



Monitoreo de depredación de modelos artificiales de ranas (*Dendrobates auratus*) en bosque secundario utilizando cámaras trampa

Monitoring predation on artificial models of frogs (*Dendrobates auratus*) in a secondary forest using camera traps.

Joseline G. Rodríguez ¹, Ítalo Goti ², Félix Camarena ³, Eric E. Flores ⁴, Joelbin De La Cruz ⁵

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá, joselinerodriguez1102@gmail.com;

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá, italo.goti@up.ac.pa; ³Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá, felix.camarena@up.ac.pa; ⁴Coiba Scientific Station, Panama. eflores@coiba.org.pa; ⁵Coiba Scientific Station, Panama

INFORMACIÓN SOBRE EL ARTÍCULO

Recibido: 04 abril 2026 | Aceptado: 23 julio 2026

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.mesoamericana.v28n2.a11306>

Como citar este documento: Rodríguez, J.G., Rodríguez, A.; Goti, I.; Camarena, F.; Flores, E.E.; De La Cruz, J. 2026. Monitoreo de depredación de modelos artificiales de ranas (*Dendrobates auratus*) en bosque secundario utilizando cámaras trampa. Mesoamericana, 28(2): 24-29.

Autor correspondiente: Joseline G. Rodríguez
joselinerodriguez1102@gmail.com

Contribución de los autores: Los autores de este trabajo declaran haber participado en la realización de este proyecto de investigación en todas sus etapas, búsqueda de información y redacción del artículo.

Editor: Dr. Alonso Santos Murgas

ABSTRACT: In a secondary forest in Playa El Sol, Bahía Honda, Veraguas, Panama, the survival of artificial models of the poison dart frog *Dendrobates auratus*, a species classified as vulnerable under national regulations, was studied. The aim was to understand whether predation and forest canopy cover could influence the survival rates of *D. auratus* in tropical ecosystems. One hundred artificial models were made of non-toxic clay, painted with Raven Black acrylic to simulate aposematism, and distributed in a zigzag pattern along 10 linear transects in July 2025. Forest canopy cover was measured using a concave densiometer to assess its influence on predation. Twenty camera traps were deployed to complement predator identification. Over seven days, 26 attacks on the models were recorded, attributed to mammals, birds, crabs, and unidentified predators, as evidenced by markings on the models and camera traps. An attack by a bird (*Aramides cajaneus*), previously unrecorded as a potential predator of this frog, was reported. Analysis showed that canopy cover does not affect the survival of *D. auratus*. Statistical analyses were performed in R 4.3.2 and figures were visualized with ggplot2 3.3.2. This study reaffirms the ecological importance of amphibians and provides information on the potential predator-prey interaction in fragmented ecosystems, such as secondary forests in the tropics.

KEYWORDS: Aposematism, artificial models, camera traps, canopy cover, *Dendrobates auratus*, predation, secondary forest.

RESUMEN: En un bosque secundario de “Playa El Sol” en Bahía Honda, Veraguas, Panamá, se estudió la supervivencia de modelos artificiales de la rana venenosa *Dendrobates auratus*, especie clasificada como vulnerable por las normativas nacionales. Se buscó entender si la depredación y la cobertura del dosel forestal podrían influir en las tasas de supervivencia de *D. auratus* en ecosistemas tropicales. Se fabricaron 100 modelos artificiales de arcilla no tóxica, pintados con acrílico Raven Black para simular su aposematismo, y se distribuyeron en un bloque con un arreglo en zigzag a lo largo de 10 transectos lineales en julio de 2025. Se midió la cobertura del dosel forestal con densiómetro cóncavo para evaluar su influencia en la depredación. Se desplegaron 20 cámaras trampa para complementar la identificación de depredadores. Durante siete días, se registraron 26 ataques a los modelos, atribuidos a mamíferos, aves, cangrejos y depredadores no identificados, evidenciados mediante marcas en los modelos y cámaras trampa. Se reportó el ataque de un ave (*Aramides cajaneus*) sin registros previos como potencial depredador de esta rana. El análisis mostró que la cobertura del dosel no afecta la supervivencia de *D. auratus*. Los análisis estadísticos se realizaron en R 4.3.2 y la visualización de figuras con “ggplot2” 3.3.2. Este estudio reafirma la importancia ecológica de los anfibios y aporta información sobre la potencial interacción depredadores-presa en un entorno de ecosistemas fragmentados, como los bosques secundarios en los trópicos.

Palabras Clave: Aposematismo, bosque secundario, cámaras trampa, cobertura del dosel, *Dendrobates auratus*, depredación, modelos artificiales.

INTRODUCCIÓN

La presente nota corta trata depredación es una interacción ecológica clave que regula la dinámica poblacional y las redes tróficas en los ecosistemas (Begon, Townsend & Harper, 2006). En particular, las ranas dardo verdinegras (*Dendrobates auratus*) representan un modelo valioso para estudiar cómo la presión de depredación influye en la divergencia fenotípica, un proceso fundamental en la evolución del aposematismo (Willink *et al.*, 2014). Las curvas de supervivencia, como las de Kaplan-Meier, permiten evaluar la probabilidad de supervivencia a lo largo del tiempo y estimar el riesgo de mortalidad por depredación (Bewick, Cheek & Ball, 2004).

En Panamá, aproximadamente un 25% de las especies de anfibios están catalogadas como amenazadas, mientras que para 26 especies aún no existe información suficiente para evaluar su estado de conservación (ANAM, 2011). La especie *D. auratus* se considera vulnerable a nivel nacional según la Resolución No. AG-0051-2008, lo que subraya la urgencia de implementar estrategias de conservación específicas. Los experimentos con modelos artificiales de arcilla han

demostrado ser una herramienta eficaz y no invasiva para evaluar la presión de depredación natural en anfibios, al permitir la identificación de marcas de ataque y, complementariamente, el uso de cámaras trampa para reconocer depredadores en condiciones de campo (Paluh *et al.*, 2014; Bateman *et al.*, 2017).

La fragmentación y alteración de los bosques secundarios costeros de Panamá incrementan la vulnerabilidad de las especies que los habitan, pero existe escasez de datos empíricos sobre las presiones de depredación que afectan a *D. auratus* en estos ecosistemas. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la supervivencia de modelos artificiales de *D. auratus* en relación con la depredación y la cobertura del dosel forestal en bosques secundarios costeros de Bahía Honda, Veraguas. Se planteó la hipótesis de que una mayor cobertura del dosel reduciría la tasa de depredación. Este enfoque aporta evidencia empírica sobre las interacciones depredador-presa y contribuye al diseño de estrategias de conservación más precisas para anfibios, organismos que desempeñan un papel crucial como controladores biológicos en los ecosistemas tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

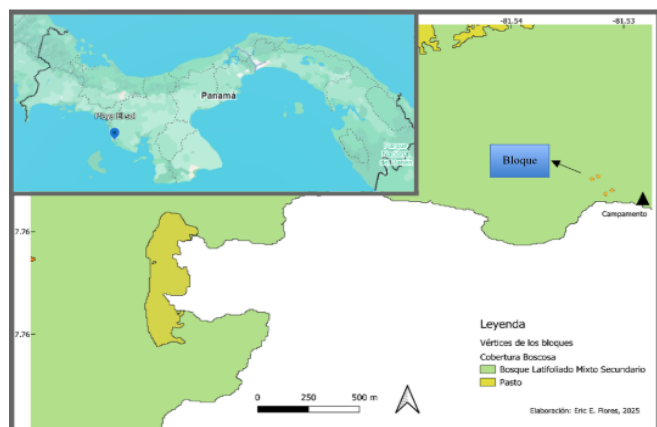
La investigación se desarrolló conforme a protocolos estandarizados para estudios experimentales de depredación. Se emplearon modelos artificiales de *Dendrobates auratus* elaborados en arcilla no tóxica, fijados sobre hojas de banana (*Musa sp.*). Se instalaron cámaras trampa Reconyx HyperFire 2, georreferenciación GPS y herramientas de medición bajo el Permiso de Acceso ARB-100-2024.

Área de estudio

Ubicada en bosque tropical secundario en Playa El Sol, Bahía Honda, Veraguas (7° 46' 00.1" N, 81° 31' 44.1" W; 41 msnm). Son bosques secundarios influenciados por la cercanía al mar, alta humedad y matriz heterogénea, hábitats adecuados para *D. auratus*, aunque expuestos a depredación debido a fragmentación (Ibáñez *et al.*, 1999; Donnelly, 1991).

Figura 1.

Ubicación del área de estudio en Playa El Sol, Bahía Honda, Veraguas.



Fuente: Eric E. Flores, 2025.

Fabricación de modelos artificiales

Se elaboraron moldes de resina simulando un individuo adulto de 30 mm de longitud hocico-cloaca, con impresora 3D. Se usó arcilla Sculpey III y Fimo (mezclando color verde, negro, rojo, blanco y azul) pintados con acrílico Raven Black simulando el aposematismo local (Flores *et al.*, 2015).

Marcación de transectos

Se seleccionó un bloque en bosque secundario con diseño de bloque randomizado. Se marcaron en zigzag 10 transectos lineales, en los cuales se distribuyeron 100 modelos artificiales (10 en cada uno), registrando las coordenadas en un GPS (Garmin) con precisión 3 m.

Medición de dosel forestal

Se estimó la cobertura mediante densiómetro cóncavo (SUGRA ART) a 1,30 m del suelo. Se sumaron y dividieron lecturas de los puntos cardinales, aplicando un factor de corrección de 1,04 para obtener el porcentaje de cobertura (Matuz-Cruz, 2020).

Colocación de modelos

Se desplegaron 100 modelos en julio de 2025. Se monitorearon diariamente a la misma hora durante 7 días, se registró la depredación mediante marcas directas y a través de las cámaras trampa (Willink *et al.*, 2014; Flores *et al.*, 2015).

Cámaras trampa

Se colocaron 20 cámaras Hyperfire 2 de manera aleatoria en los transectos, camufladas y con pantimedias sobre el lente infrarrojo para camuflarlas de los posibles depredadores. Se configuraron en 10 s de video y 2 fotos por activación del sensor de movimiento en su periodo de mayor actividad desde el amanecer hasta las 14:00 h (Graves, 1999).

Análisis de datos

Los datos se codificaron sistemáticamente (1= depredado, 0= intacto, NA= desaparecido) en Excel y se importaron al software estadístico R 4.3.2 (R Core Team, 2023). Los gráficos se elaboraron con ggplot2 3.3.2.

RESULTADOS

Supervivencia de modelos artificiales

Durante el periodo de muestreo, se registraron 26 ataques o depredaciones a los modelos artificiales, lo que representa un 26 % de depredación y una supervivencia del 74 % para los modelos en los 10

transectos. Además, se estimó la probabilidad de supervivencia mediante la curva de Kaplan-Meier. La cual evidenció una disminución progresiva en el tiempo, con una tendencia estable entre los días 2 y 4, lo que indica que la tasa de depredación no fue constante durante todo el monitoreo.

Identificación de depredadores por transectos con ayuda de cámaras trampa

Los ataques registrados se atribuyeron principalmente a cuatro grupos de depredadores: mamíferos, aves, cangrejos y depredadores no identificados. Los mamíferos fueron el grupo dominante, responsable del 57,6 % de los ataques, seguidos de las aves con el 26 %, los cangrejos con el 15,3 % y un 7,6 % correspondiente a depredadores no identificados. Las cámaras capturaron imágenes y videos de mamíferos pequeños cerca de los modelos, y demuestra una distribución amplia de estos depredadores por todos los transectos. Se identificó un ataque del ave *Aramides cajaneus*, un registro inédito para esta especie en relación con la depredación de *D. auratus*, confirmado por imágenes de las cámaras trampa y marcas características en los modelos.

Relación entre supervivencia y cobertura del dosel forestal

Los resultados se clasificaron en cuatro intervalos equidistantes (A, B, C y D), que representan desde baja hasta muy alta cobertura del dosel, a cubrir desde el 45 % hasta el 100 % de dosel, de acuerdo con los porcentajes observados en el bosque secundario estudiado. Los análisis revelaron que la mayoría de los ataques de depredación ocurrieron en zonas con cobertura media del dosel, mientras que las áreas con cobertura alta y muy alta registraron menor incidencia de ataques.

En base a estos resultados de cobertura de dosel forestal, se procedió a relacionar la cantidad de ataques con la supervivencia de los modelos en el transcurso de los días de muestreo, por medio de la curva de Kaplan-Meier.

Tabla 1.

Ataques por nivel de cobertura de dosel forestal

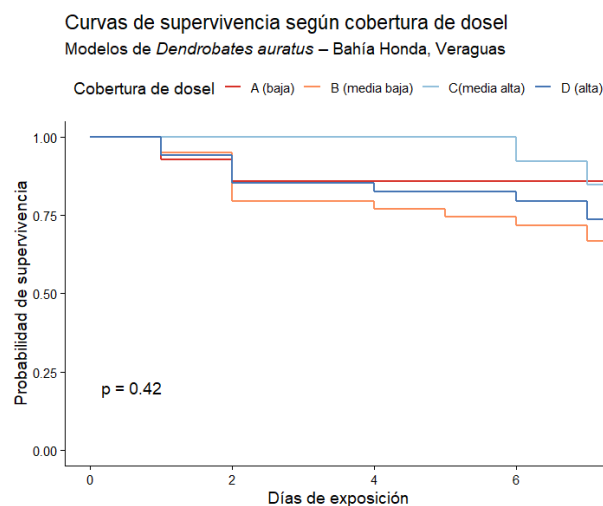
Cobertura	A	B	C	D
Ataques	1	14	2	9

Fuente: Rodríguez, J.

Nota: La tabla 5 muestra la distribución de ataques de depredadores en relación con la cobertura del dosel forestal. Se observa que la cobertura media (B) presenta la mayor incidencia de ataques (14), lo que sugiere que los modelos expuestos bajo coberturas intermedias fueron más vulnerables a la depredación. En contraste, las coberturas altas (C y D) registraron menor cantidad de ataques (2 y 9), lo que podría indicar que una mayor densidad del dosel ofrece mayor protección visual o física frente a los depredadores.

Figura 2.

Curva de probabilidad de supervivencia según la cobertura del dosel forestal.



Fuente: Rodríguez, J.

*Nota: La figura 5 muestra las curvas de supervivencia de Kaplan-Meier de los modelos de *Dendrobates auratus* expuestos en función de cuatro niveles de cobertura de dosel (A = baja, B = media baja, C = media alta y D = alta).*

Las curvas evidencian que, durante los primeros días de exposición, la probabilidad de supervivencia se

mantiene relativamente alta en todos los niveles; sin embargo, ocurre una disminución progresiva. Existe una tendencia a una mayor supervivencia en áreas con cobertura de dosel media-alta y alta (C y D), cuyas curvas presentan pendientes más suaves.

La prueba de log-rank no detectó diferencias estadísticamente significativas entre las curvas de supervivencia ($p = 0,42$). La cobertura de dosel no explicó de manera concluyente las variaciones en el tiempo de depredación, pero el patrón observado sugiere un posible efecto modulador del dosel sobre la detectabilidad.

DISCUSIÓN

El análisis de supervivencia y los patrones de depredación permiten comprender la dinámica ecológica de *Dendrobates auratus* en bosques secundarios costeros. La supervivencia del 74 % de los modelos durante los siete días de exposición constituye un punto de partida para interpretar la intensidad de la depredación. Los modelos replican el patrón aposemático y permiten evaluar cómo los depredadores exploran elementos novedosos y cuán susceptibles podrían ser individuos juveniles (Saporito *et al.*, 2009).

La curva de Kaplan–Meier mostró un descenso progresivo, notable los primeros dos días, seguido de una fase estable. Esto sugiere que los depredadores responden rápidamente a estímulos novedosos, estabilizando su actividad después. En transectos con estructura vegetal variable, las condiciones de visibilidad aumentaron, facilitando a depredadores oportunistas detectar los modelos.

Los mamíferos pequeños fueron el grupo con mayor incidencia (57,6% de ataques). Patrones coincidentes demuestran que roedores y pequeños marsupiales interactúan impulsados por comportamientos exploratorios (Costa *et al.* 2020; Nguyen *et al.*, 2023). Las aves representaron el segundo grupo (26 %), sobresaliendo la confirmación de *Aramides cajaneus*. Este hallazgo amplía el espectro trófico de la especie, no documentada en depredación de ranas aposemáticas. Marcas en forma de U o V respaldan los ataques aviares (Willink *et al.*, 2014).

La participación de cangrejos (15,3 %) complementa el patrón de depredación, ya que utilizan sus quelas para fragmentar tejidos blandos de anfibios incluso tóxicos (Wehrtmann *et al.*, 2019). Eventos no identificados (7,6 %) evidencian la presencia de interacciones nocturnas o especies que no dejan marcas.

La mayor incidencia de ataques se registró en coberturas medias de dosel (58,75 % – 72,5 %), donde los depredadores tienen condiciones favorables de desplazamiento y detección (Stevens *et al.*, 2008). En coberturas altas, la menor cantidad de ataques podría deberse a reducción de flujo luminoso. Aunque las diferencias de supervivencia no fueron estadísticamente significativas, el patrón sugiere que la fragmentación estructural del dosel puede incrementar la vulnerabilidad de la especie.

CONCLUSIONES

La identificación de depredadores evidenció que los mamíferos eran los depredadores principales, seguidos por las aves, cangrejos y grupo no identificados, lo que refleja la dinámica natural y la eficacia de los modelos de arcilla para analizar interacciones. El registro inédito de *Aramides cajaneus* depredando los modelos aporta información novedosa sobre la plasticidad trófica del ave en bosques secundarios.

La cobertura del dosel forestal influyó cualitativamente; los ataques se concentraron en coberturas intermedias favorables para la visibilidad, mientras que los doseles densos fungieron como refugios aparentes reduciendo ataques tempranos. En síntesis, la depredación sobre *D. auratus* es un proceso complejo dictado por diversidad de depredadores y estructura del hábitat, resaltando la relevancia de estas interacciones al diseñar estrategias de conservación y protección para esta especie vulnerable en ecosistemas panameños fragmentados.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue ejecutado por la Estación Científica Coiba AIP, bajo financiamiento del proyecto FID24-003 de la Senacyt (Convocatoria FID 2024). A Dios, primeramente. A SENACYT y COIBA AIP por el financiamiento. A la Universidad de Panamá. A los profesores Abdiel Rodríguez y Félix Camarena. Al Dr. Eric Flores, por su mentoría. Al Dr. Yostin Añiño,

profesores Ítalo Goti y Fernando Marín por su colaboración estadística.

REFERENCIAS

- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). (2011). Plan de acción para la conservación de los anfibios en Panamá. Ciudad de Panamá.
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). (2008). Resolución No. AG-0051-2008 de 29 de febrero de 2008. Por la cual se aprueba el listado de las especies de fauna y flora silvestre amenazadas de Panamá y se dictan otras disposiciones. Gaceta Oficial N° 26,013. Ciudad de Panamá, Panamá.
- Bateman, P. W., Fleming, P. A., & Wolfe, A. K. (2017). Clay model organisms to explore predator-prey interactions. *Journal of Zoology*, 301(4), 251-262.
- Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology*. Blackwell Publishing.
- Bewick, V., Cheek, L., & Ball, J. (2004). Statistics review 12: Survival analysis. *Critical Care*, 8(5), 389-394.
- Costa, A., Oneto, F., Salvidio, S., & Romano, A. (2020). Comparing day and night predation rates on lizard-like clay models.
- Donnelly, M. A. (1991). Feeding patterns of the strawberry poison frog. *Copeia*, 1991(3), 723-730.
- Flores, E. E., et al. (2015). Body size but not warning signal luminance influences predation risk. *Ecology and Evolution*, 5(20), 4603-4616.
- Graves, B. M. (1999). Diel activity patterns of sympatric poison dart frogs. *Journal of Herpetology*, 33(3), 375-381.
- Ibáñez, R., Rand, A. S., & Jaramillo, C. A. (1999). Los anfibios de Panamá. STRI.
- Matuz-Cruz, M. (2020). Measurement of the canopy implementing artificial vision techniques. *IEEE Latin America Transactions*, 18(5).
- Nguyen, T. T., Tran, D. T., & Ngo, B. V. (2023). Clay model reveals difference in predation rates. *Current Herpetology*, 42(2), 124-134.
- Paluh, D. J., et al. (2014). A test of aposematism in *Oophaga pumilio*. *Journal of Herpetology*, 48(2).
- R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing.
- Saporito, R. A., et al. (2009). Experimental evidence for aposematism in *Oophaga pumilio*. *Copeia*.
- Stevens, M., Hardman, C. J., & Stubbins, C. L. (2008). The anti-predator function of 'eyespot'. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 62.
- Wehrtmann, I. S., et al. (2019). Freshwater crabs as predators and prey. *LAJAR*, 47(1).
- Willink, B., et al. (2014). The interplay between multiple predators and prey colour divergence. *Biological Journal of the Linnean Society*, 113.