana de Ibagué y centros poblados aledaños a la ciudad, tuvimos en cuenta que esta especie es de actividad vocal nocturna (Gómez-Martínez et al., 2016). Por esto, en jornadas entre las 18:00 h y las 22:00 h, realizamos recorridos en busca de esta rana en las 13 comunas de la ciudad y en 7 centros poblados con un equipo de dos personas, utilizando el método de búsqueda libre por encuentro visual y acústico (Sánchez et al., 2023). Especialmente, hicimos la revisión en los hábitats típicos para esta especie,



Figure 1. Image of the study species *Eleutherodactylus johnstonei*. Photo: Heidy Granada.

Figura 1. Imagen de la especie de estudio *Eleutherodactylus johnstonei*. Foto: Heidy Granada.

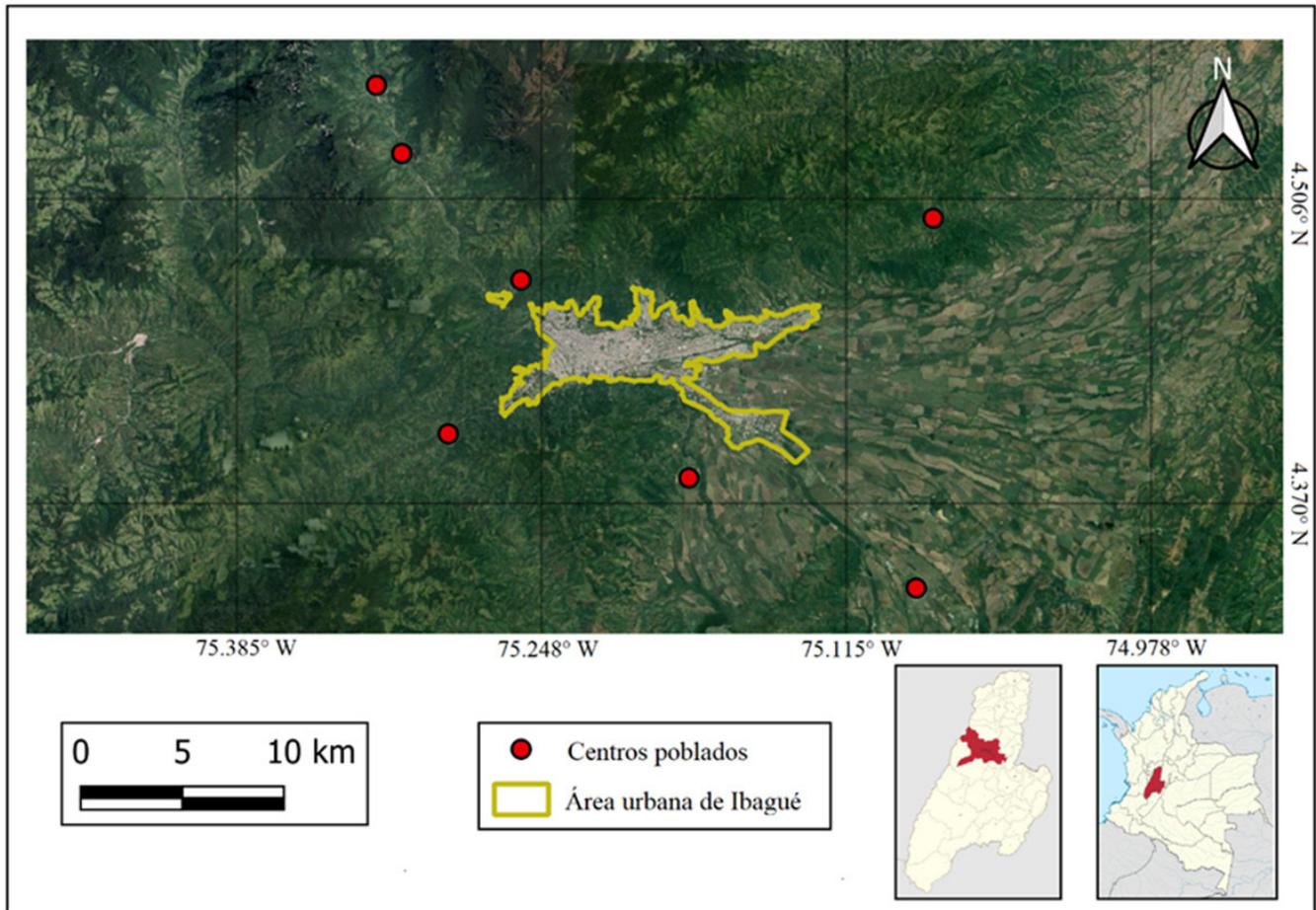


Figure 2. Urban area of Ibagué, Tolima, and the population centers surrounding the city where the study was conducted.

Figura 2. Zona urbana de Ibagué, Tolima, y los centros poblados aledaños a la ciudad en donde se realizó el estudio.

como viveros, parques principales y conjuntos residenciales con amplias zonas verdes. Durante cada recorrido comprobamos la presencia de *E. johnstonei* mediante su registro acústico o visual. En el caso de no escuchar ni ver a algún individuo, realizamos una espera durante 30 minutos. Adicionalmente, realizamos hasta tres visitas en cada sitio para comprobar la presencia o ausencia de la especie. Con los registros obtenidos sobre la localización de *E. johnstonei* en el área urbana de la ciudad de Ibagué y centros poblados aledaños, elaboramos un mapa por medio de QGIS para establecer su distribución actual. También, utilizamos esta información para hacer una comparación con los datos previamente reportados por Gómez-Martínez et al. (2016) para esta especie. Registro del patrón de actividad vocal nocturna de *E. johnstonei*. Para el registro de los datos sobre el patrón de actividad vocal nocturna de *E. johnstonei*, seleccionamos seis viveros en diferentes zonas de la ciudad de Ibagué: un vivero localizado en cada una de las Comunas 1, 4, 9, y el corregimiento el Totumo, y dos viveros localizados en la comuna 6 (Apéndice 1).

Estos viveros se escogieron teniendo en cuenta que estuvieran distanciados por al menos 2 km, y que la especie vocalizara frecuentemente. En cada lugar registramos el canto de los individuos con la ayuda de una grabadora portátil de monitoreo acústico pasivo (Audiomoth® 1.2.0), que fue programada con una tasa de grabación de dos minutos cada 10 minutos, por 14 horas continuas (desde las 17:00 hasta las 7:00 h), durante cinco días para cada una de las dos épocas del año, una seca y otra de lluvia. Almacenamos las grabaciones de cada lugar en formato .WAV (rango de frecuencia 32 KHz). Adicionalmente, por cada sitio, registramos las variables climáticas de temperatura ambiental y humedad relativa, mediante un registrador automático HOBO® U23 Pro v2. Ubicamos los equipos aproximadamente a 2 m de altura del suelo y en el centro de los viveros. Para el análisis de la actividad vocal de *E. johnstonei*, revisamos cada grabación individualmente utilizando el software Raven 1.6 (Buitrago et al., 2023). Posteriormente, seguimos la metodología propuesta por Bridges y Dorcas (2000) para reportar la

presencia y abundancia de los organismos vocalizando. En este estudio, categorizamos la actividad vocal de la siguiente manera: actividad 0 = ningún macho vocalizando; actividad 1 = un macho vocalizando (nivel bajo); actividad 2 = de dos a cinco machos vocalizando con algunos espacios entre los llamados (nivel medio); actividad 3 = seis o más machos vocalizando en un coro constante y continuo (nivel alto). Debido a la naturaleza de los datos categóricos a analizar, utilizamos la mediana para comparar estadísticamente la actividad vocal de los anuros por cada hora de grabación, desde las 17:00 h hasta las 07:00 h, entre la época seca como de lluvia, a través de la prueba de signo, ya que los datos no cumplieron los supuestos de las pruebas paramétricas. También, utilizamos varias correlaciones de Spearman para establecer la asociación entre la temperatura ambiental y la humedad relativa, así como entre la actividad vocal nocturna de las ranas con la temperatura ambiental y con la humedad relativa, tanto para la época seca como para la época de lluvia. Estos análisis se realizaron en los programas de libre acceso Infostat versión 2020e y Excel v2402.

RESULTADOS

Distribución de *E. johnstonei* en Ibagué-Tolima. En este trabajo identificamos 47 lugares con la presencia de *E. johnstonei* en la ciudad de Ibagué, como se muestra en la figura 3 y se describen en el apéndice 1. De estos lugares, 18 fueron viveros y los 29 lugares restantes incluyeron parques, jardines de conjuntos residenciales, restaurantes o colegios. Estos lugares se encontraban distribuidos en aproximadamente 20 barrios de la ciudad y siete fuera de la zona urbana. De estos siete lugares fuera de la zona urbana, seis fueron viveros situados en el corregimiento del Totumo y uno en el corregimiento de Villa Restrepo.

Patrón de actividad vocal nocturna en *E. johnstonei*. Obtuvimos 2,520 grabaciones por época en los seis viveros muestreados (indicados en el Apéndice 1). Con estos registros encontramos que la actividad vocal nocturna de la especie durante la época de lluvia empezó a las 18:00 h, con el máximo nivel de actividad

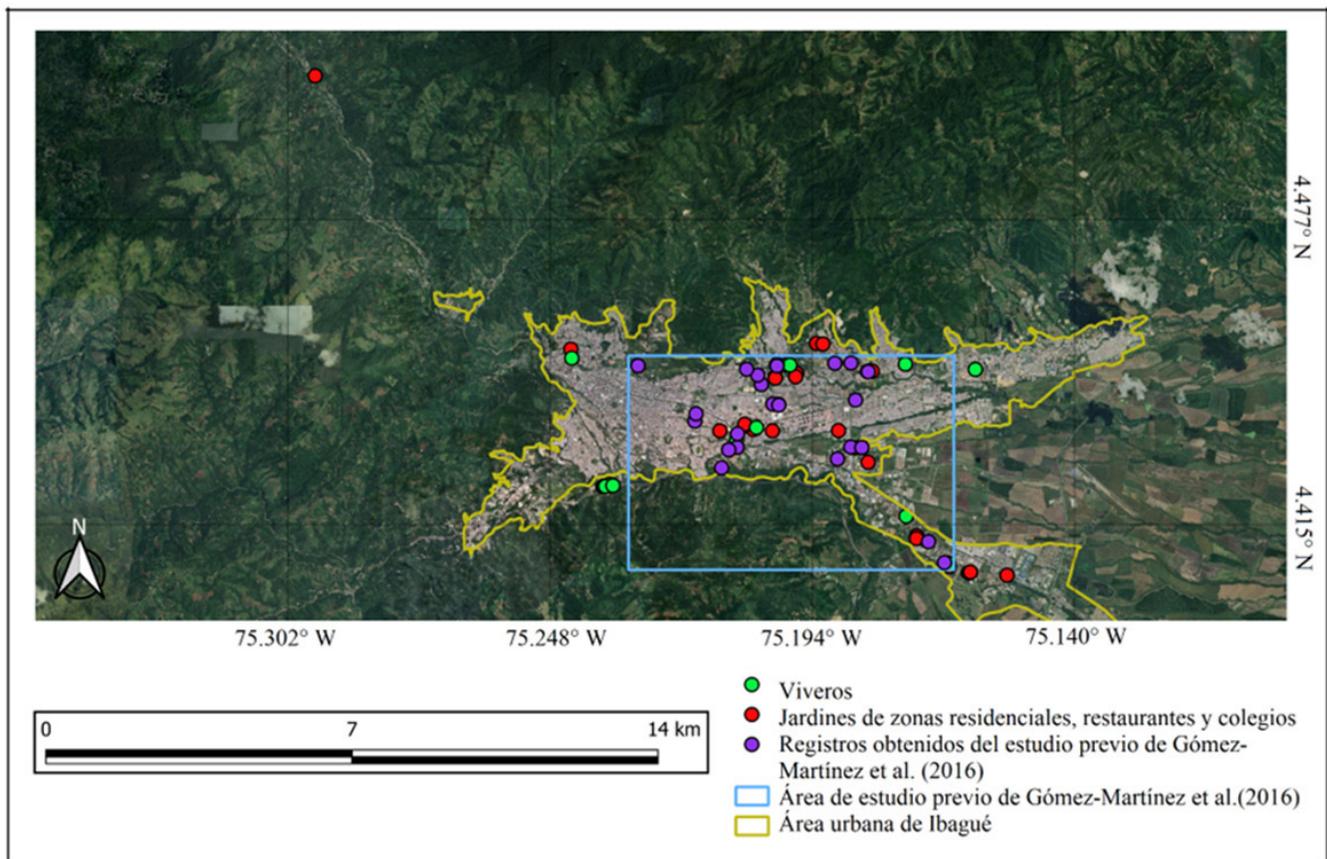


Figure 3. Sites with presence of *Eleutherodactylus johnstonei* in the urban area of Ibagué reported by Gómez-Martínez et al. (2016), and in the present study.

Figura 3. Lugares con presencia de *Eleutherodactylus johnstonei* en el área urbana de Ibagué reportados por Gómez-Martínez et al. (2016), y en el presente estudio.

(actividad 3), manteniéndose así hasta la 01:00 h. A partir de las 02:00 h, la actividad empezó a decrecer y cesó completamente a las 06:00 h (Fig. 4). En la época seca, los datos obtenidos en los mismos seis viveros mostraron que los animales empezaron a cantar a las 18:00 h, pero en un nivel de actividad medio (actividad 2). Luego, a las 19:00 h, el grupo alcanzó el máximo nivel de actividad grupal (actividad 3), manteniendo este nivel hasta las 00:00 h. Posteriormente, su actividad vocal empezó a decrecer a partir de la 01:00 h, cesando completamente a las 04:00 h (Fig. 4). Este patrón de actividad vocal nocturna fue estadísticamente significativo para cada una de las dos temporadas (Prueba del Signo, $P < 0.031$).

Por otra parte, en relación con los dos parámetros ambientales medidos en los viveros durante el registro de la actividad vocal nocturna de las ranas, observamos una correlación negativa entre la humedad relativa y la temperatura ambiental, tanto en la época de lluvia (correlación de Spearman, $r = -0.91$, $P < 10^{-4}$) como en la época seca (correlación de Spearman, $r = -0.96$, $P < 10^{-4}$). Sin embargo, no encontramos una correlación significativa entre estos dos parámetros ambientales y la actividad de canto, ni para la época de lluvia (humedad relativa: correlación de Spearman, $r = -0.29$, $P = 0.32$; temperatura: correlación de Spearman, $r = 0.48$, $P = 0.09$), ni para la época seca (humedad relativa: correlación de Spearman, $r = -0.48$, $P = 0.08$; temperatura: correlación de Spearman, $r = 0.48$, $P = 0.08$). Finalmente, no hubo diferencias en la temperatura ambiental de los viveros muestreados entre la época seca y de lluvia (Wilcoxon $Z = -1.29$, $P = 0.23$), pero sí en la humedad relativa, la cual fue mayor en la época de lluvia que en la seca (Wilcoxon $Z = -2.04$, $P = 0.05$).

DISCUSIÓN

Distribución de *E. johnstonei* en Ibagué-Tolima. En el presente trabajo establecimos la distribución actual de la rana invasora *E. johnstonei* y determinamos su patrón de actividad vocal nocturna, en la ciudad de Ibagué-Tolima, Colombia. En comparación con el trabajo de Gómez-Martínez et al. (2016), donde documentaron 22 localidades de esta especie dentro del área urbana de Ibagué, en este estudio registramos 40 lugares con presencia de *E. johnstonei* en la zona urbana, además de 7 lugares en los centros poblados aledaños, alcanzando un total de 47 localidades (Fig. 3).

Este aumento en la distribución de *E. johnstonei* podría estar relacionado con un muestreo más extensivo hecho en la zona urbana de la ciudad y los centros poblados que la rodean. También, se podría atribuir al incremento en el número de los viveros de la ciudad, los cuales son considerados como responsables en gran parte de la introducción de esta especie en las ciudades (Leonhardt et al., 2019). Finalmente, es posible que estos animales, con el transcurrir del tiempo, se hayan dispersado entre distintos lugares cercanos, como viveros o jardines, aumentando su rango de distribución en la ciudad y zonas aledañas, aunque los datos sobre la capacidad de dispersión de esta especie muestran que presenta restricciones al migrar desde sus sitios originales de introducción (Schwartz & Fowler, 1973).

Patrón de actividad vocal nocturna *E. johnstonei*. En relación con la actividad vocal de esta especie, Gómez-Martínez et al. (2016) mencionan que *E. johnstonei* inicia su vocalización al

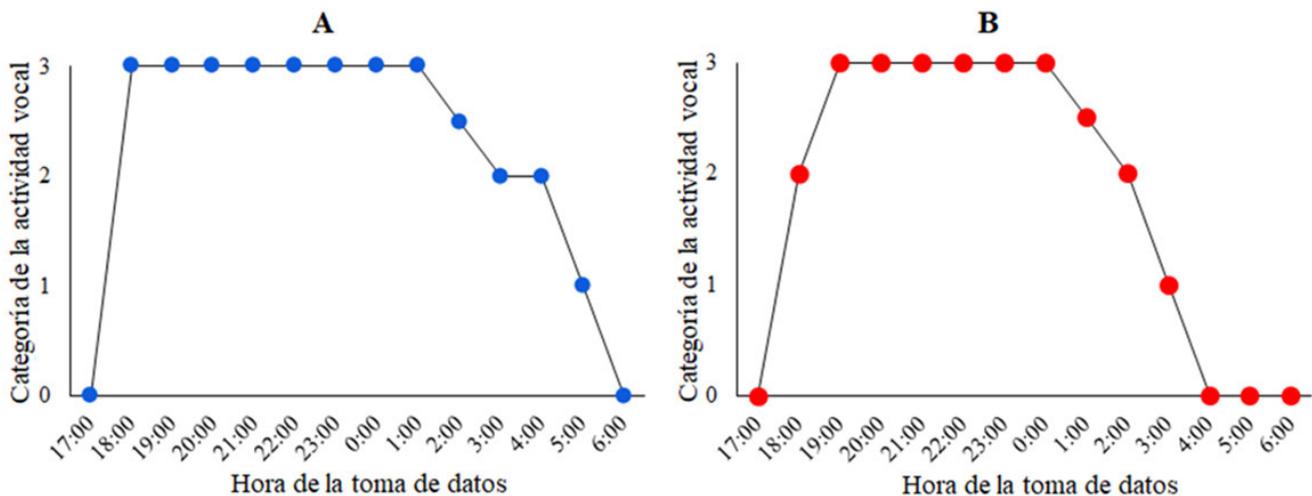


Figure 4. Level of nocturnal vocal activity of *Eleutherodactylus johnstonei* during the rainy (A) and dry (B) season. 0 = no vocal activity, 1 = low level, 2 = medium level and 3 = high level.

Figura 4. Nivel de la actividad vocal nocturna de *Eleutherodactylus johnstonei* durante la época de lluvia (A) y seca (B). 0 = ninguna actividad vocal, 1 = nivel bajo, 2 = nivel medio y 3 = nivel alto.

atardecer y continúa hasta después de la medianoche. Sin embargo, no proporcionan más información sobre la actividad vocal de la especie. Específicamente, nosotros observamos que la duración de la actividad vocal grupal de estas ranas fue significativamente más prolongada durante la época de lluvia en comparación con la época seca (Fig. 4), lo que podría relacionarse con un incremento en las precipitaciones y la humedad relativa durante la época de lluvia, las cuales se conoce que influyen en la actividad vocal de los anuros (Duellman & Trueb, 1994; Wells, 2007).

No obstante, la humedad relativa y la temperatura no estuvieron correlacionados de manera significativa con el nivel de la actividad vocal nocturna de *E. johnstonei* (niveles 0, 1, 2 y 3). Este resultado podría explicarse en gran parte por las condiciones artificiales de los lugares en donde se midió la actividad vocal, los cuales fueron viveros comerciales. Estos viveros, de acuerdo con nuestras observaciones, eran frecuentemente asperjados con agua para mantener la humedad del lugar, además presentaban una polisombra que evitaba las temperaturas altas durante el día. Posiblemente, por esta razón no encontramos en este estudio diferencias en la temperatura ambiental entre la época de lluvia y la época seca, en donde se asperjó con mayor frecuencia. Sin embargo, debido a las condiciones naturales de mayores precipitaciones durante la época de lluvia, sí encontramos una humedad relativa mayor en esta temporada en comparación con la época seca.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo identificamos 47 localidades con la presencia de *E. johnstonei* en el área urbana de Ibagué y poblados cercanos. Estos datos demuestran la amplia expansión de esta especie invasora en la ciudad. También, reportamos que la mayor actividad vocal nocturna (nivel alto) de la especie fue ligeramente más prolongada en la época de lluvia, puesto que comenzó hacia las 18:00 h y disminuyó alrededor de las 02:00 h, en contraste con la época seca, que inició hacia las 19:00 h y decreció a partir de la 01:00 h. Dado los resultados aquí presentados, es importante continuar con los monitoreos de esta especie para identificar su distribución, expansión y un posible control poblacional que evite su propagación. Entre estas medidas de control se pueden considerar la implementación de políticas de inspección frecuente a los viveros que tienen esta especie invasora, a la compra y venta de plantas provenientes de viveros, así como la capacitación y sensibilización tanto de vendedores como de compradores para abordar esta problemática. Esta capacitación es importante debido a que los organismos invasores representan una competencia perjudicial para las especies nativas. Además,

por su canto nocturno ruidoso y repetitivo, afectan la condición de bienestar de las personas en donde habitan.

Agradecimientos.— Los autores agradecen al Fondo de Investigaciones de la Universidad del Tolima por financiar este proyecto. También expresan su agradecimiento a la empresa Andígena ID+ por el préstamo de las grabadoras AudioMoth®, así como a todas las personas que facilitaron el acceso a los siguientes viveros de la ciudad de Ibagué: La Pola, El Paraíso de las Orquídeas, Ambalá, Bella Sombra, Los Arroyuelos y La Primavera. Adicionalmente, agradecen a los miembros del Grupo de Investigación en Herpetología, Eco-fisiología y Etología (GHEE) de la Universidad del Tolima, especialmente a Katalina Gutiérrez y María Triana, y a Alejandro Prada Arias por su valiosa colaboración.

Aspectos éticos.— Durante el desarrollo de este trabajo, los investigadores registraron a los individuos de la especie en estudio mediante identificación acústica y visual, sin que esto implicara la manipulación de los mismos ni la realización de experimentos con ellos. Por lo tanto, no fue necesario contar con la aprobación del comité de bioética.

LITERATURA CITADA

- Alcaldía Municipal de Ibagué. 2025. Localización. <https://ibague.gov.co/portal/seccion/contenido/index.php?type=3&cnt=53#gsc> [Consultado en febrero de 2025].
- Bernal, M.H. 2009. Temperatura y tasas de desarrollo embrionario en anuros: relación con su modo reproductivo, microhábitat y distribución altitudinal. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* 1:20-30.
- Bernal, M.H. & J. Lynch. 2013. Thermal tolerance in anuran embryos with different reproductive modes: relationship to altitude. *The Scientific World Journal* 2023:1-7.
- Both, C. & T. Grant. 2012. Biological invasions and the acoustic niche: the effect of bullfrog calls on the acoustic signals of white-banded tree frogs. *Biology Letters* 8:714-716.
- Bridges, A.S. & M.E. Dorcas. 2000. Temporal variation in anuran calling behavior implications for surveys and monitoring programs. *Copeia* 2:587-592.
- Buitrago, A., Á.M. Mendoza-Henao, D. Marín-Zúñiga, D. Martínez-Medina, E. Barona-Cortés, H.E. Pantoja-Sánchez & A.M.F. Forero-Cano. 2022. Protocolo para toma de medidas de grabaciones focales en espectro audible utilizando el programa Raven

- (Versión 1.6.) / Colección de Sonidos Ambientales. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Duellman, W.E. & L. Trueb. 1994. *Biology of Amphibians*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, Maryland, USA.
- Ericson, J.A. 2006. Técnicas de monitoreo para el manejo de especies invasoras. Pp. 159-165. En R.M. del Pont Lalli (Ed.), *Especies, Espacios y Riesgos: Monitoreo para la Conservación de la Biodiversidad*. Instituto Nacional de Ecología, México, D.F., México.
- Goldberg, S.R., C.R. Bursey & R. Tawil. 1995. Gastrointestinal helminths of *Eleutherodactylus johnstonei* (Leptodactylidae) from Bermuda. *Journal of Helminthology* 62:67-69.
- Gómez-Martínez, M.J., J. Llano-Mejía & Á.M. Cortés-Gómez. 2016. Presencia de *Eleutherodactylus johnstonei* (Anura: Eleutherodactylidae) en Ibagué, Tolima, Colombia: el papel de los viveros comerciales. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural* 20:164-170.
- Global Register of Introduced and Invasive species. 2022. Checklist.
- Guayara-Barragán, M.G. & M.H. Bernal. 2012. Fecundidad y fertilidad en once especies de anuros colombianos con diferentes modos reproductivos. *Caldasia* 34:483-496.
- Hernández, O.D. 2014. Hábitos alimenticios de una población de *Eleutherodactylus johnstonei* en una zona a las orillas del río Meléndez, al sur de Cali, Valle del Cauca. *Revista de Ciencias* 18:153-160.
- Kaiser, H., C.L. Barrio-Amoros, J.D. Trujillo & J.D. Lynch. 2002. Expansion of *Eleutherodactylus johnstonei* in northern South America: rapid dispersal through human interactions. *Herpetological Review* 33:290-293.
- Kraus, F. 2009. *Alien Reptiles and Amphibians*. (Vol. 4). *Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology*. Springer, Cham, Switzerland.
- Leonhardt, F., J.D. Jimenez-Bolaño & R. Ernst. 2019. Whistling invaders: Status and distribution of Johnstone's Whistling frog (*Eleutherodactylus johnstonei* Barbour, 1914), 25 years after its introduction to Colombia. *NeoBiota* 45:39-54.
- Melo, M.A., M.L. Lyra, A.M. Brischi, V.C. Geraldi & C.F. Haddad. 2014. First record of the invasive frog *Eleutherodactylus johnstonei* (Anura: Eleutherodactylidae) in São Paulo, Brazil. *Salamandra* 50:177-180.
- Meza-Joya, F.L., M.P. Ramírez-Pinilla & J.L. Fuentes-Lorenzo. 2017. The direct-developing frog *Eleutherodactylus johnstonei* (Eleutherodactylidae) as a biological model for the study of toxic, cytotoxic, and genotoxic effects of agrochemicals. Pp. 211-227. En M.L. Larramendy (Ed.), *Ecotoxicology and Genotoxicology: Non-traditional Terrestrial Models*. Royal Society of Chemistry, London, UK.
- Montes, C.M. & M.H. Bernal. 2012. Geographic distribution: *Eleutherodactylus johnstonei*. *Herpetological Review* 43:439.
- Múnera, C. & M.P. Baptiste. 2010. Análisis de riesgo para especies introducidas de vertebrados terrestres en Colombia (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). Pp. 150-167. En Baptiste, M.P., N. Castaño, D. Cárdenas López, D.L. Gil & C.A. Lasso (Eds.), *Análisis de Riesgo y Propuesta de Categorización de Especies Introducidas para Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Narins, P.M., A.S. Feng, R.R. Fay & A.N. Popper. 2006. *Hearing and Sound Communication in Amphibians*. Vol. 28. *Springer Handbook of Auditory Research*, Cham, Switzerland.
- Ortega, J.E., V.H. Serrano & M.P. Ramírez-Pinilla. 2005. Reproduction of an introduced population of *Eleutherodactylus johnstonei* at Bucaramanga, Colombia. *Copeia* 3:642-648.
- Pitt, W.C., K.H. Beard & R.E. Doratt. 2012. Management of invasive coqui frog populations in Hawaii. *Outlooks on Pest Management* 23:166-169.
- Primack, R.B. & O. Vidal. 2019. *Introducción a la Biología de la Conservación*. Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México, México.
- Ríos, H.F. & O. Vargas. 2003. Ecología de las especies invasoras. *Pérez-Arbelaezia* 14:19-148.
- Ruiz-Ochoa, M.A., J.S. Torres-Corredor, Y.A. Vargas-Corredor & L.P. Orduz-Amaya, L.P. 2023. Variabilidad climática (precipitación, temperatura y humedad relativa) para la gestión hídrica del departamento del Casanare, Colombia. *Información Tecnológica* 34:47-60.



- Sanabria-Casallas, C. & W. Bolívar García. 2022. Patrones de actividad vocal de *Oophaga lehmanni* a lo largo de un gradiente temporal en la Reserva Forestal Protectora Nacional Río Anchicayá. Tesis de pregrado. Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia.
- Sánchez, L.C., Y. Prieto, M. Maroli & A.L. Ronchi Virgolini. 2023. Efectividad de diferentes técnicas de registro de anfibios en un humedal lacustre templado del centro-este de Argentina. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:10-22.
- Schwartz, A. & D.C. Fowler. 1973. The Anura of Jamaica: a progress report. *Studies on the Fauna of Curaçao and other Caribbean Islands* 43:50-142.
- Vera-Pérez, L.E., A.F. Liévano-Bonilla & G.A. Pisso-Florez. 2021. First records of Johnstone's whistling frog *Eleutherodactylus johnstonei* from two departments in south-western Colombia. *Herpetological Bulletin* 155:18-20.
- Tovar-García, J.D. & O. Acevedo-Charry. 2021. Conjunto de datos de monitoreo acústico pasivo en la Reserva Natural Los Yátaros, Gachantivá, Boyacá, Colombia. *Biota Colombiana* 22:200-208.
- Watkins, W.A., E.R. Baylor & A.T. Bowen. 1970. The call of *Eleutherodactylus johnstonei*, the whistling frog of Bermuda. *Copeia* 197:558-561.
- Wells, K.D. 2007. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. The University of Chicago Press. Chicago, Illinois, USA.
- Vera-Pérez, L.E., A.F. Liévano-Bonilla & G.A. Pisso-Florez. 2021. First records of Johnstone's whistling frog *Eleutherodactylus johnstonei* from two departments in south-western Colombia. *Herpetological Bulletin* 155:18-20.



Appendix 1. Records of *Eleutherodactylus johnstonei* species in the urban area of Ibagué and the surrounding population centers. The geographic coordinates of the study species' recording locations are shown in parentheses. The six nurseries where the nocturnal vocal activity pattern of *E. johnstonei* was studied are indicated with an asterisk (*).

Apéndice 1. Registros de la especie *Eleutherodactylus johnstonei* en el área urbana de Ibagué y los centros poblados aledaños a la ciudad. Las coordenadas geográficas de los lugares de registro de la especie de estudio se muestran entre paréntesis. También, los 6 viveros en los que se estudió el patrón de actividad vocal nocturno de *E. johnstonei* se indican con un asterisco (*).

Comuna 1. Vivero 1* (4.44885° N, 75.24427° W); Jardín zona residencial 1 (4.45086° N, 75.24445° W). Comuna 4. Vivero 2 (4.43204° N, 75.21021° W); Vivero 3* (4.43464° N, 75.20613° W); Jardín zona residencial 2 (4.43411° N, 75.20683° W); Jardín zona residencial 3 (4.43499° N, 75.20869° W); Jardín zona residencial 4 (4.43413° N, 75.20858° W); Vivero 4 (4.44373° N, 75.20513° W). Comuna 5. Jardín zona residencial 5 (4.43929° N, 75.20158° W); Jardín zona residencial 6 (4.44403° N, 75.20285° W); Jardín Polideportivo 1 (4.44491° N, 75.20222° W). Comuna 6. Jardín parqueadero 1 (4.44765° N, 75.20226° W); Vivero 5 (4.44750° N, 75.20211° W); Vivero 6* (4.44754° N, 75.20022° W); Vivero 7 (4.44766° N, 75.19945° W); Jardín zona residencial 7 (4.44753°

N, 75.19739° W); Jardín zona residencial 8 (4.44743° N, 75.19741° W); Vivero 8 (4.44779° N, 75.18312° W); Jardín zona residencial 9 (4.44787° N, 75.18317° W); Jardín de restaurante 1 (4.44786° N, 75.18333° W); Vivero 9* (4.44788° N, 75.17589° W); Jardín zona residencial 10 (4.45100° N, 75.19381° W); Jardín institución educativa 1 (4.45100° N, 75.19251° W). Comuna 7. Vivero 10 (4.44790° N, 75.16003° W). Comuna 8. Jardín zona residencial 11 (4.43043° N, 75.18490° W); Jardín zona residencial 12 (4.43028° N, 75.18508° W); Parque (4.42763° N, 75.18322° W). Comuna 9. Jardín zona residencial 13 (4.43319° N, 75.20269° W); Jardín institución educativa 2 (4.40413° N, 75.15474° W); Jardín zona residencial 14 (4.43445° N, 75.18987° W); Vivero 11* (4.40647° N, 75.16651° W); Jardín de zona residencial 15 (4.40606° N, 75.16641° W); Jardín de zona residencial 16 (4.40606° N, 75.16672° W); Jardín de zona residencial 17 (4.40604° N, 75.16683° W); Vivero 12 (4.41629° N, 75.17528° W); Jardín de zona residencial 18 (4.41111° N, 75.17475° W); Jardín de zona residencial 19 (4.41172° N, 75.17476° W); Jardín de zona residencial 20 (4.40469° N, 75.16199° W); Jardín de zona residencial 21 (4.40458° N, 75.16250° W). Comuna 10. Jardín restaurante 2 (4.43453° N, 75.21303° W). Corregimiento Totumo. Vivero 13 (4.42286° N, 75.23775° W); Vivero 14* (4.42286° N, 75.23754° W); Vivero 15 (4.42294° N, 75.23726° W); Vivero 16 (4.42292° N, 75.23733° W); Vivero 17 (4.42292° N, 75.23733° W); Vivero 18 (4.42292° N, 75.23733° W). Corregimiento Villa Restrepo. Jardín de zona residencial 22 (4.50735° N, 75.29724° W).