



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**Relaciones entre atributos biológicos y susceptibilidad a la extinción
de Anuros de Venezuela**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela, por la bachiller Ingrid Yamileth Márquez Molina como requisito parcial para optar al título de Licenciada en Biología.

Tutores: Dr. César Molina†
Dr. Luis Gonzalo Morales

Caracas, Venezuela
Mayo 2015



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA

El presente Trabajo Especial de Grado titulado “Relaciones entre atributos biológicos y susceptibilidad a la extinción de Anuros de Venezuela” fue defendido públicamente por la Br. Ingrid Yamileth Márquez Molina, como requisito parcial para optar al título de Licenciado en Biología, el 19 de mayo de dos mil quince y aprobado por el siguiente jurado:

Prof. Luis Gonzalo Morales

Tutor

Prof. Zaida Tárrano Miranda

Jurado Principal

Prof. Jorge Pérez

Jurado Principal

*A la memoria de uno de los grandes amores
de mi vida, mi abuela Maura.
A la memoria de un ejemplo de vida, para mi padre y para mi,
mi abuela Lola.
A la memoria de un gran científico,
Luchador incansable,
Dr. César Molina.
A mis padres: Marisela y Homero.*

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi agradecimiento a Dios por darme la fortaleza de seguir adelante, en las buenas y en las malas, a mis padres y hermano, sin su apoyo y tolerancia no habría concluido esta etapa profesional que se traduce en un logro académico. Igualmente a mi tutor inicial, César Molina, por toda la ayuda que con su experiencia me pudo brindar, por proponerme este trabajo, aunque arduo, me ha dejado gran satisfacción, lamento que no esté aquí para cosechar los frutos. A mi tutor “designado al bate”, Luis Gonzalo Morales, sin su colaboración, ayuda, correcciones y recomendaciones no me habría encaminado hacia la meta, gracias sinceramente.

A Fernando Rojas y Franklin Rojas por todas las recomendaciones en los seminarios I y II; a Lourdes Suárez por su ayuda incondicional. Sin duda, su colaboración fue invaluable.

A Celsa Señaris y Margarita Lampo, quienes me ayudaron y apoyaron en un momento difícil de este trabajo, sus recomendaciones y observaciones fueron muy importantes para mí, tienen mi sincera gratitud.

De igual forma quisiera agradecer de manera especial a Jorge Pérez, no sólo por sus correcciones y apoyo (profesional y personal) para terminar este trabajo, sino por todo el esfuerzo invertido en mi formación desde el primer día, en aquella clase de Principios de Biología y luego en los Laboratorios de Ecología. Eres como un padre académico para mí, tus enseñanzas han quedado grabadas en mi espíritu, y han rendido sus frutos.

También a mis madres putativas, Laura Delgado, Nora Malaver y María del Pino Rodríguez, por dedicar tiempo a mi desarrollo profesional y como persona, mil gracias por todo y disculpen lo malo.

A mis amigos más cercanos, aquellos que estuvieron siempre, de forma incondicional, soportando mi mal humor, tristezas y alegrías: Diego Rodríguez, Belize Gomez, Ygrein Roos, Juan Vicente Hernández, Kimberlyn Fonseca, Víctor Hugo Aguilar, Yadira Rangel, Karen Kiser, a todos ¡Gracias!

RESUMEN

Las poblaciones de anfibios han declinado en los últimos años en las distintas regiones donde habitan, declinaciones que se han asociado con distintos factores: pérdida y degradación de hábitats, el hongo quítrido y cambio climático. Con base en los datos de distribución geográfica y tamaño poblacional de las especies, se ha categorizado a las mismas en distintos estados de amenaza, pero en Venezuela no se ha realizado un análisis que tome en consideración características biológicas, ecológicas y de distribución geográfica para asociarlas con el estado de conservación de las especies. Se compiló información sobre biología, ecología y distribución geográfica de los anfibios anuros de Venezuela, actualizando el listado de anuros hasta el año 2014. Con esta información se realizaron análisis comparativos entre especies amenazadas y no amenazadas. Se encontró que hay especies no amenazadas, Datos Insuficientes (DD, por sus siglas en inglés) y No Evaluadas (NE), que tienen características similares a las especies amenazadas. Se proponen dos listas de especies que deben considerarse como prioritarias en cuanto a la evaluación de características biológicas y los riesgos externos a los que pueden estar siendo sometidas.

Palabras clave: especies amenazadas, susceptibilidad, riesgo, conservación, pérdida de hábitat.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN.....	6
INDICE DE CONTENIDO.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE TABLAS	12
INTRODUCCIÓN.....	14
Problemática	14
Causas de la declinación	14
Categorías de riesgo de los anfibios en Venezuela.....	15
Los libros rojos y la necesidad de evaluar la susceptibilidad a los riesgos de extinción	18
ANTECEDENTES	21
OBJETIVOS	25
Objetivo general.....	25
Objetivos específicos	25
MATERIALES Y MÉTODOS	26
Recopilación de información.....	26
Construcción de matriz de datos.....	27
Caracterización de anfibios anuros de acuerdo con el riesgo de extinción	28
Caracteres biológicos, ecológicos y de distribución geográfica de los anuros venezolanos incluidos en este estudio.....	29
Rasgos reproductivos	29
Rasgos ecológicos del adulto	31
Rasgos de distribución geográfica.....	33
Análisis de los datos	33
RESULTADOS.....	37
Matriz de datos	37
Caracterización de anfibios anuros de acuerdo al riesgo de extinción.....	38
Caracteres biológicos, ecológicos y de distribución geográfica de los anuros venezolanos incluidos en este estudio.....	39
Rasgos reproductivos	40
Rasgos ecológicos del adulto	45
Rasgos de distribución geográfica.....	48

Posibles relaciones entre las variables intrínsecas y las categorías de riesgo de las especies	50
DISCUSIÓN.....	66
Recopilación de información.....	66
Matriz de datos	66
Caracterización de anfibios anuros de acuerdo al riesgo de extinción.....	67
Caracteres biológicos, ecológicos y de distribución geográfica de los anuros venezolanos incluidos en este estudio.....	69
Rasgos reproductivos	69
Rasgos ecológicos del adulto	71
Rasgos de distribución geográfica.....	73
Posibles relaciones de las variables con las categorías de riesgo de las especies	74
CONCLUSIONES.....	78
RECOMENDACIONES.....	79
BIBLIOGRAFÍA.....	80
Consultas en línea.....	100
APÉNDICE	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Categorías de riesgo utilizadas en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana (Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008).....	16
Figura 2. Número de especies de cada género que están amenazadas según el Libro Rojo de la Fauna Venezolana (Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008).....	17
Figura 3. Factores a ser considerados dentro del procedimiento para desarrollar prioridades de conservación (Tomado y modificado de Miller y col., 2007).....	18
Figura 4. Número de especies en cada categoría de riesgo del Libro Rojo de la Fauna Venezolana.....	38
Figura 5. Número de especies en cada categoría de la variable tipo de desarrollo agrupadas por categorías de riesgo.....	41
Figura 6. Número de especies en cada categoría de la variable cuidado parental agrupadas por categorías de riesgo.....	42
Figura 7. Número de especies en cada categoría de la variable modo reproductivo agrupadas por categorías de riesgo.....	42
Figura 8. Número de especies en cada categoría de la variable estadio de desarrollo que recibe cuidado parental agrupadas por categorías de riesgo.....	43
Figura 9. Número de especies en las categorías Amenazado-No amenazado. Las barras representan el número de especies en cada categoría de la variable microhábitat larval primario.....	44

Figura 10. Número de especies en las categorías Amenazado-No amenazado. Las barras apiladas representan el número de especies en cada categoría de la variable tamaño de nidada.....	44
Figura 11. Número de especies en cada categoría de la variable período de actividad del adulto agrupadas por categorías de riesgo.....	46
Figura 12. Número de especies en cada categoría de la variable hábito del adulto agrupadas por categorías de riesgo.....	47
Figura 13. Número de especies en cada categoría de la variable formación vegetal que habita el adulto agrupadas por categorías de riesgo.....	47
Figura 14. Número de especies en cada categoría de la variable tamaño corporal agrupadas por categorías de riesgo.....	48
Figura 15. Número de especies en cada categoría de la variable intervalo altitudinal agrupadas por categorías de riesgo.....	49
Figura 16. Número de especies en cada categoría de la variable número de bioregiones agrupadas por categorías de riesgo.....	50
Figura 17. Puntuaciones de las categorías de cada variable incluida en el ACM con 335 especies. A: amenazado. NA: no amenazado. DD: datos insuficientes. NE: no evaluado. Ab: abierta. Bo: boscosa. Am: abierta y boscosa. Des: desconocido. Ar: arbóreo. Ac: acuático. TB: tierras bajas. TA: tierras altas. TM: tierras medias. Co: combinación. Dp: dorso de parental. TA: terrestre-arbóreo. D: diurna. N: nocturna. DN: diurna-nocturna. MG: muy grande. Gr: grande. Me: medio. MP: muy pequeño. Pe: pequeño. Di: directo. La: larval.....	54

Figura 18. Puntuaciones de las categorías de cada variable incluida en el ACM con 208 especies. A: amenazado. NA: no amenazado. DD: datos insuficientes. NE: no evaluado. Ab: abierta. Bo: boscosa. Am: abierta y boscosa. Ar: arbóreo. Ac: acuático. TB: tierras bajas. TA: tierras altas. TM: tierras medias. Co: combinación. Dp: dorso de parental. TA: terrestre-arbóreo. D: diurna. N: nocturna. DN: diurna-nocturna. MG: muy grande. Gr: grande. Me: medio. MP: muy pequeño. Pe: pequeño. Di: directo. La: larval.....56

Figura 19. Ordenación de las especies de anuros (amenazadas y no amenazadas) según sus puntuaciones en los dos primeros ejes principales del ACM.....58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorías de riesgo del Libro Rojo de la Fauna Venezolana adaptadas a este estudio.....	34
Tabla 2. Especies y géneros en cada familia de anuros de Venezuela.....	37
Tabla 3. Distribución del número de especies amenazadas y no amenazadas en las distintas familias.....	39
Tabla 4. Variables relativas a la reproducción. Los números indican las especies en cada categoría.....	41
Tabla 5. Variables relativas a la biología de los adultos. Los números representan las especies en cada categoría.....	45
Tabla 6. Variables relativas a la distribución geográfica de las especies. Los números indican la cantidad de especies en cada categoría.....	49
Tabla 7. Inercia explicada por cada dimensión en el ACM realizado con 335 especies.....	51
Tabla 8. Inercia explicada por cada dimensión en el ACM realizado con 208 especies.....	51
Tabla 9. Valores de discriminación de las variables realizando el ACM con 335 especies.....	52
Tabla 10. Valores de discriminación de las variables realizando el ACM con 208 especies.....	52
Tabla 11. Especies amenazadas y no amenazadas ubicadas en los cuadrantes I y IV de la Figura 20.....	59

Tabla 12. Especies amenazadas y no amenazadas ubicadas en el cuadrante III de la Figura 19.....	60
Tabla 13. Especies amenazadas y no amenazadas ubicadas en los cuadrantes I y II de la Figura 19.....	61
Tabla 14. Variables incluidas en la regresión logística.....	62
Tabla 15. Predicciones del modelo de las especies amenazadas y no amenazadas, basadas en las variables independientes seleccionadas.....	63
Tabla 16. Resultados de las pruebas de contingencia entre las categorías de riesgo y algunas variables usadas en este estudio.....	63
Tabla 17. Residuos estandarizados para la variable Tipo de desarrollo (TD).....	64
Tabla 18. Residuos estandarizados para la variable Tamaño corporal máximo (TCM).....	64
Tabla 19. Residuos estandarizados para la variable Tamaño de nidada (TN).....	64

INTRODUCCIÓN

Problemática

Las poblaciones de anfibios han registrado severas reducciones a escala global, regional y local, así como extinciones dramáticas desde los años ochenta del siglo pasado (Tyler, 1991; Morrison y Hero, 2003; Norris, 2007; Becker y Zamudio, 2011). Esta situación condujo, entre otras acciones, a la evaluación del estado de conservación de todas las especies, utilizando los criterios de las listas rojas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2004). Este estudio fue denominado Evaluación Global de los Anfibios (GAA, por sus siglas en inglés) y, una vez completado en 2004, arrojó resultados alarmantes, entre los cuales podemos citar que un tercio de las casi 6000 especies de anfibios conocidas para la fecha estaban en alguna categoría de amenaza (Baillie y col., 2004).

En las últimas dos décadas, las poblaciones de anfibios están siendo afectadas en diferentes hábitats a escala regional y global (Crump y col., 1992; Williams y Hero, 1998; Lips y col., 2003; Morrison y Hero, 2003; Hero y col., 2005; Blaustein y Dobson, 2006; Barrio-Amorós y Torres, 2010; Cheng y col., 2011). Se estima que las poblaciones de 39% de las especies de anfibios del Nuevo Mundo están en declive, lo cual es de importancia a escala global, ya que 53% de las especies del planeta habita en esta región (Young y col., 2004).

Causas de la declinación

El aumento de la tasa de extinción y la disminución poblacional de especies de anfibios son causados por actividades humanas tales como la modificación, degradación y pérdida de hábitat, la introducción de especies exóticas y

enfermedades, contaminación de cuerpos de agua, cambio climático, aumento en la incidencia de radiación ultravioleta y lluvia ácida (Pechmann y Wilbur, 1994; Young y col., 2001; Collins y Storfer, 2003; Stuart y col., 2004). La evidencia acumulada hasta la fecha sugiere que a escala global, la importancia relativa de algunos de los factores antes mencionados está incrementando, particularmente el cambio climático y la dispersión de enfermedades epidémicas (Young y col., 2004; Daszak y col., 2005; Lips y col., 2008; Becker y Zamudio, 2011). Esta presunción se fortalece porque las declinaciones y extinciones de poblaciones de anfibios ocurren a escala global, con una relativa sincronía temporal y con disminuciones y extinciones rápidas, proceso que afecta a un gran número de especies (Blaustein y Wake, 1990; Wake, 1991; Dunson y col., 1992; Wake y Sousa, 1994).

Categorías de riesgo de los anfibios en Venezuela

En Venezuela se ha detectado la disminución poblacional y extinción de algunas especies de anfibios anuros desde la década de los 80 del siglo pasado, incluyendo la extinción del sapito arlequín amarillo de Maracay, *Atelopus vogli* (La Marca, 1995; Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008). Esta tendencia es preocupante, ya que Venezuela es el octavo país con mayor número de anfibios (Molina, 2008; Señaris, 2009). Simultáneamente, hay un conjunto de especies amenazadas (7,3% del total) y otro conjunto de especies que no sabemos si están amenazadas o no, ya que no existen datos suficientes que permitan evaluar dichas especies (25,6% del total) (Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008). Se entiende como especies amenazadas a aquellas categorizadas en las tres siguientes categorías de riesgo definidas en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana: En Peligro Crítico (CR), En

Peligro (EN) y Vulnerable (VU) (Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008) (Figura 1). Según lo reportado en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana, hay un total de 26 especies amenazadas, agrupadas en distintos géneros, de los cuales sólo el género *Atelopus* se encuentra amenazado en su totalidad (Figura 2).

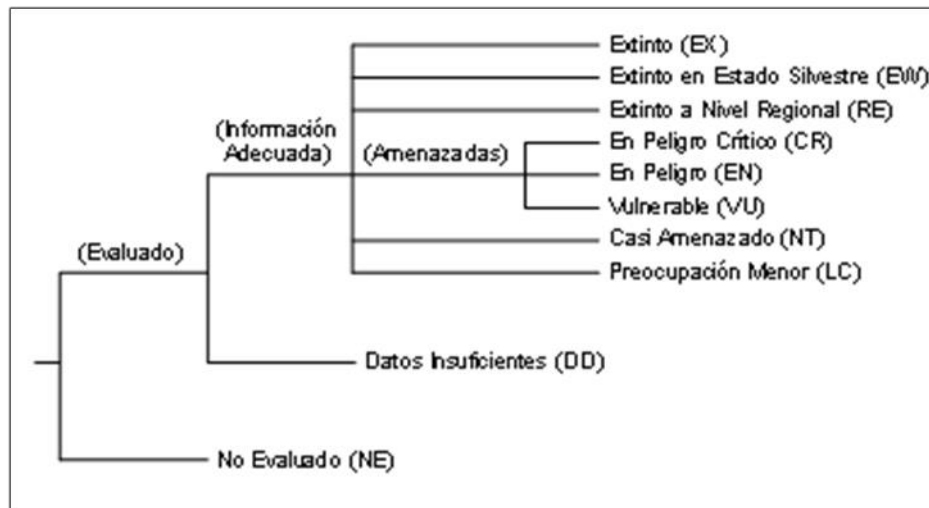


Figura 1. Categorías de riesgo utilizadas en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana (Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008).

Adicionalmente, 38 de las especies de anfibios fueron categorizadas como “Casi Amenazadas” y 95 especies están consideradas como con “Datos Insuficientes” (Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008).

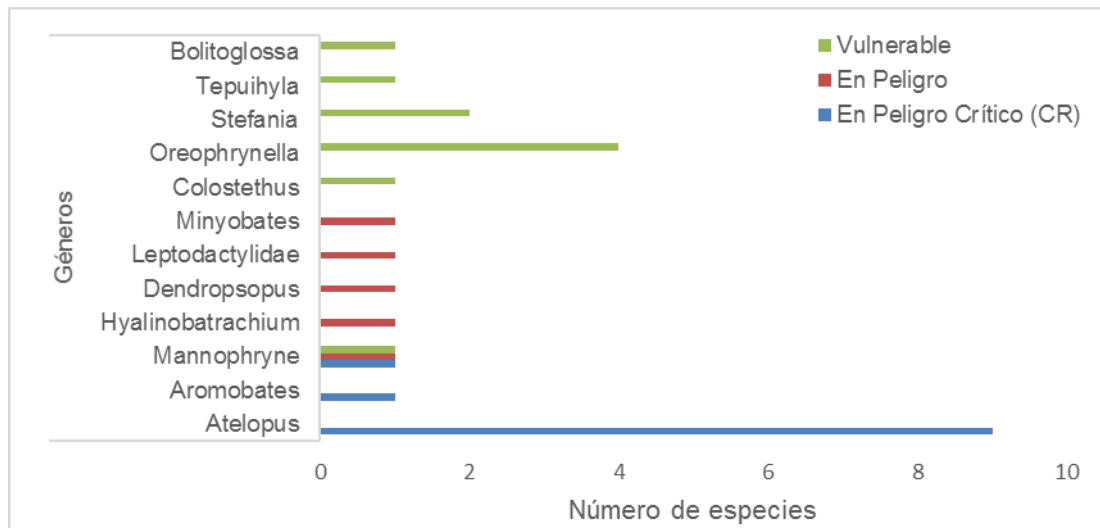


Figura 2. Número de especies de cada género de anfibios que están amenazadas según el Libro Rojo de la Fauna Venezolana (Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008).

Aunque varios autores sostienen que no es posible identificar el origen de las declinaciones poblacionales (declinaciones enigmáticas) (Stuart y col., 2004; Lips y col., 2005), la evidencia señala al hongo quítrido (*Batrachochytrium dendrobatidis*) como causa principal. Este hongo fue reportado por primera vez en 1986 en dos ejemplares de *Atelopus cruciger* en la Cordillera de la Costa (Bonaccorso y col., 2003). Al respecto, se ha reportado la desaparición de poblaciones de dos especies del género *Atelopus* después de eventos de deforestación en Los Andes (La Marca y col., 2005) y, en general, la pérdida de hábitat se ha asociado a la declinación de anfibios en varias regiones de América Latina (Baillie y col., 2004; Lips y col., 2005; Hero y col., 2005). Otra de las causas que se ha asociado a la declinación de anfibios es el cambio climático, en sinergia con otros factores y relacionado con la disminución de la precipitación y aumento de la temperatura a distintas escalas geográficas (Bonaccorso y col., 2003; La Marca y col., 2005; Lampo y col., 2008; Foden y col., 2008, 2013).

Los libros rojos y la necesidad de evaluar la susceptibilidad a los riesgos de extinción

Las llamadas “listas rojas” o “libros rojos” son compendios de información que incluyen la taxonomía, distribución geográfica, ecología y riesgo de extinción de especies de animales, plantas y hongos que están o podrían estar amenazadas. Los libros rojos permiten llamar la atención sobre las especies amenazadas y son útiles para priorizar las acciones o intervenciones estratégicas sobre especies, hábitats y sitios clave, promover el buen uso de los fondos disponibles para la conservación y hacer seguimiento de los avances en la conservación de especies amenazadas (Collar, 1996). Si bien estas listas son resultado de evaluaciones realizadas por expertos sobre un conjunto de criterios poblacionales, de distribución y de probabilidad de extinción, muchas veces son usadas directamente como listas de especies prioritarias para la conservación. Sin embargo, para optimizar los esfuerzos de conservación, además del riesgo de extinción hay que considerar elementos financieros, culturales, biológicos, éticos y sociales (Miller y col., 2006, 2007) (Figura 3).

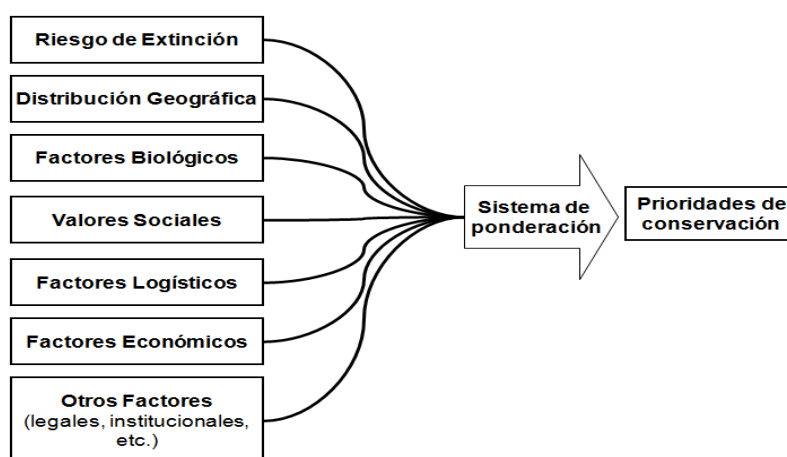


Figura 3. Factores a ser considerados dentro del procedimiento para desarrollar prioridades de conservación (Tomado y modificado de Miller y col., 2007).

Tanto en la listas rojas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, <http://www.iucnredlist.org>) como en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana (Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008) las especies están agrupadas en varias categorías de riesgo (En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable, Casi Amenazado, Preocupación Menor, Datos Insuficientes, así como las especies no evaluadas). Una especie se define dentro de alguna de estas categorías si cumple con un conjunto de criterios y subcriterios establecidos *a priori*. De manera resumida se consideran la magnitud y dinámica en el tiempo del tamaño poblacional, y la magnitud del área de ocupación estimada y su dinámica temporal. De ser posible, también se consideran los resultados de análisis cuantitativos de la probabilidad de extinción (Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008; UICN, 2010).

Si bien las categorías de riesgo de la UICN y del Libro Rojo de la Fauna Venezolana toman en cuenta los criterios ya expuestos, no toman en cuenta directamente un conjunto de aspectos taxonómicos, biológicos y ecológicos propios de las especies, que podrían indicarnos, al menos potencialmente, cuál especie (o conjunto de ellas) podrían estar en declive o en franca extinción (Howard y Bickford, 2014). En el caso de los anfibios, algunos estudios han demostrado que las especies con poblaciones en disminución numérica tienden a tener características reproductivas y ecológicas similares (Williams y Hero, 1998; Lips y col., 2003; Hero y col., 2005). Específicamente, investigaciones realizadas en Australia (Williams y Hero, 1998; Morrison y Hero, 2003; Hero y col., 2005) y en Centroamérica (Lips y col., 2003; Lips y col., 2005) indican que la mayoría de las especies amenazadas tienen distribuciones geográficas pequeñas (<20.000

km²), tamaños corporales medios (<100 mm) y un desarrollo larval en ambientes de aguas corrientes.

Dado que estos estudios sugieren que hay características intrínsecas de las especies que pueden tener un papel fundamental en la susceptibilidad a la extinción, este estudio trata de responder a la pregunta de si las especies agrupadas bajo las distintas categorías de riesgo de extinción del Libro Rojo de la Fauna Venezolana comparten características biológicas, ecológicas y de distribución geográfica particulares que las hace susceptibles a la extinción.

La respuesta a esta interrogante, y motivo de este estudio, nos permitiría preveer cuáles especies o grupos de anfibios son más susceptibles a la extinción a partir de las características aquí evaluadas. Este conocimiento nos permitiría diseñar estudios específicos y aplicar medidas o estrategias de prevención que reduzcan su potencial riesgo de extinción.

ANTECEDENTES

De un total de 357 especies de anfibios en Venezuela (Fernando Rojas-Runjaic, com. pers.), ventiseis figuran como amenazadas en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana (Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008). Esta designación se basa en el tamaño poblacional, área de distribución geográfica o dinámica temporal. Sin embargo, hasta el presente no se ha realizado un análisis comparativo entre las especies amenazadas y las no amenazadas que considere características intrínsecas de las especies (biológicas y ecológicas) en forma independiente de los criterios usados para la asignación de las especies a las categorías de riesgo de extinción del Libro Rojo.

En otras regiones del mundo se han realizado aproximaciones con este enfoque. Por ejemplo Lips (1998) evaluó el tipo de reproducción, tamaño y peso corporal, sexo y edad en los anuros de Costa Rica. Sus resultados señalan que las especies más afectadas por las disminuciones poblacionales y extinciones locales son aquellas que tienen huevos y renacuajos acuáticos, mientras que las que tienen desarrollo directo no parecen estar igualmente afectadas. En ese estudio también se encontró infección y necrosis de la piel en individuos de *Atelopus* spp. y *Pristimantis* spp., lo cual se atribuyó a algún factor externo (toxina) o condiciones ambientales desfavorables. La autora también observó que la destrucción y deterioro del hábitat probablemente reducen poblaciones de anfibios, pero no permiten explicar las reducciones poblacionales en áreas protegidas. También encontró que la introducción de peces (truchas) en el río Cotón en Costa Rica puede estar contribuyendo con la declinación de algunas

especies de anuros (*Isthmohyla rivularis* y *Atelopus chiriquensis*), porque se alimentan de huevos y renacuajos en desarrollo.

En un estudio posterior de la misma autora (Lips y col., 2003) en cuatro localidades de Costa Rica y Panamá, se recabaron datos de la extensión de área de distribución geográfica, intervalo altitudinal, hábitat de larvas y adultos, período de actividad y tamaño corporal máximo de adultos. El estudio mostró que las poblaciones en declive corresponden a especies que comparten hábitats acuáticos, habitan en intervalos altitudinales restringidos y tienen tamaños corporales menores a 100mm.

En un trabajo de revisión, Morrison y Hero (2003) evaluaron características asociadas al desarrollo y crecimiento larval y a la ecología reproductiva de los anfibios de Australia. Encontraron que la altitud influye en la ecología reproductiva de las especies de anfibios, las especies de tierras bajas tardan menos en llegar a la madurez sexual que las de tierras altas, y esto último hace que las especies de tierras altas sean más vulnerables a la extinción. Anteriormente, Williams y Hero (1998) evaluaron atributos ecológicos de anfibios de bosques lluviosos de Australia y encontraron que la disminución poblacional de las especies estaba asociada a la combinación de baja fecundidad, alta especialización en el uso de hábitat y la presencia de desarrollo larval en aguas corrientes. Posteriormente, estos autores examinaron la historia de vida y la distribución geográfica de las 213 especies presentes en Australia, pero enfocaron el análisis sobre aquellas especies de anfibios categorizadas como amenazadas en la Evaluación Global de los Anfibios (Baillie y col., 2004). Los resultados indicaron que del total de 40 especies amenazadas, 8 estaban categorizadas como vulnerables y 32 tenían

poblaciones en declive. Además, 28 de las 49 especies amenazadas (70%) habitaban tierras altas y se reproducían en humedales y ríos de montaña. Asimismo, 31 de las 40 especies amenazadas (77,5%) tenían distribución geográfica restringida (Hero y Morrison, 2004).

Otro estudio, hecho en Australia por Hero y col. (2005), se enfocó en el grupo de 60 especies que habitan a más de 300 m s.n.m. porque las escasas especies amenazadas de tierras bajas deben su estado actual a la pérdida de hábitat. En este estudio los autores evaluaron nueve características ecológicas y de distribución geográfica y sus resultados indican que las especies con tamaños de nidada menores que 100 huevos y con una extensión geográfica menor que 20.000 Km² fueron las más susceptibles a sufrir disminuciones poblacionales.

En el ámbito global, Sodhi y col. (2008) utilizaron características como hábitos reproductivos, hábito del adulto, tamaño corporal, distribución geográfica y altitudinal tomadas de la base de datos de la Evaluación Global de Anfibios (GAA por sus siglas en inglés). Los autores encontraron que el riesgo general de amenaza disminuye linealmente al aumentar el tamaño corporal o la amplitud de distribución geográfica (generada al añadirse nuevas localidades en las que se colectan las especies). Los demás atributos aportaron poca información para evaluar el riesgo de amenaza. Se encontró que el hábito de la especie (terrestre, acuático o arbóreo) y sus ciclos reproductivos estaban débilmente asociados con el riesgo de extinción.

En Venezuela, el único estudio semejante a los trabajos mencionados es el de Barrio-Amorós y Torres (2010). Estos autores priorizaron a las especies venezolanas considerando el riesgo de extinción, el grado de endemidad y la

particularidad taxonómica (rareza), así como la atracción del público hacia la especie. Se identificaron cuatro grupos de especies según su prioridad de conservación: muy alta, alta, media y baja. Según los autores, sólo cuatro especies tienen muy alta prioridad de conservación y diez tienen alta prioridad. En las categorías de media y baja prioridad de conservación figuran 15 y 62 especies, respectivamente.

Recientemente, Howard y Bickford (2014) utilizaron los datos de la GAA de las especies amenazadas en la lista de la UICN (excluyendo la categoría Datos Insuficientes, DD) y propusieron modelos que permiten relacionar el riesgo de extinción con atributos de historia de vida, variables ambientales y la pérdida de hábitat. Una vez validado el modelo, lo usaron para predecir el nivel de riesgo de las especies en la categoría DD. La validación mostró que la predicción de estatus de amenaza del modelo acertó en 74% de las especies. El modelo también predijo que, en promedio, el 63% de las especies en la categoría DD están más amenazadas que las especies con datos completos e indica que, en general, se ha subestimado el riesgo de extinción de los anfibios.

En síntesis, se han realizado diversas evaluaciones de riesgo de extinción en el ámbito global y local respecto a la biología y ecología de distintas especies de anfibios, pero en Venezuela estas evaluaciones son escasas. Apenas se cuenta con información dispersa de las especies conocidas en el país y, en muchos casos, esta información es deficiente.

OBJETIVOS

Objetivo general

Establecer posibles correspondencias entre características biológicas, ecológicas y de distribución geográfica y el riesgo de extinción en anfibios anuros de Venezuela.

Objetivos específicos

1. Recopilar información relevante sobre la biología, ecología y distribución geográfica de los anfibios anuros de Venezuela.
2. Seleccionar un conjunto de variables biológicas, ecológicas y de distribución geográfica como base de comparación entre especies que se encuentran en las distintas categorías de riesgo de extinción.
3. Establecer posibles diferencias entre especies incluidas en distintas categorías de riesgo con base en combinaciones de las variables seleccionadas.
4. Proponer posibles cambios de categoría de riesgo en las especies que actualmente figuran en las categorías “Datos Insuficientes” y “No Evaluados”.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recopilación de información

En una primera fase se trabajó en la actualización de la lista de los anfibios presentes en Venezuela. Para ello se tomó como base el último listado de anfibios del país (Barrio-Amorós y col., 2009), y se completó con la nueva información producida desde enero de 2009 hasta abril del 2014, a partir de la literatura relacionada con la descripción de nuevas especies, nuevos registros, ampliaciones de distribución geográfica para el país y arreglos en la sistemática o taxonomía de los taxones.

En la segunda fase se construyó una matriz de datos, en formato Excel, con información sobre la taxonomía, distribución geográfica, biología y ecología de las especies de anfibios de Venezuela, cuyos campos y estructura serán explicados más adelante. Para ello se recurrió a varias fuentes, que incluyeron literatura científica y catálogos de colecciones zoológicas disponibles sobre la fauna de anfibios anuros de Venezuela. Esta fase implicó la consulta de las colecciones físicas y de las bases de datos digitales de las bibliotecas públicas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela (UCV), la Fundación La Salle de Ciencias Naturales (FLASA), el Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande (EBRG) - Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINAMB) y el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Por otra parte, se consultó la información contenida en los catálogos y bases de datos digitales de las colecciones herpetológicas de los siguientes museos nacionales: Museo de Biología de la UCV (MBUCV), Colección de Vertebrados de La Universidad de Los Andes (CVULA), Museo de la Estación Biológica Rancho Grande (EBRG) y

Museo de Historia Natural La Salle (MHNLS). Adicionalmente, se consultó la información referida en Amphibian Species of the World 6.0, Online Reference (Frost, 2014) y el sitio AmphibiaWeb, los cuales contienen información sobre historia natural, conservación y taxonomía de los anfibios del mundo (<http://amphibiaweb.org>). Finalmente, se realizaron consultas directas a especialistas en taxonomía (Fernando Rojas-Runjaic, MHNLS), biología y ecología (César Molina, IZET-UCV; J. Celsa Señaris, LEGP-IVIC; Margarita Lampo, LEGP-IVIC) y geografía (Víctor Aguilar, IGDR-UCV; Grisel Velásquez, SIG-IVIC).

Construcción de matriz de datos

Sobre la base de la lista actualizada de los anfibios de Venezuela se construyó una matriz de datos contentiva de toda la información recabada sobre distribución geográfica, biología y ecología de las especies de anfibios anuros de Venezuela (Ruthven, 1914; Ruthven, 1919; Thompson, 1922; Ruthven y Gaige, 1923; Lutz, 1927; Anderson, 1945; Test, 1956; Rivero, 1964; Bokermann, 1967; Duellman y Trueb, 1967; Cochran y Goin, 1970; Rivero, 1971; Duellman y col., 1972; Pyburn, 1973; Duellman, 1974; Lynch y Hoogmoed, 1977; Hoogmoed, 1979; Hoogmoed y Gorzula, 1979; Duellman, 1980; Lynch, 1983; La Marca, 1985; Péfaur, 1985; Donnelly y Myers, 1991; Yústiz, 1991; Ayarzagüena y Señaris, 1993; Heyer, 1994; Ayarzagüena y Señaris, 1996; Myers y Donnelly, 1996; Señaris y col., 1996; Myers y Donnelly, 1997; Barrio y Fuentes, 1999; Mijares-Urrutia y col., 1999; Myers y Donnelly, 2001; Smith y Noonan, 2001; Duellman y Señaris, 2003; Barrio, 2004; Lotters y col., 2004; La Marca, 2005; MacCulloch y Lathrop, 2005; Manzanilla y col., 2005; Rivas y col., 2005; Rodrigues y col., 2005; Rojas-

Runjaic y col., 2005; Señaris y MacCulloch, 2005; Barrio, 2006; Heyer y col., 2006; Infante y col., 2006a; 2006b; Señaris y Ayarzagüena, 2006; Vargas y La Marca, 2006; La Marca, 2007a; 2007b; Lotzkat, 2007; Lotzkat y col., 2007; Mora, 2007; Schluter y Rodder, 2007; Barrio y Brewer-Carías, 2008; MacCulloch y col., 2008; Myers y Donnelly, 2008; Rojas-Runjaic y col., 2008; Yerena y Rivero, 2008; Barrio y Rojas-Runjaic, 2009; Heyer y Barrio, 2009; Infante, 2009; La Marca, 2009; Barrio, 2010; Barrio y col., 2010a; 2010b; 2010c; Barrio y Santos, 2010; Caramaschi, 2010; Hertz y Lotzkat, 2010; Kok, 2010; Rodrigues y col., 2010; Tárrano, 2010; Valera-Leal y col., 2011; Barrio, 2011; Barrio y col., 2011a; 2011b; Barrio y Santos, 2012; Heyer y De Sa, 2011; Barrio y col., 2012; La Marca y Otero, 2012; Rojas-Runjaic y col., 2012; Salerno y Pauly, 2012; Barrio, 2013; Cole y col., 2013; Faivovich y col., 2013; Rojas-Runjaic y col., 2013; De Sa y col., 2014). Para ello se trabajó en una hoja dentro de un libro Excel, en la cual las filas corresponden a las especies de anfibios y las columnas a la información atributiva correspondiente a los patrones de distribución geográfica y a los aspectos considerados en este estudio sobre la biología y ecología de las especies de anuros del país, los cuales se describen más adelante.

Caracterización de anfibios anuros de acuerdo con el riesgo de extinción

A la matriz de datos se le añadió una columna con las categorías de riesgo de extinción de las especies según el Libro Rojo de la Fauna Venezolana (Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008), incluyendo a las especies no evaluadas (NE) para la fecha de dicha publicación. Para los efectos del análisis de los datos se consideraron las siguientes categorías de riesgo evaluadas en dicho documento: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi Amenazado (NT),

Preocupación Menor (LC), Datos insuficientes (DD), así como las especies no evaluadas (NE).

Caracteres biológicos, ecológicos y de distribución geográfica de los anuros venezolanos incluidos en este estudio

Se evaluaron las siguientes características biológicas, ecológicas y de distribución, propuestas por Williams y Hero (1998), Lips y col. (2003) y Hero y col. (2005) con algunas modificaciones. En total son 12 variables categóricas nominales y 41 categorías definidas como sigue:

Rasgos reproductivos

1. *Tipo de desarrollo* (TD): se refiere a la existencia o no de larvas (renacuajos) con vida libre o dentro del huevo (Hero y col., 2005).
 - a. Larval.
 - b. Directo.

2. *Cuido parental* (CP): existencia o no de cuidado a los huevos y/o renacuajos por parte de uno o los dos progenitores (Jamieson, 2003; Wells, 2007).
 - a. Sí.
 - b. No.
 - c. Desconocido.

3. *Modo reproductivo* (MR): se refiere al tipo y lugar de deposición de los huevos (Duellman y Trueb, 1986; Duellman, 2003; Wells, 2007).
- a. Acuático.
 - b. En el dorso de parental.
 - c. Terrestre o arbóreo.
4. *Estadio de desarrollo que recibe el cuidado parental* (ECP) (Jamieson, 2003; Wells, 2007).
- a. Huevo.
 - b. Renacuajo.
 - c. Ambos.
 - d. Desconocido.
5. *Microhábitat larval primario* (MHL): tipo de microhábitat donde inicialmente se desarrolla el renacuajo con vida libre (Duellman y Trueb, 1986).
- a. En el agua (sistemas lénticos y lóticos).
 - b. Nidos de espuma.
 - c. Madrigueras (en medio terrestre).
 - d. Fitotelmatas.
 - e. Desconocido.

6. *Tamaño de nidada* (TN): número de huevos por puesta o número de huevos por hembra (Hero y col., 2005).

- a. Muy pequeña (1-30 huevos).
- b. Pequeña (31–100 huevos).
- c. Mediana (101–500 huevos).
- d. Grande (501-1000 huevos).
- e. Muy grande (>1000 huevos).
- f. Desconocido.

Rasgos ecológicos del adulto

7. *Período de actividad del adulto* (PA): lapso del día en que la especie está activa (Hero y col., 2005).

- a. Diurna.
- b. Nocturna.
- c. Diurna-Nocturna.
- d. Desconocido.

8. *Hábito del adulto* (HA): comportamiento habitual del adulto en relación a su ocupación espacial (Wells, 2007).

- a. Acuático
- b. Arbóreo

c. Combinación de las anteriores.

d. Desconocido.

9. *Formación vegetal donde habita el adulto* (FVA): Se refiere al tipo de vegetación donde puede habitar el adulto, de acuerdo a la clasificación de Huber y Oliveira-Miranda (2010).

a. Abierta (Arbustales, herbazales, sabanas, zonas de cultivo).

b. Boscosa (Bosques siempreverdes, semidecíduos, deciduos, ribereños).

c. Ambas.

d. Desconocido.

10. *Tamaño corporal máximo del adulto* (TCM): se refiere al tamaño corporal máximo que puede tener el adulto de la especie, sea macho o hembra (Wells, 2007).

a. Muy pequeño (< 26 mm)

b. Pequeño (26–35,9 mm)

c. Mediano (36–50,9 mm)

d. Grande (51–80mm)

e. Muy grande (>80 mm)

f. Desconocido.

Rasgos de distribución geográfica

11. *Intervalo altitudinal* (IA): intervalos de altitud en los que se encuentra la especie:

- a. Tierras bajas (0–1000 m).
- b. Tierras medias (1001–2000 m).
- c. Tierras altas (>2000).
- d. Combinación de las anteriores.
- e. Desconocido.

12. *Número de bioregiones en las que se localiza* (NB): Unidad delimitada por la topografía, clima, vegetación, flora, altitud, precipitación anual y condición de ambiente continental o marino costero. Estas unidades son las propuestas por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MARNR, 2000; 2001):

- a. Distribución muy amplia (8–10 bioregiones)
- b. Distribución amplia (4–7 bioregiones)
- c. Distribución restringida (2–3 bioregiones)
- d. Distribución muy restringida (1 bioregión)

Análisis de los datos

Las variables incluidas en el análisis fueron las características biológicas, ecológicas y de distribución geográfica representadas por variables nominales, ya que están definidas por categorías, y éstas no tienen un orden natural

(Greenacre, 2008). Estas variables podrían predecir categorías de riesgo de las especies, considerándose ésta como una variable resultante o dependiente.

Para explorar las relaciones entre las variables propuestas y las categorías de riesgo de las especies (En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable, Casi Amenazado, Preocupación Menor, Datos insuficientes, así como las especies no evaluadas) se realizó un Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) (Legendre y Legendre, 1998; Greenacre, 2008). Los análisis se hicieron con el programa SPSS versión 17 (SPSS Inc., 2008). Para realizar el análisis, se tomaron sólo las variables que tenían menos de 20 especies sin información. Dichas variables fueron siete: Modo reproductivo (MR), Tipo de desarrollo (TD), Período de actividad del adulto (PA), Hábito del adulto (HA), Formación vegetal donde habita el adulto (FVA), Tamaño corporal máximo del adulto (TCM) e Intervalo altitudinal (IA). De las 341 especies reportadas, se eliminaron 6 para este análisis por no poseer suficientes datos, es decir, se trabajó con 335 especies. Además, se realizó la agrupación de categorías de riesgo según Sodhi y col. (2008; Tabla 1).

Tabla 1. Categorías de riesgo del Libro Rojo de la Fauna Venezolana adaptadas a este estudio.

Libro Rojo de la Fauna Venezolana			
Amenazado	No Amenazado	Datos Insuficientes	No Evaluado
En Peligro Crítico	Casi Amenazado		
En Peligro	Preocupación Menor	Datos Insuficientes	No Evaluado
Vulnerable			
Sodhi y col., 2008			
Amenazado	No Amenazado	Datos Insuficientes	No Evaluado
En Peligro Crítico			
En Peligro	Preocupación Menor	Datos Insuficientes	No Evaluado
Vulnerable			
Casi Amenazado			

Posteriormente, se realizó un ACM con las especies que tenían toda la información de las siete variables antes mencionadas (208 especies), a fin de evaluar la ordenación de las especies amenazadas y no amenazadas y el aporte de cada variable al análisis.

Con las 208 especies mencionadas se realizó una Regresión Logística (Zar, 2010) para identificar cuáles variables biológicas, ecológicas y de distribución (variables independientes) tenían mayor poder predictivo o explicativo de las categorías de riesgo. Se tomó como variable dicotómica dependiente las categorías de riesgo (Amenazadas y No Amenazadas). Este análisis se hizo con el programa SPSS versión 17 (SPSS Inc., 2008).

Adicionalmente, se compararon las distribuciones de las especies en las categorías de las variables mencionadas usando tablas de independencia-contingencia y el estadístico ji-cuadrado (Zar, 2010). La hipótesis nula a evaluar fue la independencia entre la categoría de amenaza y las categorías de cada variable. Sólo se consideraron las variables con valores esperados mayores que 5 (Zar, 2010). En los casos de rechazo de la hipótesis nula se calcularon los residuos estandarizados para identificar las asociaciones que contribuyeron en mayor medida a este resultado. La ecuación para el cálculo de los residuos estandarizados es:

$$Z_{ij} = \frac{(O - E) / \sqrt{E}}{\sqrt{(total - r) / (total - c)}}$$

Donde “O” es el valor observado, “E” es el valor esperado para cada celda, “r” es el número de filas, “c” es el número de columnas y “total” es la suma de los valores en las filas y columnas. Para elegir un valor de Z crítico para el nivel de

significación deseado (α) para una tabla de “r” (filas) y “c” (columnas) se utilizó la siguiente ecuación:

$$Z_{\text{crítico}} = Z_{1-\alpha}$$

Se seleccionaron las variables y categorías asociadas tanto a especies amenazadas como a especies no amenazadas. Luego de dicha selección se propusieron los cambios para las especies que están en las categorías Datos Insuficientes (DD) y No Evaluado (NE) del Libro Rojo de la Fauna Venezolana.

RESULTADOS

La lista actualizada de los anuros de Venezuela consta de 341 especies distribuidas en 16 familias y 62 géneros (Tabla 2).

Tabla 2. Especies y géneros en cada familia de anuros de Venezuela.

Familia	Géneros	Especies
Allophrynidae	1	1
Aromobatidae	5	62
Bufonidae	6	28
Centrolenidae	6	26
Ceratophrydae	1	1
Ceuthomantidae	1	3
Craugastoridae	3	63
Dendrobatidae	3	4
Eleutherodactylidae	2	2
Hemiphractidae	4	21
Hylidae	14	80
Leiuperidae	4	8
Leptodactylidae	3	25
Microhylidae	7	12
Pipidae	1	3
Ranidae	1	2
Total	62	341

Matriz de datos

Se obtuvo una matriz de 342 filas (especies), 12 columnas correspondientes a las características biológicas, ecológicas y de distribución geográfica y una columna

adicional correspondiente a las categorías de riesgo. Según el Libro Rojo, una de las 342 especies, *Atelopus vogli*, está extinta y no se incluyó en los análisis (Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008).

Caracterización de anfibios anuros de acuerdo al riesgo de extinción

Una de las características a evaluar es cómo se agrupan las especies en las distintas categorías de riesgo propuestas en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Se encontró que un grupo grande de especies está en la categoría Preocupación Menor (LC), otro grupo se encuentra en la categoría Datos Insuficientes (DD) y sólo un pequeño grupo de especies está en las categorías de mayor riesgo: En Peligro Crítico (CR) (2,9%), En Peligro (EN) (1,5%), Vulnerable (VU) (2,6%) y Casi Amenazado (NT) (10,9%) (Figura 4).

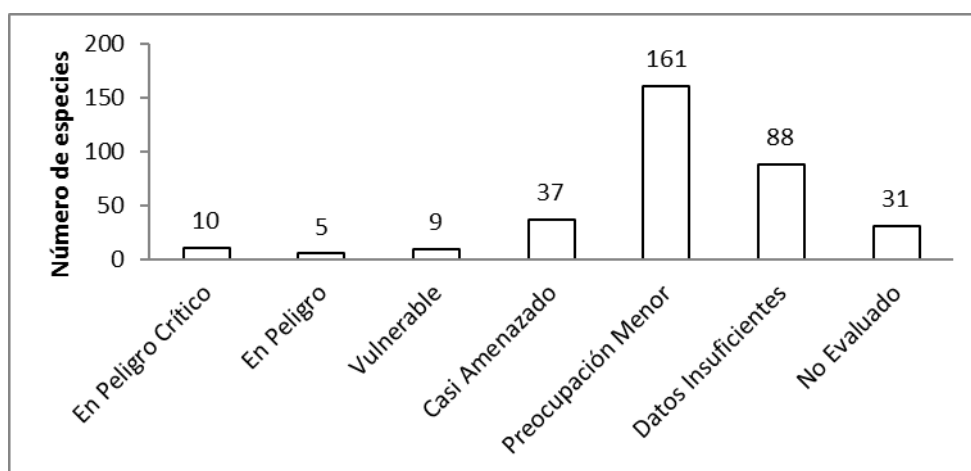


Figura 4. Número de especies en cada categoría de riesgo del Libro Rojo de la Fauna Venezolana.

Al reagrupar las especies como Amenazadas (En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable y Casi Amenazado) o bien No amenazadas (Preocupación menor), 161 especies figuran como No amenazadas (72,5%) y 61 especies (27,5%) están Amenazadas. La mayor parte de las especies amenazadas está incluida en las

familias Aromobatidae, Bufonidae, Centrolenidae, Dendrobatidae, Hemiphractidae (Tabla 3).

Tabla 3. Distribución del número de especies amenazadas y no amenazadas en las distintas familias.

Familia	Total de especies	Especies no amenazadas	Especies amenazadas	Especies amenazadas (%)
Allophrynidae	1	1	0	0
Aromobatidae	62	9	13	21,0
Bufonidae	28	10	15	53,6
Centrolenidae	26	9	9	34,6
Ceratophrydae	1	1	0	0
Ceuthomantidae	3	1	0	0
Craugastoridae	63	17	7	11,1
Dendrobatidae	4	3	1	25,0
Eleutherodactylidae	2	2	0	0
Hemiphractidae	21	4	7	33,3
Hylidae	80	56	8	10,0
Leiuperidae	8	8	0	0
Leptodactylidae	25	24	1	4,0
Microhylidae	12	11	0	0
Pipidae	3	3	0	0
Ranidae	2	2	0	0

Caracteres biológicos, ecológicos y de distribución geográfica de los anuros venezolanos incluidos en este estudio

De las 12 características inicialmente propuestas para incluirse en este estudio, se obtuvo suficiente información de siete de ellas: Modo reproductivo, Tipo de desarrollo, Período de actividad del adulto, Hábito del adulto, Formación Vegetal que ocupa el adulto, Tamaño corporal máximo e Intervalo altitudinal. Se utilizaron

todas las especies con información en cada variable. Adicionalmente, de las especies que no tenían información, se tomó un máximo de veinte en cada variable, el resto no se tomaron en cuenta en los análisis.

Rasgos reproductivos

Se observó que la mayoría de las especies tuvieron modo reproductivo acuático y desarrollo larval, mientras que un número menor de especies tuvieron desarrollo directo y huevos en la espalda de uno de los padres. Hay poca información sobre cuidado parental en anuros venezolanos. Al respecto, hay información sobre pocas especies que cuidan sólo sus huevos; muy pocas tienen cuidado exclusivo de los renacuajos. Por otra parte, de las especies que tienen desarrollo larval, la mayoría de los renacuajos habitan en ambientes acuáticos y hay pocos reportes de renacuajos desarrollándose en nidos de espuma, fitotelmatas y madrigueras. Respecto al tamaño de nidada, la tendencia es tener tamaños pequeños (Tabla 4).

Al relacionar los rasgos reproductivos con las categorías de riesgo de las especies, se obtuvo que la mayoría de especies amenazadas tuvieron desarrollo larval, mientras que una menor proporción tuvo desarrollo directo. En las especies no amenazadas se observó un patrón similar (Figura 5).

Tabla 4. Variables relativas a la reproducción. Los números indican las especies en cada categoría.

Variable	Categorías					
Tipo de desarrollo (TD)	Larval (245)	Directo (96)				
Cuido parental (CP)	Sí (109)	No (2)	Desconocido (230)			
Modo reproductivo (MR)	Acuático (243)	Dorso del parental (21)	Terrestre o arbóreo (77)			
Estadio de desarrollo que recibe el cuidado parental	Huevos (31)	Renacuajos (9)	Huevos y Renacuajos (29)	Desconocido (272)		
Microhábitat larval primario (MHL)	Agua (202)	Nido de espuma (10)	Madriguera (2)	Fitotelmata (5)	Desconocido (29)	Desarrollo Directo (93)
Tamaño de nidada (TN, número de huevos)	Muy pequeña (1-30) (58)	Pequeña (31-100) (71)	Mediana (101-500) (30)	Grande (501-1000) (41)	Muy grande (>1000) (21)	Desconocido (120)

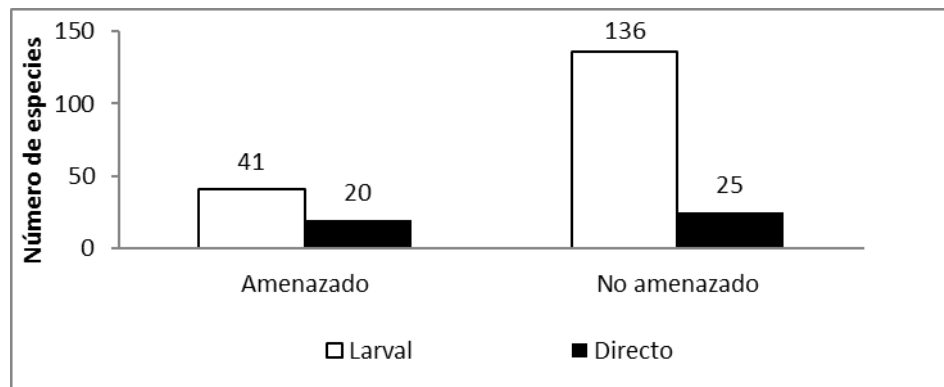


Figura 5. Número de especies en cada categoría de la variable tipo de desarrollo agrupadas por categorías de riesgo.

Al relacionar la presencia o no de cuidado parental con las categorías de riesgo, encontramos que del total de las especies amenazadas la mayoría tiene cuidado

parental, sólo una pequeña proporción no tiene, y más de la mitad de las especies no tiene datos. Se obtuvo un patrón similar en especies no amenazadas (Figura 6).

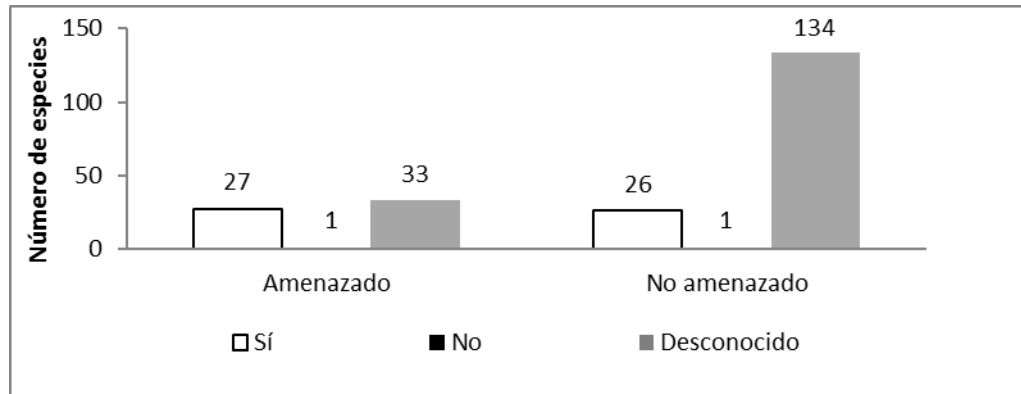


Figura 6. Número de especies en cada categoría de la variable cuidado parental agrupadas por categorías de riesgo.

En cuanto al modo reproductivo, casi todas las especies amenazadas tienen modo acuático de reproducción, mientras que las de la categoría “No amenazado” tienen desarrollo acuático pero una alta proporción tiene desarrollo terrestre o arbóreo (Figura 7).

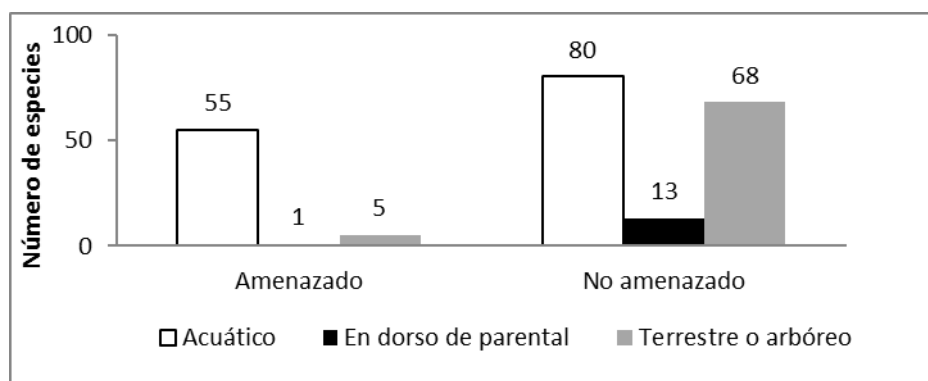


Figura 7. Número de especies en cada categoría de la variable modo reproductivo agrupadas por categorías de riesgo.

Al relacionar la variable estadio de desarrollo que recibe cuidado parental con las categorías de riesgo, encontramos que la mayoría de especies no presentaron datos suficientes para esta variable, mientras que pequeñas proporciones tuvieron cuidado parental de los huevos, de huevos y renacuajos, y sólo de renacuajos. En cuanto a las especies no amenazadas encontramos un patrón similar (Figura 8).

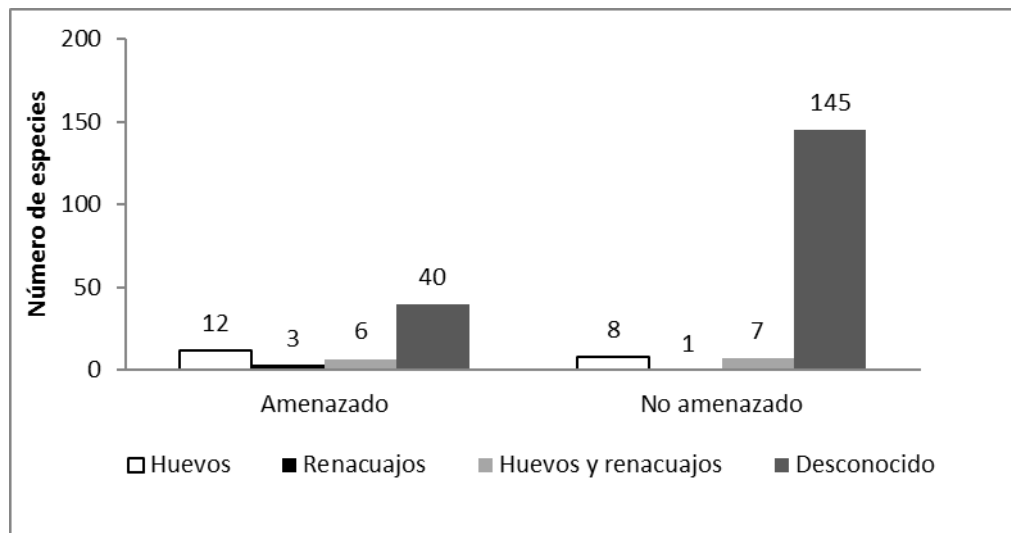


Figura 8. Número de especies en cada categoría de la variable estadio de desarrollo que recibe cuidado parental agrupadas por categorías de riesgo.

Respecto a la relación del nicho de hábitat larval con las categorías de riesgo, encontramos que la mayoría de especies amenazadas presentan desarrollo larval en el agua, mientras que una baja proporción tiene desarrollo larval en fitotelmatas. Se encontró un patrón similar en las especies no amenazadas. Para la mayoría se reportó desarrollo larval en el agua, mientras que sólo una pequeña proporción presentó desarrollo larval en fitotelmatas, nidos de espuma y madrigueras (Figura 9).

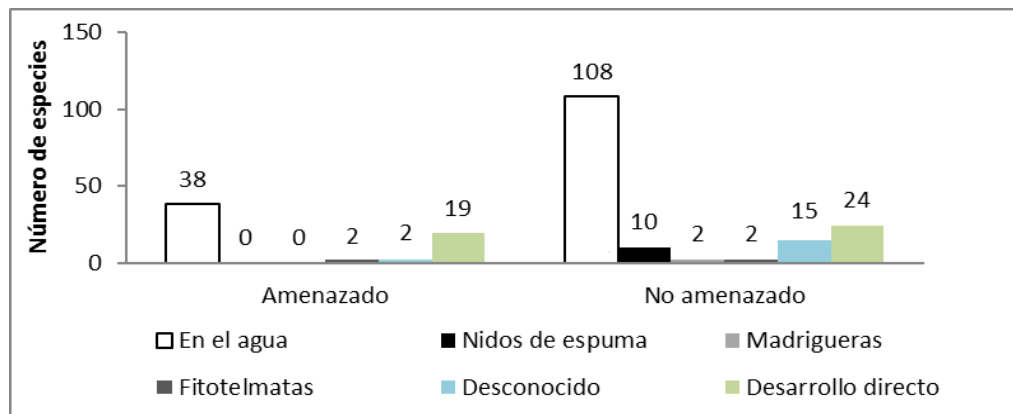


Figura 9. Número de especies en las categorías Amenazado-No amenazado. Las barras representan el número de especies en cada categoría de la variable microhábitat larval primario.

En cuanto a la relación entre las categorías de riesgo y tamaño de nidada, encontramos que del total de especies amenazadas la mayoría presentaron tamaños de nidada pequeños y muy pequeños. Respecto a las especies no amenazadas, la mayoría presentó tamaños de nidada grande, muy grande. Cabe destacar que la categoría “desconocido” predomina en ambos grupos de especies (Figura 10).

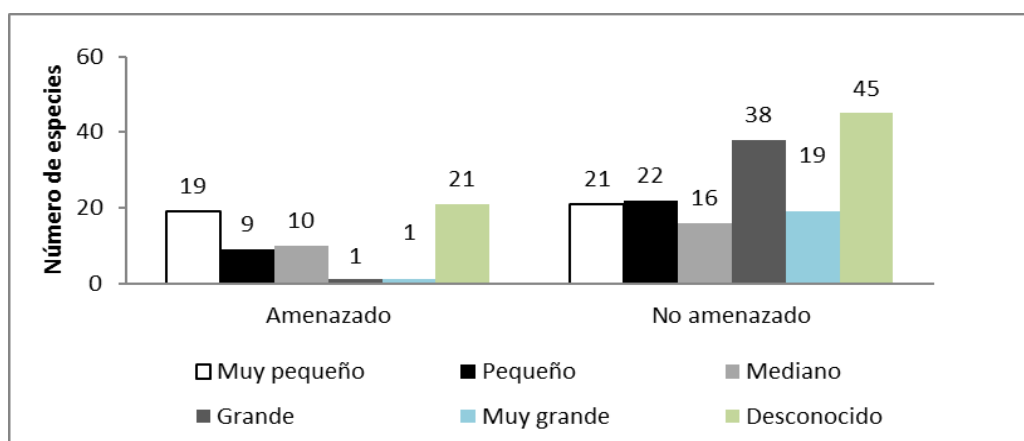


Figura 10. Número de especies en las categorías Amenazado-No amenazado. Las barras apiladas representan el número de especies en cada categoría de la variable tamaño de nidada.

Rasgos ecológicos del adulto

Se reportó que la mayoría de las especies fueron nocturnas, de hábitos acuáticos y terrestres (o en vegetación) mientras que un número menor de especies fueron diurnas. Un pequeño número de especies tuvieron actividad tanto diurna como nocturna y habitan en ambientes tanto acuáticos como de vegetación. Además, la mayoría de las especies habita en zonas boscosas (bosques ribereños, nublados, deciduos, semideciduos), mientras que una pequeña proporción se asocia a vegetación en zonas abiertas, ya sean herbazales, arbustales, zonas de cultivo y/o pastizales. También hay una pequeña proporción de especies que viven tanto en zonas boscosas como abiertas. En cuanto al tamaño corporal, se reportó que aproximadamente la mitad tuvieron tamaño pequeño y muy pequeño, y proporciones menores tuvieron tamaño mediano, grande y muy grande. Sólo una especie no tiene datos para esta variable (*Pristimantis incertus*) (Tabla 5).

Tabla 5. Variables relativas a la ecología de los adultos. Los números representan las especies en cada categoría

Variable	Categorías					
Período de actividad del adulto (PA)	Diurna (86)	Nocturna (222)	Diurna / Nocturna (20)	Desconocido (13)		
Hábito del adulto (HA)	Acuático (184)	Arbóreo (130)	Combinación de Acuático y Terrestre (7)	Desconocido (20)		
Formación vegetal, FVA(Hábitat del adulto)	Abierta (29)	Boscosa (241)	Ambas (53)	Desconocido (18)		
Tamaño corporal máximo del adulto (TCM)	Muy pequeño < 26 mm (86)	Pequeño 26 – 35,9 mm (94)	Mediano 36 – 50,9 mm (80)	Grande 51-80 mm (55)	Muy Grande >80 mm (25)	Desconocido (1)

La mayoría de las especies amenazadas tienen un período de actividad nocturno, y una proporción alta tiene hábito diurno, pocas especies son tanto diurnas como nocturnas. Respecto a las especies no amenazadas, se reportó un patrón similar a las especies amenazadas, sólo que proporcionalmente es superior el número de especies nocturnas que el de diurnas (Figura 11).

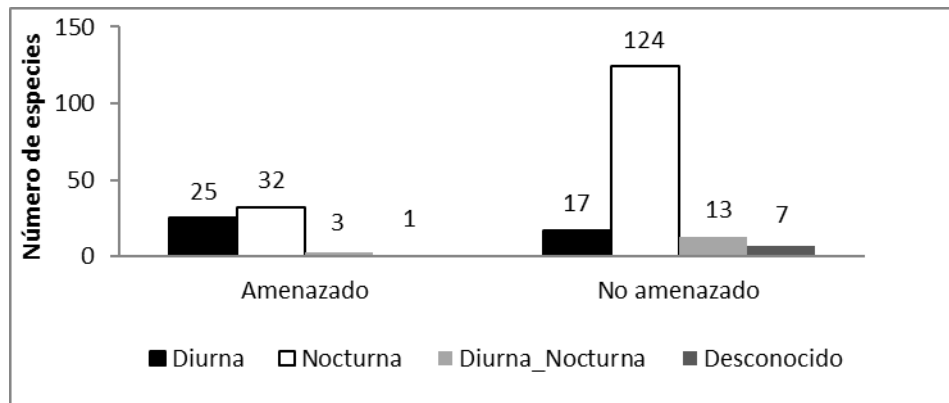


Figura 11. Número de especies en cada categoría de la variable período de actividad del adulto agrupadas por categorías de riesgo.

En cuanto al hábito del adulto, se reportó que las especies amenazadas viven en ambientes asociados al agua 67,2% y en la vegetación 27,9%. Se observó un patrón similar en las especies no amenazadas, 49,7% viven en ambientes asociados al agua y 46,6% viven asociadas a la vegetación. Pocas especies se reportaron en la categoría combinación de ambientes (Figura 12).

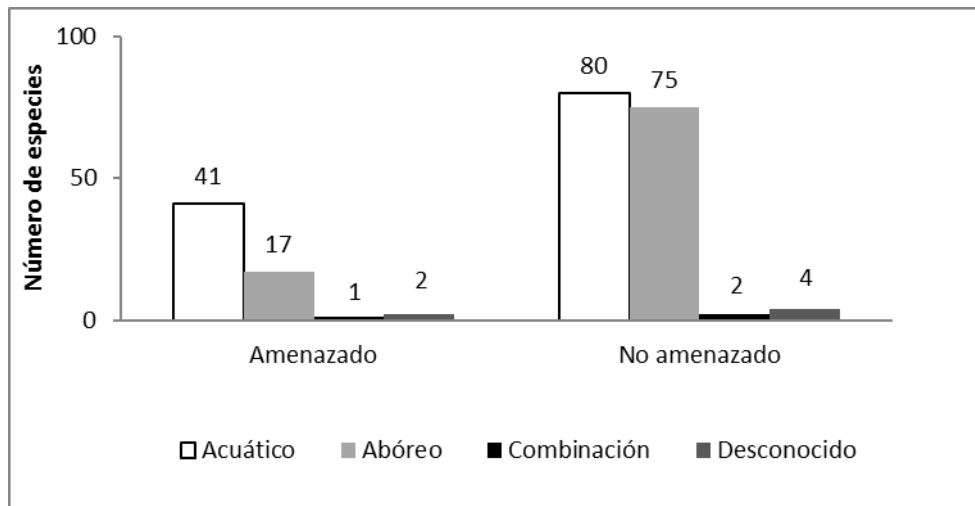


Figura 12. Número de especies en cada categoría de la variable hábito del adulto agrupadas por categorías de riesgo.

Respecto a la formación vegetal que habita el adulto (hábitat del adulto), observamos que la mayoría de las especies habitan en zonas boscosas, tanto las especies amenazadas, como las no amenazadas. En las especies amenazadas, la proporción que habita exclusivamente en zonas abiertas y en zonas tanto abiertas como boscosas, es igual en cada categoría. En el grupo de las especies no amenazadas, una pequeña proporción vive en zonas abiertas y una mayor proporción habita en zonas abiertas y boscosas (Figura 13).

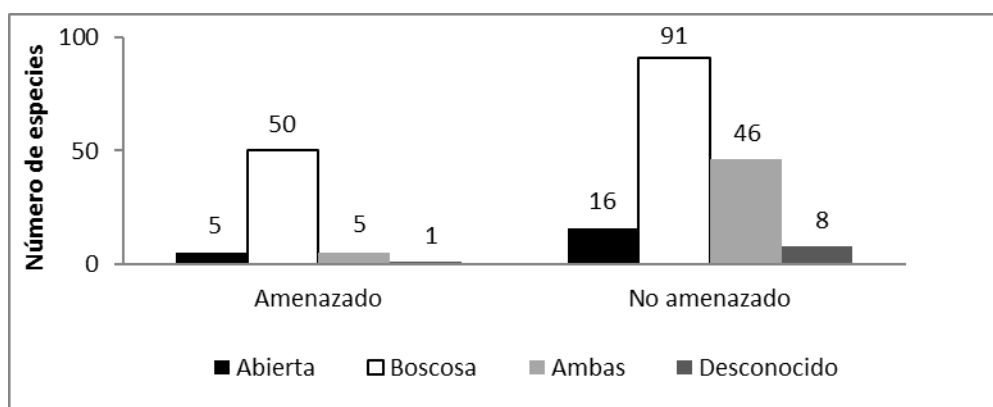


Figura 13. Número de especies en cada categoría de la variable formación vegetal que habita el adulto agrupadas por categorías de riesgo.

Por otra parte, encontramos que de las especies amenazadas, la mayoría son de tamaño corporal pequeño y muy pequeño; de las especies no amenazadas, la mayoría son de tamaño corporal pequeño o mediano. Además, 31,2% de las especies amenazadas son de tamaño mediano (Figura 14).

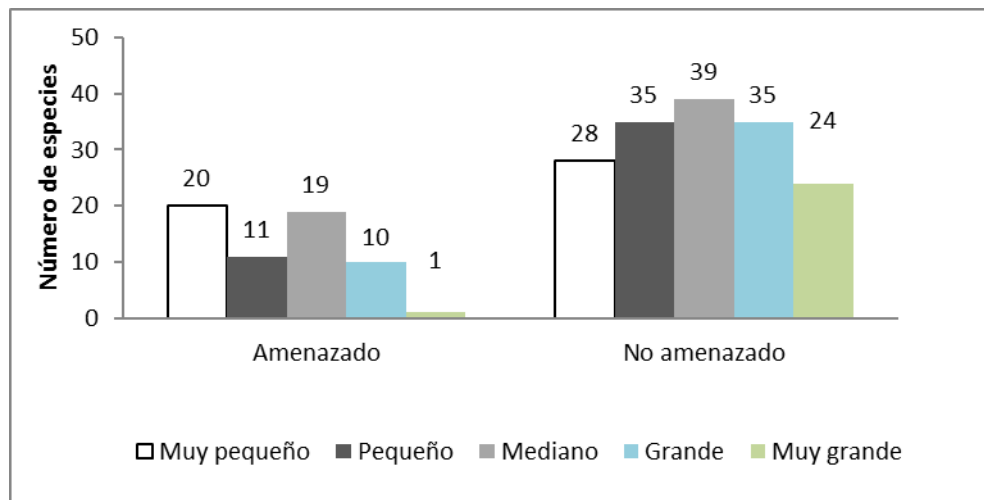


Figura 14. Número de especies en cada categoría de la variable tamaño corporal agrupadas por categorías de riesgo.

Rasgos de distribución geográfica

Obtuvimos que la mayoría de las especies se reportaron para tierras bajas, medias y combinación de intervalos, mientras que un número menor de especies vive exclusivamente en tierras altas. Además, se reportó una distribución restringida para la mayoría de las especies, mientras que pocas presentan amplia distribución (Tabla 6).

Tabla 6. Variables relativas a la distribución geográfica de las especies. Los números indican la cantidad de especies en cada categoría.

Variable	Categorías				
Intervalo altitudinal (IA)	Tierras bajas (0-1000 msnm) (100)	Tierras medias (1001-2000 msnm) (59)	Tierras altas (>2000 msnm) (55)	Combinación (122)	Desconocido (5)
Número de bioregiones en las que habita (NB)	Distribución muy amplia (8 – 10) (1)	Distribución amplia (4–7) (19)	Distribución restringida (2 – 3) (44)	Distribución muy restringida (1) (277)	

Cuando relacionamos las variables de distribución con las categorías de riesgo, encontramos que de las especies amenazadas, la mayoría habita en tierras altas; mientras que de las especies no amenazadas, la mayoría habita tierras bajas (Figura 15).

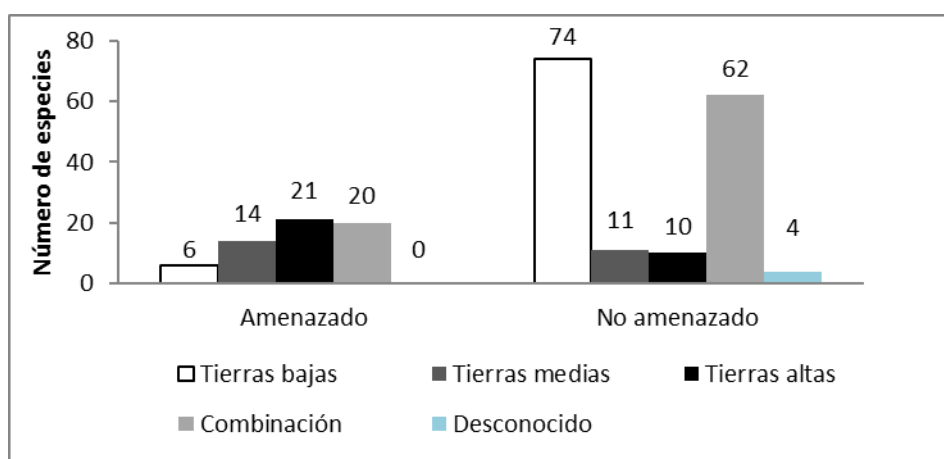


Figura 15. Número de especies en cada categoría de la variable intervalo altitudinal agrupadas por categorías de riesgo.

Las especies amenazadas y no amenazadas tuvieron distribución muy restringida. La única especie que tuvo distribución muy amplia no se reportó amenazada y pocas especies de las no amenazadas mostraron distribución amplia o distribución restringida (Figura 16).

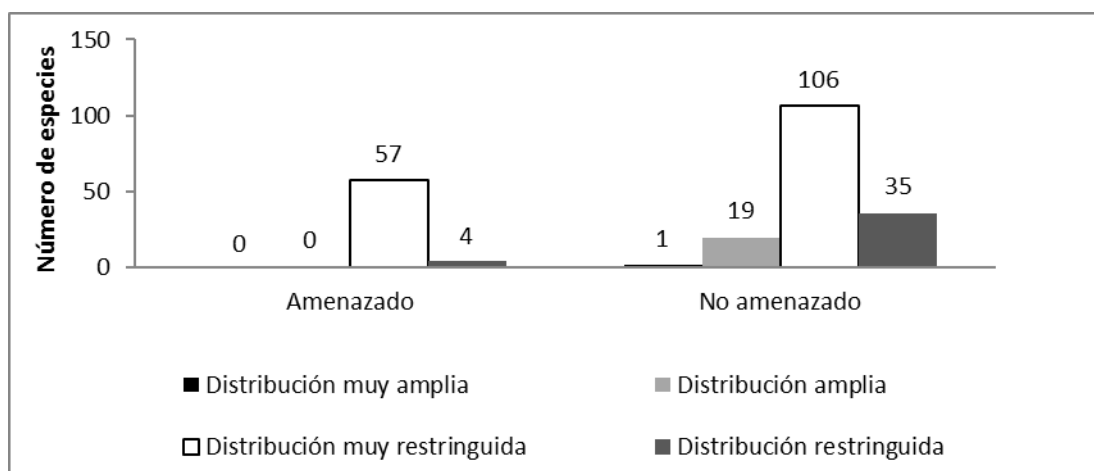


Figura 16. Número de especies en cada categoría de la variable número de bioregiones agrupadas por categorías de riesgo.

Posibles relaciones entre las variables intrínsecas y las categorías de riesgo de las especies

Al realizar el Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) tomando las categorías de riesgo como variable suplementaria, con 335 especies (incluyendo a las especies DD y NE) obtuvimos que los tres primeros ejes explicaban el 88,4% de la inercia (Tabla 7). Al realizar el análisis sólo con las especies amenazadas y no amenazadas, se obtuvo un resultado similar, aunque con menor varianza explicada, 74,3% (Tabla 8). Muy posiblemente, esto se debe a que muchas especies comparten la categoría “desconocido” en varias variables, lo cual es computado como una semejanza entre especies. Si bien esto puede ocurrir con cualquier criterio de semejanza (Ej. similitudes o correlaciones), no es necesariamente cierto desde el punto de vista biológico.

Tabla 7. Inercia explicada por cada dimensión en el ACM realizado con 335 especies.

Dimensión	Autovalor	Inercia	Varianza (%)
1	2,46	0,35	35,17
2	2,14	0,31	30,57
3	1,59	0,23	22,68
Total	6,19	0,88	88,42

Tabla 8. Inercia explicada por cada dimensión en el ACM realizado con 208 especies.

Dimensión	Autovalor	Inercia	% de Varianza
1	2,20	0,31	31,42
2	1,69	0,24	24,21
3	1,31	0,19	18,70
Total	5,20	0,74	74,33

Encontramos que las variables que tuvieron mayor inercia (varianza) en el ACM con 335 especies, en el primer eje principal (dimensión 1), fueron: modo reproductivo, período de actividad y tamaño corporal máximo; en el segundo eje principal (dimensión 2) fueron: hábito del adulto, período de actividad y tipo de desarrollo. Mientras que en el ACM con 208 especies, las variables que tuvieron mayor inercia (varianza) en el primer eje principal fueron: modo reproductivo, intervalo altitudinal y periodo de actividad y, en el segundo eje principal: hábito del adulto y modo reproductivo (Tablas 9 y 10).

Tabla 9. Valores de discriminación de las variables realizando el ACM con 335 especies.

	Dimensión		
	1	2	3
Modo reproductivo	0,567	0,033	0,425
Tipo de desarrollo	0,203	0,472	0,045
Período de actividad	0,420	0,476	0,241
Hábito del adulto	0,249	0,547	0,361
Formación Vegetal	0,224	0,024	0,305
Tamaño corporal Máximo	0,416	0,456	0,083
Intervalo altitudinal	0,383	0,131	0,128
Categoría de riesgo	0,347	0,011	0,036
% de Varianza	35,170	30,566	22,683

Tabla 10. Valores de discriminación de las variables realizando el ACM con 208 especies.

	Dimensión		
	1	2	3
Modo reproductivo	0,532	0,363	0,180
Tipo de desarrollo	0,225	0,048	0,217
Período de actividad	0,425	0,284	0,259
Hábito del adulto	0,121	0,569	0,004
Formación Vegetal	0,135	0,228	0,070
Tamaño corporal Máximo	0,306	0,073	0,351
Intervalo altitudinal	0,455	0,129	0,228
Categoría de riesgo	0,272	0,000	0,013
% de Varianza	31,415	24,205	18,700

Con respecto a las categorías de las variables, en la Figura 17 se observa que las categorías DD y NE se encontraron asociadas a la categoría “especie amenazada”. Asimismo, las categorías Amenazadas, DD y NE, estuvieron asociadas a distribución en tierras altas, tamaño corporal pequeño y muy pequeño, áreas boscosas como hábitat de los adultos, hábitos acuáticos y reproducción acuática. Por otra parte, la categoría “no amenazadas” estuvo asociada al hábitat de tierras bajas, tamaño corporal grande, áreas abiertas y boscosas o sólo abiertas como hábitat de adultos, hábitos arbóreos de los adultos y modos reproductivos terrestres o arbóreos.

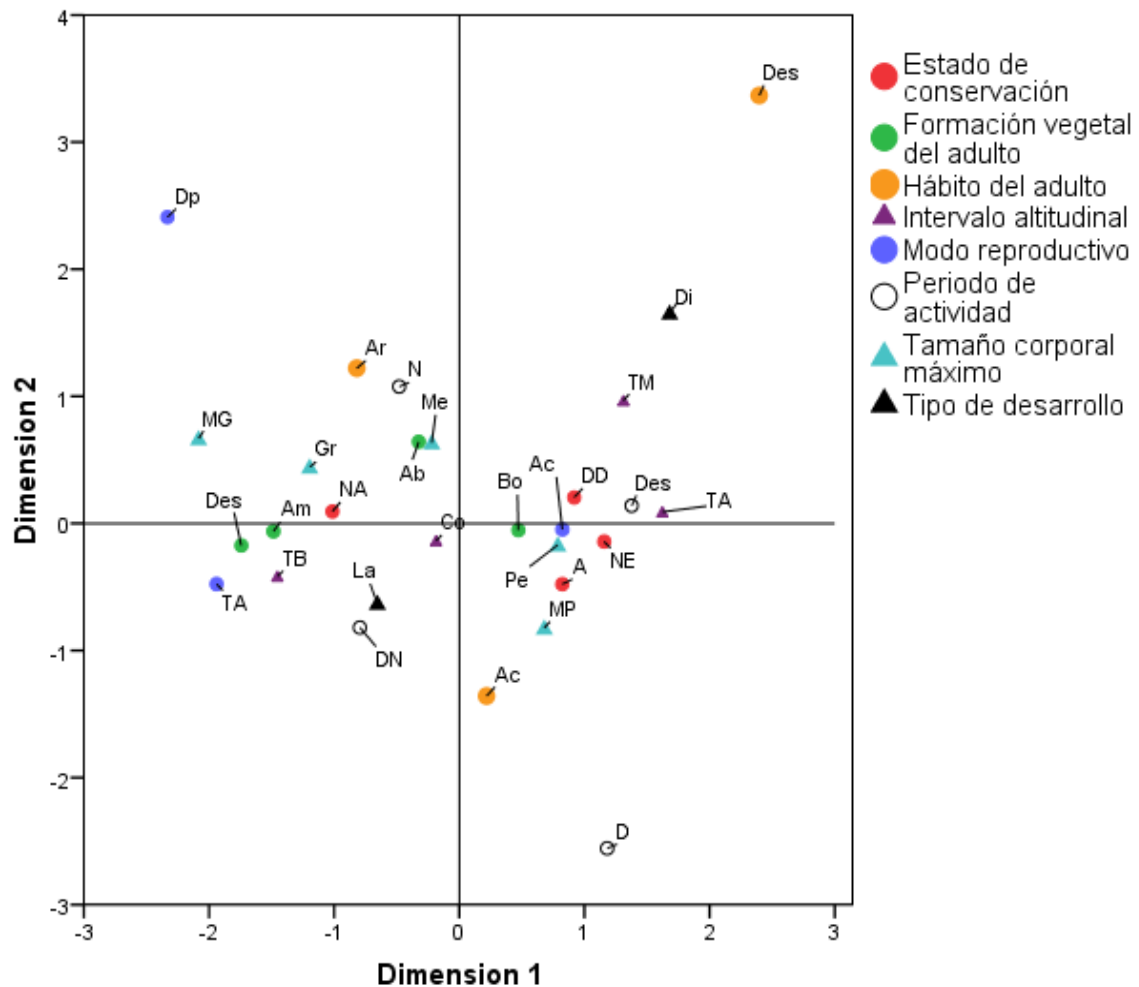


Figura 17. Puntuaciones de las categorías de cada variable incluida en el ACM con 335 especies. A: amenazado. NA: no amenazado. DD: datos insuficientes. NE: no evaluado. Ab: abierta. Bo: boscosa. Am: abierta y boscosa. Des: desconocido. Ar: arbóreo. Ac: acuático. TB: tierras bajas. TA: tierras altas. TM: tierras medias. Co: combinación. Dp: dorso de parental. TA: terrestre-arbóreo. D: diurna. N: nocturna. DN: diurna-nocturna. MG: muy grande. Gr: grande. Me: medio. MP: muy pequeño. Pe: pequeño. Di: directo. La: larval.

El ACM realizado con las 208 especies que tienen datos en todas las variables escogidas para los análisis, reclasificadas como amenazada o bien no amenazada, produjo los siguientes resultados: la categoría “especie amenazada”

estuvo asociada a las categorías hábito del adulto acuático, formación vegetal boscosa, intervalo altitudinal en tierras medias y tierras altas, modo reproductivo acuático, periodo de actividad diurno, tamaño corporal máximo pequeño y muy pequeño, y desarrollo directo (Figura 18). La categoría “especie no amenazada” estuvo asociada con formación vegetal del adulto abierta, abierta y boscosa (ambas), hábito del adulto arbóreo (en vegetación), intervalo altitudinal en tierras bajas, modo reproductivo terrestre o arbóreo, período de actividad diurno y nocturno, tamaño corporal mediano, grande y muy grande, y desarrollo larval.

El mapa de ordenación de las especies correspondiente al segundo ACM mostró superposición entre especies amenazadas y no amenazadas (Figura 19); sin embargo, el patrón general es que ambos grupos estuvieron principalmente separados a lo largo del primer eje principal, lo cual se puede anticipar de la separación horizontal de ambas categorías (Figura 18). Las especies amenazadas se agruparon mayormente en los cuadrantes I y IV (valores positivos del primer eje principal), mientras que las especies no amenazadas están distribuidas en todos los cuadrantes, pero principalmente en el II y III (valores negativos del primer eje principal).

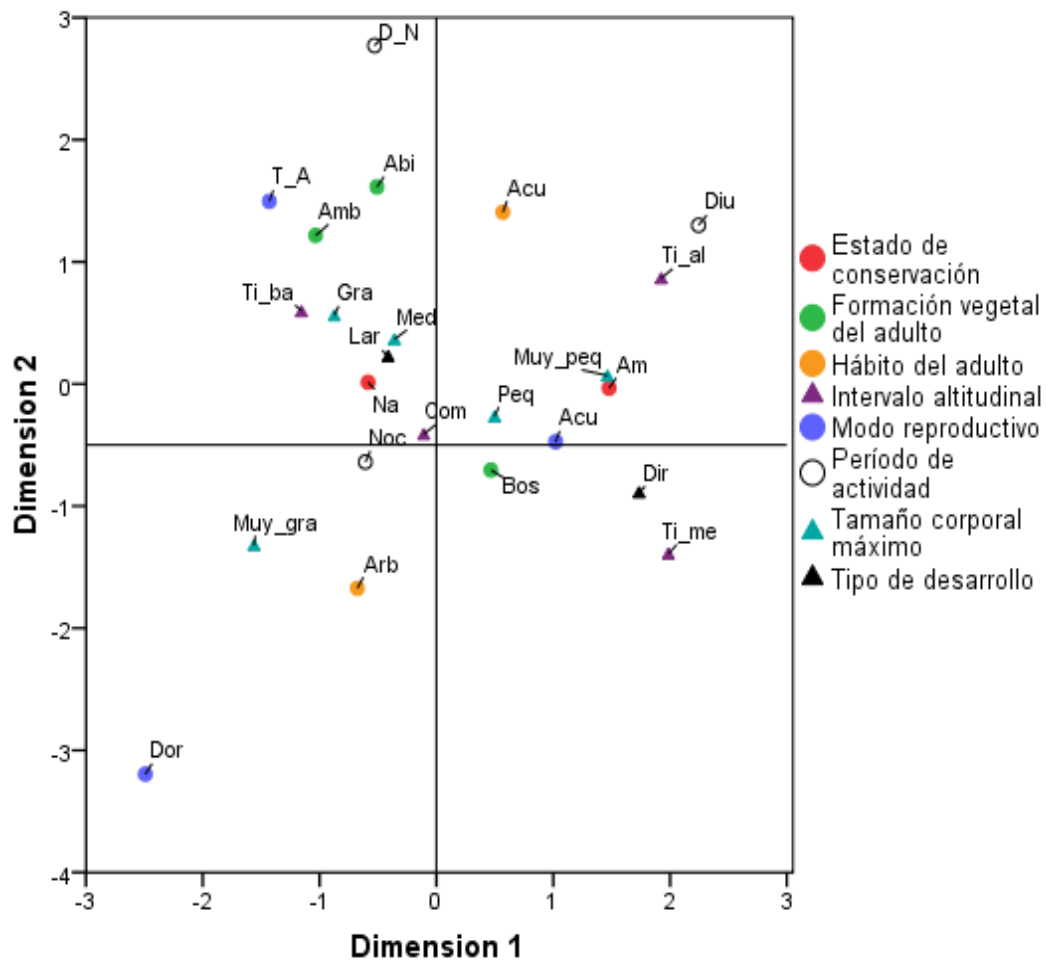


Figura 18. Puntuaciones de las categorías de cada variable incluida en el ACM con 208 especies. A: amenazado. NA: no amenazado. DD: datos insuficientes. NE: no evaluado. Ab: abierta. Bo: boscosa. Am: abierta y boscosa. Ar: arbóreo. Ac: acuático. TB: tierras bajas. TA: tierras altas. TM: tierras medias. Co: combinación. Dp: dorso de parental. TA: terrestre_arbóreo. D: diurna. N: nocturna. DN: diurna- nocturna. MG: muy grande. Gr: grande. Me: medio. MP: muy pequeño. Pe: pequeño. 7Di: directo. La: larval.

Un punto importante que aporta el ACM es examinar cuáles especies que actualmente se tienen por no amenazadas están agrupadas con especies amenazadas. En la Tabla 11 se observan las 37 especies amenazadas y las 36 no amenazadas que aparecen en los cuadrantes I y IV (Figura 19). Las

características comunes a éstas fueron: formación vegetal boscosa, reproducción y hábitos del adulto acuáticos, desarrollo directo, actividad diurna, distribución en tierras medias y tierras altas, tamaños corporales pequeños y muy pequeños. En ambos grupos hay especies de las familias Bufonidae, Centrolenidae, Hylidae, Craugastoridae, Hemiphractidae y Aromobatidae; resalta el hecho que las especies no amenazadas (géneros *Centrolene*, familia Centrolenidae y *Mannophryne*, familia Aromobatidae) tienen características intrínsecas a las especies del género *Atelopus* (familia Bufonidae) las cuales están en el grupo de las especies amenazadas y críticamente amenazadas en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Asimismo, en la Tabla 12 se listan las 8 especies amenazadas y las 4 no amenazadas que se ubican en el cuadrante III de la Figura 19. Las características comunes a estas especies son hábito arbóreo (en vegetación) del adulto y reproducción en dorso de parental. Adicionalmente, estos grupos están taxonómicamente relacionados, ya que algunos géneros pertenecen a las familias Hylidae y Centrolenidae.

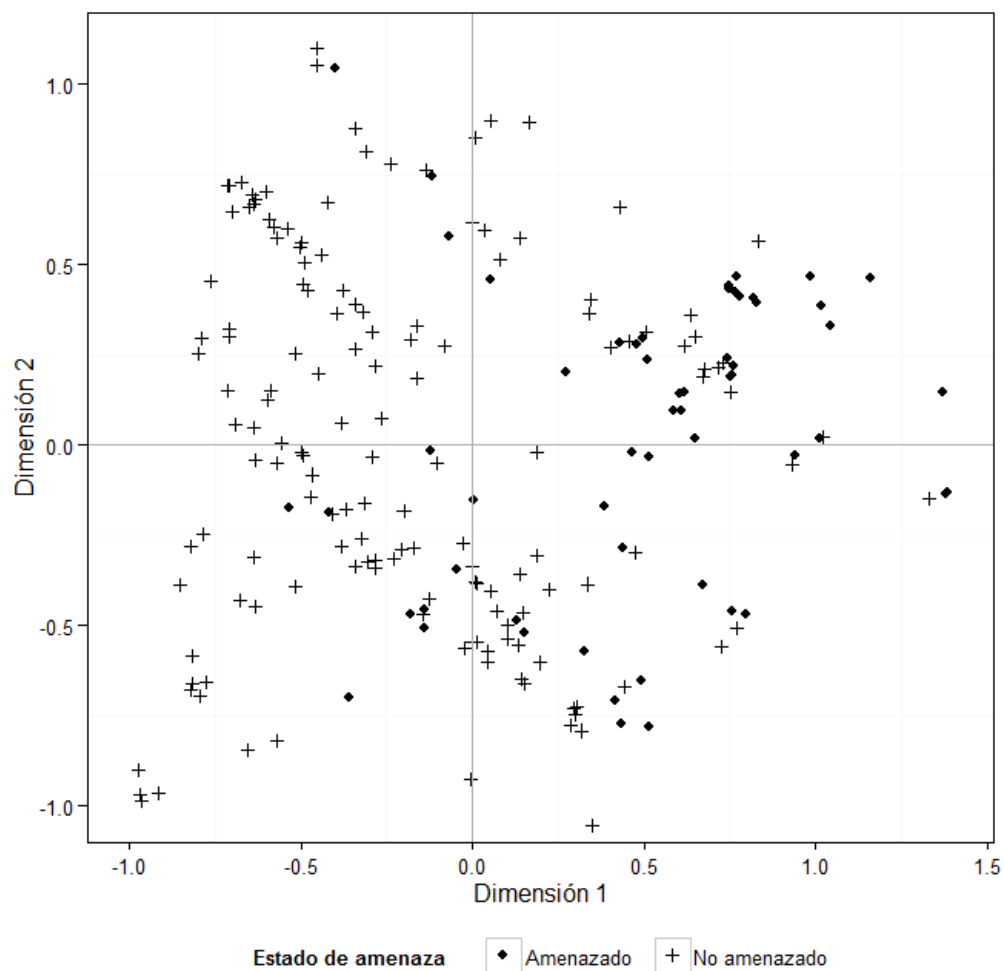


Figura 19. Ordenación de las especies de anuros (amenazadas y no amenazadas) según sus puntuaciones en los dos primeros ejes principales del ACM.

Tabla 11. Especies amenazadas y no amenazadas ubicadas en los cuadrantes I y IV de la Figura 19.

AMENAZADAS	NO AMENAZADAS
<i>Oreophrynella cryptica</i>	<i>Ceuthomantis aracamuni</i>
<i>Oreophrynella huberi</i>	<i>Centrolene daidaleum</i>
<i>Oreophrynella vasquezii</i>	<i>Centrolene notostictum</i>
<i>Centrolene altitudinale</i>	<i>Centrolene venezuelense</i>
<i>Cochranella riveroi</i>	<i>Dendropsophus pelidna</i>
<i>Cochranella duidaeana</i>	<i>Eleutherodactylus johnstonei</i>
<i>Dendropsophus amicornum</i>	<i>Flectonotus pygmaeus</i>
<i>Dischidodactylus duidensis</i>	<i>Hyalinobatrachium taylori</i>
<i>Pristimantis anolirex</i>	<i>Hyloscirtus lascinius</i>
<i>Pristimantis anotis</i>	<i>Pristimantis abakapa</i>
<i>Pristimantis reticulatus</i>	<i>Pristimantis fasciatus</i>
<i>Pristimantis turumiquirensis</i>	<i>Pristimantis guaiquinimensis</i>
<i>Stefania breweri</i>	<i>Pristimantis marmoratus</i>
<i>Stefania schuberti</i>	<i>Pristimantis prolixodiscus</i>
<i>Vitreorana antisthenesi</i>	<i>Pristimantis pulvinatus</i>
<i>Anomaloglossus murisipanensis</i>	<i>Pristimantis turik</i>
<i>Anomaloglossus roraima</i>	<i>Pristimantis vilarsi</i>
<i>Anomaloglossus rufulus</i>	<i>Pristimantis yukpa</i>
<i>Aromobates alboguttatus</i>	<i>Rhinella ceratophrys</i>
<i>Aromobates meridensis</i>	<i>Scinax exiguus</i>
<i>Aromobates nocturnus</i>	<i>Stefania scalae</i>
<i>Atelopus chrysocorallus</i>	<i>Adelophryne gutturosa</i>
<i>Atelopus cruciger</i>	<i>Allobates femoralis</i>
<i>Atelopus mucubajensis</i>	<i>Allobates marquesianus</i>
<i>Atelopus oxyrhynchus</i>	<i>Allobates pittieri</i>
<i>Atelopus pinangoi</i>	<i>Ameerega picta</i>
<i>Atelopus sorianoi</i>	<i>Ameerega trivittata</i>
<i>Atelopus tamaense</i>	<i>Anomaloglossus breweri</i>
<i>Mannophryne caquetio</i>	<i>Dendrobates leucomelas</i>
<i>Mannophryne herminae</i>	<i>Mannophryne leonardo</i>
<i>Mannophryne lamarcai</i>	<i>Mannophryne trujillensis</i>
<i>Mannophryne neblina</i>	<i>Mannophryne venezuelensis</i>
<i>Minyobates steyermarki</i>	<i>Pristimantis flabellidiscus</i>
<i>Oreophrynella nigra</i>	<i>Pristimantis jabonensis</i>
<i>Oreophrynella quelchii</i>	<i>Pristimantis nicefori</i>
<i>Pristimantis boconoensis</i>	<i>Pristimantis terraebolivaris</i>
<i>Stefania satellites</i>	

Tabla 12. Especies amenazadas y no amenazadas ubicadas en el cuadrante III de la Figura 19.

AMENAZADAS	NO AMENAZADAS
<i>Tepuihyla edelcae</i>	<i>Scinax boesemani</i>
<i>Tepuihyla luteolabris</i>	<i>Rhaebo guttatus</i>
<i>Stefania ginesi</i>	<i>Celsiella vozmediano</i>
<i>Tepuihyla aecii</i>	<i>Dendropsophus sarayacuensis</i>
<i>Agalychnis medinae</i>	
<i>Hyalinobatrachium guairarepanensis</i>	
<i>Hyloscirtus jhani</i>	
<i>Myersiohyla inparquesi</i>	

Adicionalmente, observamos que hubo un conjunto de 4 especies amenazadas y 9 no amenazadas (Tabla 13), que se agruparon en los cuadrantes I y II de la Figura 19. Las características en común que presentaron estas especies fueron: reproducción terrestre o en la vegetación, desarrollo larval, período de actividad diurno y nocturno, y hábitos acuáticos del adulto. Además, estos grupos tienen en común su taxonomía, ya que algunas especies están en la misma familia (Leptodactylidae y Bufonidae). Destaca el hecho que un género de la familia Leiuperidae (*Physalaemus*) no está amenazado pero tiene características de especies con las que no está taxonómicamente relacionada, mientras que la mayoría de las especies no amenazadas tienen relación taxonómica con las especies amenazadas.

Tabla 13. Especies amenazadas y no amenazadas ubicadas en los cuadrantes I y II de la Figura 19.

AMENAZADAS	NO AMENAZADAS
<i>Leptodactylus magistris</i>	<i>Adenomera andreae</i>
<i>Mannophryne riveroi</i>	<i>Adenomera hylaedactyla</i>
<i>Rhinella sternosignata</i>	<i>Otophryne pyburni</i>
<i>Tepuihyla rimarum</i>	<i>Otophryne steyermarki</i>
	<i>Physalaemus cf. cuvieri</i>
	<i>Rhaebo nasicus</i>
	<i>Rhinella margaritifera</i>
	<i>Synapturanus mirandaribeiroi</i>
	<i>Synapturanus salseri</i>

Con respecto a la regresión logística efectuada con 208 especies, obtuvimos que los coeficientes de regresión de las categorías modo reproductivo (MR) *acuático*, formación vegetal que habita el adulto (FVA) *abierto y boscosa*, y tamaño corporal máximo del adulto (TCM) *mediano*, fueron estadísticamente significativos ($p < 0,05$), explicando una alta proporción de las categorías de amenaza (Tabla 14).

Tabla 14. Variables incluidas en la regresión logística

VARIABLE	Significación
MR (Acuático)	0,001*
MR (Dorso de parental)	0,796
Tipo de desarrollo (Directo)	0,322
Período de actividad	0,566
PA (Diurno)	0,441
PA (Diurno y nocturno)	0,670
Hábito del adulto (Acuático)	0,199
Formación vegetal del adulto	0,057
FVA (Abierta)	0,819
FVA (Abierta y boscosa)	0,017*
Tamaño corporal máximo	0,089
TCM (Grande)	0,402
TCM (Mediano)	0,024*
TCM (Muy grande)	0,292
TCM (Muy pequeño)	0,226
Intervalo altitudinal (Combinación de altitudes)	0,724

*Significación a $p < 0,05$ de las variables en el modelo.

Se obtuvo un coeficiente de determinación generalizado de 37,2% ($R^2=0,372$) que estima la proporción de varianza de la variable categoría de riesgo explicada por las variables independientes. El modelo predice correctamente el estado de las especies amenazadas en el 42,4% de los casos y el de las no amenazadas en el 89,9% de los casos (Tabla 15). Es decir, la probabilidad de que el modelo prediga correctamente el estado de una especie no amenazada, es el doble de la probabilidad de que prediga correctamente el de una especie amenazada. El valor relativamente bajo de R^2 se debe en gran parte a la incertidumbre respecto a las especies amenazadas. En términos globales, a partir de las variables independientes que utilizamos en la regresión, el modelo predijo correctamente la categoría de riesgo de una especie tomada al azar en 76,4% de los casos.

Tabla 15. Predicciones del modelo de las especies amenazadas y no amenazadas, basadas en las variables independientes seleccionadas.

Observación	Predicción	
	Categoría de riesgo	
Categoría de riesgo	Amenazado	No amenazado
Amenazado	25	34
No amenazado	15	134
Porcentaje global	76,4	

Para hacer pruebas de independencia-contingencia con el estadístico χ^2 entre las categorías de riesgo y las categorías de las variables era necesario que todas las frecuencias esperadas fuesen mayores que cinco, pero eso sólo ocurrió en el caso del Tipo de desarrollo (TD), Tamaño corporal máximo (TCM) y Tamaño de nidada (TN). La prueba se aplicó partiendo de la hipótesis nula de que las variables tipo de desarrollo, tamaño corporal máximo y tamaño de nidada de una especie son independientes de la categoría de riesgo. Posteriormente, para saber cuáles categorías determinarían la contingencia en cada variable se evaluaron los residuos estandarizados. En los tres análisis se obtuvo resultados significativos a $p < 0,05$ (Tabla 16).

Tabla 16. Resultados de las pruebas de contingencia entre las categorías de riesgo y algunas variables usadas en este estudio

Variables	χ^2	Significación (p)
Tipo de desarrollo (TD)	8,1536	0,004
Tamaño corporal máximo (TCM)	13,4933	0,009
Tamaño de nidada (TN)	27,5012	0,000

El análisis de residuos indicó que hay asociaciones significativas entre la categoría de especies amenazadas y las siguientes categorías de las variables independientes que resultaron ser significativas (Tabla 16): tipo de desarrollo

directo (Tabla 17), tamaño corporal (del adulto) *muy grande* (Tabla 18), tamaño de nidada *muy pequeño* y *grande*. Asimismo, se encontró una asociación significativa entre la categoría de especie *no amenazada* y tamaño de nidada *grande* (Tabla 19).

Tabla 17. Residuos estandarizados para la variable Tipo de desarrollo (TD).

Categoría de riesgo	Tipo de desarrollo (TD)	
	Larval	Directo
Amenazado	-1,095	2,171
No amenazado	0,674	-1,337
Z crítico:	±1,96	

Tabla 18. Residuos estandarizados para la variable Tamaño corporal máximo (TCM).

Categoría de riesgo	Tamaño corporal máximo (TCM)				
	Muy pequeño	Pequeño	Mediano	Grande	Muy grande
Amenazado	1,863	-0,458	0,762	-0,668	-2,224
No amenazado	-1,146	0,282	-0,469	0,411	1,369
Z crítico:	±1,96				

Tabla 19. Residuos estandarizados para la variable Tamaño de nidada (TN).

Categoría de riesgo	Tamaño de Nidada (TN)					
	Muy pequeño	Pequeño	Mediano	Grande	Muy grande	Desconocido
Amenazado	2,394	0,164	1,059	-2,941	-1,900	0,667
No amenazado	-1,473	-0,101	-0,652	1,810	1,170	-0,410
Z crítico:	±1,96					

Basados en los resultados descritos, podemos caracterizar a las especies amenazadas con los siguientes atributos biológicos, ecológicos y de distribución geográfica: (1) Modo reproductivo acuático, (2) Tamaño corporal pequeño o muy pequeño, (3) Los adultos habitan en formación vegetal boscosa, (4) Distribución altitudinal en tierras altas, (5) Desarrollo directo. En contraparte, las especies no

amenazadas presentan los siguientes atributos: (1) Los adultos habitan en formación vegetal boscosa o vegetación abierta, (2) Tamaño corporal grande, (3) Modos de reproducción terrestres o en la vegetación, (4) Distribución altitudinal en tierras bajas y (5) Tamaño corporal muy grande.

DISCUSIÓN

Recopilación de información

Si bien este estudio se basa en datos reportados en la bibliografía, los resultados obtenidos permiten apreciar la falta de información que aún persiste, sobre todo de datos asociados a la reproducción, lo cual quedó evidenciado al observar la cantidad de especies con “datos desconocidos” en las variables tamaño de nidada, cuidado parental y estadio de desarrollo que recibe cuidado parental.

La recopilación de información sobre anfibios venezolanos que sustenta este trabajo tiene muy pocos precedentes. Sólo existe un trabajo (Barrio-Amorós y Torres, 2010) en el cual se recopila información de 91 especies en las categorías En Peligro Crítico (CR), Vulnerable (VU) y En Peligro (EN) establecidas en la Evaluación Global de Anfibios (GAA), y no toma en cuenta especies en las categorías Casi Amenazado (NT), Preocupación Menor (LC), Datos Insuficientes (DD) y No Evaluado (NE). Además, la información de dicho estudio se refiere al riesgo de extinción, grado de endemicidad, particularidad taxonómica y atracción del público hacia la especie pero no se consideran datos sobre la biología y ecología de las especies.

Matriz de datos

Se observó que el número de especies, géneros y familias de anfibios anuros de Venezuela ha incrementado desde el año 2009 (Barrio-Amorós, 2009), de 318 especies a 341 reportadas al año 2014 (Ver Apéndice 1). Estas cifras se incrementaron básicamente como resultado de análisis filogenéticos, reevaluación de los taxones existentes y por la descripción de nuevas especies, géneros y una nueva familia, Cheutomantidae.

Caracterización de anfibios anuros de acuerdo al riesgo de extinción

Del total de especies de anuros de Venezuela hasta el año 2014 (341 spp.), observamos que la proporción de especies amenazadas es relativamente baja, lo cual puede deberse a que muchas especies no tienen datos para ser evaluadas o no han sido evaluadas (119 spp.). De las especies que tomamos como amenazadas, 37 están en la categoría Casi Amenazado en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana, pero es posible que estas especies ya estén amenazadas de algún modo porque en los últimos años se han intensificado algunos procesos que degradan el ambiente, como la pérdida de hábitat por deforestación (Baillie y col., 2004; Young y col., 2004; Rodríguez y col., 2010).

Por otra parte, si bien no conocemos la situación de las especies no evaluadas o con datos insuficientes para evaluarlas, es posible que el nivel general de amenaza de los anfibios se ha subestimado debido al elevado número de especies que se encuentran en la categoría DD (Stuart y col., 2004). Por tanto, es posible que aquellas especies que tengan características biológicas, ecológicas y de distribución geográfica similares a las especies amenazadas, pueden ser más susceptibles a la extinción de lo que se sabe (Howard y Bickford, 2014), ya sean especies en las categorías DD, NE o no amenazadas, motivo por el cual se deben realizar esfuerzos para conocer el estado de las especies con datos insuficientes para ser evaluadas (Morais y col., 2013).

Cuando observamos la cantidad de especies amenazadas por cada familia, tenemos que más del 50% de la familia Bufonidae está amenazada, esto se debe a que todo el género *Atelopus* está En Peligro Crítico (Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008) y todas las especies del género *Oreophrynella*, exceptuando una, están amenazadas (Rodríguez y Rojas-Suárez), además de ser endémicas de las

tierras altas de Guayana (McDiarmid, 1971; Señaris y col., 2005). Por otra parte, más del 30% de las especies de las familias Centrolenidae y Hemiphractidae están amenazadas.

En la familia Centrolenidae hay géneros de pocas especies, como *Celsiella*, *Cochranella* y *Vitreorana*. El primero sólo incluye dos especies de las cuales una está amenazada y la otra no tiene suficientes datos para ser evaluada; el segundo con dos especies, ambas amenazadas, y el tercero con cuatro especies de las cuales tres están amenazadas y una no tiene suficientes datos para ser evaluada. En estos casos la desaparición de las especies también implica la de los géneros, ya que tienen unicidad taxonómica. Esta es una razón por la que estos grupos podrían ser considerados dentro de las prioridades de conservación del país (Guerrero y col., 2008). En contraparte, el género *Hyalinobatrachium* sólo tiene dos especies amenazadas y cinco no amenazadas. Respecto a la familia Hemiphractidae, la mayoría de sus especies amenazadas son del género *Stefania* y figuran como amenazadas en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana, como consecuencia de tener poblaciones restringidas en áreas de ocupación menores a 20 Km² ubicadas en tepuyes. Sin embargo, no hay reportes sobre otras amenazas (Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008).

Por lo antes expuesto, podemos decir que se justifica tomar a las especies Casi Amenazadas (NT) como Amenazadas, y se requiere prontamente la evaluación de las especies NE e investigaciones que nos permitan conocer el estado poblacional de las especies con Datos Insuficientes (DD). Además, es necesario tomar acciones de conservación para las especies de las familias Bufonidae y Centrolenidae, especialmente los géneros *Atelopus*, *Cochranella* y *Vitreorana*.

Caracteres biológicos, ecológicos y de distribución geográfica de los anuros venezolanos incluidos en este estudio

De las 12 características propuestas, sólo se obtuvo información completa para siete, lo cual denota la falta de información y, por tanto, de estudios en aspectos básicos de los anuros venezolanos, tales como los propuestos en este trabajo. Una solución a este problema sería realizar más estudios sobre biología y ecología de los anfibios de Venezuela, especialmente de los anuros por ser un grupo con alta diversidad comparado con Gymnophiona y Caudata.

Rasgos reproductivos

En general, las especies de anfibios tienen reproducción asociada a cuerpos de agua (Myers y Donnelly, 2001, 2008; Hertz y Lotzkat, 2010), y la mayoría de anuros de Venezuela presentan esta característica (Tabla 4). Sin embargo, algunas especies han desarrollado otros modos reproductivos, tal es el caso de aquellas que llevan los huevos en el dorso (Wells, 2007). Según lo reportado en nuestros resultados, en Venezuela existen pocas especies con este mecanismo y otras tienen reproducción en ambientes terrestres, ya sea en la vegetación, madrigueras o suelo (Tabla 4). Pocas especies hacen nidos de espuma y/o gelatinosos en el suelo o vegetación cercana a cuerpos de agua según reportes de Bokermann (1962), Lotzkat (2007) y Tárano (2010), resultados mostrados en este estudio.

La mayoría de los anuros de Venezuela tienen desarrollo larval según los datos reportados tanto en la bibliografía (La Marca, 1985; La Marca, 1994; Ayarzagüena y Señaris, 1996; La Marca, 2005) como en este trabajo, y una menor proporción tienen desarrollo directo, es decir, no existe la fase larval (McDiarmid y Gorzula,

1989; Señaris y col., 1994). Tanto las especies amenazadas como las no amenazadas suelen tener reproducción acuática y desarrollo larval, y en menor proporción reproducción terrestre/arbórea o en el dorso de uno de los padres y desarrollo directo (Ayarzagüena y col., 1992; Molina, 2003; Rojas-Runjaic y col., 2012; Frost, 2014); es decir, especies amenazadas y aquellas no consideradas en esta categoría son susceptibles a los cambios que puedan generarse en los cuerpos de agua en los que se reproducen y por ello son potencialmente más susceptibles a la declinación poblacional (Hero y col., 2005), ya que las especies que dependen de cuerpos de agua en los cuales se desarrollan (charcas o pozas no permanentes) son susceptibles a sufrir mortalidad de las larvas porque dichos cuerpos de agua pueden secarse con altas temperaturas (Wells, 2007).

Por otra parte, se ha reportado cuidado parental en algunas especies de anuros de Venezuela (Yústiz, 1991; Ayarzagüena y Señaris, 1996; Kok, 2010), pero para la mayoría de las especies venezolanas se desconoce esta información (Figura 19), motivo por el cual resulta difícil realizar inferencias basadas en esta variable. Sin embargo, con la información encontrada, tenemos que casi la mitad de especies amenazadas tienen cuidado parental, mientras que pocas de las no amenazadas presentan esta característica. Además, existe especialización en cuanto al estadio que recibe cuidado parental, ya que hay especies que sólo cuidan a los huevos (Ayarzagüena y Señaris, 1996; Señaris y col., 1994; Señaris y col., 1996), otras que sólo cuidan a los renacuajos (Test, 1956; Barrio y col., 2004) y otras que cuidan ambos estadios de desarrollo (Molina, 2003). El cuidado parental puede suponer una ventaja si se visualiza como un mecanismo mediante el cual una mayor cantidad de huevos y renacuajos llega a la fase adulta, pero también puede tomarse como un mecanismo que produce desventaja a los adultos, pudiendo

estos estar más expuestos a potenciales depredadores mientras cuidan los nidos y/o renacuajos.

También tenemos la asociación de lo antes expuesto con los tamaños de nidada. Algunos autores utilizan esta variable como una medida de fecundidad de las especies (Kuramoto, 1978; Morrison y Hero, 2003; Wells, 2007), y se ha demostrado su relación con el tamaño corporal de la hembra (Morrison y Hero, 2003; Wells, 2007). En nuestro estudio encontramos que la mayoría de las especies tienen tamaños de nidada pequeños y muy pequeños, lo cual tiene sentido al observar los tamaños corporales. Cabe destacar la falta de información de las especies venezolanas respecto a los aspectos reproductivos, hecho que dificulta generar suposiciones e hipótesis a partir de los resultados obtenidos, ya que éstas pueden cambiar con el reporte de nuevos datos. Aun así, podríamos decir que las especies que tienen tamaños de nidada pequeños y muy pequeños, como son las amenazadas, pueden ser más susceptibles a la extinción porque la cantidad de renacuajos que llega a la etapa post-metamórfica es menor que en las especies con tamaño de nidada grande y muy grande (Wells, 2007; Comunicación personal César Molina, 2014), como son las no amenazadas. Además, factores no evaluados en este estudio, como depredación, pérdida de hábitat donde estén los nidos y/o donde se desarrollen las larvas, pueden influir en la declinación poblacional de las especies.

Rasgos ecológicos del adulto

Está bien documentado que la mayoría de los anfibios tienen hábitos nocturnos (Barrio y Fuentes, 1999; Rojas-Runjaic y col., 2013) pero hay especies que tienen actividad diurna y nocturna, y otras que tienen actividad exclusivamente diurna

(Molina, 2003). Si bien la mayoría de las especies amenazadas son de hábitos nocturnos, algunas tienen hábitos diurnos, y el hecho que estén amenazadas puede asociarse a la amenaza que representa la pérdida de hábitat y la actividad antrópica (diurna) para estas especies (Young y col., 2001; Collins y Storfer, 2003; Stuart y col., 2004; Lips y col., 2005; Sodhi y col., 2008; Stuart y col., 2008). Un patrón similar se evidencia en las especies no amenazadas, y es recomendable prestar atención a las amenazas que pueden tener estas especies.

Como se mencionó anteriormente, más de la mitad de las especies amenazadas están asociadas a hábitats acuáticos (más de la mitad), mientras que pocas especies habitan en la vegetación. En contraste, hay proporciones similares de especies no amenazadas que viven en el agua y en la vegetación, por lo cual podríamos pensar que las especies de hábitos acuáticos son más susceptibles que las especies que habitan en ambientes terrestres y/o en la vegetación. Esto ha sido reportado por Lips (1998) y coincide con los patrones encontrados en los rasgos reproductivos.

Generalmente, la asociación de los anfibios a distintos ecosistemas se define según el tipo de formación vegetal predominante o característico del ecosistema (Huber y Oliveira-Miranda, 2010). En Venezuela, el hecho que la mayoría de las especies de anfibios habite en zonas boscosas se debe a que en estos ambientes hay abundancia de cuerpos de agua pequeños, temporales y permanentes (pozos, arroyos, estanques) en los cuales las ranas se reproducen y desarrollan (Duellman y Trueb, 1986). Con los resultados reportados, parece no existir una relación causa-efecto entre las categorías de riesgo y la formación vegetal que habita el adulto, ya que tanto especies amenazadas como no amenazadas

presentaron un patrón similar, en ambos grupos la mayoría de las especies habita en formaciones boscosas.

El tamaño corporal de los anuros ha sido una característica importante a evaluar en trabajos con el enfoque propuesto en este estudio (Lips y col., 2003; Morrison y Hero, 2003; Hero y col., 2005; Sodhi y col., 2008). En varios trabajos se ha asociado el tamaño corporal pequeño, relacionado con el tamaño de nidada, con la tendencia a la declinación poblacional de las especies (Morrison y Hero, 2003; Lips y col., 2005; Sodhi y col., 2008). Con nuestros resultados podríamos inferir que las especies con tamaños de nidada pequeños o muy pequeños pueden tener declinaciones poblacionales respecto a las especies con tamaños de nidada grandes.

Rasgos de distribución geográfica

Los intervalos de altitud se han definido en diversos estudios partiendo del tipo de vegetación predominante en determinadas zonas (Lips y col., 2003; Morrison y Hero, 2003; Poynton y col., 2007). Para los anfibios estos intervalos no se encuentran definidos, pero hay estudios en los cuales se señalan especies de tierras altas y tierras bajas (Lips y col., 2003; Morrison y Hero, 2003). En este estudio se encontró que la mayoría de los anuros de Venezuela habitan en tierras bajas o tienen un intervalo altitudinal más amplio (combinación de los intervalos definidos).

Asimismo, se encontró que las especies amenazadas habitan principalmente en tierras altas y las no amenazadas en tierras bajas. Diversos estudios han planteado que el hecho de tener distribución en tierras altas, puede potencialmente influir en que las especies sean más susceptibles a cambios

climáticos y, en consecuencia, a la extinción. Sin embargo, existen algunas excepciones de especies que habitan tierras bajas y son susceptibles al cambio climático (Foden y col., 2008; 2013).

Por otra parte, sabemos que las bioregiones (regiones naturales) son unidades extensas que comprenden varios tipos de hábitat (MARN, 2001), y los anuros se caracterizan por una poca capacidad de dispersión de un hábitat a otro (Young y col., 2004); incluso se definen microhábitats para estos organismos (Muñoz-Guerrero y col., 2007; Arroyo y col., 2008; Valencia-Aguilar y col., 2012). Por lo antes expuesto, es de suponer que los resultados obtenidos en nuestro estudio, distribuciones restringidas de las especies, se deben a la baja capacidad de dispersión de las mismas y a la especialización en el uso de hábitats por parte de anfibios reportada por Stuckert y col. (2009).

La escasez de registros georreferenciados de anuros venezolanos hace que los resultados estén sesgados hacia lo que se conoce, como ocurre con el resto de las variables. Adicionalmente, a pesar del sesgo que tienen estos datos, hay especies no amenazadas que tienen distribución amplia y muy amplia, mientras que las especies amenazadas tienen todas distribuciones restringidas o muy restringidas, resultados similares a lo encontrado por Sodhi y col. (2008), en donde las especies amenazadas tienen distribución más restringida que las especies no amenazadas.

Posibles relaciones de las variables con las categorías de riesgo de las especies

Las variables que más aportaron a la ordenación de las especies son: modo reproductivo, tamaño corporal máximo, período de actividad, hábito del adulto,

tipo de desarrollo y formación vegetal que ocupa el adulto. Estos resultados son semejantes a los reportados por Sodhi y col. (2008), quienes asocian la distribución restringida y el tamaño corporal pequeño con la declinación de poblaciones de anfibios, además de factores que actúan simultáneamente, como cambios en el período de lluvia, así como la pérdida y degradación del hábitat, factores que se han reportado en las especies de anfibios de Venezuela como amenazas potenciales (La Marca y col., 2005; Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008). Existe un conjunto de especies en las categorías datos insuficientes (DD) y no evaluado (NE) que tienen atributos similares a las especies amenazadas (Apéndice 2). Estos son: distribución en tierras altas, tamaño corporal pequeño y muy pequeño, los adultos viven en zonas boscosas, tienen hábitos y reproducción acuáticos. Algunas de estas características han sido reportadas como rasgos que hacen a las especies ser más susceptibles a la declinación de sus poblaciones (Lips y col., 2003; Hero y col., 2005, Sodhi y col., 2008). La mayoría de especies no amenazadas (LC) se distribuyen en tierras bajas, tienen tamaños corporales grandes, los adultos habitan en áreas abiertas y boscosas o sólo en áreas abiertas, además de tener hábitos arbóreos (en vegetación) y modos reproductivos terrestres, ya sean asociados o no a la vegetación. Habría que realizar un análisis de las posibles amenazas a las que estas especies podrían estar expuestas, y reclasificarlas como amenazadas si dicha evaluación así lo indicara.

Cuando realizamos la regresión logística, obtuvimos una serie de categorías que pueden ser explicativas del estado de riesgo de las especies. El modelo predice más eficientemente a una especie no amenazada que a una amenazada, y esto se podría atribuir a la menor cantidad de especies amenazadas, comparado con

la cantidad de especies no amenazadas, incluidas en el modelo. Se infiere que si todas las especies de anuros de Venezuela tuviesen los datos de las variables aquí evaluadas, probablemente el modelo predeciría con más certeza a las especies amenazadas.

De los resultados obtenidos al aplicar la prueba Ji-cuadrado, hay problemas con los tamaños de nidada, ya que algunas especies tienen datos extrapolados de otras del mismo género y, como se evidenció, hay carencia de datos para esta variable. De nuevo, habría que explorar lo que sucede teniendo todos los datos. Aun así, los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Hero y col. (2005) y por Morrison y Hero (2003). Los tamaños de nidada se han asociado a los tamaños corporales de las hembras. A mayor tamaño de la hembra, mayor tamaño de nidada, lo cual es coincidente con lo obtenido en este trabajo. Aunque no se realizó una correlación de estas variables, las especies con tamaños corporales pequeños presentaron tamaños de nidada pequeños.

Basados en los resultados obtenidos, proponemos dos listados de especies a considerar: (1) se refiere a las especies no amenazadas que tienen características similares a las especies amenazadas (Tablas 11, 12 y 13). Se necesita evaluar factores extrínsecos (amenazas como pérdida de hábitat y enfermedades) para considerarlas amenazadas o bien, seguir como no amenazadas. (2) se refiere a aquellas especies en las categorías datos insuficientes (DD) y no evaluado (NE) que tienen características intrínsecas semejantes a las especies amenazadas (Apéndice 2), y que ameritan estudios respecto a su biología, ecología y distribución geográfica, para poder aplicar los criterios de las listas rojas, en el caso de las DD, y poder evaluarlas en el caso de las NE.

Algunas de las especies identificadas en el Apéndice 2 deberían tener prioridad de conservación, o al menos una evaluación urgente, bajo los criterios usados en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Tal es el caso de las especies de la familia Aromobatidae, las del género *Pristimantis* que habitan en las tierras altas de Los Andes, *Celsiella revocata* y *Rhinella sclerocephala*; estas especies tienen características similares a las del género *Atelopus*, el cual se encuentra amenazado en su totalidad. También hay especies que aunque tienen características intrínsecas similares a las amenazadas, y son del mismo género de otras especies amenazadas, no tienen amenazas reportadas en su hábitat, como en el caso del género *Stefania*, *Oreophrynella* y los *Pristimantis* de las tierras altas de Guayana. Por otra parte, no podemos determinar con certeza si es urgente la evaluación del género *Hyalinobatrachium*, ya que pocas especies de este género están amenazadas, pero a su vez, está relacionado con especies de la misma familia: Centrolenidae, en la cual hay especies amenazadas. Es importante evaluar a estas especies para saber con certeza si se requieren planes de conservación.

CONCLUSIONES

1. Hay importantes vacíos de información respecto a la biología, ecología y distribución geográfica de anuros de Venezuela.
2. Las variables modo reproductivo, tamaño corporal máximo, y distribución altitudinal, permiten predecir categorías de riesgo de las especies en gran medida, según la significación encontrada en los análisis.
3. En general, las especies amenazadas tienen características intrínsecas de tipo biológico, ecológico y de distribución geográfica (modo reproductivo acuático, tamaño corporal máximo pequeño o muy pequeño y distribución en tierras altas) que las diferencian de las especies no amenazadas (modo reproductivo terrestre o en vegetación, tamaño corporal muy grande y distribución en tierras bajas).
4. Hay un grupo de especies en las categorías no amenazadas (LC), DD y NE que actualmente podrían estar amenazadas ya que sus características biológicas, ecológicas y de distribución geográfica son similares a las especies que figuran como amenazadas.

RECOMENDACIONES

1. Llenar los vacíos de información realizando estudios biológicos, ecológicos y de distribución geográfica de las especies de anuros de Venezuela.
2. Estudiar la viabilidad de las poblaciones de las especies hasta la fecha no evaluadas y asignarles una categoría de riesgo aplicando los criterios del Libro Rojo de la Fauna Venezolana.
3. A partir de los resultados de nuevos estudios de las amenazas que afectan a las especies, establecer relaciones entre las categorías de riesgo y las características intrínsecas de las especies.

BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson, L, 1945. Batrachians from East Ecuador. *Arkiv For Zoologi*. **37**: 1-88.
2. Arroyo, S., Serrano, V., Ramírez, P. 2008. Diet, microhabitat and time of activity in a *Pristimantis* (Anura, Strabomantidae) assemblage. *Phyllomedusa* **7**: 109-119.
3. Ayarzagüena, J., Señaris, J.C. 1993. Dos nuevas especies de *Hyla* (Anura, Hylidae) para las cumbres Tepuyanas del Estado Amazonas, Venezuela. *Mem. Soc. La Salle Cien. Nat.* **53**: 1-20.
4. Ayarzagüena, J., Señaris, J.C., Gorzula, S. 1992. Un nuevo género para las especies del “Grupo *Osteocephalus rodriguezi*” (Anura: Hylidae). *Bull. Soc. Cien. Nat.* **52**: 213-221.
5. Ayarzagüena, J., Señaris, J.C. 1996. Dos nuevas especies de *Cochranella* (Anura, Centrolenidae) para Venezuela. *Publ. Asoc. Amigos Doñana*. **8**: 1-14.
6. Baillie, J.E.M., Hilton-Taylor, C., Stuart, S.N. (Editores) 2004. IUCN Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
7. Barrio, C. 2004. Amphibians of Venezuela. Systematic list, distribution and references, an update. *Rev. Ecol. Lat. Am.* **9**: 1-48.
8. Barrio, C. 2006. A new dendrobatid frog (Anura: Dendrobatidae: *Colostethus*) from Aprada Tepui, southern Venezuela. *Zootaxa* **0000**: 1-10.
9. Barrio, C. 2009. Riqueza y Endemismo. Págs 25-39 en: Molina, C., Señaris, J.C., Lampo, M., Rial, A. (eds.), *Anfibios de Venezuela. Estado del*

Conocimiento y Recomendaciones para su Conservación. Ediciones Grupo TEI, Primera Edición, Caracas, Venezuela.

10. Barrio, C. 2010. A New *Ceuthomantis* (Anura: Terrarana: Ceuthomantidae) from Sarisariñama Tepui, Southern Venezuela. *Herpetologica* **66**: 172-181.
11. Barrio, C. 2011. A new *Pristimantis* Jiménez de la Espada, 1890 (Anura; Strabomantidae) from the cloud forest in the Venezuelan Andes. *Anartia* **23**: 17-26.
12. Barrio, C. 2013. A new tuberculated *Pristimantis* (Anura, Terrarana, Strabomantidae) from the Venezuelan Andes, redescription of *Pristimantis pleurostriatus*, and variation within *Pristimantis vanadisae*. *Zootaxa* **3647**: 043-062.
13. Barrio, C., Brewer-Carías, C. 2008. Herpetological results of the 2002 expedition to Sarisariñama, a tepui in Venezuelan Guayana, with the description of five new species. *Zootaxa* **1942**: 1-68.
14. Barrio, C., Fuentes, O. 1999. Sinopsis de la Familia Dendrobatidae (Amphibia: Anura) de Venezuela. *Acta Biol. Venez.* **19**: 1-10.
15. Barrio, C., Fuentes, O., Rivas, G. 2004. Two new species of *Colostethus* (Anura: Dendrobatidae) from the Venezuelan Guayana. *Salamandra* **40**: 183-200.
16. Barrio, C., Guayasamin, J., Hedges, B. 2012. A new minute Andean *Pristimantis* (Anura: Strabomantidae) from Venezuela. *Phyllomedusa* **11**: 83-93.
17. Barrio, C., Rivas, G., Molina, C., Santos, J.C., Kaiser, H. 2010c. Intraspecific variation in the endangered frog *Mannophryne riveroi* (Anura,

- Dendrobatidae, Aromobatinae), with comments on coloration and natural history. *Herpetol Notes*. **3**: 151-160.
18. Barrio, C., Rivero, R., Santos, J.C. 2011a. A new striking dendrobatid frog (Dendrobatidae: Aromobatidae, *Aromobates*) from the Venezuelan Andes. *Zootaxa* **3063**: 39-52.
19. Barrio, C., Rojas-Runjaic, F. 2009. A new locality for a species considered extinct (Anura: Bufonidae: *Atelopus vogli*) raises hope for survival. *Salamandra* **45**: 254-256.
20. Barrio-Amorós, C., Rojas-Runjaic, F., Señaris, J. 2009. Anexo 1. Listado de los anfibios de Venezuela. Págs. 29-39 en: Molina, C., Señaris, J., Lampo, M., Rial, A. (eds.), Anfibios de Venezuela. Estado del Conocimiento y Recomendaciones para su Conservación. Ediciones Grupo TEI, Primera Edición, Caracas, Venezuela.
21. Barrio, C., Romero, E., Infante, E. 2010a. The Critically Endangered Venezuelan Dendrobatid Frog *Aromobates meridensis* (Amphibia: Anura): Redescription, Natural History and Conservation. *Rev. Ecol. Lat. Am.* **15**: 1-12.
22. Barrio, C., Santos, J.C. 2010. Amphibia, Anura, Dendrobatidae, *Allobates femoralis* (Boulenger, 1884): First confirmed country records, Venezuela. *Check List* **6**: 208-209.
23. Barrio, C., Santos, J.C. 2012. A phylogeny for *Aromobates* (Anura: Dendrobatidae) with description of three new species from the Andes of Venezuela, taxonomic comments on *Aromobates saltuensis*, *A. inflexus*, and notes on the conservation status of the genus. *Zootaxa* **3422**: 1-31.

24. Barrio, C., Santos, J.C., Molina, C. 2010b. An addition to the diversity of dendrobatid frogs in Venezuela: description of three new collared frogs (Anura: Dendrobatidae: *Mannophryne*). *Phyllomedusa* **9**: 3-35.
25. Barrio, C., Señaris, J., MacCulloch, R., Lathrop, A., Guayasamin, J., Duellman, W. 2011b. Distribution, vocalization and taxonomic status of *Hypsiboas roraima* and *H. angelicus* (Amphibia: Anura: Hylidae). *Pap. Avulsos de Zool. (São Paulo)*. **51**: 21-28.
26. Barrio-Amorós, C., Torres, D. A. 2010. Conservation priorities for the most threatened amphibians in Venezuela, a preliminary approach. *Rev. Ecol. Lat. Am.* **15**: 21-31.
27. Becker, C., Zamudio, K. 2011. Tropical amphibian populations experience higher disease risk in natural habitats. *PNAS*. **108**: 9893-9898.
28. Blaustein, A. R., Dobson, A. 2006. A message from the frogs. *Nature* **439**: 143-144.
29. Blaustein, A. R., Wake, D. B. 1990. Declining amphibian population. A global phenomenon? *Trends. Ecol. Evol.* **19**: 203-204.
30. Bokermann, W. 1962. Cuatro nuevos Hylidos del Brasil (Amphibia, Salientia, Hylidae). *Neotropica* **8**: 81-91.
31. Bokermann, W. 1967. Notas sobre a Distribuicao de "*Bufo Granulosus*" Spix, 1984 Na Amazonia e Descricao de uma Subespecie Nova (Amphibia, Bufonidae). *Atas do Simposio Sôbre a Biota Amazônica*. **5**: 103-109
32. Bonaccorso, E., Guayasamin, J.M., Méndez, D., Speare, R., 2003. Chytridiomycosis as a possible cause of population declines in *Atelopus cruciger* (Anura: Bufonidae). *Herpetol. Rev.* **34**: 331-334.

33. Caramaschi, U. 2010. Notes on the taxonomic states of *Elachistocleis ovalis* (Schneider, 1799) and description of five new species of *Elachistocleis* Parker, 1927 (Amphibia, Anura, Microhylidae). *Bol. Mus. Nac., N.S., Zool.* **527**: 1-30.
34. Cheng, T., Rovito, S., Wake, D., Vredenburg, V. 2011. Coincident mass extirpation of neotropical amphibians with the emergence of the infectious fungal pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis*. *PNAS.* **108**: 9502-9507.
35. Cochran, D., Goin, C. 1970. Frogs of Colombia. *Bull. U.S. Nat. Mus.* **288**: 1-641.
36. Cole, C., Townsend, C., Reynolds, R., MacCulloch, R., Lathrop, A. 2013. Amphibians and reptiles of Guyana, South America: illustrated keys, annotated species accounts, and a biogeographic synopsis. *P. Biol. Soc. Wash.* **125**: 317-578.
37. Collar, N. J. 1996. The reasons for red data books. *Oryx* **30**: 121-130.
38. Collins, J., Storfer, A. 2003. Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Divers Distrib.* **9**: 89-98.
39. Crump, M. L., Hensley, F. R., Clark, K. L. 1992. Apparent decline of the golden toad: underground or extinct?. *Copeia* **1992**: 413-420.
40. Daszak, P., Scott, D.E., Kilpatrick, A.M., Faggioni, C., Gibbons, J.W., Porter, D. 2005. Amphibian population declines at Savannah river site are linked to climate, not chytridiomycosis. *Ecology* **86**: 3232-3237.
41. De Sá, R., Grant, T., Camargo, A., Heyer, W.R., Ponssa, M., Stanley, E. 2014. Systematics of the Neotropical Genus *Leptodactylus* Fitzinger, 1826 (Anura: Leptodactylidae): Phylogeny, the Relevance of Non-molecular Evidence, and Species Accounts. *South. Am. J. Herpetol.* **9**: 1-128.

42. Donnelly, M., Myers, C. 1991. Herpetological Results of the 1990 Venezuelan Expedition to the Summit of Cerro Guaiquinima, whit New Tepui Reptiles. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* **54**: 1-56.
43. Duellman, W. 1974. A Sistematic review of the Marsupial Frogs (Hylidae: Gastrotheca) of The Andes of Ecuador. *Occas. pap. Mus. Nat. Hist. (Lawrence)*. **22**: 1-27.
44. Duellman, W. 1980. A New Species of Marsupial Frog (Hylidae: Gastrotheca) from Venezuela. *Occ Pap Zool Mus (Michigan)*. **690**: 1-8.
45. Duellman, W.E. 2003. An overview of anuran phylogeny, classification and reproductive modes. Págs. 12-29 en: Jamieson, B. (eds.), Reproductive biology and phylogeny of anura. Second Edition, Sciens Publishers, Inc., Kansas, USA.
46. Duellman, W., Cross, F., Humphrey, P., Jones, J., Mengel, R. 1972. The Genera of Phyllomedusine Frogs (Anura: Hylidae). *Univ. Kans. publ., Mus. Nat. Hist.* **18**: 1-36.
47. Duellman, W., Señaris, J.C. 2003. A new Species of Glass Frog (Anura: Centrolenidae) from the Venezuelan Guayana. *Herpetologica* **59**: 247-252.
48. Duellman, W., Trueb, L. 1967. Teo New Species of Tree Frogs (Genus *Phyllomedusa*) from Panamá. *Copeia* **1**: 125-131.
49. Duellman, W., Trueb, L. 1986. Biology of Amphibians. McGraw-Hill, Primera Edición, Baltimore, Maryland, USA.
50. Dunson, W. A., Wyman, R. L., Corbett, E. S. 1992. A symposium on amphibians declines and habitat acidification. *J. Herpetology*. **26**: 49-352.

51. Faivovich, J., McDiarmid, R., Myers, C. 2013. Two new species of *Myersiohyla* (Anura: Hylidae) from Cerro de la Neblina, Venezuela, with comments on other species of the genus. *Am. Mus. Novit.* **3792**: 1-63.
52. Foden, W., Mace, G., Vié, J. C., Angulo, A., Butchart, S., DeVantier, L., Dublin, H., y colaboradores. 2008. Species susceptibility to climate change impacts. In: Vié, J.C., Hilton-Taylor, C., Stuart, S.N. (eds). *The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN Gland, Switzerland.
53. Foden, W., Butchart, S., Stuart, S., Vié, J. C., Akcakaya, R., Angulo, A., DeVantier, L., y colaboradores. 2013. Identifying the World's Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals. *PLoS ONE*. **8**: e65427. doi:10.1371/journal.pone.0065427
54. Greenacre, M. 2008. La práctica del análisis de correspondencias. Fundación BBVA. Primera edición en español, Barcelona, España.
55. Guerrero, P., León, P., Squeo, F. 2008. Priorización de las Especies Endémicas presentes en la Región de Atacama: Unicidad Taxonómica y Grados de Endemismo. 19: 339-346. en: Squeo, F., Arancia, G., Gutiérrez, J. (eds.), Libro Rojo de la Flora Nativa y de los sitios prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
56. Hero, J.M., Morrison, C., 2004. Frog declines in Australia: global implications. *Herpetol J.* **14**: 175-186.

57. Hero, J.M., Williams, S., Magnusson, W. 2005. Ecological traits of declining amphibians in upland areas of eastern Australia. *J. Zoo. Lond.* **267**: 221-232.
58. Hertz, A., Lotzkat, S. 2010. Notes on vocalisation and natural history of *Hylomantis medinae* (Funkhouser, 1962) (Anura, Hylidae) from northern Venezuela. *Salamandra* **46**: 121-124.
59. Heyer, W.R. 1994. Variation within the *Leptodactylus podicipinus-wagneri* Complex of Frogs (Amphibia: leptodactylidae). *Smithson. Contr. Zool.* **546**: 1-124.
60. Heyer, W.R., Barrio, C. 2009. The advertisement calls of two sympatric frogs, *Leptodactylus lithonaetes* (Amphibia: Anura: Leptodactylidae) and *Pristimantis vilarsi* (Amphibia: Anura: Strabomantidae). *P. Biol. Soc. Wash.* **122**: 282-291.
61. Heyer, W.R., De Sá, O. 2011. Variation, Systematics, and Relationships of the *Leptodactylus bolivianus* Complex (Amphibia: Anura: Leptodactylidae). *Smithson Contrib Zool.* **635**: 1-58.
62. Heyer, W.R., Caramaschi, U., De Sá, R. 2006. *Rana ocellata* Linnaeus, 1758 (Currently *Leptodactylus ocellatus*; Amphibia, Anura): proposed conservation of usage of the specific name by the designation of a neotype. *Bull. Zoo. Nomencl.* **63**: 184-186.
63. Hoogmoed, M. 1979. Resurrection of *Hyla ornatissima* Noble (Amphibia, Hylidae) and remarks on related species of green tree frogs from the Guiana area notes on the herpetofauna of Surinam VI. *Zool. Verhandl.* **172**: 3-53.

64. Hoogmoed, M., Gorzula, S. 1979. Checklist of the savanna inhabiting frogs of the El Nanteco Region with notes on their ecology and the description of a new species of treefrog (Hylidae, Anura). *Zool. Med. Leiden*. **54**: 183-219.
65. Howard, S., Bickford, D. 2014. Amphibians over the edge: silent extinction risk of Data Deficient species. *Diversity Distrib.* **20**: 837-846.
66. Huber, O., Olivera-Miranda, M. 2010. Ambientes terrestres. Págs. 29-89 en: Rodríguez, J.P., Rojas-Suárez, F., Hernández, D. (eds.), Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela. Provita, Sell Venezuela, Lenovo (Venezuela), Primera Edición, Caracas, Venezuela.
67. Infante, E. 2009. Anfibios y reptiles de la Guajira venezolana. *Bol. Centro Invest. Biol. Univ. Zulia*. **43**: 263-277.
68. Infante, E., Barrio, C., Rojas, F. 2006a. Geographic Distribution: Anura: *Phyllomedusa venusta*. *Herpetol. Rev.* **37**: 101.
69. Infante, E., Rojas, F., Barrio, C. 2006b. Geographic Distribution: Anura: *Relictivomer pearsei*. *Herpetol. Rev.* **37**: 102-103.
70. Jamieson, B. 2003. Reproductive Biology and Phylogeny of Anura. Volume 2. Sciens Publishers, Inc., Kansas, USA.
71. Kok, P. 2010. A redescription of *Anomaloglossus praderioi* (La Marca, 1998) (Anura: Aromobatidae: Anomaloglossinae), with description of its tadpole and call. *Pap. Avulsos de Zool. (São Paulo)*. **50**: 51-68.
72. Kuramoto, M. 1978. Correlations of Quantitative Parameters of Fecundity in Amphibians. *Evolution*. **32**: 287-296.

73. La Marca, E. 1985. A New Species of *Colostethus* (Anura: Dendrobatidae) from The Cordillera de Mérida, Northern Andes, South America. *Occ Pap Zool Mus (Michigan)*. **710**: 1-12.
74. La Marca, E. 1994. Taxonomy of the frogs of the genus *Mannophryne* (Amphibia; Anura: DENDROBATIDAE). *Publ. Asoc. Amigos Doñana*. **4**: 1-75.
75. La Marca, E. 1995. Crisis de biodiversidad en anfibios de Venezuela: estudio de casos. Págs: 47-70. En Alonso, M. E. (Ed.). La biodiversidad neotropical y la amenaza de las extinciones. Cuadernos de Química Ecológica, 4, Mérida, Venezuela.
76. La Marca, E. 2005. Dos Nuevas Especies de Ranas (Amphibia: Leptodactylidae) de Páramo del Parque Nacional Sierra Nevada, Venezuela. *Herpetotropicos* **2**: 47-54.
77. La Marca, E., Lips, K., Lötters, S., Puschendorf, R., Ibáñez, R., Rueda-Almonacid, J., Schlute, R., y colaboradores. 2005. Catastrophic Population Declines and Extinctions in Neotropical Harlequin Frogs (Bufonidae: *Atelopus*). *Biotropica* **37**: 190-201.
78. La Marca, E. 2007a. On the precedence of the name *Scinax flavidus* La Marca, 2004, to establish senior synonymy. *Herpetotropicos* **3**: 121.
79. La Marca, E. 2007b. Sinopsis taxonómica de dos géneros nuevos de anfibios (Anura: Leptodactylidae) de Los Andes de Venezuela. *Herpetotropicos*. **3**: 67-87.
80. La Marca, E. 2009. A Frog Survivor (Amphibia: Anura: Aromobatidae: *Mannophryne*) of the Traditional Coffee Belt in the Venezuelan Andes. *Herpetotropicos* **5**: 49-54.

81. La Marca, E., Lips, K., Lotters, S., Puschendorf, R., Ibáñez, R., Rueda-Almonacid, J.V., Schulte, R. y colaboradores. 2005. Catastrophic population declines and extinctions in Neotropical harlequin frogs (Bufonidae: *Atelopus*). *Biotropica* **37**: 190-201.
82. La Marca, E., Otero, L. 2012. Rediscovery of the types of *Colostethus meridensis*, with description of a related new species and redescription of *Aromobates mayorgai* (Amphibia: Anura: Dendrobatidae). *Herpetotropicos* **7**: 55-74.
83. Lampo, M; Sánchez, D; Nicolás, A; Márquez, M; Nava-González, F; García, C.Z.; Rinaldi, M. 2008. *Batrachochytrium dendrobatidis* in Venezuela. *Herpetol. Rev.* **39**: 449-454.
84. Legendre, P., Legendre, L. 1998. Numerical Ecology. Elsevier. Second English Edition, Amsterdam, The Netherlands.
85. Lips, K. 1998. Decline of a Tropical Montane Amphibian Fauna. *Conserv Biol.* **12**: 106-117.
86. Lips, K., Reeve, J., Witters, L. 2003. Ecological traits predicting Amphibian population declines in Central America. *Conserv Biol.* **17**: 1078-1088.
87. Lips, K., Burrowes, P. A., Mendelson III, J. R., Parra-Olea, G. 2005. Amphibian declines in Latin America: widespread population declines, extinctions, and impacts. *Biotropica* **37**: 163-165.
88. Lips, K., Diffendorfer, J., Mendelson III, J.R., Sears, M.W. 2008. Riding the wave: reconciling the roles of disease and climate change in amphibian declines. *PLoS Biology*. **6**: 441-454.

89. Lotters, S., La Marca, E., Vences, M. 2004. Redescriptions of Two Toad Species of the Genus *Atelopus* from Coastal Venezuela. *Copeia* **2**: 222-234.
90. Lotzkat, S. 2007. Taxonomía y Zoogeografía de la Herpetofauna del Macizo de Nirgua, Venezuela. Tesis de Grado, Johann Wolfgang Goethe. Universität, Frankfurt am Main, Alemania.
91. Lotzkat, S., Hertz, A., Valera-Leal, J. 2007. Amphibia, Anura, Hylidae, *Hylomantis medinai*: Distribution extension by discovery of a third population. *Check List*. **3**: 200-203.
92. Lutz, A. 1927. Notas sobre batrachios da Venezuela e da Ilha de Trinidad. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. **20**: 35-50.
93. Lynch, J. 1983. A New Leptodactylid Frog from The Cordillera Oriental of Colombia. Págs. 52-57 en: Rhodin, A., Miyata, K. (eds.), *Advances in Herpetology and Evolutionary Biology*. Museum of Comparative Zoology. Harvard University, Cambridge, Primera Edición, Massachusetts, U.S.A.
94. Lynch, J., Hoogmoed, M. 1977. Two New Species of *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae) from Northeastern South America. *Proc. Biol. Soc. Wash.* **90**: 424-439.
95. MacCulloch, R., Lathrop, A. 2005. Hylid frogs from Mount Ayanganna, Guyana: new species, redescriptions, and distributional records. *Phyllomedusa*. **4**: 17-37.
96. MacCulloch, R., Lathrop, A., Minter, L., Khan, S. 2008. *Otophryne* (Anura: Microhylidae) from the highlands of Guyana: redescriptions, vocalisations, tadpoles and new distributions. *Pap. Avulsos de Zool. (São Paulo)*. **48**: 247-261.

97. Manzanilla, J., La Marca, E., Jowers, M., Sánchez, D., García-París, M. 2005. Un Nuevo *Mannophryne* (Amphibia: Anura: Dendrobatidae) del Macizo del Turimiquire, Noreste de Venezuela. *Herpetotropicos* **2**: 105-113.
98. MARN. 2000. Primer Informe de Venezuela sobre Diversidad Biológica. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, Oficina Nacional de Diversidad Biológica. Caracas, Venezuela. 227 pp.
99. MARN. 2001. Estrategia Nacional sobre Diversidad Biológica y su Plan de Acción. Ministerio del Poder Popular para el Ambiente y de los Recursos Naturales. Oficina Nacional de Diversidad Biológica. Caracas, Venezuela. 135 pp.
100. McDiarmid, R. 1971. Comparative morphology and evolution of frogs of the neotropical genera *Atelopus*, *Dendrophryniscus*, *Melaphryniscus*, and *Oreophrynella*. *Bull. Mus. Nat. Hist. (Los Angeles)*. **12**: 1-66.
101. McDiarmid, R., Gorzula, S. 1989. Aspects of the Reproductive Ecology and Behavior of the Tepui Toads, Genus *Oreophrynella* (Anura, Bufonidae). *Copeia* **1989**: 445-451.
102. Mijares-Urrutia, A., Manzanilla, J., La Marca, E. 1999. Una nueva especie de *Tepuihyla* (Anura: Hylidae) del noroeste de Venezuela, con comentarios sobre su biogeografía. *Rev. Biol. Trop.* **47**: 1099-1110.
103. Miller, R., Rodríguez, J.P., Aniskowicz-Fowler, T., Bambaradeniya, C., Boles, R., Eaton, M.A., Gärdenfors, U., Keller, V., Molur, S., Walker, S., Pollock, C. 2006. Extinction risk and conservation priorities. *Science*. **313**: 441.

104. Miller, R., Rodríguez, J.P., Aniskowicz-Fowler, T., Bambaradeniya, C., Boles, R., Eaton, M.A., Gardenfors, U., Keller, V., Walker, S., Pollock, C. 2007. National threatened species listing based on IUCN criteria and regional guidelines: current status and future perspectives. *Conserv Biol.* **21**: 684-696.
105. Molina, C. 2003. Ecología de *Mannophryne herminae* (Boettger 1893) (Anura:Dendrobatidae) en la Cordillera de la Costa, Venezuela. Tesis doctoral. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
106. Molina, C. 2008. Iniciativas para la conservación de los anfibios en Venezuela. *Fiat Lux* **4**: 85-94.
107. Mora, D. 2007. Caracterización de las comunidades de reptiles y anfibios de dos bosques nublados del Macizo de Nirgua, estados Yaracuy y Carabobo. Tesis de Licenciatura. Universidad de Carabobo. Caracas, Venezuela.
108. Morais, A., Siqueira, M., Lemes, P., Maciel, N., De Marco Jr., P., Brito D. 2013. Unraveling the conservation status of Data Deficient species. *Biol Cons.* **166**: 98-102.
109. Morrison, C., Hero, J.M. 2003. Geographic variation in life-history characteristics of amphibians: a review. *J. Anim. Ecol.* **72**: 270-279.
110. Muñoz-Guerrero, J., Serrano, V., Ramirez-Pinilla, M. 2007. Uso de microhábitat, dieta y tiempo de actividad en cuatro especies simpátricas de ranas hílidas neotropicales (Anura: Hylidae). *Caldasia.* **29**: 413-425.
111. Myers, C., Donnelly, M. 1996. A New Herpetofauna from Cerro Yaví, Venezuela: First Results of the Robert G. Goelet American Museum-

- Terramar Expedition to the Northwestern Tepuis. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* **3172**: 1-56.
112. Myers, C., Donnelly, M. 1997. A Tepui Herpetofauna on a Granitic Mountain (Tamacuari) in the Borderland Between Venezuela and Brazil: Report from the Phipps Tapirapecó Expedition. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* **3213**: 1-71.
113. Myers, C., Donnelly, M. 2001. Herpetofauna of the Yutajé-Corocoro Massif, Venezuela: Second Report from the Robert G. Goelet American Museum-Terramar Expedition to the Northwestern Tepuis. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* **261**: 1-85.
114. Myers, C., Donnelly, M. 2008. The Summit Herpetofauna of Auyantepui, Venezuela: Report from the Robert G. Goelet American Museum-Terramar Expedition. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* **308**: 1-147.
115. Norris, S. 2007. Ghosts in our midst: coming to terms with Amphibian Extinctions. *BioScience*. **57**: 311-316.
116. Pechmann, J. H. K., Wilbur, H. M. 1994. Putting declining amphibian population into perspective: natural fluctuation and human impacts. *Herpetologica* **50**: 65-84.
117. Péfaur, J. 1985. New Species of Venezuelan *Colostethus* (Dendrobatidae). *J. Herpetol.* **19**: 321-327.
118. Poynton, J.C., Loader, S., Sherratt, E., Clarke, B. 2007. Amphibian diversity in East African biodiversity hotspots: altitudinal and latitudinal patterns. *Biodivers Conserv.* **16**: 1103-1118.
119. Pyburn, W. 1973. A New Hylid Frog from The Llanos of Colombia. *J. Herpetol.* **7**: 297-301.

120. Rivas, G., Ugueto, G., Rivero, R., Miralles, A. 2005. The Herpetofauna of Isla de Margarita, Venezuela: New Records and Comments. *Caribb. J. Sci.* **41**: 346-351.
121. Rivero, J. 1964. The Distribution of Venezuelan Frog VI. The Llanos and The Delta Region. *Carib. J. Sci.* **4**: 491-495.
122. Rivero, J. 1971. Un nuevo e interesante Dendrobates (Amphibia Salientia) del cerro Yapacana de Venezuela. *Kasmera* **3**: 389-396.
123. Rodrigues, D., Morais, M., Morais, D., Kawashita-Ribeiro, R. 2010. Amphibia, Anura, Centrolenidae, *Hyalinobatrachium crurifasciatum* Myers and Donnelly, 1997: First record from Brazil and geographic distribution map. *Check List* **6**: 392-394.
124. Rodrigues, D., Uetanabaro, M., Lopes, F. 2005. Reproductive patterns of *Trachycephalus venulosus* (Laurenti, 1768) and *Scinax fuscovarius* (Lutz, 1925) from the Cerrado, Central Brazil. *J. Nat. Hist.* **39**: 3217-3226.
125. Rodríguez, J. P., Rojas-Suárez, F. (eds.) 2008. Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Tercera Edición. Provita y *Shell Venezuela*, S.A., Caracas, Venezuela.
126. Rodríguez, J. P., Rojas-Suárez, F., Giraldo, D. (eds.) 2010. Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela. Primera Edición. Provita, *Shell Venezuela*, Lenovo (Venezuela), Caracas, Venezuela.
127. Rojas-Runjaic, F., Barrio, C., Molina, C., Señaris, J.C., Fedón, C. 2008. Amphibia, Anura, Hylidae, *Scarthyla vigilans*: Range extensions and new state records from Delta Amacuro and Miranda states, Venezuela. *Check List* **4**: 301-303.

128. Rojas-Runjaic, F., Barros, T., Infante, E. 2005. Geographic Distribution. *Anura. Pseudis paradoxa. Herpetol. Rev.* **36**: 334.
129. Rojas-Runjaic, F., Infante, E., Cabello, P. 2012. New records and distribution extensions of centrolenid frogs for Venezuela. *Check List.* **8**: 819-825.
130. Rojas-Runjaic, F., Salerno, P., Señaris, J.C., Pauly, G. 2013. Terraranans of the Lost World: a new species of *Pristimantis* (Amphibia, Cragastoridae) from Abakapá-tepui in the Chimantá massif, Venezuelan Guayana, and additions to the knowledge of *P. muchimuk*. *Zootaxa* **3686**: 335-355.
131. Ruthven, A. 1914. Description of a new Engystomatid frog of the genus *Hypopachus*. *Proc. Biol. Soc. Wash.* **27**: 77-80.
132. Ruthven, A. 1919. The amphibians of the University of Michigan – Walker Expedition to British Guiana. *Occ Pap Zool Mus (Michigan)*. **69**: 1-16.
133. Ruthven, A., Gaige, H. 1923. Description of a new species of *Pipa* from Venezuela. *Occ Pap Zool Mus (Michigan)*. **136**: 1-2.
134. Salerno, P. Pauly, G. 2012. Clutch size variation in egg-brooding *Stefania*. *South. Am. J. Herpetol.* **7**: 47-54.
135. Schluter, A., Rodder, D. 2007. Three new frogs of the Genus *Eleutherodactylus* (Amphibia, Leptodactylidae) from Guaiquinima table Mountain, Bolívar, Venezuela. *Herpetotropicos* **3**: 88-99.
136. Señaris, J.C. 2009. Introducción. Págs. 23-24 en: C. Molina, J.C. Señaris, M. Lampo y A. Rial (eds.), *Anfibios de Venezuela: Estado del conocimiento y recomendaciones para su conservación*. Ediciones Grupo TEI. Primera Edición, Caracas, Venezuela.

137. Señaris, J.C., Ayarzagüena, J. 2006. A New Species of *Hypsiboas* (Amphibia; Anura; Hylidae) from the Venezuela Guayana, with Notes on *Hypsiboas sibleszi* (Rivero 1972). *Herpetologica* **62**: 308-318.
138. Señaris, J.C., Ayarzagüena, J., Gorzula, S. 1994. Los sapos de la familia BUFONIDAE (AMPHIBIA: ANURA) de las tierras altas de la Guayana venezolana: descripción de un nuevo género y tres especies. *Publ. Asoc. Amigos Doñana*. **3**: 1-37.
139. Señaris, J.C., Ayarzagüena, J., Gorzula, S. 1996. Revisión taxonómica del género *Stefania* (Anura; Hylidae) en Venezuela con la descripción de cinco nuevas especies. *Publ. Asoc. Amigos Doñana*. **7**: 1-57.
140. Señaris, J.C., Do Nascimento, C., Villarreal, O. 2005. A New Species of the Genus *Oreophrynella* (Anura: Bufonidae) from the Guiana Highlands. *Pap. Avulsos de Zool. (São Paulo)*. **45**: 61-67.
141. Señaris, J.C., MacCulloch, R. 2005. Amphibians. *Bull. Biol. Soc. Wash.* **13**: 9-23.
142. Smith, E., Noonan, B. 2001. A new species of *Osteocephalus* (Anura: Hylidae) from Guyana. *Rev. Biol. Trop.* **49**: 347-357.
143. Sodhi, N., Bickford, D., Diesmos, A., Lee, T., Koh, L., Brook, B., Sekercioglu, C. y colaboradores. 2008. Measuring the Meltdown: Drivers of Global Amphibian Extinction and Decline. *PLoS*. **3**: e1636.
144. Stuart, S., Chanson, J., Cox, N., Young, B., Rodrigues, A., Fischman, D., Waller, R. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* **306**: 1783-1786.
145. Stuart, S., Hoffmann, M., Chanson, J., Cox, N., Berridge, R., Ramani, P., Young, B. 2008. Threatened Amphibians of the World. IUCN, Gland,

- Switzerland; and Conservation International. Lynx Edicions, Barcelona, España.
146. Stuckert, A., Stone, J., Asper, J., Rinker, M., Rutt, C., Trimmer, N., Lindquist, E. 2009. Microhabitat use and spatial distribution in Picado's Bromeliad Treefrog, *Isthmohyla picadoi* (Anura, Hylidae). *Phyllomedusa* **8**: 125-134.
 147. Tárrano, Z. 2010. Advertisement calls and calling habits of frogs from a flooded savanna of Venezuela. *South. Am. J. Herpetol.* **5**: 221-240.
 148. Test, F. 1956. Two New Dendrobatid Frogs From Northern Venezuela. *Occ Pap Zool Mus (Michigan)*. **577**: 1-12.
 149. Thompson, H. 1922. A new Gastrotheca from Venezuela. *Occ Pap Zool Mus (Michigan)*. **107**: 1-4.
 150. Tyler, M. J. 1991. Declining amphibian populations: a global phenomenon?. An Australian perspective. *Alytes* **9**: 43-50.
 151. UICN. 2010. Directrices para el uso de los criterios de la lista roja de la UICN a nivel regional y nacional. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. Versión 4.0. Gland, Suiza.
 152. Valencia-Aguilar, A., Castro-Herrera, F., Ramirez-Pinilla, M. 2012. Microhabitats for Oviposition and Male Clutch Attendance in *Hyalinobatrachium aureoguttatum*. (Anura: Centrolenidae). *Copeia* **2012**: 722-731.
 153. Valera-Leal, J., Acevedo, A., Pérez-Sánchez, A., Vega, J., Manzanilla, J. 2011. Registro histórico de *Gastrotheca ovifera* (Anura: Hemiphractidae): evidencias de disminución en las selvas nubladas de la Cordillera de la Costa venezolana. *Rev. Biol. Trop.* **59**: 329-345.

154. Vargas, J., La Marca, E. 2006. A New Species of Collared Frog (Amphibia: Anura: Aromobatidae: *Mannophryne*) from the Andes of Trujillo state, Venezuela. *Herpetotropicos* **3**: 51-57.
155. Wake, D. B. 1991. Declining amphibian population. *Science* **253**: 860.
156. Wake, D. B., Sousa, W. P. 1994. Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conserv. Biol.* **8** 60-71.
157. Wells, K.D. 2007. The Ecology and Behavior of amphibians. The University of Chicago Press, Ltd., London. Primera Edición, Chicago, USA.
158. Williams, S., Hero, J.M. 1998. Rainforest frogs of the Australian wet tropics: guild classification and the ecological similarity of declining species. *Proc. R. Soc. Lond. B.* **265**: 597-602.
159. Yerena, E., Rivero, C. 2008. Extension of the known Geographic Distribution of *Atelopus cruciger* in Northern Venezuela. *Herpetotropicos* **4**: 07-09.
160. Young, B.E., Lips, K.R., Reaser, J.K., Ibañez, R, Salas, A.W., Cedeño, J.R., Coloma, L.A. y colaboradores. 2001. Population declines and priorities for Amphibian conservation in Latin America. *Conserv. Biol.* **15**: 1213-1223.
161. Young, B. E., Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Boucher, T. M. 2004. Joyas que Estan Desapareciendo: El Estado de los Anfibios en el Nuevo Mundo. NatureServe, Arlington, Virginia, USA.
162. Yústiz, E. 1991. Un nuevo *Colostethus* (Amphibia: Dendrobatidae) en la Sierra de Barbacoas, Estado Lara, Venezuela. *Bioagro.* **3**: 145-150.

163. Zar, J. H. 2010. Biostatistical Analysis. Prentice Hall. Fifth Edition, New Jersey, USA.

Consultas en línea

164. AmphibiaWeb: Information on amphibian biology and conservation. [web application]. 2014. Berkeley, California: AmphibiaWeb. Available: <http://amphibiaweb.org/>. (Accessed: Apr 25, 2014).
165. Frost, Darrel R. 2014. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0 (Consultado: 01 mayo de 2014, 09 agosto de 2014, 08 septiembre de 2014, 20 octubre de 2014). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.
166. IUCN. 2004. The IUCN Red List of Threatened Species. Available from <http://www.iucnredlist.org> (consultado agosto 2013).
167. SPSS Inc. Released 2008. SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. Chicago: SPSS Inc.

APÉNDICE

Apéndice 1. Riqueza de anuros de Venezuela agrupados por familias y géneros (hasta abril 2014).

Orden	Familia	Nº especies	Género por familia	Nº especies por género
ANURA	Allophrynidae	1	<i>Allophryne</i>	1
	Aromobatidae	62	<i>Allobates</i>	10
			<i>Anomaloglossus</i>	16
			<i>Aromobates</i>	18
			<i>Mannophryne</i>	17
			<i>"Prosterapis"</i>	1
	Bufonidae	28	<i>Amazophrynella</i>	1
			<i>Atelopus</i>	8
			<i>Mataphryniscus</i>	1
			<i>Oreophrynella</i>	6
			<i>Rhaebo</i>	3
			<i>Rhinella</i>	9
	Centrolenidae	26	<i>Celsiella</i>	2
			<i>Centrolene</i>	4
			<i>Cochranella</i>	2
			<i>Espadarana</i>	1
			<i>Hyalinobatrachium</i>	13
			<i>Vitreorana</i>	4
	Ceratophryidae	1	<i>Ceratophrys</i>	1
	Ceuthomantidae	3	<i>Ceuthomantis</i>	3
	Craugastoridae	63	<i>Dischidodactylus</i>	2
			<i>Pristimantis</i>	60
			<i>Strabomantis</i>	1
	Dendrobatidae	4	<i>Ameerega</i>	2
			<i>Dendrobates</i>	1
			<i>Minyobates</i>	1
	Eleutherodactylidae	2	<i>Adelophryne</i>	1
			<i>Eleutherodactylus</i>	1
	Hemiphractidae	21	<i>Cryptobatrachus</i>	1
			<i>Flectonotus</i>	2
			<i>Gastrotheca</i>	6
			<i>Stefania</i>	12
	Hylidae	80	<i>Agalychnis</i>	1
			<i>Aparasphenodon</i>	1
			<i>Dendropsophus</i>	12
			<i>Hyloscirtus</i>	4
			<i>Hypsiboas</i>	22
			<i>Myersiohyla</i>	5
			<i>Osteocephalus</i>	3
			<i>Phyllomedusa</i>	8
			<i>Pseudis</i>	1

Apéndice 1. Continuación

Orden	Familia	Nº especies	Género por familia	Nº especies por género
ANURA	Hylidae	80	<i>Scarthyla</i>	1
			<i>Scinax</i>	13
			<i>Sphaenorhyncus</i>	1
			<i>Tepuihyla</i>	5
			<i>Trachycephalus</i>	2
	Leiuperidae	8	<i>Engystomops</i>	1
			<i>Physalaemus</i>	3
			<i>Pleurodema</i>	1
			<i>Pseudopaludicola</i>	3
	Leptodactylidae	25	<i>Adenomera</i>	2
			<i>Leptodactylus</i>	22
			<i>Lithodytes</i>	1
	Microhylidae	12	<i>Adelastes</i>	1
			<i>Chiasmocleis</i>	1
			<i>Ctenophryne</i>	1
			<i>Elachistocleis</i>	3
			<i>Hamptophryne</i>	1
			<i>Otophryne</i>	3
			<i>Synapturanus</i>	2
	Pipidae	3	<i>Pipa</i>	3
	Ranidae	2	<i>Lithobates</i>	2
Total				341

Apéndice 2. Especies en las categorías Datos insuficientes (DD) y No Evaluado (NE) que comparten características biológicas, ecológicas y de distribución con las especies amenazadas.

Especie	Categoría en el Libro Rojo	Especie	Categoría en el Libro Rojo
<i>Allobates bromelicola</i>	DD	<i>Anomaloglossus triunfo</i>	DD
<i>Allobates humilis</i>	DD	<i>Anomaloglossus wothuja</i>	DD
<i>Allobates mandelorum</i>	DD	<i>Aromobates capurinensis</i>	DD
<i>Allobates sanmartini</i>	DD	<i>Aromobates durantei</i>	DD
<i>Allobates undulatus</i>	DD	<i>Aromobates haydeae</i>	DD
<i>Anomaloglossus ayarzagüenai</i>	DD	<i>Aromobates leopardalis</i>	DD
<i>Anomaloglossus parimae</i>	DD	<i>Aromobates mayorgai</i>	DD
<i>Anomaloglossus parkerae</i>	DD	<i>Aromobates molinarii</i>	DD
<i>Anomaloglossus shrevei</i>	DD	<i>Aromobates orostoma</i>	DD
<i>Anomaloglossus tamacuarensis</i>	DD	<i>Aromobates saltuensis</i>	DD
<i>Anomaloglossus tepuyensis</i>	DD	<i>Aromobates serranus</i>	DD
<i>Mannophryne collaris</i>	DD	<i>Pristimantis mondolfii</i>	DD
<i>Mannophryne cordilleriana</i>	DD	<i>Pristimantis paramerus</i>	DD
<i>Mannophryne larandina</i>	DD	<i>Pristimantis pedimontanus</i>	DD
<i>Mannophryne obliterata</i>	DD	<i>Pristimantis pleurostriatus</i>	DD
<i>Mannophryne yustizi</i>	DD	<i>Pristimantis pruinatus</i>	DD
<i>Prosterapis dunni</i>	DD	<i>Pristimantis riveroi</i>	DD
<i>Oreophrynella macconnelli</i>	DD	<i>Pristimantis rozei</i>	DD
<i>Rhinella sclerocephala</i>	DD	<i>Pristimantis stenodiscus</i>	DD
<i>Celsiella revocata</i>	DD	<i>Pristimantis telefericus</i>	DD
<i>Hyalinobatrachium cappellei</i>	DD	<i>Pristimantis tubernasus</i>	DD
<i>Hyalinobatrachium durantei</i>	DD	<i>Pristimantis vanadise</i>	DD
<i>Hyalinobatrachium iaspidiense</i>	DD	<i>Pristimantis yaviensis</i>	DD
<i>Hyalinobatrachium orientale</i>	DD	<i>Pristimantis yustizi</i>	DD
<i>Hyalinobatrachium pallidum</i>	DD	<i>Strabomantis biporcatus</i>	DD

Apéndice 2. Continuación.

Especies	Categoría en el Libro Rojo	Especie	Categoría en el Libro Rojo
<i>Vitreorana helenae</i>	DD	<i>Flectonotus fitzgeraldi</i>	DD
<i>Ceuthomantis cavernibardus</i>	DD	<i>Gastrotheca helenae</i>	DD
<i>Pristimantis avius</i>	DD	<i>Gastrotheca ovifera</i>	DD
<i>Pristimantis bicumulus</i>	DD	<i>Gastrotheca walkeri</i>	DD
<i>Pristimantis briceni</i>	DD	<i>Gastrotheca williamsoni</i>	DD
<i>Pristimantis cantitans</i>	DD	<i>Stefania marahuaguensis</i>	DD
<i>Pristimantis colostichos</i>	DD	<i>Stefania percristata</i>	DD
<i>Pristimantis ginesi</i>	DD	<i>Stefania riae</i>	DD
<i>Pristimantis incertus</i>	DD	<i>Stefania tamacuarina</i>	DD
<i>Pristimantis kareliae</i>	DD	<i>Dendropsophus yaracuyan</i>	DD
<i>Pristimantis lancinii</i>	DD	<i>Hyloscirtus estevesi</i>	DD
<i>Pristimantis lentiginosus</i>	DD	<i>Scinax danae</i>	DD
<i>Pristimantis marahuaka</i>	DD	<i>Allobates algorei</i>	NE
<i>Pristimantis melanoproctus</i>	DD	<i>Anomaloglossus moffetti</i>	NE
<i>Pristimantis memorans</i>	DD	<i>Aromobates ericksonae</i>	NE
<i>Aromobates ornatissimus</i>	NE	<i>Pristimantis aureoventris</i>	NE
<i>Aromobates tokuko</i>	NE	<i>Pristimantis auricarens</i>	NE
<i>Aromobates walterarpi</i>	NE	<i>Pristimantis conservatio</i>	NE
<i>Aromobates zippeli</i>	NE	<i>Pristimantis gryllus</i>	NE
<i>Mannophryne orellana</i>	NE	<i>Pristimantis imthurni</i>	NE
<i>Mannophryne speeri</i>	NE	<i>Pristimantis jamescameroni</i>	NE
<i>Mannophryne urticans</i>	NE	<i>Pristimantis lassoalcalai</i>	NE
<i>Mannophryne vulcano</i>	NE	<i>Pristimantis muchimuk</i>	NE
<i>Amazophrynella minuta</i>	NE	<i>Pristimantis rivasi</i>	NE
<i>Ceuthomantis duellmani</i>	NE	<i>Pristimantis sarisarinama</i>	NE
<i>Pristimantis ameliae</i>	NE	<i>Pristimantis yuruaniensis</i>	NE

