

ASPECTOS ECOLÓGICOS DE *Centrolene savagei* EN LAS CORDILLERAS
CENTRAL Y OCCIDENTAL DE COLOMBIA.

MARIA LUCIA PRADO SAÑUDO



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS
MESTRÍA EN CIENCIAS-BIOLOGÍA
SANTIAGO DE CALI
2016

ASPECTOS ECOLÓGICOS DE *Centrolene savagei* EN LAS CORDILLERAS
CENTRAL Y OCCIDENTAL DE COLOMBIA.

MARIA LUCIA PRADO SAÑUDO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de
Magister en Ciencias-Biología

Director

ALAN GIRALDO LÓPEZ

Biólogo PhD

Codirector

WILMAR BÓLIVAR

Biólogo PhD

UNIVERSIDAD DEL VALLE

MESTRÍA EN CIENCIAS-BIOLOGÍA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

SANTIAGO DE CALI

2016

Nota de Aprobación

El trabajo de grado titulado “ASPECTOS ECOLÓGICOS DE *Centrolene savagei* EN LAS CORDILLERAS CENTRAL Y OCCIDENTAL DE COLOMBIA”, presentado por la estudiante MARIA LUCIA PRADO SAÑUDO, para optar por el título de Magister en Ciencias-Biología, fue revisado por el jurado y calificado como:

Aprobado

Alan Giraldo
Director

Wilmar Bolívar
Co-director

Jurado

Jurado

Quiero dedicar este trabajo a todas aquellas personas que han estado a mi lado incondicionalmente, brindándome el apoyo necesario para seguir adelante.

A mi hija Mariana Capera quien ha sido la más grande inspiración para culminar este proyecto, a Juan Pablo Capera por haber sido más que un compañero de vida, esa persona que me ha apoyado incondicionalmente, y a mis padres Hugo Prado y Luz Marina Sañudo por haberme brindando la oportunidad de realizar mi maestría, y por estar siempre en cada instante de mi vida.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. PARENTAL CARE AND SITE PREFERENCE OF <i>Centrolene savagei</i> IN THE WESTERN AND CENTRAL ANDES OF COLOMBIA.....	7
Abstract.....	7
Introduction.....	8
Materials and methods.....	9
Results.....	10
Discussion.....	11
Acknowledgments.....	13
Literature cited.....	13
Tables.....	19
Figures.....	23
3. POPULATION STATUS OF <i>Centrolene savagei</i> IN THE WESTERN AND CENTRAL ANDES OF COLOMBIA.....	26
Abstract.....	26
Introduction.....	27
Materials and methods.....	28
Results.....	29
Discussion.....	29
Acknowledgments.....	32
Literature cited.....	33
Tables.....	38

4. DISCUSIÓN GENERAL.....	44
5. CONCLUSIONES.....	48
6. LITERATURA CITADA.....	50

RESUMEN

Centrolene savagei hace parte familia Centrolenidae y es una especie endémica de Colombia. Se caracteriza por ser una rana pequeña, de color verde pálido, con puntos azules, verdes y blancos en el dorso, por la ausencia de espina humeral, rostro redondeado y por la presencia de una línea labial blanca bastante visible. Esta especie presenta cuidado parental sobre las posturas, siendo protegidas por los machos los cuales se ubican directamente sobre ellas. Con el objetivo de cuantificar el estado de las poblaciones de *Centrolene savagei* y evaluar algunos aspectos ecológicos de esta especie en las Cordilleras Central y Occidental de Colombia, haciendo énfasis en las estrategias de cuidado parental de las posturas que exhiben los machos de esta especie y la tendencia de los individuos a perchar en alturas superiores a 2 m del suelo, se realizaron muestreos en 8 localidades donde se encuentra reportada la especie. Se utilizó la técnica de captura-recaptura para estimar el tamaño poblacional en cada una de las localidades, y se tomaron registros de sexo y estado reproductivo de los individuos, número de posturas y número de huevos por postura con el fin de estimar la fertilidad y éxito reproductivo de cada población. Se evaluó la presencia de cuidado parental durante diferentes horas del día y de la noche, con el fin de determinar la variación de dicho comportamiento en la especie; así mismo se registraron datos de temperatura, humedad relativa, precipitación, radiación y cobertura vegetal en los sitios de postura con el propósito de evaluar su relación con la presencia o ausencia del macho. Por último, se evaluó la selección vertical de hábitat por parte de esta especie. Se registró la presencia de la especie en 6 de las 8 localidades estudiadas, lográndose estimar el tamaño poblacional solo para 3 de ellas. Los machos de *Centrolene savagei* presentan una preferencia significativa por sitios de percha entre 0.1-2.0m de altura, y las posturas se encuentran principalmente a alturas entre 1.5-2.0m; las hembras por su parte permanecen a alturas superiores a los 6 metros y solo bajan para la reproducción. El tamaño de las posturas no guarda relación alguna con el sitio de ovoposición, por el contrario, puede estar

asociado a otras variables no evaluadas. Se presenta una gran tendencia al cuidado de las posturas por parte del macho, sin embargo, el cuidado tiende a ser menor en las horas del día; pese a esto, la presencia o ausencia del macho, no está relacionada con las condiciones climáticas o ambientales de cada localidad.

Palabras clave: Anfibios, Centrolenidae, tamaño poblacional, sitio de oviposición, cuidado parental

1. INTRODUCCION

Colombia presenta gran diversidad de fauna de anfibios albergando cerca del 14% del total de especies registradas en el mundo, siendo considerado uno de los países más ricos en especies de anuros (Glaw & Köhler 1998, Lynch 1998, Acosta-Galvis 2000, Arroyo et. al. 2003). Probablemente, esta alta diversidad de anfibios es el resultado de una sinergia de factores como la posición geográfica, la pluviosidad y la complejidad orográfica del país, condición que genera una amplia gama de hábitats óptimos para el desarrollo de esta fauna (Acosta-Galvis 2000, Galeano et. al. 2006, García-R et. al. 2007).

La familia Centrolenidae es un grupo de anfibios se caracterizan por presentar una coloración verde pálida en el dorso, y una piel muy fina y traslúcida en el vientre, que permite ver la mayoría de sus órganos internos (Cisneros-Heredia & McDiarmid 2007). De acuerdo con Guayasamin et. al. (2009) este es uno de los grupos de anuros neotrópicales más interesantes, debido a su morfología y a sus características ecológicas y de comportamiento. Actualmente, se han reportado más de 74 especies para Colombia (Frost et. al. 2015) aunque se cree que existen más especies aun no identificadas en las áreas boscosas remanentes del país, en donde la fauna presente ha sido poco estudiada (Ruiz-C & Lynch 1997).

Los centrolénidos son especies territoriales y no permiten que otros machos cantores estén cerca de su percha de canto, por ello, con el objetivo de defender su territorio, presentan vocalizaciones de advertencia e incluso pelean entre machos de la misma especie (Restrepo & Naranjo 1999). Dentro de este grupo taxonómico, *Centrolene savagei* (Ruiz & Lynch 1991) es una especie endémica de Colombia, que se caracteriza por presentar un tamaño pequeño, una coloración verde con puntos verdes y blancos en el dorso, por la ausencia de espina humeral, por la presencia de dientes en el vómer, rostro redondeado, y por la presencia de línea labial blanca bastante visible. Esta especie depende totalmente de la

presencia de agua para su reproducción (Lynch 1979), motivo por el cual se encuentran con frecuencia en la vegetación aledaña a las fuentes de agua de los bosques (Ruiz & Lynch op. cit., Vargas-Salinas et. al. 2007, Quintero et. al. 2008).

El cuidado parental tiene lugar cuando cualquiera de los padres incrementa las oportunidades supervivencia y crecimiento de sus crías, usualmente a costa de su propia supervivencia y oportunidades de reproducción (Crump 1995). En cerca del 10% de las especies de anfibios ha sido reportado cuidado parental, y alrededor del 50% de los centrolenidos presentan este comportamiento (McDiarmid 1975, Deutel et. al. 2011, Vargas-Salinas et. al. 2014, Crump 1995). A pesar que los anuros pueden presentar diferentes tipos de cuidado parental, tales como transporte de los huevos, cuidado de los huevos, cuidado de los renacuajos, transporte de los renacuajos o alimentación de los renacuajos, se ha establecido que el más común en este grupo corresponde al cuidado de los huevos durante las etapas del desarrollo más vulnerables, lo que puede implicar mayores tasas de mortalidad (Vockenhubert et. al. 2009, Lehtinen & Georgidis 2012, Crump 1995).

En particular *Centrolene savagei* desarrolla cuidado parental sobre las posturas, siendo protegidas por los machos, los cuales se ubican directamente sobre ellas. Dichas posturas son depositadas mayoritariamente sobre el haz de las hojas de la vegetación de sotobosque lo cual facilita la identificación de las mismas y la respectiva asociación al “padre” (Vargas-Salinas et. al. 2014). Sin embargo, y dadas las diferentes alteraciones en los hábitats, los registros de *Centrolene savagei* han venido disminuyendo paulatinamente, lo que sugiere una reducción significativa de sus poblaciones, razón por la cual desde el 2004 se encuentra catalogada como especie vulnerable por la UICN (Castro-H & Bolívar-G 2010).

Poblaciones de *Centrolene savagei* han sido registradas en localidades en las Cordilleras Central y Occidental de Colombia, específicamente en los departamentos de Antioquia, Quindío, Risaralda, Caldas, Valle del Cauca y Tolima

(Ruiz-C & Lynch op. cit., Vargas-Salinas et. al. op. cit., Cadavid-C et. al. 2005, Castro-H & Vargas-Salinas 2008, Rojas-M et al. 2011, Diaz-G et. al. 2013, Luna-Mora 2011, Escobar-Lasso & Rojas-Morales 2012, Prado-Sañudo 2011, Guayasamin et. al. 2008). Como la mayoría de los anfibios, las poblaciones de *Centrolene savagei* son afectadas principalmente por las modificaciones en el hábitat, siendo las causas principales la tala de los bosques para la agricultura y la contaminación ambiental (Blaustein & Kiesecker 2002, Blaustein et. al. 2001, Corredor et. al. 2010).

Recientemente, fue registrada la ausencia de cuidado parental por parte de los machos de *Centrolene savagei* durante las horas del día en la localidad del Alto del Otoño, municipio de Cali (Prado-Sañudo 2011). Este cambio en el comportamiento descrito para la especie, también fue registrado en la cordillera Central, e incluso se detectó un incremento en la altura de la percha de canto, posiblemente asociado con cambios en las condiciones del hábitat (Vargas-Salinas et. al. 2014, Prado-Sañudo Obs. Pers.).

Centrolene savagei es una especie de la cual todavía existen muchos vacíos en el conocimiento de su biología y ecología. Aspectos generales que son esenciales para fortalecer los procesos de valoración del grado de amenaza que enfrenta la especie, como por ejemplo, el tamaño de sus poblaciones, aun son desconocidos. Como cualquier especie de anuro, *Centrolene savagei* responde de manera específica y única a las condiciones de su entorno, por lo tanto cualquier esfuerzo de conservación requiere de un conocimiento detallado del efecto que puede llegar a tener las características físicas del entorno sobre las condiciones fisiológicas y reproductivas de estos organismos.

En los bosques andinos numerosos factores han sido propuestos como elementos determinantes del éxito de apareamiento de los anuros que allí habitan, sin embargo, la importancia de cada uno de ellos depende principalmente de la

historia natural de la especie de interés. Considerando las características de *Centrolene savagei*, es de esperar que la variación del cuidado parental en esta especie dependerá principalmente de las condiciones climáticas locales, siendo una estrategia menos frecuente en aquellas áreas donde se presenten temperaturas bajas y el porcentaje de humedad relativa sea alto. Adicionalmente, en aquellas localidades con altos grados de intervención antrópica o bosques muy deteriorados, los individuos percharán y desovarán en alturas superiores a 2.0 m debido a la reducción en la disponibilidad del sustrato vegetal de menor altura.

Para responder a esta hipótesis de estudio, en el presente trabajo se estudió de manera sistemática las poblaciones de *Centrolene savagei* presentes en 8 localidades de los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío y Valle del Cauca, en las cuales se evaluaron aspectos ecológicos de esta especie considerando gran parte de su rango de distribución geográfica, teniendo como objetivos específicos 1. Describir la estrategia de cuidado parental considerando el efecto de variables bióticas y abióticas del hábitat (Capítulo 3), 2. Evaluar la altura de percha de los individuos teniendo en cuenta la estructura y características abióticas del dosel y la estrategia y ecología reproductiva que exhibe la especie (Capítulo 3), 3. Cuantificar el tamaño y describir la estructura de las poblaciones estudiadas, y 4. Establecer los atributos de las posturas detectadas (Capítulo 4).

2. PARENTAL ATTENDANCE AND SITE SELECTION OF *Centrolene savagei* IN THE WESTERN AND CENTRAL ANDES OF COLOMBIA

María Lucia Prado-Sañudo^{1,2}, Alan Giraldo¹, Wilmar Bolívar-G¹

¹ Grupo de Investigación en Ecología Animal. Universidad del Valle-Colombia.
ecologia.animal@correounivalle.edu.co

²Corresponding author: maria.prado@correounivalle.edu.co;

ABSTRACT

Centrolene savagei (Centrolenidae) is part of the group of glassfrogs and is endemic species to Colombia. It is characterized by a small size, a green dorsum with dark green and white dots, lack of humeral spine and rounded snout. This particular species has parental care of the clutches, being protected by the males which are placed on them. In order to describe parental attendance strategies exhibited by males of this species, we monitored eight localities in the Western and Central Andes of Colombia, where the species has been reported. For each individual and clutch identified we recorded height, distance to the edge, nearest edge, and leaf area. Additionally for clutches we took into account number of eggs, canopy cover, and presence or absence of parental care. We established that male attendance is less common during daylight hours, and it is not related with climatic or local environment conditions, but may be associated with other factors such as the presence of potential predators. *Centrolene savagei* presents a significant preference for laying its clutches on sites with heights between 0.1 -2.0 m above water level, however the amount of eggs is not related with factors such as height, leaf area, distance to the edge or nearest edge.

Key words: Amphibians, Centrolenidae, oviposition site, male attendance.

INTRODUCTION

Centrolene savagei (Ruiz & Lynch 1991) is an endemic glassfrog of Colombia that is characterized by a small body size, green dorsum with dark green and white dots, rounded snout when viewed dorsally, and lack of humeral spine (figure 1). Since 2004, this species has been listed by IUCN as a vulnerable species (Castro-H & Bolivar-G 2010, AmphibiaWeb 2015), being mainly affected by the clearing of forests for agriculture and environmental pollution (Blaustein & Kiesecker 2002).

Currently, *Centrolene savagei* has been registered in the Central and Western Andes of Colombia (Cordilleras Occidental and Central of Colombia) in the departments of Quindío, Antioquia, Risaralda, Caldas, Tolima and Valle del Cauca (Ruiz-C & Lynch 1991, Vargas-Salinas et. al. 2007, Cadavid-C et. al. 2005, Castro-H & Vargas-Salinas 2008, Rojas-M et. al. 2011, Diaz-G et. al. 2013, Luna-Mora 2011, Escobar-Lasso & Rojas-Morales 2012, Guayasamin et. al. 2008). This species lays egg clutches in the upper side of the leaves and the males exhibit parental attendance placing themselves near to or over the clutch (Vargas-Salinas et. al. 2007, Quintero et. al. 2008, Ruiz & Lynch 1991, Vargas-Salinas et. al. 2014).

Recently, absence of male attendance during the daylight hours was observed at El Alto del Otoño, Cali, department of Valle del Cauca (Pers. Obs. Prado-Sañudo). According with Delia et al. (2014), the lack of parental care in glassfrogs may cause embryos to hatch faster. Additionally, other behavioral changes were observed, such as the tendency of males staying and singing in leaves 3 m above the ground (Pers. Obs. Prado-Sañudo).

Here, we examined eight populations of *Centrolene savagei* in the departments of Caldas, Risaralda, Quindío and Valle del Cauca, in order to describe the changes of parental attendance and to evaluate the tendency of staying and ovipositing at higher levels.

MATERIALS AND METHODS

The data was collected in 8 field trips between October of 2012 and June 2013; each field trip lasted 3 days, and was performed in one of the eight localities established according to previous registers of the species (Table 1, figure 2). Visual encounter survey was conducted along one creek over an established transect of 500 meters per locality. All individuals and egg clutches were registered and a consecutive number was assigned. Adult individuals were marked by toe clipping. Height above the ground, distance to the edge of the creek, nearest edge and leaf area were registered for each individual and each clutch detected. Additionally for clutches, the number of eggs, canopy cover and presence or absence (over night and daylight hours) of the male was registered.

In order to search individuals and clutches at heights above 3 m, 4 ascent stations were set up along the transect, and ascent equipment was used to reach heights up to 6 meters above the ground. During the sampling effort a data logger to register temperature and humidity was installed in each transect.

Every sampling event occurred between 7pm and 1am, and between 11am and 2pm, by two persons, for a total sampling effort of 54 hours per locality.

In order to determine if the encounters of male attendance of *Centrolene savagei* were consistent with the expected according to literature (male attendance over day and night hours) a Chi-square test was carried out and a Hotelling's T^2 was performed for evaluating if the presence or absence of parental care was associated with biotic or abiotic variables. To determine if there was a tendency of ovipositing at higher altitudes Chi-square test was carried out and in order to know if there is a relationship between the number of eggs per clutch and variables such as height, nearest edge, distance to the edge of the creek, and leaf area, Spearman tests was used.

RESULTS

During the sample period, a total of 49 adult individuals (46♂ and 3♀), 9 juveniles, 19 egg clutches and 2 aplexus were registered; however, registers were only found in 6 of the 8 localities (absent in Ucumarí and Florencia, table 2). Male attendance was observed in 17 of the clutches in different ways: male over the clutch, male next to the clutch, and male in a leaf near the clutch (figure 3); parental attendance was also observed at different hours of the day (Table 3).

Although it was expected to find the male at different times of day, from 59 observations made to the clutches, male was present only 23 (18 over night hours, 5 over daylight hours). Only 4 of the 19 clutches (21.05%) had parental care during daylight hours, while the 73.68% of them had care during night. For two of the clutches parental attendance was never registered (one of them was a fully hatched clutch) (Table 3).

According to this results, males of *Centrolene savegi* are not always attending their clutches ($X^2=21.96$, $p<0.000$), however, this behavior is more often during night hours than daylight hours. It was also established that the presence or absence of the male is not related with the nearest edge, distance to edge, height, leaf area, temperature, humidity or canopy cover ($T^2=6.73$, $p<0.542$).

All the registered clutches were located at the upper side of the leaf, with a mean area of $639.32\text{cm}^2 \pm 970.74$, a mean distance to the edge of $31.63\text{cm} \pm 34.16$, and a mean height of $178.1\text{cm} \pm 97.6$. One of the clutches was fully hatched, so the number of eggs could not be determined, the other 18 had an average size of $20 \text{ eggs} \pm 4.14$.

According to selection of ovipositing sites, it was established that *Centrolene savagei* prefer to locate their clutches at heights between 0.1-2.0 meters above ground level ($X^2_2=9.57$, $p<0.008$), over running water. However, no significant

relationship between the size of the clutches and height ($r_s=0.39$, $p>0.05$), the area of the leaves ($r_s=0.14$, $p>0.05$), distance to edge ($r_s=0.04$, $p>0.05$), and nearest edge ($r_s=0.10$, $p>0.05$) were detected.

DISCUSSION

It is known that 10% of amphibian species have parental care; males of glassfrogs tempt to attend their eggs, especially within the genus *Centrolene* and *Hyalinobatrachium* (Vargas-Salinas et. al. 2014, McDiarmid 1975, Deutel et. al. 2011, Crump 1995). Even though anurans may present several types of parental care (egg transport, egg attendance, tadpole attendance, tadpole transport or tadpole feeding), it has been established that the most common type of parental care in this group is egg attendance, due to be the most vulnerable life stage, which may have high mortality rates (Vockenhubert et. al. 2009, Lehtinen & Georgidis 2012, Crump 1995).

Three main reasons have been suggested to explain the parental care in amphibians: increase reproductive success when fertility is low, decrease developmental abnormalities caused by yolk stratification or lack of oxygen, and provide a more suitable micro habitat for the development of the offspring (Crump 1996, Vockenhuber et al., 2008).

According to Hayes (1991), one of the main functions of parental care in frogs is to keep hydration of the embryos to ensure their development. However, this behavior seems to be closely related to the climate, being more intense during dry seasons or hot afternoons (Delia et al. 2010, 2013). Therefore, a variable parental care may generate environmental instability during the egg stage, altering the optimal time to hatch (Vockenhuber et al 2009, Delia et. a. 2014).

As shown, the absence of male attendance during daylight and night hours is not related to climatic conditions of the localities, or specific characteristics of the

ovipositing site, however it could be associated with the need of protection against potential predators (Escobar-Lasso & Rojas-Morales 2012). The presence or absence of the male in each clutch could be related to the risk for itself, of remaining in the clutch, due to the presence of predators, or the low incidence of clutches predators in the area, however it would require an extensive monitoring strategy in order to test this hypothesis.

It is widely accepted that males of Centrolenidae family are territorial, and are the ones that apparently select sites where the conditions may increase the survival of the embryos (Rueda, 1994, Valencia-Aguilar et al 2012, Cabanzo et al 2013, Dias et al 2014). In this context the results suggest that males of *Centrolene savagei* preferred leaves located at heights between 0.1-2.0m maybe in order to prevent the impact produced to tadpoles that fall from higher places, that could be a potential threat to reproductive success.

The size of the egg clutches in frogs may vary due to external factors. However, Duellman & Trueb (1986) identified the age, size and health of the female as the main causes for the varying size of the clutch. Likewise, Villa (1994) presented evidence suggesting that the size of the clutch in *Centrolene* group is highly variable, due to the variation in energy investment required by the heterogeneity of the conditions for oviposition sites. According to the results, there is no relationship between the number of eggs per clutch and the height, area of the leaf, distance to the edge or nearest edge, suggesting that this variation may depend on other aspects that aren't related with oviposition sites.

We conclude that parental attendance in *Centrolene savagei* is not exhibit during all daylight and night hours, being less frequent during the day. This behavior is not related with climatic and environmental conditions of the locality, but may be associated with other factors such as the presence of potential predators. Males are the ones that select and defend territories, including oviposition sites, having

preference for those located at heights between 0.1-2.0m. When higher places are selected, clutches tend to have greater amounts of eggs, probably to counteract the risk of death of tadpoles.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to express gratitude to COLCIENCIAS, specially the program Jóvenes Investigadores e Innovadores “Virginia Gutiérrez de Pineda”, and Karens Pizza, specially to Carlos Eduardo Valencia for financial support. To the Biology Department and Grupo de Investigación en Ecología Animal of the Universidad del Valle, for their support during the development of the study. To Ximena García, Carlos Burbano, Luz Angela Florez, Laura Tabares, Victor Gonzalez, Laura Vanesa Posso, Luz Marina Sañudo, Edder Alemson Escobar, Ana Maria Soria, Natalia Rivera and Juan Pablo Capera for their help in field work. Additionally we thank UMATA, Carton Colombia and all property owners for their authorization to do the study inside their farms. M.L. Prado-Sañudo is a student of Master Of Science-Biology program at Universidad del Valle.

LITERATURE CITED

AMPHIBIAWEB 2015. Information on amphibian biology and conservation.

Electronic Database accessible at <http://amphibiaweb.org/>

BLAUSTEIN, A.R. & KIESECKER, J.M. 2002. Complexity in conservation: lessons from the global decline of amphibian populations. *Ecology Letters* 5: 597–608

CABANZO-OLARTE, L. C., RAMÍREZ-PINILLA, M. P. & SERRANO-CARDOZO, V. H. 2013. Oviposition, Site preference, and evaluation of male clutch attendance in *Espadarana andina* (Anura: Centrolenidae). *Journal of Herpetology*, 47(2), 314-320.

- CADAVID-C., J.G., ROMAN-VALENCIA, C. & GÓMEZ-T, A. 2005. Composición y estructura de anfibios anuros en un transecto altitudinal de los Andes Centrales de Colombia. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.* 7(2) 103-118.
- CASTRO-H, F. & BOLIVAR-G, W. 2010. Libro rojo de los anfibios del Valle del Cauca. Feriva Impresores SA. Cali-Colombia. 200p
- CASTRO-H., F. & VARGAS-SALINAS, F. 2008. Anfibios y reptiles en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 9(2): 251-277.
- CRUMP, M. L. (1996). Parental care among the Amphibia. *Advances in the Study of Behaviour*, 25, 109-144.
- DELIA, J.R.J., CISNEROS-H, D.F., WHITNEY, J., MURRIETA-G, R. 2010. Observations on the reproductive behavior of a neotropical glassfrog, *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Anura: Centrolenidae). *South American Journal of Herpetology* 5 (1):1-12.
- DELIA, J.R.J., RAMÍREZ-BAUTISTA, A. & SUMMERS, K. 2013. Parents adjust care in response to weather conditions and egg dehydration in a Neotropical glassfrog. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 67(4), 557-569.
- DELIA, J.R.J., RAMÍREZ-BAUTISTA, A. & SUMMERS, K. 2014. Glassfrogs embryos hatch early after parental desertation. *Proceedings of the Royal Society B.* 281: 20133237

- DEUTEL, N., SALGADO-M., A.L., ABUZA, R., IMBA, H., GRIFFIN, K. & GUAYASAMIN, J.M. 2011. Advertisement and combat calls of the glass frog *Centrolene lynchi* (Anura: Centrolenidae), with notes on combat and reproductive behaviors. *Phyllomedusa* 10(1):31-34.
- DIAS, T. M., MARAGNO, F. P., PRADO, C. P., & CECHEIN, S. Z. 2014. Reproductive site selection in the leaf-frog *Phyllomedusa azurea* Cope, 1862 (Anura: Hylidae) in altered areas of the Brazilian Cerrado. *Journal of Natural History*, 48(43-44), 2689-2699.
- DIAZ-GUTIERREZ, N., VARGAS-SALINAS, F., RIVERA-CORREA, M., ROJAS-MORALES, J.A., ESCOBAR-LASSO, S., VELASCO, J.A., GUTIERREZ-CARDENAS, P.D. & AMEZQUITA, A. 2013. Description of the previously unknown advertisement call and tadpole of the Colombian endemic glassfrog *Centrolene savagei* (Anura:Centrolenidae). *Zootaxa* 3686(2):289-296.
- DUELLMAN, W.E. & TRUEB, L. 1986. Biology of amphibians. McGraw-Hill, Inc.: New York. 642p.
- ESCOBAR-LASSO, S. & ROJAS-MORALES, J.A. 2012. Antipredatory behaviors of the colombian endemic glassfrog *Centrolene savagei* (Anura: Centrolenidae). *Boletín Científico Centro de Museos. Museo de Historia Natural* 16(1): 226-232.
- GUAYASAMIN, J.M., CASTROVIEJO-FISHER, S., AYARZAGÜENA, J., TRUEB, L. & VILLA, C. 2008. Phylogenetic relationships of glassfrogs (Centrolenidae) based on mitochondrial and nuclear genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 48: 574-595

- GUAYASAMIN, J.M., CASTROVIEJO-FISHER, S., TRUEB, L., AYARZAGÜENA, J., RADA, M. & VILA, C. 2009. Phylogenetic systematics of Glassfrogs (Amphibia: Centrolenidae) and their sister taxon *Allophryne ruthveni*. *Zootaxa* 2100: 1-97
- HAYES, M.P. 1991. A study of clutch attendance in the neotropical frog *Centrolenella fleischmanni* (Anura: Centrolenidae). Ph.D. dissertation. University of Miami, Florida, USA.
- LEHTINEN, R.M. & GEORGIADIS, A.P. 2012. Observations on parental care in the glass frog *Hyalinobatrachium orientale* (Anura: Centrolenidae) from Tobago, with comments on its natural history. *Phyllomedusa* 11(1): 75-77
- LUNA-MORA, V.F. 2011. Anfibios. Norte del Departamento del Tolima, Colombia. Fundación Herencia Natural y Fundación Biología y Conservación Ambiental. 4p.
- McDIARMID, R.K. 1975. Glassfrog Romance Along a Tropical Stream. *Terra*, Los Angeles County Museum 13:14-18.
- QUINTERO-A, A., DÍAZ, N., VELASCO J. A. & D. OSORIO-D, D. 2008. Comportamiento reproductivo de la rana de cristal *Cochranella savagei* (Anura: Centrolenidae) en los Andes centrales de Colombia. Pág. 172. In: VIII Congreso Latinoamericano de Herpetología. Cuba. Libro de resúmenes. 304p.
- ROJAS-M., J.A., ESCOBAR-L., S. & GUTIERREZ-C., P.D.A. 2011. Contribución al conocimiento de los anfibios de la región centro-sur de Caldas: primeros registros de ranas de cristal (Anura: Centrolenidae) para el

municipio de Manizales, Colombia. Bol.cient.mus.hist.nat 15(1):75-83.

RUEDA-A., J.V. 1994. Estudio anatómico y relaciones sistemáticas de *Centrolene geckoideum* (Salientia: Anura: Centrolenidae). Trianea 5: 133-187.

RUIZ-CARRANZA, P. M. & LYNCH, J. D. 1991. Ranas Centrolenidae de Colombia III. Nuevas Especies de *Cochranella* del Grupo *granulosa*. Lozanía. Acta Zoológica Colombiana 59:3-17.

VALENCIA-AGUILAR, A., CASTRO-HERRERA, F. & RAMÍREZ-PINILLA, M.P. 2012. Microhabitats for oviposition and male clutch attendance in *Hyalinobatrachium aureoguttatum* (Anura: Centrolenidae). Copeia, 2012(4), 722-731.

VARGAS-SALINAS, F., LOPEZ-A, F. & MUÑOZ-G., N. 2007. *Cochranella savagei* reproduction. Herpetological review 38(4): 436-437.

VARGAS-SALINAS, F., QUINTERO-ANGEL, A., OSORIO-DOMINGUEZ, D., ROJAS-MORALES, J.A., ESCOBAR-LASSO, S., GUTIERREZ-CÁRDENAS, P.D.A., RIVERA-CORREA, M. & AMÉZQUITA, A. 2014. Breeding and parental behaviour in the glass frog *Centrolene savagei* (Anura: Centrolenidae). Journal of Natural History 48(27-28): 1689-1705.

VILLA, J. 1984. Biology of a neotropical glass frog, *Centrolenella fleishmanni* (Boettger), with special reference to its frogfly associates. Milwaukee Public Museum Contributions in Biology and Geology 55:1-60.

- VOCKENHUBER, E. A., HÖLD, W. & KARPFENU, U. 2008. Reproductive behaviour of the glass frog *Hyalinobatrachium valerioi* (Anura: Centrolenidae) at the tropical stream Quebrada Negra (La Gamba, Costa Rica). Zugleich Kataloge der oberoösterreichischen Landesmuseen Neue Serie 80:335–348.
- VOCKENHUBER, E.A., HÖLD, W. & AMEZQUITA, A. 2009. Glassy Fathers Do Matter: Egg Attendance Enhances Embryonic Survivorship in the Glass Frog *Hyalinobatrachium valerioi*. Journal of Herpetology 43(2): 340-344.

Table 1. Localities. LAT: latitude, LON: Longitude, E: Elevation (m above sea level), P: mean precipitation (mm/year), T: mean temperature (°C)

LOCALITY	MUNICIPALITY	LAT	LON	E	P	T
Alto Bonito	Manizales	05°06'42.9"N	75°30'33.4"W	1780	2600	18
Florencia	Samaná	05°31'41.3"N	75°02'52.0"W	1520	1460	20
La Pastora	Pereira	04°42'07.0"N	75°32'04.9"W	2100	2220	12
Santa Rosa de Cabal	Santa Rosa de Cabal	04°53'23.5"N	75°37'10.3"W	1650	2573	19
Finlandia	Finlandia	04°40'57.6"N	75°38'21.2"W	1830	2515	17
Boquía	Salento	04°38'05.8"N	75°35'28.2"W	1720	1820	15
Alto el Otoño	Santiago de Cali	03°22'21.4"N	76°36'08.1"W	1650	2000	18
Chicoral	La Cumbre	03°33'44.5"N	76°35'35.1"W	1790	1200	19

Table 2: Number of individuals and clutches of *Centrolene savagei* registered at 6 localities of study.

LOCALITY	Alto Bonito	Santa Rosa de Cabal	Finlandia	Boquía	Alto del Otoño	Chicoral	Total
Males	7	7	2	2	20	8	46
Females	0	2	0	0	1	0	3
Juveniles	0	0	0	1	6	2	9
Amplexus	0	1	0	0	1	0	2
Clutches	2	5	0	1	8	3	19

Table 3: Hours of male attendance over clutches of *Centrolene savagei*.

LOCALITY	CLUTCH	OBSERVATION TIME			
		MALE PRESENT		MALE ABSENT	
		DURING DAY	DURING NIGHT	DURING DAY	DURING NIGHT
Alto Bonito	1	-	21:35	12:01	-
	2	-	21:50	12:01	-
Santa Rosa de Cabal	1	11:54	20:45 20:59	11:27	-
	2	-	21:15	11:22	20:16
		-		11:20	
	3	-	21:20	11:22 11:20	20:16
	4	11:22	-	11:20	20:16 21:22
	5*	-	-	11:55	-
Boquía	1	-	21:36	11:43 12:39	20:39 20:17
	1	-	20:30	13:56	21:11
Alto del Otoño	2	-	21:30	14:01 11:52 12:25	22:57 22:36
	3	14:03 11:41	23:09 22:10 21:33	12:14	-
	4	-	21:50	11:37 12:07	-
	5	-	22:38	11:48 12:18	-
	6	-	20:55	12:27	-
	7	-	21:50	12:33	-
	8	-	22:15	12:38	-
	1	-	-	10:53	19:45
	2	-	21:25	11:00	-
	3	11:00	-	11:00	21:30

*Fully hatched clutch

FIGURE LEGENDS

Figure 1: Male of *Centrolene savagei*.

Figure 2: Sampled localities.

Figure 3: Types of parental attendance exhibited by males of *Centrolene savagei*.
a) male over the clutch, b) male next to the clutch, and c) male in a leaf near the clutch.



Figure 1

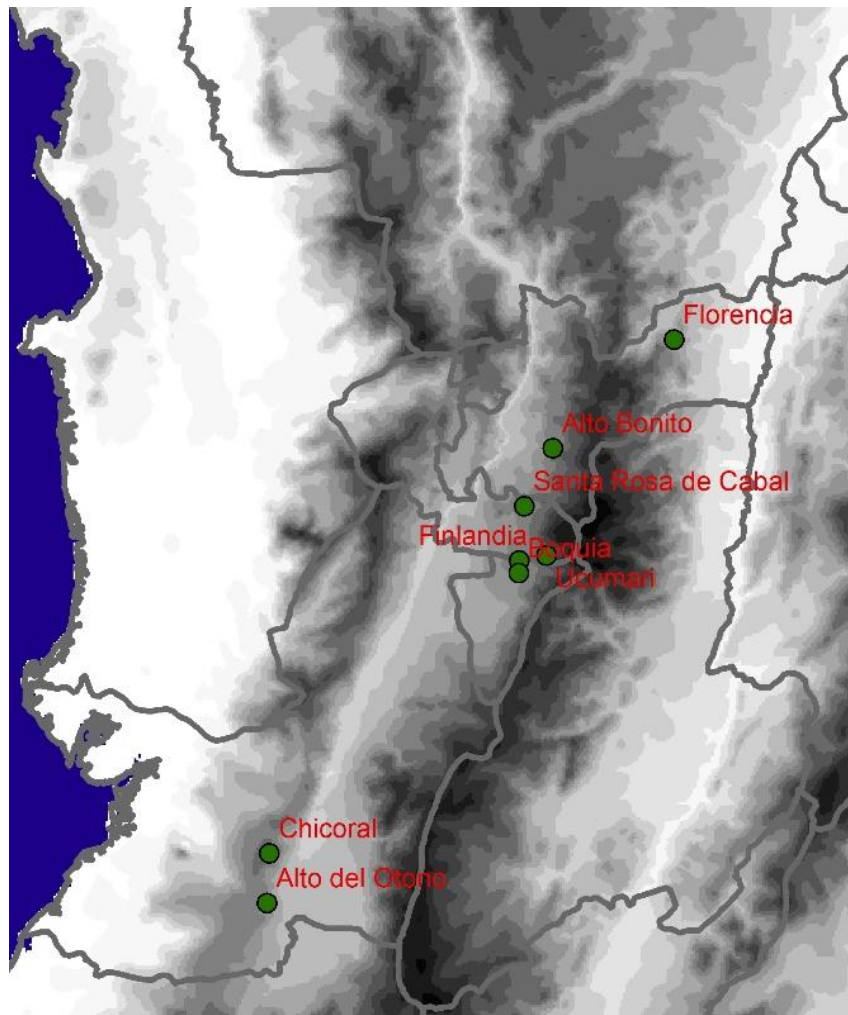


Figure 2:

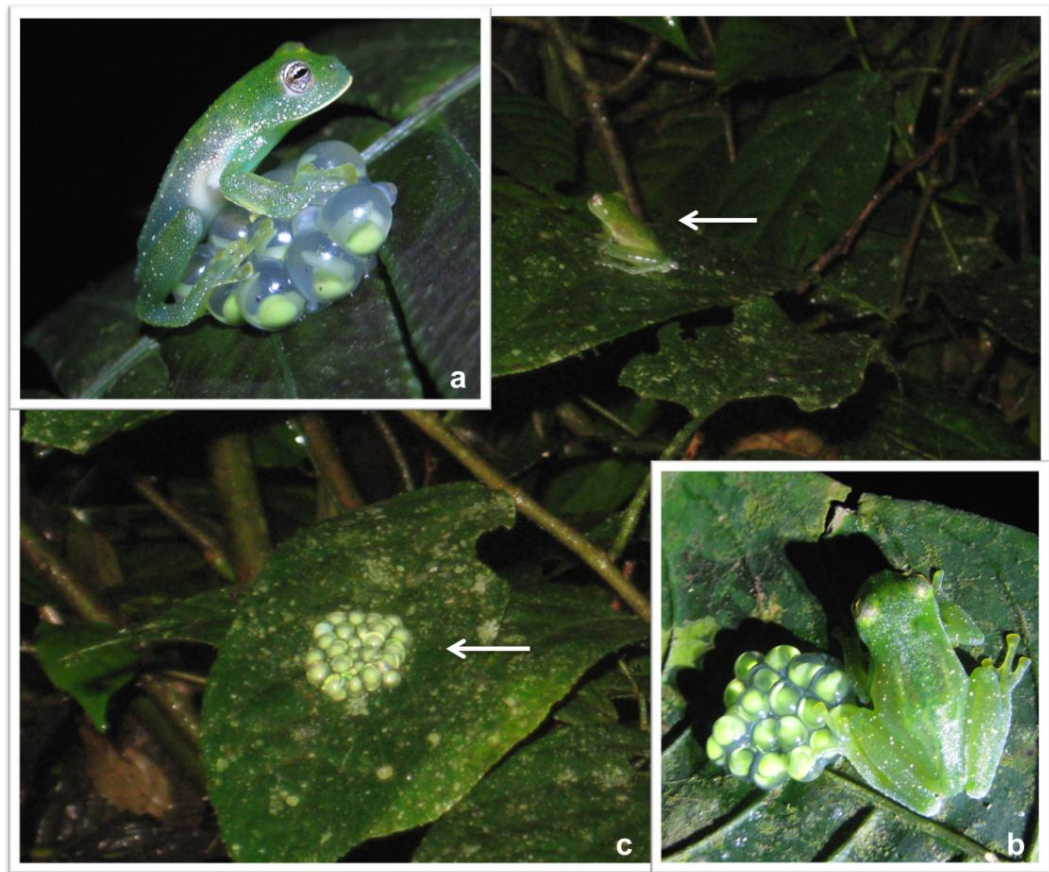


Figure 2:

3. POPULATION STATUS OF *Centrolene savagei* IN THE WESTERN AND CENTRAL ANDES OF COLOMBIA

María Lucia Prado-Sañudo^{1,2}, Alan Giraldo¹, Wilmar Bolívar-G¹

¹ Grupo de Investigación en Ecología Animal. Universidad del Valle-Colombia.
ecologia.animal@correounivalle.edu.co

²Corresponding author: maria.prado@correounivalle.edu.co

ABSTRACT

Centrolene savagei (Centrolenidae) is part of the group of glass frogs and is an endemic species to Colombia. It is characterized by a small size, a green dorsum with dark green and white dots, lack of humeral spine, rounded snout and white stomach and rectum. This species has been registered in the Central and Western Andes of Colombia (Cordilleras Occidental and Central of Colombia) in the departments of Antioquia, Quindío, Risaralda, Caldas, Tolima and Valle del Cauca. In order to determine the population status and sizes of the species in the Western and Central Andes of Colombia, we performed 8 field trips in 8 different localities of four departments (Valle del Cauca, Quindío, Risaralda and Cauca) where *Centrolene savagei* was previously reported. Visual encounters were performed in order to register individuals and egg clutches of the species. We determine that the species was present in 6 of the 8 studied localities (absent at Ucumarí and Florencia), showing apparently stable populations. The population size was only estimated for three localities (Alto del Otoño, Chicoral, and Santa Rosa), suggesting that a higher sampling effort is needed in order to obtain more accurate information about these populations (Finlandia, Boquía and Alto Bonito). Male individuals and clutches are usually found between 1.5-2.0 meters, while female

individuals stay most of the time above 6.0 meters height, and only go down for reproduction.

Key words: Amphibians, Centrolenidae, population size, capture-recapture, perche site.

INTRODUCTION

The family Centrolenidae is a clade of anurans, commonly known as glassfrogs, endemic to the Neotropical region, occurring from southern Mexico through Central America and into South America mainly through the Cordillera de Los Andes from Venezuela to Bolivia, with species in the Amazonas and Orinoco River basins, the Guayana Shield region, eastern Brazil, and northern Argentina (Frost 2014).

Considerable advances in phylogenetic knowledge of the family Centrolenidae have been achieved; but the natural history, ecology, and conservation status of most species are virtually unknown (Cisneros-Heredia & McDiarmid 2003, 2004). Actually, of the 153 species of glassfrogs, 74 have been reported in Colombia (AmphibiaWeb 2015). One of this is *Centrolene savagei* (Ruiz & Lynch 1991), an endemic species to Colombia that is characterized by a small body size, green dorsum with dark green and white dots, rounded snout when viewed dorsally, and lack of humeral spine (Ruiz & Lynch 1991). Since 2004, this species has been listed by IUCN as vulnerable (Castro-H & Bolivar-G 2010, AmphibiaWeb 2015), being mainly affected by the clearing of forests for agriculture and environmental pollution (Blaustein & Kiesecker 2002).

Centrolene savagei has been reported from the Central and Western Andes of Colombia, in some locations of the departments of Antioquia, Quindío, Risaralda, Caldas, Tolima and Valle del Cauca (Ruiz-C & Lynch 1991, Vargas-Salinas et. al. 2007, Cadavid-C et. al. 2005, Castro-H & Vargas-Salinas 2008, Rojas-M et. al. 2011, Diaz-G et. al. 2013, Luna-Mora 2011, Escobar-Lasso & Rojas-Morales 2012,

Guayasamin et. al. 2008). However, population sizes have not been estimated yet although this is a main ecological index in order to determine the conservation status for an species. In this paper, we used capture-recapture techniques in order to estimate the population size of *Centrolene savagei* population in the localities where it has been previously reported.

MATERIALS AND METHODS

Capture-recapture data were collected in eight field trips carried out between October 2012 and June 2013. Field trips were performed in eight different localities within Western and Central Andes of Colombia (Table 1), each field trip lasted 3 days long, and every locality was sampled once. In each locality, a 500 m transect was established along a creek, and a visual encounter survey was carried out at night by two observers during four hours during night, and 1.5 hours during daylight. The effective effort was equivalent to 33 hours per locality.

All individuals detected were marked with a consecutive number using the toe clipping techniques. A recapture history for each locality was assemblage from the subsequent surveys. Taking into account the short sampling time, we assumed closed population conditions and use the adjusted Lincoln-Petersen model (N_B) in order to estimate the population size.

As no recaptures were recorded at Ucumarí and Florencia, this estimation only was carried out in the localities where the recapture was positive, and the population size record was used in order to define the *Centrolene savagei* density in these locations as individuals per hectare.

Finally, each captured individual was sexed through physical observations of characteristics such as size and buccal slips, and the height above water level of the perch was registered. Furthermore, all detected clutches in each transect were marked with a consecutive number, and height above water level was recorded. In

order to search individuals and clutches at heights above 3 m, four ascent stations were set up along each transect, and ascent equipment was used to reach heights up to 6 meters above the ground.

RESULTS

A total of 49 adult individuals (46♂ and 3♀), 9 juveniles, 18 egg clutches, and 2 amplexus were registered during this study. However, at Ucumarí and Florencia, no individuals of *Centrolene savagei* were found (Table 2). The highest abundance was found in Alto el Otoño (21 individuals) and the lowest abundance was recorded in Finlandia and Boquía (2 individuals, table 3). The average amount of individuals and clutches of *Centrolene savagei* found per hour during the sampling effort were 0.409 and of 0.144 respectively. Only at Alto del Otoño, Chicoral and Santa Rosa de Cabal recapture was present (Table 3).

The estimate population size in the Alto del Otoño was 132 ± 13 individuals (density = 440 ± 43 Ind/ha), followed by the population found at Chicoral with 41 ± 8 individuals (density = 137 ± 27 Ind/ha), and the last one found at Santa Rosa de Cabal with 37 ± 6 individuals (density = 123 ± 20 ind/ha).

No recaptures occurred at Finlandia, Boquía or Alto Bonito. Therefore, no estimation of population size at these localities could be done.

Adult individuals were found between 59 and 445 cm above water level, with a mean height of 182.5 ± 78.6 cm (Table 4). Female individuals were found between 114 to 124 cm above water level. Egg clutches were found at the same height range, with a mean height of 180.7 ± 99.9 cm (Table 5).

DISCUSSION

This study provides the first quantitative assessment of population metrics of *Centrolene savagei* in six localities of Colombia. This species has been classified as vulnerable by the IUCN (Castro-H & Bolívar-G 2010, AmphibiaWeb 2015) and

currently it has been recorded in six departments (Ruiz-C & Lynch 1991, Vargas-Salinas et. al. 2007, Cadavid-C et. al. 2005, Castro-H & Vargas-Salinas 2008, Rojas-M et. al. 2011, Diaz-G et. al. 2013, Luna-Mora 2011, Escobar-Lasso & Rojas-Morales 2012, Guayasamin et. al. 2008).

Baseline population vital rates, including abundance, survival, and population growth rates, are critical for determining extinction risk and population trends. Mark–recapture studies are a particularly robust method for determining population vital rates and can be used to monitor changes through time (Cole et. al. 2014). Although, long term monitoring is essential to accurately distinguish drivers of population dynamics, assess extinction risk and rigorously estimate population parameters (Bonebrake et. al. 2010, Caldwell et. al. 1991), some authors like Funk et. al. (2003) and Cole et. al. (2014) have been suggested that short-term capture-recapture analysis, assuming closed populations, is a good method for monitoring density of small frogs over time.

Our result suggests that some sites (e.g., Alto el Otoño) may be capable of supporting larger breeding populations and thus have greater conservation value for this endemic species. However, no records in some locations (e.g. Florencia and Ucumari) where it has been previously recorded (Ruiz & Lynch 1991, Rojas-M et. al. 2011, Prado-Sañudo 2011), suggests that the species could have been extinguish from those areas, that the population size is too small that it requests a greater sampling effort in order to determine their occurrences, or that the local conditions of these areas were not the proper ones for the reproduction of the species, decreasing the chance of visual encounters .

Unfortunately, the low rate of recaptures only allowed estimating the population size at three locations: Alto del Otoño, Chicoral, and Santa Rosa. Populations of Finladia, Boquía and Alto Bonito require a higher sampling effort in order to achieve a population estimate and be able to draw more accurate conclusions.

However, a positive record of *Centrolene savagei* in all these locations, suggest that local biotic and abiotic conditions are enough for sustaining individuals of this specie. Furthermore, the low rate of recaptures could be associated with a low detectability of *Centrolene savagei* in the study zones. It is usually common in complex and heterogeneous systems, such as tropical forests, and may derive from a cryptic coloration of *Centroeles savagei*, sex behavior patterns or with a seasonal reduced individual foraging activity and reproduction (Haddad & Giaretta 1999, Ruiz-Gutierrez & Zipkin 2011, Kajin & Grelle 2012, Maritz & Alexander 2012).

The range height of perching between 1.5-2.0 meters, tempt to provide favorable conditions to reduce predation by small terrestrial mammals on individuals or eggs, even it does not represent a risk to the survival of tadpoles (Hampton & Otto 2014, Cisneros-Heredia & Guayasamin 2014). On the other hand, females usually stay at a higher level within the forest (Restrepo & Naranjo 1999, Quintero et. al. 2008), reducing drastically its detectability by traditional sampling methods. However, it is important to emphasize that, despite the ascents made with the equipment (reaching heights of up to 6 meters), no females of the species were found between 2.0-6.0 meters high, suggesting that females preferred perches above 6 m height, getting down only for reproduction (Quintero et al. 2008)., that females usually migrate to the inner part of the forest, or that other sampling techniques are required in order to improve the results.

We conclude that *Centrolene savagei* has apparently stable populations at four departments of Colombia (Valle del Cauca, Risaralda, Quindío and Caldas). We were able to report the size and density of the population in three locations (Alto del Otoño, Chicoral and Santa Rosa de Cabal), in five other locations, it is required to increase the sampling effort in order to define the *Centrolene savagei* vital rates. At two locations (Florencia and Ucumari) where this species has been previously

recorded, it seems that is no longer there. However, further studies are needed in order to determine the complete absence of the species at these localities.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to express gratitude to COLCIENCIAS, specially the program Jóvenes Investigadores e Innovadores “Virginia Gutiérrez de Pineda”, and Karens Pizza, specially to Carlos Eduardo Valencia for financial support. To the Biology Department and Grupo de Investigación en Ecología Animal of the Universidad del Valle, for their support during the development of the study. To Ximena García, Carlos Burbano, Luz Angela Florez, Laura Tabares, Victor Gonzalez, Laura Vanesa Posso, Luz Marina Sañudo, Edder Alemson Escobar, Ana Maria Soria, Natalia Rivera and Juan Pablo Capera for their help in field work. Additionally we thank UMATA, Carton Colombia and all property owners for their authorization to do the study inside their farms. M.L. Prado-Sañudo is a student of Master Of Science-Biology program at Universidad del Valle.

LITERATURE CITED

- AMPHIBIAWEB 2015. Information on amphibian biology and conservation. Electronic Database accessible at <http://amphibiaweb.org/>
- BLAUSTEIN, A.R. & KIESECKER, J.M. 2002. Complexity in conservation: lessons from the global decline of amphibian populations. *Ecology Letters* 5: 597–608
- BONEBRAKE, T. C., CHRISTENSEN, J., BOGGS, C. L., & EHRLICH, P. R. 2010. Population decline assessment, historical baselines, and conservation. *Conservation Letters*, 3(6), 371-378.
- CADAVID-C., J.G., ROMAN-VALENCIA, C. & GÓMEZ-T, A. 2005. Composición y estructura de anfibios anuros en un transecto altitudinal de los Andes Centrales de Colombia. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.* 7(2) 103-118.
- CALDWELL, I., VITT, L. J., & GIBBONS, J. W. 1991. Declining amphibian populations: the problem of separating human impacts from natural fluctuations. *Science*, 253, 892-895.
- CASTRO-H, F. & BOLIVAR-G, W. 2010. Libro rojo de los anfibios del Valle del Cauca. Feriva Impresores SA. Cali-Colombia. 200p
- CASTRO-H., F. & VARGAS-SALINAS, F. 2008. Anfibios y reptiles en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 9(2): 251-277.

- CISNEROS-HEREDIA, D. F., & GUAYASAMIN, J. M. 2014. Notes on the taxonomy of some Glassfrogs from the Andes of Peru and Ecuador (Amphibia: Centrolenidae). *Papéis Avulsos de Zoologia* (São Paulo), 54(12), 161-168.
- CISNEROS-HEREDIA, D.F. & McDIARMID, R.W. 2003. Ecuadorian Glass Frogs: Current state of knowledge, new research trends and conservation. Abstracts 2003 Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists. Manaus. Brasil.
- CISNEROS-HEREDIA, D.F. & McDIARMID, R.W. 2004. Observations on the taxonomy, distribution, and conservation status of the centrolenids from Ecuador (Anura: Centrolenidae). Abstracts 2004 Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists. Oklahoma, USA.
- COLE, E. M., BUSTAMANTE, M. R., ALMEIDA-REINOSO, D., & FUNK, W. C. (2014). Spatial and temporal variation in population dynamics of Andean frogs: Effects of forest disturbance and evidence for declines. *Global Ecology and Conservation*, 1, 60-70.
- DIAZ-GUTIERREZ, N., VARGAS-SALINAS, F., RIVERA-CORREA, M., ROJAS-MORALES, J.A., ESCOBAR-LASSO, S., VELASCO, J.A., GUTIERREZ-CARDENAS, P.D. & AMEZQUITA, A. 2013. Description of the previously unknown advertisement call and tadpole of the Colombian endemic glassfrog *Centrolene savagei* (Anura:Centrolenidae). *Zootaxa* 3686(2):289-296.
- ESCOBAR-LASSO, S. & ROJAS-MORALES, J.A. 2012. Antidepredatory behaviors of the colombian endemic glassfrog *Centrolene savagei*

(Anura: Centrolenidae). Boletín Científico Centro de Museos. Museo de Historia Natural 16(1): 226-232.

FROST, D. 2004. Amphibian Species of the World. American Museum of Natural History, New York, USA. <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html> (accessed October 2005).

FUNK, W. C., ALMEIDA-REINOSO D., NOGALES-SORNOSA, F., & BUSTAMANTE, M. R. 2003. Monitoring population trends of Eleutherodactylus frogs. Journal of Herpetology, 37(2), 245-256.

GUAYASAMIN, J.M., CASTROVIEJO-FISHER, S., AYARZAGÜENA, J., TRUEB, L. & VILLA, C. 2008. Phylogenetic relationships of glassfrogs (Centrolenidae) based on mitochondrial and nuclear genes. Molecular Phylogenetics and Evolution 48: 574-595

GUAYASAMIN, J.M., CASTROVIEJO-FISHER, S., TRUEB, L., AYARZAGÜENA, J., RADA, M. & VILA, C. 2009. Phylogenetic systematics of Glassfrogs (Amphibia: Centrolenidae) and their sister taxon *Allophryne ruthveni*. Zootaxa 2100: 1-97

HADDAD C.F. & GIARETTA A.A. 1999. Visual and acoustic communication in the Brazilian torrent frog, *Hylodes asper* (Anura: Leptodactylidae). Herpetologica 55:324–333.

HAMPTON, P. M., & OTTO, K. L. 2014. Notes on the reproductive biology of the glass frog *Centrolene bacatum* (Anura: Centrolenidae). Phyllomedusa: Journal of Herpetology, 13(2), 137-140.

- KAJIN, M. & GRELE, C.E.V. 2012. Microhabitat selection when detection is imperfect: the case of an endemic Atlantic forest mammal. *Ecological Research* 27:1005–1013.
- LUNA-MORA, V.F. 2011. Anfibios. Norte del Departamento del Tolima, Colombia. Fundación Herencia Natural y Fundación Biología y Conservación Ambiental. 4p.
- MARITZ, B. & ALEXANDER, G. 2012. Population density and survival estimates of the African viperid, *Bitis schneideri*. *Herpetologica* 68:195–202.
- PRADO-SAÑUDO, M.L. 2011. Ubicación de las Posturas y Éxito Reproductivo de *Cochranella savagei*, en la Parte Alta de la Microcuenca del Río Lili, Valle del Cauca. Tesis de Pregrado. Cali-Colombia. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias. 36p.
- QUINTERO-A, A., DÍAZ, N., VELASCO J. A. & D. OSORIO-D, D. 2008. Comportamiento reproductivo de la rana de cristal *Cochranella savagei* (Anura: Centrolenidae) en los Andes centrales de Colombia. Pág. 172. In: VIII Congreso Latinoamericano de Herpetología. Cuba. Libro de resúmenes. 304p.
- RESTREPO, J.H. & NARANJO L.G. 1999. Ecología Reproductiva de una Población de *Cochranella ignota* (Anura: Centrolenidae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 86:49-59.
- ROJAS-M., J.A., ESCOBAR-L., S. & GUTIERREZ-C., P.D.A. 2011. Contribución al conocimiento de los anfibios de la región centro-sur de Caldas: primeros registros de ranas de cristal (Anura: Centrolenidae) para el

municipio de Manizales, Colombia. Bol.cient.mus.hist.nat 15(1):75-83.

RUIZ-CARRANZA, P. M. & LYNCH, J. D. 1991. Ranas Centrolenidae de Colombia III. Nuevas Especies de *Cochranella* del Grupo *granulosa*. Lozanía. Acta Zoológica Colombiana 59:3-17.

RUIZ-GUTIERREZ, V. & ZIPKIN, E.F. 2011. Detection biases yield misleading patterns of species persistence and colonization in fragmented landscapes. Ecosphere 2:1–14.

VARGAS-SALINAS, F., LOPEZ-A, F. & MUÑOZ-G., N. 2007. *Cochranella savagei* reproduction. Herpetological review 38(4): 436-437.

Table 1. Localities. LAT: latitude, LON: Longitude, E: Elevation (m above sea level), P: mean precipitation (mm/year), T: mean temperature (°C)

LOCALITY	MUNICIPALITY	LAT	LON	E	P	T
Alto Bonito	Manizales	05°06'42.9"N	75°30'33.4"W	1780	2600	18
Florencia	Samaná	05°31'41.3"N	75°02'52.0"W	1520	1460	20
Ucumarí	Pereira	04°42'07.0"N	75°32'04.9"W	2100	2220	12
Santa Rosa de Cabal	Santa Rosa de Cabal	04°53'23.5"N	75°37'10.3"W	1650	2573	19
Finlandia	Finlandia	04°40'57.6"N	75°38'21.2"W	1830	2515	17
Boquía	Salento	04°38'05.8"N	75°35'28.2"W	1720	1820	15
Alto el Otoño	Santiago de Cali	03°22'21.4"N	76°36'08.1"W	1650	2000	18
Chicoral	La Cumbre	03°33'44.5"N	76°35'35.1"W	1790	1200	19

Table 2: Individuals of *Centrolene savagei* registered at the localities

LOCALITY	Alto del Otoño	Florencia	Chicoral	Finlandia	Santa Rosa de Cabal	Boquía	Ucumarí	Alto Bonito	Total
Males	20	0	8	2	7	2	0	7	46
Females	1	0	0	0	2	0	0	0	3
Juveniles	6	0	2	0	0	1	0	0	9
Amplexus	1	0	0	0	1	0	0	0	2
Clutches	7	0	3	0	5	1	0	2	18

Table 3: Marked and recaptured *Centrolene savagei* individuals per locality

LOCALITY	MARKED	RECAPTURED
Alto del Otoño	21	3
Chicoral	8	1
Finlandia	2	0
Santa Rosa	9	2
Boquía	2	0
Alto Bonito	7	0

Table 4: Height at which adult individuals where found. Individuals with two different heights, refer to recapture events.

LOCALITY	ADULT INDIVIDUAL	SEX	HEIGHT (cm)
Alto del Otoño	1	♂	214
	2	♂	149,7 233,4
	3	♂	124 124
	4	♀	124
	5	♂	203
	6	♂	92
	7	♂	190
	8	♂	59
	9	♂	113
	10	♂	121,5 132
	11	♂	154
	12	♂	136
	13	♂	165
	14	♂	217
	15	♂	95
	16	♂	91,5
	17	♂	234
	18	♂	138
	19	♂	270
	20	♂	445
	21	♂	173,5
Chicoral	1	♂	153
	2	♂	97,5
	3	♂	144,2
	4	♂	184
	5	♂	133
	6	♂	148 142
	7	♂	167
	8	♂	155,5
Finlandia	1	♂	178,6
	2	♂	438

Boquia	1	♂	138,5
	2	♂	252
Santa Rosa de Cabal			205,5
	1	♂	205,5
			205,5
	2	♂	212,2
	3	♂	185,8
	4	♂	121
	5	+	121
	6	+	114
	7	♂	113,2
	8	♂	250
	9	♂	132
Alto Bonito	1	♂	204,5
	2	♂	236,54
	3	♂	282
	4	♂	312,5
	5	♂	321
	6	♂	317
	7	♂	165,5

Table 5: Egg clutches height at 6 localities

LOCALITY	CLUTCH	HEIGHT
Alto Bonito	1	282
	2	321
Santa Rosa de Cabal	1	205,5
	2	212,2
	3	185,8
	4	113,2
	5	228
Boquía	1	138,5
Alto del Otoño	1	140
	2	124
	3	92
	4	59
	5	91,5
	6	270
	7	445
Chicoral	1	69,2
	2	133
	3	142

4. DISCUSIÓN GENERAL

Centrolene savagei es una especie que pese a estar catalogada como vulnerable según la UICN (Castro-H & Bolivar-G op. cit., AmphibiaWeb 2015), tiene registros de poblaciones estables en las cordilleras Central y Occidental de Colombia. Sin embargo, muchas de estas poblaciones han sido afectadas, a tal punto que en algunos casos, la especie no se ha vuelto a registrar (Ruiz-C & Lynch 1991, Vargas-Salinas et. al. 2007, Cadavid-C et. al. 2005, Castro-H & Vargas-Salinas 2008, Rojas-M et. al. 2001, Diaz-G et. al. 2013, Luna-Mora 2011, Escobar-Lasso & Rojas-Morales 2012). Para definir de manera acertada el nivel de vulnerabilidad de una especie, no solo basta con conocer su patrón geográfico de distribución, sino que se hace necesario establecer algunos atributos poblacionales como el tamaño o la densidad, e incluso la información sobre aspectos reproductivos adquieren una mayor relevancia (Fryxell et al 2014). Este estudio proporciona la primera evaluación cuantitativa de algunos indicadores de poblaciones de *Centrolene savagei* en seis localidades de Colombia, información que se convierte en punto de referencia para el monitoreo de esta especie endémica de Colombia.

La falta de registros de esta especie en Florencia y Ucumarí, localidades donde previamente había sido reportada (Ruiz & Lynch 1991, Rojas-M et. al. 2011., Prado-Sañudo 2011), sugieren que *Centrolene savagei* podría estar extinta localmente, o que las poblaciones son tan pequeñas que se requiere de un esfuerzo de muestreo mayor para determinar su presencia en estas zonas. Adicionalmente, se pudo establecer que el Alto del Otoño, es una localidad que provee soporte a poblaciones de mayor tamaño, lo cual la convierte en una localidad de mayor valor de importancia para la conservación de la especie.

Las bajas tasas de recaptura impidieron la estimación poblacional en algunas localidades, por lo que se recomienda un mayor esfuerzo de muestreo en localidades tales como Finlandia, Boquía y Alto Bonito, con el fin de lograr dichas

estimaciones y poder obtener conclusiones más precisas. Sin embargo, el hecho de que existan registros de esta especie en seis de las ocho localidades estudiadas, sugiere que las condiciones bióticas y abióticas de las zonas son adecuadas para la especie, y probablemente la baja tasa de recapturas estaría asociada con una baja probabilidad de detección de la especie como resultado de la segregación sexual del uso del hábitat y capacidad críptica (Haddad & Giaretta 1999, Ruiz-Gutierrez & Zipkin 2011, Kajin & Grelle 2012, Maritz & Alexander 2012).

Es claro que una tendencia al cuidado parental en los anfibios puede incrementar el éxito reproductivo cuando la tasa de fertilidad es baja, puede disminuir anomalías durante el desarrollo embrionario, y brindar un micro hábitat más favorable para el desarrollo de la progenie (Crump 1996, Vockenhuber et al. 2008). Sin embargo, este comportamiento parece estar también estrechamente relacionado con las condiciones climáticas locales o la probabilidad de depredación que enfrenta la postura (Delia et al. 2010, 2013).

Para *Centrolene savagei* se pudo determinar que la ausencia de cuidado parental por parte del macho no está relacionado con las condiciones climáticas de las diferentes localidades, o a características específicas de los sitios de ovoposición, sin embargo, por lo que probablemente esta variabilidad en el patrón general de cuidado parental estaría relacionado a la necesidad de brindar protección a los huevos contra posibles depredadores (Escobar-Lasso & Rojas-Morales 2012); por lo tanto, la presencia o ausencia del macho dependerá primordialmente del riesgo que ello implique para sí mismo, o a la baja incidencia de posibles depredadores de los huevos. En este contexto, en ambientes con adecuadas condiciones microclimáticas y una baja probabilidad de depredación la presencia de los machos cuidando la postura sería innecesaria.

Como todos los machos de la familia Centrolenidae, los machos de *Centrolene savagei* son altamente territoriales, y además escogen los sitios de oviposición buscando incrementar la probabilidad de supervivencia a la progenie (Rueda 1994, Valencia-Aguilar et al 2012, Cabanzo et al 2013, Dias et al 2014). Estos individuos defienden activamente sus sitios de percha de intrusos, y tienden a ubicar sus huevos a una altura entre 1.5-2.0 metros sobre las corrientes de agua, con el propósito de reducir la incidencia de depredadores rastreros y aumentar la supervivencia de los renacuajos (Hampton & Otto 2014, Cisneros-Heredia & Guayasamin 2014).

Por otra parte, las hembras de *Centrolene savagei*, suelen habitar un estrato de altura mayor en el sotobosque, lo que reduce la probabilidad de detectabilidad por parte de los investigadores (Restrepo & Naranjo 1999, Quintero et. al. 2008). En el presente trabajo no se registraron hembras de esta especie entre los 2.0-6.0 metros de altura, aún haciendo uso de equipo de acenso, por lo que es altamente probable que las hembras de *Centrolene savagei* estén habitando incluso un estrato arbóreo mayor a 6 m y solo descienda para los procesos reproductivos y de ovoposición como lo sugiere Quintero et. al. (2008).

El número de huevos que conforman una postura puede variar entre individuos de una misma especie por factores como la edad, el tamaño y el estado de salud de la hembra (Duellman & Trueb 1986). Sin embargo, en los Centrolenidos el tamaño de la postura ha sido fuertemente relacionado con la variación en el gasto energético asociado a las diferencias en las condiciones de los sitios de oviposición (Villa 1994). Para *Centrolene savagei*, se logró establecer que el número promedio de huevos que conforma una postura no se relaciona con las condiciones físicas del sitio de postura como la altura, el área de la hoja, distancia a la orilla u orilla más cercana. Probablemente, el tamaño de la postura en esta especie estaría respondiendo a un factor particular, que aún no ha sido identificado.

Con este trabajo se aporta información técnica complementaria sobre aspectos poblacionales y uso del hábitat para actividades reproductivas de *Centrolene savagei* en todo su rango de distribución geográfica. Sin embargo, aún es desconocido el efecto que pueda tener la rápida transformación y fragmentación del hábitat que ocupan o incluso la alteración del ciclo hidrológico local por efecto de cambio climático sobre estas poblaciones.

5. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, se logró determinar que pese a ser una especie catalogada como vulnerable según la UICN, *Centrolene savagei* se encuentra presente en seis de las ocho localidades estudiadas, sugiriendo que las condiciones bióticas y abióticas de estas localidades (Alto del Otoño, Chicoral, Finlandia, Santa Rosa de Cabal, Boquía y Alto Bonito) son adecuadas para la especie, siendo claro que algunas localidades (e.g. Alto del Otoño) son capaces de soportar poblaciones más grandes, por lo que tendrían un mayor valor para la conservación.

La estimación del tamaño poblacional solo fue posible en tres localidades (Alto del Otoño, Chicoral y Santa Rosa de Cabal) debido a que en las otras no se obtuvieron recapturas, probablemente asociado a una baja probabilidad de detección como consecuencia de una baja densidad poblacional. La ausencia de registros en localidades como Florencia y Ucumarí sugiere una extinción local de la especie o una disminución drástica en las densidades de estas poblaciones, lo que impidió su encuentro durante el tiempo de muestreo.

Los machos y las posturas de la especie se encontraron preferentemente entre 1.5-2.0m de altura, sugiriendo que este rango brinda condiciones favorables para el desarrollo de los huevos. Además, probablemente reduzca el efecto de los depredadores al evitar el accionar de depredadores rastreros, aunque no es tan alto como para poner en riesgo la integridad de los renacuajos al impactar la corriente de agua al caer. Las hembras por el contrario, se encontraron a alturas mayores a los 6 m, bajando a los estrados inferiores únicamente para la reproducción.

Aunque se registró una tendencia al incremento en el número de huevos por postura a medida que esta se encuentra ubicada a alturas superiores, el tamaño

de las posturas no estuvo estadísticamente relacionado con la altura, el área de la hoja o la distancia a la orilla o la orientación geográfica de la misma. Por lo tanto, se asume que la elección del sitio para la ovoposición no está determinado por ninguno de estos factores.

Pese a que existe una fuerte tendencia al cuidado de las posturas por parte del macho, éste no siempre estuvo presente, siendo menor la incidencia del cuidado parental durante el día que durante la noche. Aunque se determinó que la presencia o ausencia del macho no está ligada a las condiciones climáticas o ambientales de cada localidad, se propone que esta tendencia puede estar fuertemente asociada con otros factores tales como la presencia de depredadores.

Con el fin de ahondar más en el conocimiento ecológico de la especie, se hace necesario un mayor esfuerzo de muestreo que permita evaluar aspectos no considerados durante el estudio, además de validar la presencia de *Centrolene savagei* en localidades donde ha sido reportada con anterioridad, pero que debido a diferentes factores, sus poblaciones se han visto fuertemente afectadas, a tal punto que pudiera estar extinta en algunas de las localidades en donde previamente ha sido reportada.

6. LITERATURA CITADA

ACOSTA-GALVIS, A. 2000. Ranas, Salamandras y Caecilias (Tetrapoda: Amphibia) de Colombia. *Biota Colombiana* 1:289-319.

AMPHIBIAWEB 2015. Information on amphibian biology and conservation. Electronic Database accessible at <http://amphibiaweb.org/>

ARROYO, S., JEREZ, A. & RAMIREZ-PINILLA, M.P. 2003. Anuros de un boque de niebla en la Cordillera Oriental de Colombia. *Caldasia* 25(1): 153-167.

BLAUSTEIN, A.R., BELDEN, L.K., OLSON, D.H., GREEN D.M., ROOT, T.L. & KIESECKER, J.M. 2001. Amphibian Breeding and Climate Change. *Conservation Biology* 15(6) 1804-1809.

BLAUSTEIN, A.R. & KIESECKER, J.M. 2002. Complexity in Conservation: Lessons From the Global Decline of Amphibian Populations. *Ecology Letters* 5: 597–608.

CABANZO-OLARTE, L. C., RAMÍREZ-PINILLA, M. P. & SERRANO-CARDOZO, V. H. 2013. Oviposition, Site preference, and evaluation of male clutch attendance in *Espadarana andina* (Anura: Centrolenidae). *Journal of Herpetology*, 47(2), 314-320.

CADAVID-C., J.G., ROMAN-VALENCIA, C. & GÓMEZ-T, A. 2005. Composición y estructura de anfibios anuros en un transecto altitudinal de los Andes Centrales de Colombia. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.* 7(2) 103-118.

- CASTRO-H, F. & BOLIVAR-G, W. 2010. Libro Rojo de los Anfibios del Valle del Cauca. Feriva Impresores SA. Cali-Colombia. 200p.
- CASTRO-H., F. & VARGAS-SALINAS, F. 2008. Anfibios y reptiles en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 9(2): 251-277.
- CISNEROS-HEREDIA, D. F., & GUAYASAMIN, J. M. 2014. Notes on the taxonomy of some Glassfrogs from the Andes of Peru and Ecuador (Amphibia: Centrolenidae). *Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)*, 54(12), 161-168.
- CISNEROS-HEREDIA, D.F. & McDIARMID, R.W. 2007. Revision of the characters of Centrolenidae (Amphibia: Anura: Athesphatanura), with comments on its taxonomy and the description of new taxa of glassfrogs. *Zootaxa* 1572: 1-82.
- CORREDOR, G., VELAZQUEZ, B., VELASCO, J.A., CASTRO-H., F., BOLIVAR-G., W. & SALAZAR, M.L. 2010. Plan de acción para la conservación de anfibios del departamento del Valle del Cauca. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC. Feriva Impresores S.A. Cali-Colombia. 33p.
- CRUMP, M.L. (1995). Parental Care. En: HEATWOLE, H. & SULLIVAN, B.K. *Amphibian Biology. Volumen 2: Social Behavior*. Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, Australia. 518-567p
- CRUMP, M. L. (1996). Parental care among the Amphibia. *Advances in the Study of Behaviour*, 25, 109-144.

- DELIA, J.R.J., CISNEROS-H, D.F., WHITNEY, J., MURRIETA-G, R. 2010. Observations on the reproductive behavior of a neotropical glassfrog, *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Anura: Centrolenidae). South American Journal of Herpetology 5 (1):1-12.
- DELIA, J.R.J., RAMÍREZ-BAUTISTA, A. & SUMMERS, K. 2013. Parents adjust care in response to weather conditions and egg dehydration in a Neotropical glassfrog. Behavioral Ecology and Sociobiology, 67(4), 557-569.
- DEUTEL, N., SALGADO-M., A.L., ABUZA, R., IMBA, H., GRIFFIN, K. & GUAYASAMIN, J.M. 2011. Advertisement and combat calls of the glass frog *Centrolene lynchi* (Anura: Centrolenidae), with notes on combat and reproductive behaviors. Phyllomedusa 10(1):31-34.
- DIAS, T. M., MARAGNO, F. P., PRADO, C. P., & CECHEIN, S. Z. 2014. Reproductive site selection in the leaf-frog *Phyllomedusa azurea* Cope, 1862 (Anura: Hylidae) in altered areas of the Brazilian Cerrado. Journal of Natural History, 48(43-44), 2689-2699.
- DIAZ-GUTIERREZ, N., VARGAS-SALINAS, F., RIVERA-CORREA, M., ROJAS-MORALES, J.A., ESCOBAR-LASSO, S., VELASCO, J.A., GUTIERREZ-CARDENAS, P.D. & AMEZQUITA, A. 2013. Description of the previously unknown advertisement call and tadpole of the Colombian endemic glassfrog *Centrolene savagei* (Anura:Centrolenidae). Zootaxa 3686(2):289-296.
- DUELLMAN, W.E. & TRUEB, L. 1986. Biology of amphibians. McGraw-Hill, Inc.: New York. 642p.

- ESCOBAR-LASSO, S. & ROJAS-MORALES, J.A. 2012. Antidepredatory behaviors of the colombian endemic glassfrog *Centrolene savagei* (Anura: Centrolenidae). Boletín Científico Centro de Museos. Museo de Historia Natural 16(1): 226-232.
- FRYXELL, J. M., SINCLAIR, A. R., & CAUGHLEY, G. (2014). Wildlife ecology, conservation, and management. John Wiley & Sons.
- GALEANO, S.P., URBINA, J.C., GUTIERREZ-C., P.D.A., RIVERA-C., M. & PAEZ, V. 2006. Los anfibios de Colombia, diversidad y estado del conocimiento. Tomo II. Pp 106-118. En: Informe Nacional sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad. Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt, Bogotá.
- GARCÍA-R, J.C., CÁRDENAS-H, H. & CASTRO-H, F. 2007. Relación entre la diversidad de anuros y los estados sucesionales de un bosque muy húmedo montano bajo del Valle del Cauca, suroccidente Colombiano. Caldasia 29(2): 363-374.
- GLAW, F. & J. KÖHLER. 1998. Amphibian species diversity exceeds that of Mammals. Herpetological Review 29: 11-12.
- GUAYASAMIN, J.M., CASTROVIEJO-FISHER, S., AYARZAGÜENA, J., TRUEB, L. & VILLA, C. 2008. Phylogenetic relationships of glassfrogs (Centrolenidae) based on mitochondrial and nuclear genes. Molecular Phylogenetics and Evolution 48: 574-595
- GUAYASAMIN, J.M., CASTROVIEJO-FISHER, S., TRUEB, L., AYARZAGÜENA, J., RADA, M. & VILA C. 2009. Phylogenetic systematics of Glassfrogs

(Amphibia: Centrolenidae) and their sister taxon *Allophryne ruthveni*. Zootaxa. 2100: 1-97.

HADDAD C.F. & GIARETTA A.A. 1999. Visual and acoustic communication in the Brazilian torrent frog, *Hylodes asper* (Anura: Leptodactylidae). Herpetologica 55:324–333.

HAMPTON, P. M., & OTTO, K. L. 2014. Notes on the reproductive biology of the glass frog *Centrolene bacatum* (Anura: Centrolenidae). Phyllomedusa: Journal of Herpetology, 13(2), 137-140.

KAJIN, M. & GRELE, C.E.V. 2012. Microhabitat selection when detection is imperfect: the case of an endemic Atlantic forest mammal. Ecological Research 27:1005–1013.

LEHTINEN, R.M. & GEORGIADIS, A.P. 2012. Observations on parental care in the glass frog *Hyalinobatrachium orientale* (Anura: Centrolenidae) from Tobago, with comments on its natural history. Phyllomedusa 11(1): 75-77

LUNA-MORA, V.F. 2011. Anfíbios. Norte del Departamento del Tolima, Colombia. Fundación Herencia Natural y Fundación Biología y Conservación Ambiental. 4p.

LYNCH J.D. 1979. The Amphibians of the Lowland Tropical Forest. 189-215. En: Restrepo, J.H. & Naranjo L.G. 1999. Ecología Reproductiva de una Población de *Cochranella ignota* (Anura: Centrolenidae). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 86:49-59.

LYNCH, J. D. 1998. La riqueza de la fauna anfibia de los Andes colombianos. *Innovación y Ciencia* 7: 46-51.

MARITZ, B. & ALEXANDER, G. 2012. Population density and survival estimates of the African viperid, *Bitis Schneideri*. *Herpetologica* 68:195–202.

McDIARMID, R.K. 1975. Glassfrog Romance Along a Tropical Stream. *Terra, Los Angeles County Museum* 13:14-18.

PRADO-SAÑUDO, M.L. 2011. Ubicación de las Posturas y Éxito Reproductivo de *Cochranella savagei*, en la Parte Alta de la Microcuenca del Río Lili, Valle del Cauca. Tesis de Pregrado. Cali-Colombia. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias. 36p.

QUINTERO-A, A., DÍAZ, N., VELASCO J. A. & D. OSORIO-D, D. 2008. Comportamiento reproductivo de la rana de cristal *Cochranella savagei* (Anura: Centrolenidae) en los Andes centrales de Colombia. Pág. 172. En: VIII Congreso Latinoamericano de Herpetología. Cuba. Libro de resúmenes. 304p.

RESTREPO, J.H. & NARANJO L.G. 1999. Ecología Reproductiva de una Población de *Cochranella ignota* (Anura: Centrolenidae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 86:49-59.

ROJAS-M., J.A., ESCOBAR-L., S. & GUTIERREZ-C., P.D.A. 2011. Contribución al conocimiento de los anfibios de la región centro-sur de Caldas: primeros registros de ranas de cristal (Anura: Centrolenidae) para el

- municipio de Manizales, Colombia. Bol.cient.mus.hist.nat 15(1):75-83.
- RUEDA-A., J.V. 1994. Estudio anatómico y relaciones sistemáticas de *Centrolene geckoideum* (Salientia: Anura: Centrolenidae). Trianea 5: 133-187.
- RUIZ-CARRANZA, P. M. & LYNCH, J. D. 1991. Ranas Centrolenidae de Colombia III. Nuevas Especies de *Cochranella* del Grupo *granulosa*. Lozanía. Acta Zoológica Colombiana 59:3-17.
- RUIZ-CARRANZA, P. M. & LYNCH, J. D. 1997. Ranas Centrolenidae de Colombia X. Los Centrolénidos de un perfil del flanco oriental de la Cordillera Central en el Departamento de Caldas. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 21 (81):541-553.
- RUIZ-GUTIERREZ, V. & ZIPKIN, E.F. 2011. Detection biases yield misleading patterns of species persistence and colonization in fragmented landscapes. Ecosphere 2:1–14.
- VALENCIA-AGUILAR, A., CASTRO-HERRERA, F. & RAMÍREZ-PINILLA, M.P. 2012. Microhabitats for oviposition and male clutch attendance in *Hyalinobatrachium aureoguttatum* (Anura: Centrolenidae). Copeia, 2012(4), 722-731.
- VARGAS-SALINAS, F., LOPEZ-A, F. & MUÑOZ-G., N. 2007. *Cochranella savagei* reproduction. Herpetological review 38(4): 436-437.
- VARGAS-SALINAS, F., QUINTERO-ANGEL, A., OSORIO-DOMINGUEZ, D., ROJAS-MORALES, J.A., ESCOBAR-LASSO, S., GUTIERREZ-

- CÁRDENAS, P.D.A., RIVERA-CORREA, M. & AMÉZQUITA, A. 2014. Breeding and parental behaviour in the glass frog *Centrolene savagei* (Anura: Centrolenidae). *Journal of Natural History* 48(27-28): 1689-1705.
- VILLA, J. 1984. Biology of a neotropical glass frog, *Centrolenella fleishmanni* (Boettger), with special reference to its frogfly associates. *Milwaukee Public Museum Contributions in Biology and Geology* 55:1-60.
- VOCKENHUBER, E. A., HÖLD, W. & KARPFENU, U. 2008. Reproductive behaviour of the glass frog *Hyalinobatrachium valerioi* (Anura: Centrolenidae) at the tropical stream Quebrada Negra (La Gamba, Costa Rica). *Zugleich Kataloge der oberoösterreichischen Landesmuseen Neue Serie* 80:335–348.
- VOCKENHUBER, E.A., HÖLD, W. & AMEZQUITA, A. 2009. Glassy Fathers Do Matter: Egg Attendance Enhances Embryonic Survivorship in the Glass Frog *Hyalinobatrachium valerioi*. *Journal of Herpetology* 43(2): 340-344.