

COQUÍ GUAJÓN O DEMONIO DE PUERTO RICO (*ELEUTHERODACTYLUS COOKI*)

Marla M. Barrios González, BS, MSEM(c)¹ & Jonathan Alfredo López Colón, MSEM²

Recibido 15 de junio de 2019; aceptado 26 de septiembre 2019

Resumen - El *Eleutherodactylus cooki* (coquí guajón) es una de las 17 especies del género en Puerto Rico que se encuentran en estado de vulnerabilidad. Se diferencia de las demás especies en que presenta alta especialización a su hábitat, lo cual ha influenciado en su evolución. Entre los factores que impulsan a la extinción de una especie, se encuentran las actividades antropogénicas. Aunque se han estudiado varios aspectos de la biología y ecología del coquí guajón que contribuyen al manejo y conservación de la especie, es importante evaluar las posibles razones del por qué el coquí guajón está en estado vulnerable y sugerir enfoques de investigación para proporcionar estrategias de conservación eficaces para la especie. Entre las estrategias para manejar una especie vulnerable es declarar hábitats críticos para garantizar el rango geográfico como una unidad continua, sin fragmentación o interrupciones para la especie.

Palabras claves: anfibios, coquí guajón, parásitos-hospederos, conservación, *ornithodoros talaje*

Abstract - *Eleutherodactylus cooki* (coquí guajón) is one of the 17 species of the genus in Puerto Rico that are in a state of vulnerability. It differs from other species because it has high specialization to its habitat that has influenced its evolution. Among factors that drive the extinction of a species, there are anthropogenic activities. Although, several aspects of the biology and ecology of coquí guajón are known that contribute to the management and conservation of the species, it is important to identify some of the possible reasons why the coquí guajón is vulnerable, and suggest research approaches to provide reliable knowledge and an effective conservation of the species. One strategy for its management is declaring critical habitats for the species in order to guarantee a geographic range that serves as a continuous unit, without fragmentation or interruptions for the species.

Keywords: amphibians, coqui guajón, parasites-hosts, conservation, *ornithodoros talaje*

¹Programa graduado ambiental, Escuela de Ciencias, Tecnología y Ambiente, Universidad Ana G. Méndez, Recinto de Cupcy; mbarrios11@email.uagm.edu ²Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Biología, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras; jonathan.lopez30@upr.edu

Introducción

Los anfibios constituyen un componente importante de muchos ecosistemas, especialmente en los bosques tropicales donde contribuyen significativamente a la dinámica trófica ya que son depredadores y presas de una gran variedad de especies (Blaustein & Kiesecker, 2002). También son valorizados como indicadores de estrés ambiental (bioindicadores) ya que son particularmente susceptibles a los cambios ambientales debido a que poseen una piel que carece de protección y es altamente permeable (Duellman & Trueb, 1994). Como bioindicadores naturales son indispensables para evaluar la salud del medio ambiente, así como para detectar cambios en este, ya sean positivos o negativos (Parmar et al., 2016). Además de ser elementos importantes de los ecosistemas, los anfibios son parte importante del patrimonio sociocultural de un país.

En Puerto Rico, la herpetofauna está compuesta por 25 especies de anfibios (19 nativos y 6 introducidos) y 56 especies de reptiles (52 nativos y 4 introducidos). Considerando el tamaño de la isla, Puerto Rico presenta un número alto de biodiversidad de especies de anfibios nativas por área (Joglar, 2005). Sin embargo, en términos taxonómicos, la Isla contiene solo dos familias (Leptodactylidae y Bufonidae), y tres géneros (*Eleutherodactylus*, *Leptodactylus* y *Peltophryne*) (Rivero, 1998; Joglar et al., 2007). De las 19 especies nativas de anfibios, 17 pertenecen al género *Eleutherodactylus* (Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, 2016), el cual es el mejor representado y distribuido alrededor de la Isla. De las 17 especies de *Eleutherodactylus*, solo quedan 14, ya que 3 de ellas se consideran extintas. Diez de las 14 especies están enlistadas bajo el Reglamento para Regir las Especies Vulnerables y en Peligro de Extinción en el Estado Libre Asociado de Puerto Rico del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA).

Esta revisión de literatura tiene como meta evaluar estudios realizados para identificar las posibles razones del por qué el coquí guajón está en estado vulnerable y sugerir enfoques de investigación para proporcionar estrategias de conservación eficaz para la especie.

Descripción de la especie *E. cooki*

Eleutherodactylus cooki, comúnmente conocido como coquí guajón, es una de las 17 especies de coquíes en la Isla y la segunda más grande (Tabla 1 y Figura 1). Esta especie fue descrita y documentada por primera vez el 24 de enero de 1932 por el herpetólogo militar estadounidense Chapman Grant. Se diferencia de las demás especies debido a que presenta alta especialización a su hábitat, lo cual ha influenciado en su evolución. Entre las adaptaciones morfológicas que presenta se encuentran los ojos grandes, mayor diámetro de disco digital y mayor longitud de la tibia comparado con las demás especies de *Eleutherodactylus* en Puerto



Figura 1. Coquí guajón hembra

Tabla 1

Tamaños de las especies del género Eleutherodactylus

Nombre científico	Nombre común	SVL en milímetros
<i>Eleutherodactylus monensis</i>	Coquí de Mona	26.2 - 34.4mm
<i>Eleutherodactylus cooki</i>	Coquí guajón	50.8 - 60 mm
<i>Eleutherodactylus antillensis</i>	Coquí churri	23.4 - 29.2 mm
<i>Eleutherodactylus cochranae</i>	Coquí pitito	19.4 - 21.8 mm
<i>Eleutherodactylus brittoni</i>	Coquí de las hierbas	16.7- 17.1 mm
<i>Eleutherodactylus portoricensis</i>	Coquí de la montaña	32.2 - 37.8 mm
<i>Eleutherodactylus karlschmidti</i>	Coquí palmeado	50.0 - 80.0 mm
<i>Eleutherodactylus hedricki</i>	Coquí hedricki	32.8 - 34.6 mm
<i>Eleutherodactylus gryllus</i>	Coquí grillo	16.9 - 17.0 mm
<i>Eleutherodactylus wightmanae</i>	Coquí melodioso	19.1 - 20.3 mm
<i>Eleutherodactylus locustus</i>	Coquí martillito	19.3 - 19.9 mm
<i>Eleutherodactylus richmondi</i>	Coquí caoba	26.8 - 37.0 mm
<i>Eleutherodactylus eneidae</i>	Coquí eneidae	22.8 - 25.6 mm
<i>Eleutherodactylus unicolor</i>	Coquí duende	15.0 - 16.1 mm
<i>Eleutherodactylus coqui</i>	Coquí común	36.4 - 46.4 mm
<i>Eleutherodactylus juanriveroi</i>	Coquí llanero	14.7 - 15.8 mm
<i>Eleutherodactylus jasperi</i>	Coquí dorado	19.4 - 19.5mm

Rico (Joglar, 1998). El coquí guajón se caracteriza además por presentar dimorfismo sexual en tamaño, coloración y vocalización.

Al igual que otras especies dentro del género, las hembras tienden a ser más grandes que los machos (aproximadamente 5.8 mm más grandes). En términos de coloración, aunque ambos sexos pueden exhibir una coloración castaño sólido y un margen blanco alrededor de sus grandes ojos, los machos presentan una coloración amarilla en el saco vocal, así como en los flancos. En esta especie de *Eleutherodactylus*, solo los machos adultos presentan actividad vocal con dos picos de actividad: el primero entre 14:00 y 19:00 horas y el segundo cerca de las 21:00 horas (Drewry & Rand, 1983; Joglar & Burrowes, 1996; Joglar, 1998). Drewry y Rand (1983) determinaron que la frecuencia dominante de vocalización va de 1.5 – 1.8 kHz (kilohertz). Además, presentan un solo tipo de nota por llamada y realizan de 3-7 números de llamada por nota. Además de ser organismos bioindicadores, las especies del género *Eleutherodactylus* desempeñan un papel importante en los niveles tróficos, y brindan un servicio ecológico como controladores de plagas, tales como moscas, mosquitos y otros insectos considerados dañinos para la cosecha. Estudios preliminares del contenido estomacal del coquí guajón mostraron la presencia de una gran variedad de insectos (coleópteros, homópteros, dípteros, himenópteros y lepidópteros) e invertebrados, tales como arañas, quilópodos y diplópodos (U.S. Fish and Wildlife Services, 2004).

Como todas las especies de este género, el coquí guajón presenta desarrollo directo. Es decir, el embrión no pasa por la etapa de renacuajo, sino que se desarrolla en un saco

gelatinoso del cual eclosionan versiones pequeñas de los adultos. Las camadas de huevos, son depositadas principalmente en depresiones pequeñas dentro de los guajonales (Burrowes, 2000; Joglar, 1998; Rivero, 1998) y en pequeñas grietas o depresiones que se forman entre las rocas de quebradas rocosas (Vega-Castillo, 2000). Aproximadamente el 72.1% de las camadas son depositadas en microhábitats que les brinden un grado de protección. Es decir, un lugar donde se reduzca la posibilidad de pérdida de agua por evaporación de los huevos y depredación (Joglar, 1998; Rivero, 1998). El cuidado parental de esta especie es realizado exclusivamente por el macho, quien puede llegar a atender, incubar y proteger alrededor de cuatro camadas múltiples (Figura 2). Las camadas múltiples consisten de camadas de huevos de hembras diferentes (Figura 3), cada una de aproximadamente 16 a 66 huevos (Burrowes, 2000; Joglar, 1998). El tiempo estimado de desarrollo, es decir, el tiempo que pasa desde que la ovoposición por parte de la hembra hasta que la eclosión, es de aproximadamente de 20 a 29 días (Joglar, 1998).



Figura 2. Coquí guajón macho protegiendo la camada

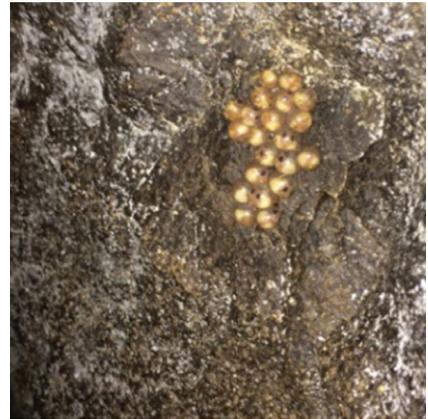


Figura 3. Camada de coquí guajón

Hábitat

La especie está restringida geográficamente al sureste de Puerto Rico, donde está asociada a ambientes rocosos. Por el momento, se ha documentado poblaciones de la especie en los municipios de Las Piedras, Humacao, Yabucoa, Maunabo, Patillas, San Lorenzo y Juncos (Figura 4). El hábitat tradicional del coquí guajón es conocido como guajonal (Figura 5), el mismo consiste de grandes rocas de granito sobrepuestas unas sobre otras con cavidades, o sistemas de cuevas complejas que consisten de varias cámaras de forma y tamaño irregulares, las cuales pueden diferir en profundidad y cercanía al agua (USFWS, 2004), y que le sirven de refugio a la especie (Burrowes, 2000; Rivero, 1998). Dentro de su rango de distribución, la especie también se puede encontrar en quebradas rocosas (Vega-Castillo, 2000). Los hallazgos de Vega-Castillo establecieron que la especie no está condicionada a habitar en las grietas de los guajonales. Además, se ha observado que ambos hábitats muestran diferencias en la ubicación, complejidad y condiciones ecológicas (USFWS, 2004; Burrowes, 2000; Vega-Castillo, 2000).

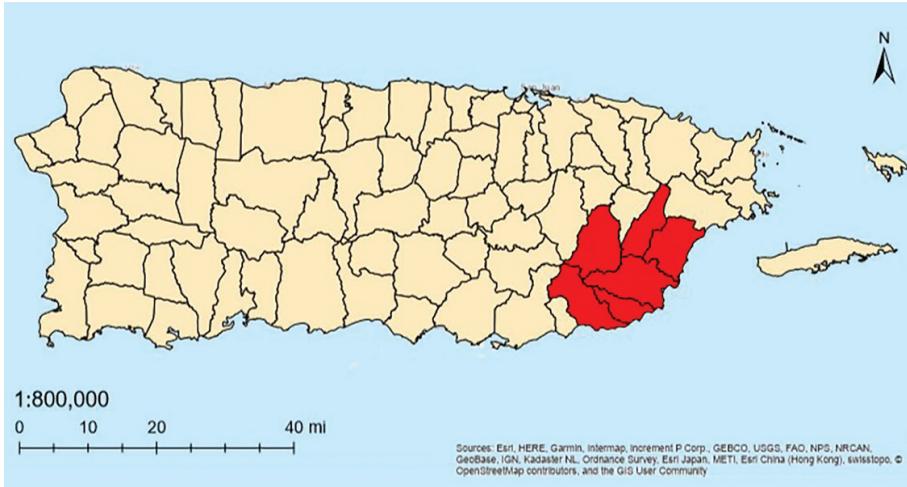


Figura 4. Rango geográfico del coquí guajón

Descenso de los anfibios

Existen ciertos factores que impulsan a la extinción de una especie. Entre estas, las actividades antropogénicas y la fragmentación de hábitat han sido el motor principal para la pérdida de biodiversidad en la Isla (Grau et al., 2003; Stuart et al., 2004). La disminución y pérdida de poblaciones de anfibios es un problema global con causas locales complejas. Para comprender el alcance del problema y su naturaleza, se requiere comprender cómo los factores locales afectan la dinámica de las poblaciones. Entre las causas, se pueden incluir la radiación ultravioleta, depredación, modificación y fragmentación del hábitat (Cushman, 2006; Fahrig, 2009), contaminantes presentes en el medio ambiente (Stallard, 2001), enfermedades (Burrowes, Joglar, & Green, 2004), cambios en el clima o patrones climáticos e interacciones, entre estos factores (Alford & Richard, 1999; Stuart et al., 2004; Hussain & Pandit, 2012). La vulnerabilidad de los anfibios radica en su naturaleza evolutiva. Los anfibios son organismos exotérmicos con piel desnuda, humedad, altamente vascularizada y permeable que sirve de órgano respiratorio. Este tipo de piel los mantiene en contacto íntimo con el ambiente que los rodea, y los pone en riesgo si hay cambios en la calidad del mismo.



Figura 5. Guajonal ubicado en la Casa de Las Selvas, Patillas

El *Eleutherodactylus cooki* (coquí guajón o demonio de Puerto Rico) es una de las especies del género en la isla que se encuentran en estado de vulnerabilidad (Tabla 1). Esto se debe, no solo por los cambios en el clima que amenazan a todos los anfibios mundialmente, sino también por la distribución limitada y el poco conocimiento de su estado poblacional (Burrowes, Joglar, & Green, 2004). La deforestación, remoción de vegetación, movimiento de tierra para usos agrícolas, actividades de construcción de carreteras y la falta de designación de áreas protegidas son otros factores locales que amenazan al hábitat o rango del Guajón (USFWS, 2004).

Interacción parásito-hospedero

Con respecto a las interacciones parásito-hospedero, los parasitoides tienden a buscar huésped al azar dentro de poblaciones cerradas. Las interacciones parásito-hospedero tienen a influir en las dinámicas de las poblaciones y las interacciones entre especies. De igual modo, este tipo de interacción es una lineal y simple entre el consumidor y los recursos en donde cada huésped puede ser atacado por uno o más parasitoides. Otro rasgo importante de este tipo de interacción es que el parasitoide tiende a evaluar la calidad del recurso y el tamaño del hospedero y pueden modificar sus estrategias parasíticas (Briggs, 2009).

A su vez, la teoría de ecología de enfermedades resalta que cuando una enfermedad entra a poblaciones nativas, la falta de inmunidad por parte del huésped se refleja en *epizootia*, lo cual se refiere a una enfermedad que tiende a atacar a un número inusual de animales transitoriamente en una región. En cambio, en otros escenarios de *enzootias*, lo cual se refiere a enfermedades que atacan a una población de animales en tiempos prolongados, pronostica que el patógeno tiende a estar en niveles más bajos de infección una vez se haya alcanzado el nivel de acarreo entre la susceptibilidad y la infección (Becker et al., 2017). Es por esto que los efectos del parasitismo no tan solo se reflejan en la reducción poblacional de una especie determinada, su fecundidad, y adecuación, sino que la infección puede hacer que los huéspedes sean vulnerables a eventos de depredación (Begon, 2009).

En definitiva, los patógenos y parásitos pueden ser capaces de influenciar en el desarrollo, estructura y comportamiento de su huésped. Estudios basados en la especie de trematodo *Ribeiroia ondatra* que parasita a varias especies de anfibios han demostrado que esta infección parasítica tiene efectos en el desarrollo de estas ranas, lo cual crea malformaciones significativas en sus extremidades y aumenta la tasa de mortalidad de estas poblaciones en vida silvestre (Johnson et al., 2002). Sin embargo, estudios realizados en otras especies de animales como los *Anolis* infectadas por malaria en Puerto Rico no demostraron relación significativa con la condición corporal del hospedero; pero sí con las interacciones entre factores abióticos, hospederos y parásito (Otero et al., 2018).

En contraste con lo anterior, no solo las actividades antropogénicas y el desconocimiento sobre esta especie son factores que impulsan a su extinción. Por varios años, se han realizado varias investigaciones sobre los posibles impactos que tienen los parásitos en esta especie. *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd), también conocido como *amphibian chytrid fungus*, es un hongo patógeno del grupo Chytridiomycota que causa

la enfermedad quitridiomycosis en los anfibios. Los síntomas clínicos más comunes de la enfermedad incluyen: desprendimiento excesivo de la piel, hiperqueratosis y enrojecimiento o decoloración de la piel. En general, la enfermedad se diagnostica por la presencia de zoosporangios de maduración del Bd, que infecta las capas de piel de anfibios que contienen queratina (Van, Martel, Haesebrouck, & Pasmans, 2015).

Según una evaluación global reciente, Bd se ha detectado en más de 500 especies de anfibios (Berger et al., 2016). Burrowes, Longo, Joglar y Cunningham (2008) establecieron que la reducción y extinciones locales debidas a la infección por el hongo en el coquí guajón, se observan solo en terrenos elevados por encima de 600 metros (m). El rango de propagación va desde las montañas orientales de Luquillo (El Yunque), a lo largo de la Cordillera Central hasta Maricao. Mientras que las especies de terrenos bajos no se ven afectadas (Burrowes et al., 2008).

Sin embargo, otros hallazgos han demostrado que el Bd no es el único patógeno que parasita al *E. cooki*. El plan de recuperación de la especie del U.S. Fish and Wildlife Service (2004) documentó la presencia de una garrapata (*Ornithodoros talaje*) que parasita al coquí guajón. Estudios realizados por Joglar, Burrowes y Ríos-López (1996) encontraron un promedio de 1 a 13 garrapatas en una muestra de 5 machos de *E. cooki*. Sin embargo, estudios más reciente indican un aumento en la presencia de garrapatas en el coquí guajón. López-Torres y Longo (2013), encontraron un total de 588 garrapatas en los machos y 174 garrapatas en las hembras, lo que indica que los machos tienden a contener más garrapatas que las hembras. Además, el informe muestra que la garrapata parasítica está ampliamente distribuida en los 17 hábitats críticos declarados por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos (USFWS, por sus siglas en inglés) para la especie y en dos nuevas localidades. A pesar de este hallazgo, es poco lo que se conoce sobre los posibles impactos que tiene la garrapata sobre esta especie. Esto puede considerarse un problema a la hora de desarrollar planes dirigidos al manejo, conservación, reintroducción y restauración del hábitat con el fin de recuperar especies amenazadas o en peligro de extinción.

Medidas de manejo

Ciertas medidas legales se han tomado para manejar y conservar las diferentes especies de *Eleutherodactylus*. En el caso del coquí guajón, este fue enlistado como especie amenazada por primera vez en el año 1997, bajo la Ley de Especies en Peligro de Extinción (ESA, por sus siglas en inglés) aprobada por el congreso de los Estados Unidos de América en el 1973. En la actualidad, la especie está protegida por la agencia estatal (Departamento de Recursos Naturales de Puerto Rico) y federal (U.S Fish and Wildlife Services). Como medida de manejo y conservación, el USFWS emitió un plan de recuperación para la especie (USFWS, 2004) y ha designado alrededor de 17 lugares como hábitat crítico para la especie (USFWS, 2007).

Varias investigaciones han ayudado a formular nuevas estrategias para el plan de manejo de la especie. Por ejemplo, López-Torres (2008) sugirió que conocer el porcentaje de hábitat disponible puede ser muy importante para el manejo del hábitat del coquí

guajón. En su estudio, estableció que hay una probabilidad alta (44.3%) de alteración o destrucción del hábitat ocupado por la especie, debido a proyectos de desarrollo propuestos en el municipio de Maunabo (López-Torres, 2008).

Por otra parte, se han estudiado varios aspectos de la biología y ecología del coquí guajón que han contribuido al manejo y conservación de la especie. Estos incluyen estudios de su biología reproductiva (Joglar, Burrowes & Ríos-López, 1996; Rogowitz, Candelaria, Denizard & Meléndez, 2001), el cuidado parental y selección sexual (Burrowes, 2000), ecología de la población en hábitat tradicionales y no tradicionales (Joglar, Burrowes & Ríos-López, 1996; Vega-Castillo, 2000), caracterización de los hábitats (Joglar, Burrowes & Ríos-López, 1996; Vega-Castillo, 2000), flujo genético entre la población (Burrowes, 2000), depredación (Joglar, 1998), distribución y estado del hábitat (López-Torres, 2008), patógenos y enfermedades (Burrowes et al., 2008; López-Torres & Longo, 2013) y un Modelo de Análisis de Enfoque Geográfico a la Planificación (Gould, 2009). Además de la relocalización de la especie en un hábitat artificial (Rivera-Lebrón, 2014; López-Torres & Rodríguez-Gómez, 2016), entre otros estudios ecológicos aun sin publicar. Aunque Puerto Rico ocupa la posición del quinto país con el mayor porcentaje de anfibios amenazados del mundo (UICN, Conservation International & Natura Serve, 2008), pocas medidas se han implementado para proteger esta especie. Por lo tanto, se debe evaluar el estado actual del hábitat de acuerdo con las necesidades de conservación de la especie.

Conclusión

La extinción de las especies ha sido un proceso natural (por medio de la selección natural) que se ha observado a través de cientos de millones de años. A diferencia del pasado, la actual pérdida de especies ocurre de manera acelerada poniendo en riesgo los sistemas naturales y amenazando los servicios ecológicos que estos nos proveen. La velocidad a la cual se está perdiendo la biodiversidad y sus repercusiones es un tema preocupante y de suma atención en la comunidad científica. Los anfibios constituyen un componente importante de muchos ecosistemas, especialmente en los bosques tropicales donde contribuyen significativamente a la dinámica trófica ya que son depredadores y presas de una gran variedad de especies (Blaustein & Kiesecker, 2002). También son valorizados como indicadores de estrés ambiental (bioindicadores) ya que son particularmente susceptibles a los cambios ambientales debido a que poseen una piel que carece de protección y es altamente permeable (Duellma & Trueb, 1994). Como bioindicadores naturales, son indispensables para evaluar la salud del medio ambiente, así como para detectar cambios en este, ya sean positivos o negativos, y sus efectos posteriores en los humanos (Parmar, Rawtani, & Agrawal, 2016).

Además de ser especies importantes de los ecosistemas, los anfibios son parte importante del patrimonio sociocultural de un país. De acuerdo a la Evaluación Global de Anfibios, el 73.7% de las especies de anfibios de Puerto Rico se encuentran amenazados o extinto siendo Puerto Rico el quinto país con el mayor porcentaje de anfibios amenazados (UICN, Conservation International & NatureServe, 2008). Muchas de las personas en el país desconocen el impacto que sus actividades tienen sobre las especies y sus hábitats. Por consiguiente, uno de los primeros enfoques para la recuperación del coquí guajón debe

ser el desarrollo de un programa de divulgación para promover la concienciación de las especies y mejorar la calidad del hábitat de la especie. Investigaciones han demostrado que la educación y la integración de las personas en actividades relacionadas con el medio ambiente, aumentan la efectividad de la conservación de la vida silvestre (Kioko & Warui, 2010; Morrison, Simpkins, Castley & Buckley. 2012). Teniendo en cuenta el rol de los anfibios y la vulnerabilidad de este grupo, es de suma importancia generar información científica que contribuya a su conservación. En el caso del coquí guajón, se considera y recomienda la designación y declaración de posibles hábitats críticos para la especie. Esto garantiza que el rango geográfico sirva como una unidad continua, sin fragmentación o interrupciones, para la especie. Además, debido al hecho de que se trata de una especie en peligro de extinción, endémica y especializada a su hábitat, es importante estudiar si los parásitos o enfermedades puede estar afectando el comportamiento de las especies y el estado de la población.

Literatura citada

- Alford, R. A., & Richards, S. J. (1999). Global amphibian declines: A problem in applied ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 30(1), 133-165. doi:10.1146/annurev.ecolsys.30.1.133
- Becker, C. G., Greenspan, S. E., Tracy, K. E., Dash, J. A., Lambertini, C., Jenkinson, T. S., ... Zamudio, K. R. (2017). Variation in phenotype and virulence among enzootic and panzootic amphibian Chytrid lineages. *Fungal Ecology* 26, 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2016.11.007>
- Begon, M. (2009). Ecological epidemiology. S. Levin (Ed.) *The Princeton Guide to Ecology* (pp. 220-226). New Jersey: Princeton University Press. ISBN 978 0 691 12839 9
- Berger, L., Roberts, A. A, Voyles, J., & Longcore, J. E., Murray, K. A, & Skerratt, L. F. (2016). History and recent progress on chytridiomycosis in amphibians. *Fungal Ecology*, 19, 89-99. doi: 10.1016/j.funeco.2015.09.007
- Blaustein, A. R., & Kiesecker, J. M. (2002). Complexity in conservation: Lessons from the global decline of amphibian populations. *Ecology Letters*, 5(4), 597-608. doi:10.1046/j.1461-0248.2002.00352.x
- Briggs, C. J. (2009). Host-parasitoid interactions. S. Levin (Ed.), *The Princeton Guide to Ecology* (pp. 213-219). New Jersey: Princeton University Press. ISBN 978 0 691 12839 9
- Burrowes, P. A. (2000). Parental care and sexual selection in the Puerto Rican cave dwelling frogs, *Eleutherodactylus cooki*. *Herpetologica* 56(3), 375-386. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/281526957>

- Burrowes, P. A., Joglar, R. L., & Green, D. E. (2004). Potential causes for amphibian declines in Puerto Rico. *Herpetologica*, 60(2), 141-154. doi:10.1655/03-50
- Burrowes, P. A., Longo, A. V., Joglar, R. L., & Cunningham, A. A. (2008). Geographic distribution of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Puerto Rico. *Herpetological Review*, 39, 321-324. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/239579252>
- Cushman, S. A. (2005). Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: *A review and prospectus*, 8, 0-9. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.031>
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (2007). Los anfibios de Puerto Rico. Recuperado de <http://drna.pr.gov/documentos/p-021-de-octubre-de-2007/>
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (2016). Reglamento para el Manejo de las Especies Vulnerables y en Peligro de Extinción. Núm. 6766.
- Drewry, G., & Rand, A. S. (1983). Characteristics of an acoustic community: Puerto Rican frogs of the genus *Eleutherodactylus*. *Copeia*, 4, 941-953. doi: 10.2307/1445095
- Duellman, W. E., & Trueb, L. (1994). *Biology of amphibians*. The Johns Hopkins University Press. 670 pp.
- Fahrig, L. (2009). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(2003), 487-515. <https://doi.org/10.1146/132419>
- Fish and Wildlife Service. (2004). Recovery plan for the Guajón or Puerto Rican Demon (*Eleutherodactylus cooki*). U. S. Fish and Wildlife Service, Atlanta, Georgia. 31 pp.
- Grau, H. R., Aide, T. M., Zimmerman, J. K., Thomlinson, J. R., Helmer, E., & Zou, X. (2003). The ecological consequences of socioeconomic and land-use changes in postagriculture Puerto Rico. *BioScience*, 53(12), 1159. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[1159:TECOSA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[1159:TECOSA]2.0.CO;2)
- Hussain, Q. A., & Pandit, A. K. (2012). Global amphibian declines: A review. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 4(10), 348-357. <https://doi.org/10.5897/IJBC12>.
- IUCN, Conservation International, & NatureServe. (2008). An analysis of amphibians on the 2008 IUCN Red List. Recuperado de www.iucnredlist.org/amphibians.
- Joglar, R. L. (1998). *Los coquíes de Puerto Rico: su historia natural y conservación*. Editorial de la Universidad de Puerto Rico. San Juan, PR: Editorial de la Universidad de Puerto Rico.
- Joglar, R. L. (2005). Anfibios. In: *Biodiversidad de Puerto Rico. Vertebrados Terrestres y Ecosistemas*. Serie de Historia Natural, (pp. 39-96). Joglar, R. L. (Ed.). San Juan, Puerto Rico: Editorial Instituto de Cultura Puertorriqueña.

- Joglar, R. L., & Burrowes, P. (1996). Declining amphibian populations in Puerto Rico. In R. Powell & R. W. Henderson (Eds.), *Contributions to West Indian Herpetology: A Tribute to Albert*. (pp. 371–380).
- Johnson, P. T. J., Lunde, K. B., Thurman, E. M., Ritchie, E. G., Wray, S. N., Sutherland, D. R., ... Blaustein, A. R. (2002). Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) infection linked to amphibian malformations in the western United States. *Ecological Monographs*, 72(2), 151–168. doi: 10.2307/3100022
- Kioko, J., Kiringe, J. W., & Wahungu, G. M. (2010). Youth's knowledge, attitudes and practices in wildlife and environmental conservation in Maasailand, Kenya. *Southern African Journal of Environmental Education*, 27(January), 91–101. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/236888441>
- López-Torres, A. L. (2008). *Distribution and habitat status of the coquí guajón *Eleutherodactylus cooki**. Master Thesis Dissertation. Graduate School of Environmental Affairs, Metropolitan University.
- Rivera-Lebrón, R. L. (2014). Viabilidad ecológica de un hábitat artificial para disminuir la pérdida del coquí guajón *Eleutherodactylus cooki* durante la construcción de la represa y embalse Valenciano en Juncos, Puerto Rico. Tesis de Maestría. Escuela Graduada de Asuntos Ambientales, Universidad Metropolitana.
- López-Torres, A. L., & Longo, A. V. (2013). *Road to recovery (Phase I): An integrated study of Coquí Guajón's genetic structure, disease risk and parasite threat*. Final Report. San Juan. U.S. Fish and Wildlife Service.
- López-Torres, A. L., & Rodríguez-Gómez, C. A. (2016). Short communication relocation of Puerto Rican cave dwelling frogs *Eleutherodactylus cooki* into natural and artificial habitats. *Conservation Evidence*, 13, 6. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/291971111>
- Morrison, C., Simpkins, C., Castley, J. G., & Buckley, R. C. (2012). Tourism and the conservation of critically endangered frogs. *PLoS ONE*, 7(9), e43757. doi:10.1371/journal.pone.0043757
- Parmar, T. K., Rawtani, D., & Agrawal, Y. K. (2016). Bioindicators: The natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in Life Science*, 9(2), 110–118. <https://doi.org/10.1080/21553769.2016.1162753>
- Rivero, J. A. (1998). *Los anfibios y reptiles de Puerto Rico*. 2nd Edition. San Juan, PR: Editorial de la Universidad de Puerto Rico.

- Rogowitz, G., Candelaria, C., Denizard, L., & Meléndez, L. (2001). Seasonal reproduction of a neotropical frog, the cave coquí (*Eleutherodactylus cooki*). *Copeia*, (2), 542-547. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/1447902>U.S.
- Stallard, R. (2001). Possible environmental factors underlying amphibian decline in Eastern Puerto Rico: Analysis of U.S. Government Data Archives. *Conservation Biology*, 15(4), 943-953. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/3061314>
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S., Fischman, D. L., & Waller, R. W. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306(5702), 1783-1786. doi:10.1126/science.1103538
- U.S. Fish and Wildlife Service. (2004). *Technical/agency draft recovery plan for the Guajón or Puerto Rican Demon (Eleutherodactylus cooki)*. Atlanta, GA. 28pp.
- U.S. Fish and Wildlife Service. (2007). *Endangered and threatened wildlife and plants Designation of critical habitat for the Guajón (Eleutherodactylus cooki)*. Atlanta, GA. 48pp.
- Van Rooij, P., Martel, A., Haesebrouck, F., & Pasmans, F. (2015). Amphibian chytridiomycosis: A review with focus on fungus-host interactions. *Veterinary Research*, 46(1), 1-22. doi: 10.1186/s13567-015-0266-0
- Vega-Castillo, S. (2000). Habitat description and comparison of the Puerto Rican Demon or Guajón (*Eleutherodactylus cooki*) at two localities in the eastern part of Puerto Rico. Master Thesis Dissertation. Department of Biology, University of Puerto Rico, Mayagüez, PR.