

CLAVE INTERACTIVA PARA GÉNEROS DE ANUROS COLOMBIANOS DE LA
COLECCIÓN HERPETOLÓGICA DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

SILVIA FERNANDA NÚÑEZ FLÓREZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA
BUCARAMANGA
2018

CLAVE INTERACTIVA PARA GÉNEROS DE ANUROS COLOMBIANOS DE LA
COLECCIÓN HERPETOLÓGICA DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

SILVIA FERNANDA NÚÑEZ FLÓREZ

Trabajo de grado para optar el título de bióloga

Tutora

Viviana Romero Alarcón

Bióloga

Codirectores

Martha Patricia Ramírez Pinilla

Doctora en Ciencias Biológicas

Daniel Rafael Miranda Esquivel

Doctor en Ciencias Naturales

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOLOGÍA

BUCARAMANGA

2018

AGRADECIMIENTOS

A mi directora, Viviana Romero Alarcón por el tiempo dedicado, aporte de su conocimiento y la ayuda brindada durante el desarrollo de esta pasantía de investigación.

A mis codirectores, la profesora Martha Patricia Ramírez Pinilla y el profesor Daniel Rafael Miranda Esquivel por aportar sus conocimientos y ser una guía durante el desarrollo de este proyecto.

A los compañeros del Laboratorio de Biología Reproductiva de Vertebrados por escuchar mis adelantos y juzgar constructivamente durante cada etapa del desarrollo de este proyecto.

A los compañeros del Laboratorio de Entomología y el Laboratorio de Sistemática y Biogeografía, quienes amablemente me acogieron y permitieron trabajar tranquilamente en estos sitios de trabajo, durante la etapa de revisión de ejemplares.

Al Grupo de Estudios en biodiversidad de la UIS, por el apoyo financiero del proyecto.

A mí madre, por su apoyo incondicional durante todos los años. Gracias, con su comprensión y cariño todo ha sido más fácil.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. OBJETIVOS.....	15
1.1 OBJETIVO GENERAL	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2. CUERPO DEL TRABAJO.....	16
2.1 MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
2.2 RESULTADOS.....	18
2.3 DISCUSIÓN.....	24
3. CONCLUSIÓN	27
4. RECOMENDACIONES.....	28
BIBLIOGRAFÍA	29
ANEXOS	34

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Peso asignado a cada carácter útil en la revisión de ejemplares.....	21
---	----

LISTA DE ANEXOS

	Pág
Anexo A. Listado de caracteres morfológicos clásicos por bibliografía.....	34
Anexo B. Listado de caracteres útiles en la revisión de ejemplares.....	34
Anexo C. Matriz de caracteres codificados luego de la revisión.....	34
Anexo D. Análisis de agrupamiento exploratorio.....	34
Anexo E. Diccionario descriptivo e ilustrativo.....	34
Anexo F. Clave electrónica para ejecutar en intKey.....	34
Anexo G. Clave electrónica exportada como clave tradicional.....	34

RESUMEN

TÍTULO: CLAVE INTERACTIVA PARA GÉNEROS DE ANUROS COLOMBIANOS DE LA COLECCIÓN HERPETOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*

AUTOR: SILVIA FERNANDA NÚÑEZ FLÓREZ**

PALABRAS CLAVES: CLAVE INTERACTIVA, DETERMINACIÓN TAXONÓMICA, CARACTERES

DESCRIPCIÓN:

La clave interactiva proporciona un fácil reconocimiento de caracteres a partir de ilustraciones y descripciones detalladas; esta clave es multisequencia con punto de inicio determinado por el usuario, haciendo que el número de pasos en la determinación taxonómica sea menor en comparación con una clave tradicional y dicotómica. Adicionalmente, la posibilidad de modificación por parte de cualquier investigador, o el fácil uso por parte de personas inexpertas en la taxonomía del grupo de estudio, son factores importantes que impulsan el uso de este tipo de herramientas interactivas. En Colombia los ejercicios con claves interactivas son pocos, o no están publicados en una revista científica y han sido realizados en áreas diferentes a la herpetología. En este trabajo generamos una clave interactiva en el formato DELTA, a nivel de género para los anuros adultos presentes en la Colección de Herpetología del Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander, como primer esfuerzo para actualizar y modernizar las claves disponibles para la fauna anura del país. Con este fin, concatenamos una lista de 107 caracteres a partir de las descripciones bibliográficas de las 82 especies (41 géneros: 13 familias) presentes en la Colección de Herpetología-UIS. Estos caracteres los confirmamos haciendo una revisión morfológica de 530 ejemplares; redefinimos y codificamos 72 caracteres útiles para determinar taxonómicamente los especímenes de la colección. Bajo el análisis de agrupamiento (distancia de Gower y UPGMA) obtuvimos los caracteres que agrupan los distintos niveles taxonómicos (Familia/Géneros). Finalmente, construimos una clave interactiva en OpenDelta, en la que los caracteres diagnósticos para grupos monotéticos o politéticos tuvieron mayor peso que los que no lo son. En conclusión, todos los géneros de la Colección de Herpetología-UIS pueden ser determinados fácilmente a partir de caracteres exclusivamente morfológicos macroscópicos.

* Trabajo de grado

** Facultad de ciencias. Escuela de Biología. Tutora: Leidy Viviana Romero Alarcón. Bióloga

ABSTRACT

TITLE: INTERACTIVE KEY FOR COLOMBIAN ANURAN GENDERS OF THE HERPETOLOGICAL COLLECTION OF THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER*

AUTHOR: SILVIA FERNANDA NÚÑEZ FLOREZ**

KEYWORDS: INTERACTIVE KEY, TAXONOMIC IDENTIFICATION, CHRACTERS

DESCRIPTION:

An interactive key provides an easy way for recognizing characters based on detailed illustrations/drawings and descriptions. These keys are multi-sequential and allow a shorter-step taxonomic identification as the starting point can be set by users. In addition, as it can be partially modified by any author and easily used by inexperienced taxonomists, the usage of these kind of interactive tools has increased. In Colombia, the exercises with interactive keys are few, they are not published in a scientific journal and they have been done in other areas than herpetology. Therefore, here we developed a genus-level taxonomic key using the DELTA format, for adult specimens housed at the UIS Herpetology Collection as a first effort to update and modernize the taxonomic information for the anuran fauna of the country. For this purpose, we concatenated a list of 107 morphological characters based on descriptions for the 82 species (41 genera: 13 families) held at the UIS Herpetology Collection. These characters were then confirmed after a morphological revision of 530 specimens and, according to this, we redefined and codified 72 useful characters for determining taxonomically specimens of this collection. After assessing a cluster analysis (UPGMA using Gower distance) we obtained the set of characters that must be used for family-level and genus-level recognition. Finally, we developed an interactive key in OpenDelta in which diagnostic characters for monothetical or polythetic groups had greater weight than those that had not. In conclusion, each of the genera here analyzed can be easily identified by using morphological characters only.

* Bachelor Thesis

** Facultad de ciencias. Escuela de Biología. Tutora: Leidy Viviana Romero Alarcón. Bióloga

INTRODUCCIÓN

La taxonomía utiliza claves como guía para la identificación de entidades biológicas. En el campo de la herpetología colombiana, las claves para individuos adultos de Anura son clásicas o tradicionales y desactualizadas. La clave taxonómica de anfibios y reptiles de Castro-Herrera¹ es la más utilizada como material básico de docencia o como punto de partida para la determinación de familias y géneros de anuros colombianos. Sin embargo, siendo la más usada, no se cita en los correspondientes trabajos taxonómicos, por ser una clave que carece de publicación en una revista científica. Las claves publicadas como artículos científicos para las especies de anuros distribuidos en Colombia son escasas, y las existentes son específicas para un determinado grupo, estadio o región (renacuajos de la familia Hylidae², adultos del género *Gastrotheca*³, adultos del género *Eleutherodactylus*⁴, adultos *Hypsiboas*⁵). Estas claves son generalmente construidas como claves tradicionales con caracteres subjetivos o relativos a la consideración del investigador, lo que dificultan la correcta identificación de los individuos por parte de personas inexpertas en la taxonomía de ranas, ya que no hay una referencia explícita de como diferenciar los estados propuesto por el

¹ CASTRO-HERRERA, Fernando. Taxonomía de anfibios y reptiles, claves de identificación. Manuscrito no publicado. s.f., p. 1-45.

² LYNCH, John D y SUAREZ, Angela. Clave ilustrada de los renacuajos en las tierras bajas al oriente de los Andes, con énfasis en Hylidae. Caldasia, 2011, vol. 33, no 1.

³ DUELLMAN, William E. Lista anotada y clave de los sapos marsupiales (Anura: Hylidae: *Gastrotheca*) de Colombia. Caldasia, 1989, p. 105-111.

⁴ LYNCH, John D. Lista anotada y clave para las ranas (género *Eleutherodactylus*) chocoanas del Valle del Cauca, y apuntes sobre las especies de la Cordillera Occidental adyacente. Caldasia, 1999, vol. 21, no 2, p. 184-202.

⁵ MENDOZA, Juan S. Aportes para la identificación de las ranas gladiadoras del género *Hypsiboas* (wagler, 1830) ;(anura: Hylidae), presentes en las tierras bajas del caribe colombiano. Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA, 2014, vol. 6, no 1, p. 55-69.

investigador^{6,7}. Por ejemplo, Lynch⁸ para el carácter de tímpano presenta cuatro estados (tímpano ausente, tímpano visible, tímpano poco visible, tímpano prominente), donde el estado poco visible podría estar sujeto a la percepción de cada persona.

A diferencia de la clave tradicional, la clave interactiva facilita el reconocimiento de caracteres a partir de ilustraciones y descripciones de la morfología del grupo en particular⁹. Además, no restringe al taxónomo a iniciar por un determinado carácter, sino que éste puede elegir libremente el punto de partida y su propia secuencia para la determinación de un ejemplar; lo cual, proporciona una correcta identificación o clasificación a pesar de posibles errores en la elección de opciones comparativas de cada carácter durante la secuencia. Por otra parte, en caso de ser necesario, la base de datos se puede modificar según lo considere el autor¹⁰.

Las claves interactivas existentes se encuentran generalmente enfatizadas en otras áreas diferentes a la herpetología; por ejemplo, la botánica^{11,12} y la entomología^{13,14,15}, en los que el programa DELTA ha sido utilizado exitosamente.

⁶ HAGEDORN, Gregor; RAMBOLD, Gerhard y MARTELLOS, Stefano. Types of identification keys. In: Nimis PL, Vignes Lebbe R, editors. Tools for Identifying Biodiversity: Progress and Problems, 2010. p. 59–64.

⁷ DALLWITZ, Michael J; PAINE, Toni A y ZURCHER, Eric J. User's guide to the DELTA system: a general system for processing taxonomic descriptions. 2006.

⁸ LYNCH. Op. cit., p. 184-202.

⁹ HAGEDORN; RAMBOLD y MARTELLOS. Op. cit., p. 59-64.

¹⁰ *Ibíd.*, p. 59-64.

¹¹ ANDRADE GALLEGOS, René Humberto, *et al.* Uso del programa Delta para el estudio de los hongos Aphylophorales no poroides de México. Ciencia UANL, 2009, vol. 12, no 2. p.165-168.

¹² GRECEBIO, Alejandro y LIEDE-SCHUMANN, Sigrid. The Philippine Rubiaceae genera: updated synopsis in INTKEY databases of the DELTA System. Blumea-Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants, 2003, vol. 48, no 2, p. 261-277.

¹³ ABRANTES, Eduardo A. Fauna de Isotomidae (Collembola: *Entomobryomorpha*) em áreas da restinga Marambaia, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Museu Nacional, UFRJ. Brasil, 2011.

¹⁴ WATSON, L y DALLWITZ, Michael J. The families of spiders represented in Britain and Ireland. delta-intkey.com. 2004.

¹⁵ GUALDRÓN-DÍAZ, Julieth. "Interactive key of the tribe Tabanini (Diptera: Tabanidae) from protected areas in Colombia" y "Description of a new species of Tabanidae (Diptera) from Colombia: *Tabanus chiribiquensis* sp. nov." (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2013.

En este trabajo, generamos una clave interactiva en el formato DELTA (Lenguaje DEscription para TAxonomy)^{16,17} a nivel de género para los anuros colombianos presentes en la Colección Herpetología albergada en el Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander (MHN-UIS-A), como primer esfuerzo para actualizar y modernizar las claves disponibles para la fauna de anuros del país.

¹⁶ DALLWITZ, Michael J. A general system for coding taxonomic descriptions. *Taxon*, 1980. p. 41-46.

¹⁷ DALLWITZ, Michael J; PAINE, Toni A y ZURCHER, Eric J. Delta user's guide: a general system for processing taxonomic descriptions (No. Ed. 4). Division of Entomology, 1993.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Construir una clave interactiva a nivel de género de las familias de anuros presentes en la Colección de Herpetología de la Universidad Industrial de Santander.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Recopilar la información de los grupos taxonómicos con base en la descripción morfológica de los géneros.

Ilustrar en detalle los caracteres morfológicos generales y diagnósticos con sus estados de diferenciación.

Codificar las descripciones e ilustraciones de los caracteres morfológicos en formato DELTA.

2. CUERPO DEL TRABAJO

2.1 MATERIALES Y MÉTODOS

A partir del listado de las 82 especies pertenecientes a 41 géneros y 13 familias de anuros, con registro en la de la MHN-UIS-A, se seleccionaron 294 claves de determinación de anuros o artículos donde se describieran los holotipos, paratipos o se realizaran revisiones taxonómicas de cada una de estas especies. Con esta revisión bibliográfica, se elaboró un listado de caracteres morfológicos generales y diagnósticos, que permitió reconocer grupos en diferentes niveles taxonómicos (Familia / Género).

La lista de caracteres se evaluó a través de la revisión total de 532 especímenes, aunque la revisión taxonómica de estos especímenes se realizó a nivel de especie, el nivel taxonómico de trabajo fue género. El número máximo de individuos revisados por especie fue de máximo 5 machos y 5 hembras, los mejor conservados en la Colección. Se seleccionaron caracteres según la presencia, el tamaño, la forma, la posición y/o la modificación de estructuras. Caracteres cualitativos como color, aunque fueron frecuentes en la literatura, no se consideraron, porque la revisión se realizó en especímenes preservados que pierden fácilmente esta característica y que puede variar según el tiempo de depósito en las colecciones, ya que los colores también pueden ser drásticamente modificados por el conservante (por ejemplo, el verde puede convertirse en lavanda (Centrolenidae) o morado oscuro (Phyllomedusidae), los patrones generalmente se conservan, pero se pierden en algunas especies¹⁸.

Posteriormente se seleccionaron solo los caracteres útiles para la revisión de ejemplares de la MHN-UIS-A, estos se codificaron como variables cuantitativas

¹⁸ KOK, Philippe y KALAMANDEEN, Michelle. Introduction to the taxonomy of the amphibians of Kaieteur National Park, Guyana. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, 2008.

continuas o categóricas; estas últimas fueron codificadas como binarias o multi-estados sin una secuencia lógica¹⁹. Se realizó un análisis de agrupamiento exploratorio a nivel de género, utilizando el método jerárquico UPGMA²⁰ y la distancia de Manhathan²¹, utilizando los paquetes de R “foreign”²² y “clúster”²³. El análisis se evaluó inicialmente carácter por carácter y luego, todos en conjunto; de esta manera se determinó cuáles caracteres separaban y diagnosticaban grupos de manera monotética o politética.

Los caracteres que definieron grupos tuvieron mayor peso dentro de la clave a diferencia de los caracteres que no separaron o diagnosticaron algún grupo. Todos los caracteres fueron ilustrados o fotografiados, para crear una descripción detallada de cada uno de los estados codificados. Se utilizó el programa GIMP 2.8.20²⁴ e INKSCAPE 0.92 Draw Freely²⁵ para editar las fotografías.

Para crear la clave electrónica se utilizó el programa Open DELTA 1.0.2 con la interfaz de formato DELTA^{26,27} y el DELTA Editor^{28,29}. Todas las descripciones de las especies y la clave se generaron utilizando la interfaz de formato DELTA (<http://delta-intkey.com>). Los datos, los nombres de las especies, los caracteres y los estados de los caracteres (Matriz morfológica codificada) se ingresaron en Delta

¹⁹ CRISCI, Jorge Víctor y ARMENGOL, María Fernanda. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica (No. QH323. 5. C74). Washington DC: OEA, 1983.

²⁰ SNEATH, Peter y SOKAL, Roberth. Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification. 1973.

²¹ Minkowski, Hermann. Gesammelte Abhandlungen, Chelsea Publishing Co., New York, 1967.

²² R Core Team, *et al.* foreign: Read Data Stored by 'Minitab', 'S', 'SAS', 'SPSS', 'Stata', 'Systat', 'Weka', 'dBase'. R package version 0.8-69, 2017.

²³ MAECHLER, Martin, *et al.* Cluster: cluster analysis basics and extensions. R package version 1.14.4, 2013.

²⁴ GIMP, GNU Image Manipulation Program. GIMP. 1995-2017. (Recuperado el 16 de enero del 2018). Disponible en <https://www.gimp.org/>

²⁵ ARTELNJeru, I, *et al.* Draw Freely | Inkscape. Inkscape.org. 1999-2017. (Recuperado el 16 de enero del 2018). Disponible en <https://inkscape.org/es/>

²⁶ DALLWITZ. Op. cit., p. 41- 46.

²⁷ DALLWITZ, PAINE y ZURCHER. Op. cit.

²⁸ DALLWITZ. Op. cit, p. 41- 46.

²⁹ DALLWITZ, Michael J; PAINE, Toni A y ZURCHER, Eric J. User's Guide to the DELTA Editor. 1999.

Editor^{30,31}. El archivo "toint" fue editado para seleccionar y ponderar los caracteres usados para la clave interactiva, y el archivo modificado fue traducido y exportado bajo el programa IntKey^{32,33,34,35}. Estos archivos son libres y gratuitos, con licencia libre GPLv3, la cual permite que los investigadores pueden citar, descargar, modificar o corregir la clave para sus propias publicaciones (<https://www.gnu.org/licenses/>). Por último, la clave interactiva fue validada con personas con distintos niveles de conocimiento y entrenamiento en herpetología, se utilizaron 3 individuos por cada género, los cuales fueron corregidos hasta lograr el 100% de certeza en la correcta determinación de los ejemplares.

2.2 RESULTADOS

Dada la revisión bibliográfica, se listaron 106 caracteres que son comúnmente utilizados en las descripciones de especímenes adultos de anuros (Anexo A). Del total de caracteres morfológicos listados, 19 fueron medidas clásicas y 87 de tipo general ó diagnóstico; de estos 87, 8 fueron para coloración en individuos vivos y 2 para coloración en individuos preservados. Algunos caracteres que fueron encontrados en literatura se eliminaron del análisis; porque fueron caracteres observables en vida que se pierden cuando están preservados (Por ejemplo, coloración: 8 caracteres), son intraespecíficamente muy variables (20 caracteres ejm: medidas: 18 caracteres) y difícilmente observables (6 caracteres; ejm: número de procesos dentígeros vomerinos). Finalmente, Solo 72 fueron útiles al revisar los

³⁰ DALLWITZ. Op. cit., p. 41- 46.

³¹ DALLWITZ, PAINE y ZURCHER. Op. cit.

³² DALLWITZ. Op. cit., p. 41- 46.

³³ DALLWITZ, PAINE y ZURCHER. Op. cit.

³⁴ DALLWITZ, Michael J; PAINE, Toni A y ZURCHER, Eric J. User's guide to Intkey: a program for interactive identification and information retrieval. 1995.

³⁵ DALLWITZ, Michael J; PAINE, Toni A y ZURCHER, Eric J. Principles of interactive keys. 2000.

especímenes del MHN-UIS-A (Anexo B); de los cuales 12 caracteres fueron morfométricos basados en las medidas clásicas de tamaño, longitud y diámetro, y 60 caracteres morfológicos generales y/o diagnósticos, de los que solo 4 correspondieron a características del dimorfismo sexual; por ejemplo, la presencia de excrecencias nupciales o la espina del prepólex exclusiva en machos reproductivos. De estos caracteres morfológicos, 3 caracteres fueron redefinidos respecto de cómo se encontraron en la literatura (Ver caracteres subrayados en el Anexo B). Uno de estos fue el carácter descriptivo de la lengua, que se encuentra en literatura como un solo carácter; este se redefinió como 3 caracteres distintos: forma, contorno y adherencia a la base de la lengua, cada uno con sus estados correspondientes (Anexo E: ilustración carácter 26, carácter 27 y carácter 28 respectivamente). El carácter descriptivo de la membrana axial, que se encuentra en literatura como un solo carácter, el cual fue redefinido como 2 caracteres distintos: membrana axial y extensión de la membrana axial, cada uno con sus estados correspondientes (Anexo E: ilustración carácter 31 y carácter 32 respectivamente). Por último, el carácter que describe la terminación distal de los dedos, el cual se encuentra en literatura como un solo carácter, se redefinió como 2 caracteres distintos: terminación distal de los dígitos manuales y discos de los dígitos manuales, cada uno con sus estados correspondientes (Anexo E: Ilustración del Carácter 36 y Carácter 37 respectivamente). De la misma forma, los estados para 9 caracteres (párpado superior, modificación craneal, pliegue supratimpánico, tímpano, anillo timpánico, procesos vomerinos, ornamentos del antebrazo, tubérculo del prepólex y ornamentos del talón) fueron redefinidos (Anexo B: Ver estados indicados con *).

Al realizar la codificación de los caracteres, inicialmente 61 fueron codificados como categóricos y 11 como cuantitativos. En el caso de los categóricos, 21 fueron binarios y 42 multi-estado sin secuencia lógica. Los caracteres cuantitativos continuos (longitud rostro-cloaca, longitud de la cabeza, ancho de la cabeza, distancia interorbital, longitud del párpado superior del ojo, diámetro del ojo,

diámetro del tímpano, diámetro del III disco de la mano, diámetro del IV disco de la pata, distancia ojo-narina y distancia internarinal), no pueden definir grupos; mientras que las relaciones entre estas medidas pueden dar un acercamiento a la forma del espécimen. Por esta razón, fueron nuevamente recodificados a caracteres tipo categóricos, estableciendo relaciones entre ellos; por ejemplo: cabeza más ancha que larga, diámetro del III disco manual menor que el diámetro del tímpano, etc. (Anexo C).

Por medio del análisis de agrupamiento exploratorio se identificaron los caracteres que agrupan especímenes en familias y géneros (Anexo D). Se identificaron 4 caracteres categóricos, dos binarios (carácter: tímpano y anillo timpánico) y dos multi-estados (carácter: pupila y terminación distal de los dígitos manuales) que agrupan los individuos a nivel de familia. A nivel de género 24 caracteres categóricos son los que mejor agrupan, 5 binarios y 19 multi-estados. Este análisis sirvió para identificar los caracteres que separan y diagnostican los grupos a diferentes niveles taxonómicos (Géneros/Familias); los cuales tienen mayor peso dentro de la clave, a diferencia de los caracteres que no lo hacen (Tabla 1). Los pesos de mayor valor asignado (8), corresponden a los caracteres que fueron útiles para separar grupos a nivel de especie. Los pesos asignados con valor de (6), corresponden a los caracteres útiles para separar géneros monotéticos o politéticos. Los pesos asignados con valor de (4), corresponden a los caracteres útiles para separar grupos a nivel de familias. Los pesos de menor valor asignado (2), corresponden a los caracteres que por sí solo no logran separar ningún grupo taxonómico; sin embargo, son útiles para separar grupos politéticos a nivel de Familia/Género. Al carácter que define ojos, no se le asigno ningún peso, porque su estado (prominentes) no vario en ningún individuo revisado (Tabla 1).

Tabla 1. Peso asignado a cada carácter útil en la revisión de ejemplares.

Caracteres	Peso
Tamaño	4
Hocico en vista dorsal	6
Probóscide carnosa	8
Narinas	2
Región internarinal	2
<i>Canthus rostralis</i>	6
Ojos	
Párpado superior del ojo	6
Modificación craneal	6
Relación entre el ancho y largo de la cabeza	4
Relación entre la distancia interorbital y el ancho del párpado superior del ojo	2
Relación entre el diámetro del ojo y la distancia ojo-narina	2
Relación entre el ancho del párpado superior del ojo y la distancia internarinal	2
Hocico en vista lateral	6
Región loreal	6
Pupila	8
Membrana palpebral	8
Pliegue supratimpánico	6
Tímpano	6
Anillo timpánico	6
Relación entre el diámetro del tímpano y el diámetro del ojo	6
Procesos vomerinos	6
Forma de los vomerinos	6
Posición de los vomerinos	6
Coanas	6
Forma de la lengua	6
Contorno de la lengua	6
Adherencia de la lengua	6
Saco vocal	6
Glándula mental	6
Membrana axial	8
Membrana axial extendida	8
Ornamentos del antebrazo	4
Espina humeral	6
Excrecencias nupciales	4
Terminación distal de los dígitos manuales	8
Discos de los dígitos manuales	8
Relación entre el diámetro del disco manual y el diámetro del tímpano	6
Longitud de los dedos manuales	6
Elemento intercalar entre la distal y penúltima falange	6
Tubérculos subarticulares manuales	4
Tubérculo subarticular distal en el IV dedo manual	4
Tubérculos supernumerarios manuales	4
Relación entre el tamaño de los tubérculos supernumerarios y los tubérculos subarticulares manuales	4
Tubérculo palmar	4
Tubérculo del prépollex	4
Membrana interdigital entre los dedos manuales I y II	6
Membrana interdigital entre los dedos manuales II y III	6
Membrana interdigital entre los dedos manuales III y IV	6
Ornamentos del talón	2
Ornamentos de la región interna del tarso	2
Ornamentos de la región externa del tarso	2
Relación entre el tamaño de los discos pediales y los discos manuales	2

Continuación de la Tabla 1.

Caracteres	Peso
Longitud de los dedos pediales	2
Tubérculos subarticulares pediales	2
Tubérculo subarticular distal en el V dedo pedial	2
Tubérculos supernumerarios pediales	2
Relación entre el tamaño de los tubérculos supernumerarios y los tubérculos subarticulares pediales	2
Tubérculo metatarsal externo	2
Tubérculo metatarsal interno	2
Membrana interdigital entre los dedos pedial I y II	6
Membrana interdigital entre los dedos pediales II y III	6
Membrana interdigital entre los dedos pediales III y IV	6
Membrana interdigital entre los dedos pediales IV y V	6
Abertura anal	2
Envoltura anal	2
Verrugas pericloacales	8
Piel dorsal	2
Glándulas	6
Pliegues dorsales longitudinales	2
Piel ventral	2
Transparentación ventral	8

Finalmente, se obtuvo una clave interactiva que incluye los 72 caracteres diagnósticos y generales que determinaron morfológicamente cada género, los cuales fueron descritos e ilustrados detalladamente con sus correspondientes estados (Anexo E y Anexo F). Esta clave funciona a partir de ventanas en las que se muestran los caracteres seleccionados, los taxa remanentes y los taxa eliminados después de haber escogido un carácter. La secuencia de selección es dependiente del autor, sin embargo, existe una sugerencia inicial de la secuencia de caracteres, dependiente de los pesos asignados según lo encontrado en el análisis de agrupamiento. Adicionalmente a partir de la clave interactiva, fue posible exportar una clave tradicional o estática unisecuencia, que incluyó 45 caracteres útiles para determinar y diferenciar, los 41 géneros de anuros, a partir de un mínimo de 2 y un máximo de 10 afirmaciones o pasos. Este formato exportado es muy útil en caso de no contar con herramientas electrónicas (Anexo G). En el proceso de su validación, todas las personas llegaron como mínimo a la determinación taxonómica correcta de 3 ejemplares que correspondían a los especímenes de cada género tomados aleatoriamente de la Colección.

Es necesario resaltar la eficiencia de esta clave interactiva en términos de números de pasos. Por ejemplo, la clave de Castro-Herrera³⁶; aunque no es considerablemente comparable al ser unisecuencial y conducir primero a la determinación de la familia y posteriormente, al género; es el único material existente para anuros de Colombia que puede ser comparado con esta clave interactiva multiseuencial, la cual, conduce directamente a la determinación de los géneros. Por ende; estas dos claves difieren principalmente por el número de pasos en la secuencia para la determinación de especímenes. La clave interactiva puede determinar los géneros de la Colección a partir de mínimo 1 paso para los grupos que fueron identificados como monotéticos, ya que, a partir de los caracteres utilizados, uno de ellos es capaz de por sí solo separar este género de los demás. Estos grupos fueron: *Dendropsophus*, *Hypsiboas*, *Pithecopus*, *Engystomops*, *Physalaemus*, *Pleurodema*, *Atelopus*, *Espadarana*, *Craugastor* y *Diasporus*. La clave de Castro-Herrera³⁷ por ejemplo, requiere de una secuencia total de 9 pasos para determinar el género *Atelopus*, inicialmente 5 conducen a la familia Bufonidae y dentro de ella 4 pasos conducen finalmente al género, lo cual puede generar problemas cuando los géneros actualmente pertenecen a otras familias. Los géneros politéticos de la Colección que pueden ser determinados a partir de mínimo tres pasos son los siguientes: *Hyloscirtus*, *Pseudis*, *Trachycephalus*, *Leptodactylus*, *Dendrobates*, *Cryptobatrachus*, *Elachistocleis*, *Ctenophryne*, *Rhinella*, *Gastrotheca*, *Rulyrana*, *Pristimantis*, *Trachiramantis*. Con la clave de Castro-Herrera³⁸, por ejemplo, se determina el género *Gastrotheca* mediante una secuencia total de 7 pasos, inicialmente 4 conducen a la familia Hylidae y dentro de ella 4 pasos conducen finalmente al género. Además, se llega a una determinación incorrecta de familia, porque este género actualmente ya no hace parte de Hylidae, sino que

³⁶ CASTRO-HERRERA. Op. cit., p.1-45.

³⁷ *Ibid.*, p.1-45.

³⁸ *Ibid.*, p.1-45.

pertenece a la familia *Hemiphractidae*³⁹. Solo el género *Pristimantis* de la Colección puede ser determinado a partir de un mínimo de cuatro pasos; este grupo en particular no se encuentra en la clave de Castro-Herrera⁴⁰. En general esta clave puede llegar rápidamente a género y si se requiere, es posible confirmar la familia y toda la información taxonómica del grupo, en herramientas como Amphibian Species of the World⁴¹; de esta forma será más eficiente que la de Castro-Herrera⁴² y con menos probabilidad de error.

2.3 DISCUSIÓN

Existen caracteres que en el análisis de agrupamiento fueron útiles para separar y determinar los géneros que alberga la Colección; sin embargo, por literatura, ningún autor los consideró o se encontraron implícitos en la descripción morfológica del taxón. Por ejemplo, se encontró que el género monotético *Pithecopus* (*P. hypochondrialis* única especie representante del género en la MHN-UIS-A) se distingue de los demás por el carácter tubérculo metatarsal interno con estado ausente. Sin embargo, en las descripciones de la especie realizadas por Cope⁴³, Duellman⁴⁴ o Duellman *et al.*⁴⁵ no hacen referencia alguna al carácter o al estado. También, el género politético *Hyloxalus* (*H. subpunctatus* única especie representante del género en la Colección) presentó como diagnosis la ausencia de saco vocal y elemento intercalar entre la distal y la penúltima falange cartilaginosa

³⁹ DUELLMAN, William E.; MARION, Angela B y HEDGES, Blair. Phylogenetics, classification, and biogeography of the treefrogs (Amphibia: Anura: Arboranae). *Zootaxa*, 2016, vol. 4104, no 1, p. 1-109.

⁴⁰ CASTRO-HERRERA. Op. cit., p.1-45.

⁴¹ FROST, Darrel R., *et al.* Amphibian Species of the World: an Online Reference. Versión 6.0. American Museum of Natural History, New York, USA, 1998-2016. (Recuperado el 5 de octubre del 2016). Disponible en <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>.

⁴² CASTRO-HERRERA. Op. cit., p.1-45.

⁴³ COPE, Edward D. Catalogues of the reptiles obtained during the explorations of the Parana, Paraguay, Vermejo and Uruguay Rivers, by Capt. Thos. J. Page, USN; and of those procured by Lieut. N. Michler, US Top. Eng., Commander of the expedition conducting the survey of the Atrato River. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 1862, p. 346-594.

⁴⁴ DUELLMAN, William Edward. The genera of phyllomedusine frogs (Anura: Hylidae). University of Kansas, 1968.

⁴⁵ DUELLMAN, MARION y HEDGES. Op. cit., p.1-109.

u osificado; caracteres o estados que no son reportados en las descripciones de la especie realizadas por Cope⁴⁶; Cochran & Goin⁴⁷ o Grant *et al.*⁴⁸. De los caracteres clásicos en las diagnosis para descripción de especies, encontrados en la literatura; no todos ellos son útiles para separar y determinar grupos a niveles taxonómicos mayores (Familia/Género). Por ejemplo, los caracteres de ojos prominentes, *canthus rostralis*, región loreal, pliegue anal, tubérculos subarticulares pediales y relación entre el tamaño de los discos pediales y los discos manuales, citados en las descripciones de Duellman⁴⁹, mostraron en el análisis de agrupamiento que no son relevantes para determinar géneros de la colección. Es decir, al analizar estos caracteres por separado y en conjunto, se observó en el cluster que no agrupaban especímenes a nivel de género.

Además, se encontraron diferencias entre las diagnosis de cada género descritas por los diferentes autores y las establecidas en este estudio para separar y determinar cada taxón de la MHN-UIS-A. Por ejemplo, el género politético *Tachiramantis* que incluye tres especies clasificadas anteriormente en el gran género *Pristimantis*⁵⁰, se reconoció mediante el conjunto de los siguientes caracteres morfológicos de tipo multi-estado: distancia interorbital igual que el ancho del párpado superior, cabeza igual de ancha que de larga y forma de la lengua elipsoidal. Esta descripción es importante porque hasta el momento, solo datos moleculares y caracteres osteológicos apoyaron el reconocimiento del grupo.

⁴⁶ COPE, Edward Drinker. Contributions to the herpetology of New Granada and Argentina, with descriptions of new forms. Philadelphia Museums. Science Bulletin, 1899, no 1, p. 1–22.

⁴⁷ COCHRAN, Doris M. y GOIN, Coleman J. Frogs of Colombia. Bulletin of the United States National Museum, 1970, vol.288, p. 1–655.

⁴⁸ GRANT, Taran, *et al.* Phylogenetic systematics of dart-poison frogs and their relatives (Amphibia: Athesphatanura: Dendrobatidae). Bulletin of the American Museum of natural History, 2006, p. 1-262.

⁴⁹ DUELLMAN, William Edward. The hylid frogs of Middle America. University of Kansas. Museum of Natural History, 1970. Monograph no. 1

⁵⁰ HEINICKE, Matthew P.; BARRIO-AMOROS, Cesar L.; HEDGES, S. Blair. Molecular and morphological data support recognition of a new genus of New World direct-developing frog (Anura: Terrarana) from an under-sampled region of South America. Zootaxa, 2015, vol. 3986, no 2, p. 151-172.

A su vez hay diagnosis bibliográficas a partir de caracteres morfológicos más extensas; por ejemplo, Duellman⁵¹ diagnostica al género politético *Phyllomedusa* mediante las siguientes características en conjunto: “tamaño mediano, poca o ninguna membrana en los pies, ninguna en mano; dientes vomerinos presentes; membrana palpebral no reticulada; renacuajos con discos orales moderadamente pequeños dirigido anteroventralmente”. Pero en nuestro análisis se define *Phyllomedusa* únicamente a partir de dos caracteres: tamaño grande (Ver Anexo D, el carácter 1) y hocico en vista lateral inclinado (Ver en el Anexo D, el carácter 14). En concreto los géneros de la Colección se pueden determinar o diagnosticar a partir de caracteres solo morfológicos y de un número más reducido de caracteres a diferencia de las diagnosis establecidas por los demás autores bibliográficamente.

⁵¹ DUELLMAN. Op. cit., p.1-45.

3. CONCLUSIÓN

No todos los caracteres clásicos utilizados para la descripción de especies son útiles para separar grupos a niveles taxonómicos superiores (Familia/Género). A su vez, no todos estos caracteres útiles para separar grupos se encuentran descritos en la literatura.

Los géneros tanto monotéticos o politéticos de la Colección MHN-UIS-A pueden ser determinados fácilmente a partir de caracteres solo morfológicos.

4. RECOMENDACIONES

La base de datos de la clave interactiva puede seguir alimentándose, mediante la revisión de los especímenes del resto de las colecciones del país.

La clave podría bajar a nivel de especie, una vez se aumente el número de individuos revisados y se encuentre una mayor variabilidad de caracteres morfológicos que determinen taxonómicamente cada grupo.

La clave podría traducirse a otros idiomas, para ser utilizada por usuarios no solo de habla hispana.

BIBLIOGRAFÍA

ABRANTES, Eduardo A. Fauna de Isotomidae (Collembola: *Entomobryomorpha*) em áreas da restinga Marambaia, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Museu Nacional, UFRJ. Brasil, 2011.

ANDRADE GALLEGOS, René Humberto, et al. Uso del programa Delta para el estudio de los hongos Aphylophorales no poroides de México. Ciencia UANL, 2009, vol. 12, no 2. p.165-168.

ARTELNJERU, I, et al. Draw Freely | Inkscape. Inkscape.org. 1999-2017. (Recuperado el 16 de enero del 2018). Disponible en <https://inkscape.org/es/>

CASTRO-HERRERA, Fernando. Taxonomía de anfibios y reptiles, claves de identificación. Manuscrito no publicado. s.f., p.1-45.

COCHRAN, Doris M. y GOIN, Coleman J. Frogs of Colombia. Bulletin of the United States National Museum, 1970, vol.288, p. 1–655.

COPE, Edward D. Catalogues of the reptiles obtained during the explorations of the Parana, Paraguay, Vermejo and Uruguay Rivers, by Capt. Thos. J. Page, USN; and of those procured by Lieut. N. Michler, US Top. Eng., Commander of the expedition conducting the survey of the Atrato River. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 1862, p. 346-594.

COPE, Edward Drinker. Contributions to the herpetology of New Granada and Argentina, with descriptions of new forms. Philadelphia Museums. Science Bulletin, 1899, no 1, p. 1–22.

CRISCI, Jorge Víctor y ARMENGOL, María Fernanda. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica (No. QH323. 5. C74). Washington DC: OEA, 1983.

DALLWITZ, Michael J. A general system for coding taxonomic descriptions. *Taxon*, 1980. p. 41- 46.

DALLWITZ, Michael J; PAINE, Toni A y ZURCHER, Eric J. Delta user's guide: a general system for processing taxonomic descriptions (No. Ed. 4). Division of Entomology, 1993.

DALLWITZ, Michael J; PAINE, Toni A y ZURCHER, Eric J. User's guide to Intkey: a program for interactive identification and information retrieval. 1995.

DALLWITZ, Michael J; PAINE, Toni A y ZURCHER, Eric J. User's Guide to the DELTA Editor. 1999.

DALLWITZ, Michael J; PAINE, Toni A y ZURCHER, Eric J. Principles of interactive keys. 2000.

DALLWITZ, Michael J; PAINE, Toni A y ZURCHER, Eric J. User's guide to the DELTA system: a general system for processing taxonomic descriptions. 2006.

DUELLMAN, William Edward. The genera of phyllomedusine frogs (Anura: Hylidae). University of Kansas, 1968.

DUELLMAN, William E. Lista anotada y clave de los sapos marsupiales (Anura: Hylidae: Gastrotheca) de Colombia. *Caldasia*, 1989, p. 105-111.

DUELLMAN, William Edward. The hylid frogs of Middle America. University of Kansas. Museum of Natural History, 1970. Monograph no. 1

DUELLMAN, William E.; MARION, Angela B y HEDGES, Blair. Phylogenetics, classification, and biogeography of the treefrogs (Amphibia: Anura: Arboranae). *Zootaxa*, 2016, vol. 4104, no 1, p. 1-109.

FROST, Darrel R., *et al.* Amphibian Species of the World: an Online Reference. Versión 6.0. American Museum of Natural History, New York, USA, 1998-2016. (Recuperado el 5 de octubre del 2016). Disponible en <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>.

ANDRADE GALLEGOS, René Humberto, *et al.* Uso del programa Delta para el estudio de los hongos Aphylophorales no poroides de México. *Ciencia UANL*, 2009, vol. 12, no 2. p.165-168.

GIMP, GNU Image Manipulation Program. GIMP. 1995-2017. (Recuperado el 16 de enero del 2018). Disponible en <https://www.gimp.org/>

GRANT, Taran, *et al.* Phylogenetic systematics of dart-poison frogs and their relatives (Amphibia: Athesphatanura: Dendrobatidae). *Bulletin of the American Museum of natural History*, 2006, p. 1-262.

GRECEBIO, Alejandro y LIEDE-SCHUMANN, Sigrid. The Philippine Rubiaceae genera: updated synopsis in INTKEY databases of the DELTA System. *Blumea-Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants*, 2003, vol. 48, no 2, p. 261-277.

GUALDRÓN-DÍAZ, Julieth. "Interactive key of the tribe Tabanini (Diptera: Tabanidae) from protected areas in Colombia" y "Description of a new species of Tabanidae (Diptera) from Colombia: *Tabanus chiribiquensis* sp. nov." (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2013.

HAGEDORN, Gregor; RAMBOLD, Gerhard y MARTELLLOS, Stefano. Types of identification keys. In: Nimis PL, Vignes Lebbe R, editors. Tools for Identifying Biodiversity: Progress and Problems, 2010. p. 59–64.

HEINICKE, Matthew P.; BARRIO-AMOROS, Cesar L.; HEDGES, S. Blair. Molecular and morphological data support recognition of a new genus of New World direct-developing frog (Anura: Terrarana) from an under-sampled region of South America. *Zootaxa*, 2015, vol. 3986, no 2, p. 151-172.

KOK, Philippe y KALAMANDEEN, Michelle. Introduction to the taxonomy of the amphibians of Kaieteur National Park, Guyana. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, 2008.

LYNCH, John D. Lista anotada y clave para las ranas (género *Eleutherodactylus*) chocoanas del Valle del Cauca, y apuntes sobre las especies de la Cordillera Occidental adyacente. *Caldasia*, 1999, vol. 21, no 2, p. 184-202.

LYNCH, John D y SUAREZ, Angela. Clave ilustrada de los renacuajos en las tierras bajas al oriente de los Andes, con énfasis en Hylidae. *Caldasia*, 2011, vol. 33, no 1.

MAECHLER, Martin, *et al.* Cluster: cluster analysis basics and extensions. R package version 1.14.4, 2013.

MENDOZA, Juan S. Aportes para la identificación de las ranas gladiadoras del género *Hypsiboas* (wagler, 1830) ;(anura: Hylidae), presentes en las tierras bajas del caribe colombiano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 2014, vol. 6, no 1, p. 55-69.

Minkowski, Hermann. *Gesammelte Abhandlungen*, Chelsea Publishing Co., New York, 1967.

R Core Team, *et al.* foreign: Read Data Stored by 'Minitab', 'S', 'SAS', 'SPSS', 'Stata', 'Systat', 'Weka', 'dBase'. R package version 0.8-69, 2017.

SNEATH, Peter y SOKAL, Roberth. Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification.1973.

WATSON, L y DALLWITZ, Michael J. The families of spiders represented in Britain and Ireland. delta-intkey.com. 2004.

ANEXOS

Anexo A. Listado de caracteres morfológicos clásicos por bibliografía. Se referencia la literatura donde se citan los estados correspondientes a cada carácter. Ver anexo en el repositorio

<https://github.com/SilviaFernanda/PasantiaInvestigacionUIS/tree/master/AnexoA>

Anexo B. Listado de caracteres útiles en la revisión de ejemplares. Los caracteres y estados redefinidos, a diferencia de cómo se encontraron en la literatura, se encuentran subrayados (S). Los caracteres morfológicos de medida que fueron recodificados como variables categóricas, establecidas a modo de relaciones, también se señalizan en este listado con el símbolo (*). Ver anexo en el repositorio

<https://github.com/SilviaFernanda/PasantiaInvestigacionUIS/tree/master/AnexoB>

Anexo C. Matriz de caracteres codificados luego de la revisión. Los caracteres recodificados están señalizados con el símbolo (*). Ver anexo en el repositorio

<https://github.com/SilviaFernanda/PasantiaInvestigacionUIS/tree/master/AnexoC>

Anexo D. Análisis de agrupamiento exploratorio. Se visualiza la separación de los diferentes grupos mediante uno (monotética) o más caracteres en conjunto (politética), principalmente a nivel de género. Ver anexo en el repositorio

<https://github.com/SilviaFernanda/PasantiaInvestigacionUIS/tree/master/AnexoD>

Anexo E. Diccionario ilustrativo. Ver anexo en el repositorio

<https://github.com/SilviaFernanda/PasantiaInvestigacionUIS/tree/master/AnexoE>

Anexo F. Clave electrónica para ejecutar en intKey. Ver anexo en el repositorio

<https://github.com/SilviaFernanda/PasantiaInvestigacionUIS/tree/master/AnexoF>

Anexo G. Clave electrónica exportada como clave tradicional. Esta clave conduce directamente a género y utiliza 39 caracteres para la identificación de los mismos. Ver anexo en el repositorio

<https://github.com/SilviaFernanda/PasantiaInvestigacionUIS/tree/master/AnexoG>

