



PEDECIBA BIOLOGÍA
SUBÁREA ZOOLOGÍA

TESIS DE MAESTRÍA

**Historia Natural y Conservación de
los anfibios de Cerro Verde
(Rocha, Uruguay)**

Cecilia Bardier

Orientador: Dr. Raúl Maneyro
Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales

Co-Orientador: Dra. Diana Szteren
Instituto de Biología



Tesis de Maestría: “Historia Natural y Conservación de los anfibios de Cerro Verde (Rocha, Uruguay)”

PEDECIBA/ Biología/ Zoología

Autor: Lic. Cecilia Bardier

Correo electrónico: ceciliabardier@gmail.com

Laboratorio de Sistemática e Historia Natural de Vertebrados
Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales
Facultad de Ciencias

Universidad de la República

Orientador: Dr. Raúl Maneyro
Laboratorio de Sistemática e Historia Natural de Vertebrados
Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales

Co-Orientador: Dra. Diana Szteren
Departamento de Ecología y Evolución
Instituto de Biología

Tribunal: Dr. Alejandro Brazeiro, Dr. Martín Bolazzi y Dr. Gabriel Francescoli

Montevideo, Uruguay
Julio de 2011

A mis padres

A la abuela Elsa

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	7
PRESENTACIÓN	8
DESCRIPCIÓN DEL ENSAMBLE DE ANFIBIOS DE CERRO VERDE.....	16
<i>Introducción</i>	<i>17</i>
<i>Metodología</i>	<i>18</i>
<i>Resultados</i>	<i>20</i>
<i>Discusión y Conclusiones.....</i>	<i>22</i>
<i>Figuras.....</i>	<i>26</i>
<i>Tablas.....</i>	<i>28</i>
<i>Bibliografía</i>	<i>29</i>
PATRONES ESPACIALES Y TEMPORALES DE ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DE ANFIBIOS ANUROS DE CERRO VERDE.....	32
<i>Introducción.....</i>	<i>33</i>
<i>Patrones espaciales</i>	<i>33</i>
<i>Patrones temporales.....</i>	<i>36</i>
<i>Objetivos</i>	<i>38</i>
<i>Metodología</i>	<i>38</i>
<i>Área de estudio y obtención de datos.....</i>	<i>38</i>
<i>Análisis estadísticos</i>	<i>40</i>
<i>Patrones espaciales</i>	<i>40</i>
<i>Patrones temporales.....</i>	<i>43</i>
<i>Resultados</i>	<i>45</i>
<i>Patrones espaciales</i>	<i>45</i>
<i>Patrones temporales.....</i>	<i>48</i>
<i>Discusión y Conclusiones.....</i>	<i>50</i>
<i>Patrones espaciales</i>	<i>50</i>
<i>Patrones temporales.....</i>	<i>55</i>
<i>Figuras.....</i>	<i>59</i>
<i>Tablas.....</i>	<i>63</i>
<i>Bibliografía</i>	<i>68</i>
ANÁLISIS DE LA RELEVANCIA DE LOS CUERPOS DE AGUA PARA EL ENSAMBLE DE ANFIBIOS ANUROS DE CERRO VERDE	72
<i>Introducción</i>	<i>73</i>
<i>Metodología</i>	<i>75</i>
<i>Resultados</i>	<i>77</i>
<i>Discusión y Conclusiones.....</i>	<i>77</i>
<i>Figuras.....</i>	<i>82</i>
<i>Tablas.....</i>	<i>83</i>
<i>Bibliografía</i>	<i>85</i>
PERSPECTIVAS	87
ANEXO 1	93
ANEXO 2	94
ANEXO 3	95
ANEXO 4	99

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a Raúl Maneyro, quien ha sido mi Orientador desde la Pasantía, siempre ahí para acompañarme en estos emprendimientos que empiezan como locas ideas, a veces quedan en el camino y otras veces felizmente concluyen en forma de tesis gracias a su paciencia. También a Diana Szteren, mi Co-Orientadora, con quien no había trabajado anteriormente y tuve la oportunidad de descubrir a una persona tan agradable como profesional.

Nuevamente quiero agradecer a la ONG CID-Karumbé, que al igual que cuando hice mi Pasantía me permitió hacer del Cerro Verde mi área de estudio. Sobre todo esto se lo debo a Alejandro Fallabrino y Luciana Alonso, quienes me brindaron todo lo que estuvo al alcance de sus manos para que yo pudiera seguir adelante con este estudio.

También quiero expresar mi agradecimiento a la Agencia Nacional de Investigación e Innovación y al Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas por apoyar este trabajo.

A los integrantes del tribunal Alejandro Brazeiro, Martín Bolazzi y Gabriel Francescoli por los valiosos aportes y comentarios que hicieron sobre la versión preliminar de esta tesis.

Al Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada, especialmente a Cristina Acosta quien muy gentilmente me facilitó toda la información meteorológica utilizada en los análisis.

A Daniel Aldao, casero de la chacra junto a la Aduana que me permitió acceder a uno de los puntos de muestreo siempre con muy buena disposición, al igual que el Mayor Alejandro Cuadro de la División Remonta de Santa Teresa, que me concedió libre acceso al padrón del área de estudio.

A Carlos Romero, el pescador de la Coronilla, quien nuevamente me abrió las puertas de su casa tan gentilmente aunque fuera para estudiar “esos bichos asquerosos”.

A Thiago Gomes dos Santos y Andrés Canavero, quienes hicieron varios aportes a este trabajo durante su transcurso. A Martín Bessonart y Florencia Féola por colaborar en el análisis histológico de muestras permitiéndome

utilizar su laboratorio, y por explicarme las técnicas. También a Federico Gallego, quien construyó los mapas del Cerro Verde para esta tesis.

A Romina Ghirardi y Javier López por ser unos anfitriones de película y porque gracias a ellos pude concurrir a varios eventos herpetológicos fuera de Uruguay. Además quiero agradecerle a Romina su contribución con el análisis de muestras de quitridiomycosis y todo el apoyo incondicional que me ha brindado con este tema.

A mis compañeros del laboratorio de Sistemática e Historia Natural de Vertebrados: Federico Achaval, Santiago Cruces, Ignacio Lombardo, Alejandra Panzera, Gisela Pereira y Vanessa Valdez quienes han conocido y alentado gran parte de este proceso día a día. También a Ana Egaña y Germán Botto que como compañeros de la LBH me han cubierto siempre todas las veces que he desaparecido del mapa a causa de la maestría.

A las chuchis de siempre: Paula Altesor, Mariana Di Doménico, Lucía González, Laura Renaud, Silvia Silveira y Andrea Borrazás por todo el apoyo y aliento que me han dado en estos años en los que esta tesis y esta tesista han tenido tantas idas y venidas!

También a Augusto García (padre) y a Nelita Alegre quienes me brindaron todo su apoyo en este extrañísimo emprendimiento en el que su hijo se vio involucrado por ser pareja de una bióloga!

A mi familia. A mi madre Virginia, por ser la persona más dulce del mundo que me inculcó el amor por los anfibios, y mi padre Dardo, siempre con la palabra justa para enseñarme las verdades que oculta la Naturaleza. A mis hermanos Miguel y Nicolás, que siempre me apoyaron en todos mis emprendimientos y por compartir conmigo los suyos, y a mi cuñada Virginia por ser una genia, una amiga y la madraza de Vice y Martín: los muñequitos de la tía!

A Renata, Ruby, Gamabunta (*in memoriam*), Axolote 1, Axolote 2 y las langostas, todas mis mascotas que me acompañaron durante el transcurso de esta tesis.

Y finalmente a Augusto García, quien ha compartido conmigo estos locos tres años, con infinito cariño, comprensión y paciencia, siendo el mejor compañero desde al campo hasta la convivencia!

A todos MUCHAS GRACIAS!!

RESUMEN

El área del Cerro Verde (Rocha, Uruguay) es una de las áreas que actualmente está en proceso de creación en el marco del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Se estima que dicha área posee una alta diversidad de anfibios, si bien esta diversidad no ha sido medida "in situ". Dado que los anfibios en Uruguay dependen de los cuerpos de agua (CDA) para su reproducción, el estudio de los patrones temporales y espaciales de actividad reproductiva de los anfibios en CDA de una futura área protegida puede aportar valiosa información sobre las especies que allí habitan, en especial sobre las historias de vida de las especies que componen la ensamble. Información que puede ser tenida en cuenta tanto para la zonificación del área. Los objetivos de este trabajo son establecer el listado de anfibios del Cerro Verde, determinar el efecto de la heterogeneidad de los CDA del área sobre la diversidad de anfibios, describir los patrones anuales de actividad reproductiva y priorizar los CDA que deberían ser incluidos dentro de la propuesta de zonificación del área. Se realizaron 19 muestreos mensuales en 16 CDA ubicados en el padrón del Cerro Verde (Rocha, Uruguay) entre 2007 y 2009. Se registraron las vocalizaciones nupciales como indicador de actividad reproductiva (riqueza y composición) en cada CDA, así como distintos descriptores de la heterogeneidad de los CDA. Se analizaron los patrones temporales de la actividad reproductiva, su ajuste a modelos estacionales (sinusoidales) y la influencia de las distintas variables abióticas (temperatura, precipitaciones) sobre la actividad de los ensambles. Se registraron 19 especies, siete de las cuáles fueron consideradas prioritarias para la conservación dentro del área. Los patrones espaciales de actividad estuvieron principalmente moldeados por el efecto del descriptor Hidroperíodo de los CDA. La actividad temporal respondió a modelos sinusoidales en varios CDA si bien no fue así en todos, tampoco fue igual en todos los CDA la asociación con variables abióticas. Se sugiere que aquellos CDA con mayor cantidad de especies amenazadas, mayor diversidad y sensibilidad a las variables abióticas climáticas, sean incorporados a la propuesta de zonificación de la futura Área Protegida.

PRESENTACIÓN

Los anfibios son organismos pertenecientes a la Clase Amphibia (Animalia: Chordata: Vertebrata: Amphibia). Dicha denominación proviene de la conjunción de las palabras en griego *amphi* (doble) y *bios* (modo de vida), lo cual hace referencia a su historia de vida característicamente bifásica: transcurre parte en el agua y parte en la tierra (Duellman & Trueb, 1994). Los anfibios fueron los primeros vertebrados tetrápodos que aparecieron sobre la Tierra, dando origen a los demás grupos de tetrápodos que actualmente se conocen (Duellman & Trueb, 1994). Este grupo posee 6821 especies conocidas (Amphibia Web; 2011), pertenecientes a tres órdenes: Gymnophiona (186 especies, comúnmente llamadas cecilias o ápodos), Caudata (608 especies, también llamados urodelos) y Anura (6027 especies, más conocidas como ranas y sapos).

Las especies integrantes del orden Anura, del griego *an* y *oura*: “sin cola”, poseen uno de los comportamientos más conspicuos dentro de los conocidos para los vertebrados: las vocalizaciones nupciales. Este es un comportamiento exhibido por los machos de estas especies para cortejar a las hembras el cual, además de ser un objeto de estudio fascinante desde el punto de vista etológico, es una herramienta esencial de detección de estos organismos en los ecosistemas (Wells, 2007). De hecho, gran parte del conocimiento sobre la biología y ecología de estos organismos, especialmente trabajos referentes a la actividad reproductiva de los ensambles, ha sido construido a partir del registro de la actividad de vocalización del los anuros (p.e.: Cardoso *et al.*, 1989; Prado *et al.*, 2005; Canavero *et al.*, 2008).

Estos trabajos han tenido dos focos principales: los patrones espaciales y los patrones temporales de actividad reproductiva. Desde el punto de vista de los patrones espaciales, estos trabajos han aportado información sobre la

ocupación y uso de los sitios de reproducción. Se ha reconocido que la heterogeneidad ambiental es uno de los determinantes de la riqueza a escala local, y por lo tanto áreas con mayor diversidad de hábitats presentan ensamblajes más diversos (Cardoso *et al.*, 1989; Rossa-Feres & Jim, 2001; Alfonso & Eterovick, 2007; Bastazini *et al.*, 2007). Sin embargo, los ambientes homogéneos también pueden ser determinantes de la variabilidad intraespecífica a través del aumento de la plasticidad como consecuencia del desplazamiento de caracteres (Cardoso *et al.*, 1989; Eterovick, 1999). Las variables ambientales que se han encontrado relacionadas con la estructura de los ensamblajes han sido tanto bióticas como abióticas. Las principales variables bióticas son el tipo de vegetación y la complejidad estructural (Moreira *et al.*, 2010; Vasconcelos *et al.*, 2009); y entre las abióticas se destaca el pH, salinidad, hidroperíodo (Moreira *et al.*, 2010); incluso, este último actuando también sobre ensamblajes larvales (Baber *et al.*, 2004).

El segundo enfoque que ha sido utilizado para abordar el estudio de la estructura y composición de los ensamblajes de anfibios anuros, es el de los patrones temporales de actividad reproductiva. En esta dimensión los solapamientos y segregaciones pueden analizarse a diferentes escalas (ciclo circanual, ciclo circadiano) y con diferentes grados de resolución (mensual, semanal, diaria). En general hay una tendencia histórica en asimilar las fluctuaciones en los patrones comunitarios a escala anual (en los ecosistemas templados) con los cambios en dos variables climáticas: la temperatura y la precipitación (Canavero *et al.*, 2008). Si bien en los ecosistemas tropicales los patrones fenológicos parecen estar fuertemente asociados a las precipitaciones (Ávila & Ferreira, 2004; Prado *et al.*, 2005; Toledo *et al.*, 2003); en los ecosistemas templados los resultados son más controversiales. Algunos estudios no encuentran relación con factores abióticos (Bernarde & dos Anjos, 1999), y

otros encuentran relación sólo con la temperatura (Bertoluci & Rodrigues, 2002; Bernarde & Machado, 2000; Canavero *et al.*, 2008). Más recientemente, ha sido propuesto el fotoperíodo, como un factor explicativo de las fluctuaciones fenológicas que históricamente se sugerían como consecuencia de los cambios en variables que ciclan a lo largo del año (Both *et al.*, 2008; Canavero & Arim, 2009). En este sentido, factores como la temperatura, que habían sido propuestos como parte de una variable “proxy” (Canavero *et al.* 2008), actualmente se asocian al fotoperíodo como la variable con mayor poder explicativo.

En Uruguay sólo se han analizado dos ensamblajes de anfibios anuros con este enfoque (Canavero *et al.*, 2008; Maneyro, 2008). Resulta necesario realizar este tipo de estudios, ya que la información que pueden aportar a nivel local permite una mayor comprensión de los fenómenos comunitarios que ocurren a escala regional (Canavero *et al.*, 2009). Por otra parte, este tipo de trabajos permiten generar un mejor conocimiento de los ensamblajes locales y las variables que los afectan, permitiendo diseñar medidas de conservación más adecuadas (Parris & McCarthy, 1999; Wells, 2007; Dodd, 2010).

Actualmente se conocen 49 especies de anfibios nativas de Uruguay, dos de las cuales son endémicas (*Melanophryniscus orejasmirandai* y *M. sanmartini*) y una es casi endémica (*M. montevidensis*) (Canavero *et al.*, 2010a). Esta riqueza, al igual que el grado de endemismos que incluye, constituye un número elevado en relación a la pequeña superficie del país (Langone *et al.*, 2004). Del total de estas especies, 16 presentan algún grado de amenaza a escala local y/o regional (Canavero *et al.*, 2010b). La conservación de los anfibios, como parte de la biodiversidad en su conjunto, resulta importante para el mantenimiento de los bienes y servicios que sostienen la vida humana (Myers, 1996). No obstante, poco es lo que se sabe acerca de las especies autóctonas, siendo la falta de

información uno de los mayores obstáculos para la mitigación de las amenazas que afronta este grupo zoológico en Uruguay (Langone *et al.*, 2004).

El nombre de la presente Tesis de Maestría "***Historia Natural y Conservación de los anfibios de Cerro Verde (Rocha, Uruguay)***" hace referencia de manera general al estudio de los patrones de actividad reproductiva del ensamble de anfibios anuros de un Área Protegida en proceso de implementación dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. A lo largo de los sucesivos capítulos de este estudio, estos patrones de actividad fueron utilizados para establecer el listado de especies del Área, conocer ciertos fenómenos ecológicos del ensamble a escala comunitaria y elaborar una propuesta de zonificación del Cerro Verde que contemple a estas especies.

Capítulo 1: Descripción del ensamble de anfibios de Cerro Verde.

En este capítulo se analiza el inventario de anfibios obtenido para el área a través de muestreos de campo y se contrasta con el listado elaborado a partir de las colecciones científicas. Así mismo se establece el listado de especies cuya conservación debería ser considerada prioritaria para esta Área Protegida.

Capítulo 2: Patrones espaciales y temporales de actividad reproductiva de anfibios anuros de Cerro Verde. Este capítulo se enfoca en el estudio de la actividad reproductiva del ensamble de anfibios del Cerro Verde. Los patrones espaciales son analizados desde el punto de vista de la diversidad de especies en los ensambles locales de cada cuerpo de agua, así como son determinadas las características de estos cuerpos de agua que más influyen sobre dicha diversidad. La actividad temporal, del ensamble y de cada uno de los ensambles locales de cada cuerpo de agua, se estudia a través de la aplicación de modelos ecológicos de uso de la dimensión temporal de los sitios de reproducción. También se estudian las variables abióticas más asociadas con esta actividad.

Capítulo 3: Análisis de la relevancia de los cuerpos de agua para el ensamble de anfibios anuros de Cerro Verde. Aquí se realiza una síntesis de los resultados obtenidos en los dos capítulos previos a efectos de generar una selección de los cuerpos de agua más relevantes para el ensamble de anfibios del área. Se sugiere que esta selección sea tomada en cuenta como insumo para la propuesta de zonificación que contenga el Plan de Manejo de la futura Área Protegida.

Finalmente en la sección PERSPECTIVAS, a modo de cierre, se detallan las principales actividades que darían continuidad a este estudio, principalmente a partir de los resultados, conclusiones y problemas encontrados en cada capítulo.

Bibliografía

- AmphibiaWeb (2011). Information on amphibian biology and conservation. Berkeley, California. Available in: <http://amphibiaweb.org/>. (Accessed: Jun 29, 2011).
- Alfonso, L. G., & Eterovick, P. C. (2007). Spatial and temporal distribution of breeding anurans in streams in southeastern Brazil. *Journal of Natural History*, 41:949-963.
- Ávila, R. W., & Ferreira, V. L. (2004). Riqueza e densidade de vocalizações de anuros (Amphibia) em uma área urbana de Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(4):887-892.
- Baber, M. J., Fleishman, E., Babbitt, K. J., & Tarr, T. L. (2004). The relationship between wetland hydroperiod and nestedness patterns in assemblages of larval amphibians and predatory macroinvertebrates. *Oikos*, 107:16-27.
- Bastazini, C. V., Munduruca, J. F. V., Rocha, P. L. B., & Napoli, M. F. (2007). Which Environmental Variables Better Explain Changes in Anuran Community Composition? A Case Study in the Sao Joao, Bahia, Brazil. *Herpetologica*, 63(4):459-471.
- Bernarde, P. S., & dos Anjos, L. (1999). Distribuição espacial e temporal da anurofauna no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil (Amphibia: Anura). *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS (Série Zoológica)*, 12:127-140.
- Bernarde, P. S., & Machado, R. A. (2000). Riqueza de espécies, ambientes de reprodução e temporada de vocalização da anurofauna em Três Barras do Paraná, Brasil (Amphibia: Anura). *Cuadernos de Herpetología*, 14:93-104.
- Bertoluci, J., & Rodrigues, M. T. (2002). Seasonal patterns of breeding activity of Atlantic Rainforest anurans at Boracéia, Southeastern Brazil. *AmphibiaReptilia*, 23(2):161-167.
- Both, C., Kaefer, I. L., Santos, T. G., & Cechin, S. T. Z. (2008). An austral anuran assemblage in the Neotropics: seasonal occurrence correlated with photoperiod. *Journal of Natural History*, 42:205-222.
- Canavero, A., Arim, M., & Brazeiro, A. (2009). Geographic variations of seasonality and coexistence in communities: The role of diversity and climate. *Austral Ecology*, 34(7):741-750.
- Canavero, A., Arim, M., Naya, D. E., Camargo, A., da Rosa, I. & Maneyro, R. (2008). Calling activity patterns in an anuran assemblage: the role of seasonal trends and weather determinants. *North-Western Journal of Zoology*, 4(1):29-41.
- Canavero, A., Brazeiro, A., Camargo, A., da Rosa, I., Maneyro, R., & Núñez, D. (2010a). Amphibian diversity of Uruguay: background knowledge, inventory

- completeness and sampling coverage. *Boletín de la Sociedad Zoológica de Uruguay* (2ª época), 19:1-19.
- Canavero, A., Carreira, S., Langone, J. A., Achaval, F., Borteiro, C., Camargo, A., da Rosa, I., Estrades, A., Fallabrino, A., Kolenc, F., López-Mendilaharsu, M., Maneyro, R., Meneghel, M., Nuñez, D., Prigioni, C. M. & Ziegler, L. (2010b). Conservation status assessment of the amphibians and reptiles of Uruguay. *Iheringia, Serie Zoologia*, 100(1):5-12.
- Cardoso, A., Andrade, G. V., & Haddad, C. F. B. (1989). Distribuição espacial em comunidades de anfíbios (Anura) no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 49:241-249.
- Dodd, C. K. (2010). *Amphibian Ecology and Conservation. A handbook of techniques*. (C. K. Dodd, Ed.) (1st ed.). New York, Oxford University Press, 556pp.
- Duellman, W. E., & Trueb, L. (1994). *Biology of Amphibians*. (John Hopkins University Press, Eds.) (2nd ed.) London, 670pp.
- Eterovick, P. C. (1999). Use and sharing of calling and retreat sites by *Phyllodytes luteolus* in a modified environment. *Journal of Herpetology*, 33, 17-22.
- Langone, J., Maneyro, R., & Arrieta, D. (2004). Present Knowledge of the Status of Amphibian Conservation in Uruguay. In J. Wilkinson (Ed.), *Collected DAPTF Working Group Reports: Ten years on* (1st ed.). Milton Keynes, U.K. The Open University, Walton Hall, 83-87pp.
- Maneyro, R. (2008). *Padrões de atividade espaço-temporais em uma assembléia neotropical de anuros*. Tesis de Doctorado. Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 146pp.
- Moreira, L. B. F., Machado, I. F., Garcia, T. V., & Maltchik, L. (2010). Factors influencing anuran distribution in coastal dune wetlands in southern Brazil. *Journal of Natural History*, 44:1493-1507.
- Myers, N. (1996). Environmental services of biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93:2764-2769.
- Parris, K. M., & McCarthy, M. A. (1999). What influences the structure of frog assemblages at forest streams? *Australian Journal of Ecology*, 24:495-502.
- Prado, C. P. D. A., Uetanabaro, M., & Haddad, C. F. B. (2005). Breeding activity patterns, reproductive modes, and habitat use by anurans (Amphibia) in a seasonal environment in the Pantanal, Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 26:211-221.
- Rossa-Feres, D. D. C., & Jim, J. (2001). Similaridade do sítio de vocalização em uma comunidade de anfíbios anuros na região noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18:439-454.
- Toledo, L. F., Zina, J., & Haddad, C. F. B. (2003). Distribuição Espacial e

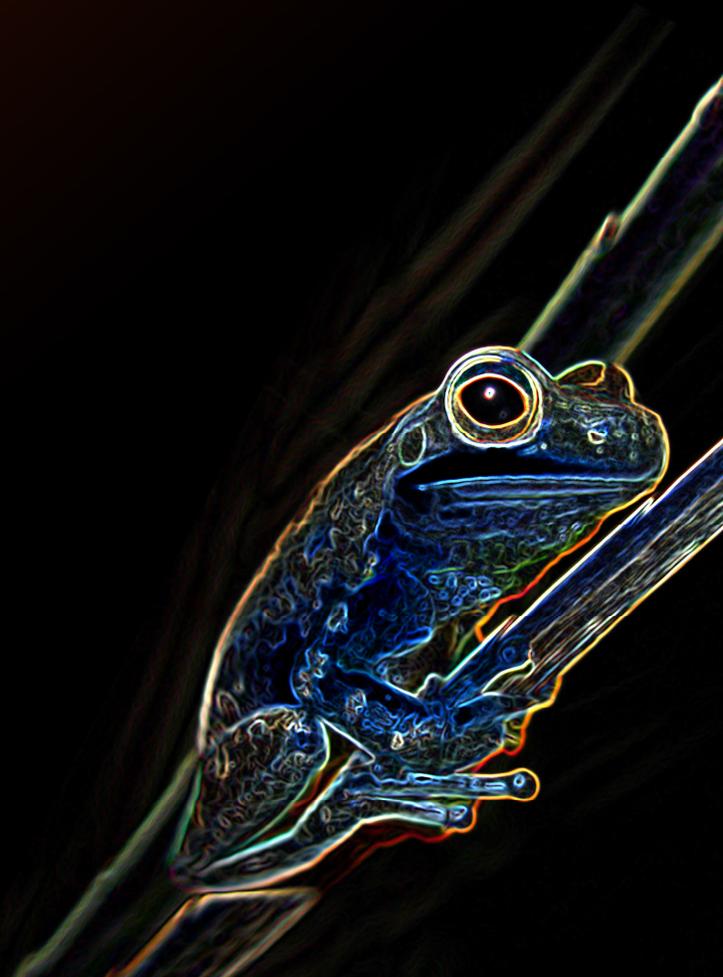
Temporal de uma Comunidade de Anfíbios Anuros do Município de Rio Claro , São Paulo , Brasil. *Holos Environment*, 3(2):136-149.

Vasconcelos, T. S., Santos, T. G., Rossa-Feres, D. C., & Haddad, C. F. B. (2009). Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology*, 87(8):699-707.

Wells, K. D. (2007). *The Ecology and Behavior of Amphibians*. (K. D. Wells, Ed.) (1st ed.). Chicago, United States of America. The University of Chicago Press, 1148pp.

Capítulo 1:

Descripción del ensamble de anfibios de Cerro Verde



Introducción

La lista de especies y riqueza de un área son la información básica que se debe poseer a la hora de planificar la conservación de un ensamble de anfibios (Scott Jr., 2001). Los inventarios elaborados a partir de colecciones y/o bibliografía, si bien son de gran utilidad en caso de ausencia de información, pueden presentar el problema de la falta de estandarización en los métodos de muestreo, pudiendo llevar a conclusiones erróneas acerca de la riqueza y composición de especies (Moreno, 2001). Además, las colecciones proporcionan información de los registros históricos, pudiendo, una especie que habitó en un área determinada al momento de la colecta, no seguir haciéndolo en la actualidad. Cuando es factible, la realización de trabajo de campo (con un adecuado diseño de muestreo) permite estimar la riqueza total de un área con mayor precisión y evaluar la completitud del inventario así elaborado (Moreno, 2001).

El área del Cerro Verde (Rocha, Uruguay) es un área costero-marina que actualmente está en proceso de implementación, bajo la categoría de “Área de Manejo de Hábitats/Especies” (DINAMA, 2010). El propósito principal de su creación es la protección de los ambientes marinos, sin embargo, este área posee una gran heterogeneidad ambiental a nivel terrestre que sumada a la presencia de varios cuerpos de agua con diferentes características, propiciaría una alta diversidad de anfibios (López, *et al.*, 2005). En el Cerro Verde no se han realizado estudios exhaustivos documentando la presencia de anfibios, por lo que la información disponible sobre las especies del área está compuesta principalmente por registros históricos de colección (Núñez *et al.*, 2004) o por referencias bibliográficas acerca de especies particulares (Kolenc *et al.*, 2009).

Por otra parte, el conocimiento de la identidad de las especies que componen el ensamble permite establecer prioridades de conservación dentro del área. En este sentido, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) ha establecido cuáles especies de anfibios deberían ser prioritarias para la conservación en Uruguay, así como cuáles de ellas dependen de la creación de Áreas Protegidas para su conservación (Soutullo *et al.*, 2009).

El objetivo de este capítulo es establecer el inventario de anfibios de Cerro Verde, evaluar la completitud del mismo, y compararlo con el listado generado a partir de los registros históricos del área. En forma complementaria, también establecer el listado de las especies prioritarias para la conservación en esta futura Área Protegida.

Metodología

Los datos fueron tomados en el Cerro Verde, Padrón N° 2643 perteneciente a la jurisdicción de la autoridad administrativa del Parque Nacional de Santa Teresa, dependiente del Servicio de Parques del Ejército (SE.PA.E.) (33°56'06,0" S; 53°30'25,4" W; Rocha, Uruguay), un Área Protegida en proceso de implementación (DINAMA, 2010) (Fig. 1.1). La misma tiene una extensión terrestre de aproximadamente 14km² (sin incluir las islas de La Coronilla) y se caracteriza por poseer clima subtropical húmedo, con una temperatura media de 16°C y una precipitación media anual de 950 mm (Alonso & Bassagoda, 1999).

La vegetación terrestre del área, al igual que en otras zonas costeras de Uruguay, está compuesta por diferentes tipos de formaciones: pradera, matorrales psamófilos, pajonales y formaciones antropizadas (compuestas principalmente por especies de los géneros *Pinus*, *Eucalyptus* y *Acacia*). La

costa oceánica se caracteriza por lomadas (con una altitud aproximada de 20 a 30 m.s.n.m.) y planicies asociadas en general a las dunas costeras. En particular, el Cerro Verde es un promontorio elevado, con una altura de 10 a 25 m.s.n.m, cubierto en su mayor parte de arenas eólicas; e integra el macizo granítico de Santa Teresa (Alonso & Bassagoda, 1999).

Se realizaron 19 muestreos mensuales sucesivos entre octubre de 2007 y junio de 2009, exceptuando enero de 2009. Durante cada muestreo se realizaron visitas a 12 cuerpos de agua (CDA) lénticos del área y cuatro externos a la misma (a una distancia máxima de 2km) (Fig. 1.1). En el Anexo 1 se detalla la localización y se muestra la descripción general de los CDA. Los muestreos se llevaron a cabo entre las 19 y las 00 hs., permaneciendo en cada CDA alrededor de 20 min. Durante ese tiempo se registraron las especies de anfibios anuros que pudieron ser identificadas a través de las vocalizaciones nupciales de los machos (Scott Jr. & Woodward, 2001). Algunas de las vocalizaciones utilizadas para identificar las especies, han sido descritas en poblaciones de Uruguay y la región (Barrio, 1963; 1965; Martins & Jim, 2003; Kwet *et al.*, 2005; Maneyro *et al.*, 2008; Kolenc *et al.*, 2009; Ziegler *et al.*, 2010). Cuando las especies no pudieron ser identificadas directamente por su canto, se identificó visualmente al individuo que se encontraba vocalizando para determinar la especie a la que pertenecía.

Se construyeron curvas de acumulación de la riqueza de especies en cada muestreo y se calcularon los estimadores no paramétricos de riqueza ICE y CHAO2 para evaluar la completitud del listado generado a partir de los muestreos acústicos (Moreno, 2001), utilizando el programa EstimateS 8.2 (Colwell, 2009).

Paralelamente se analizaron los registros de las colecciones zoológicas de Uruguay pertenecientes a Facultad de Ciencias (FC) y el Museo Nacional de

Historia Natural (MNHN) a efectos establecer el registro histórico de especies de anfibios de Cerro Verde. La colección de FC fue directamente revisada y se utilizaron los registros del MNHN publicados por Núñez *et al.* (2004). Se consideraron aquellos animales colectados dentro del área y/o a un máximo de 2 km fuera de los límites del mismo, distancia máxima estimada que podría desplazarse un anfibio (Wells, 2007). Este listado se contrastó con el de especies encontradas en el campo durante los muestreos acústicos nocturnos. Ambos listados fueron analizados en busca de especies consideradas prioritarias para la conservación por el SNAP (Soutullo *et al.*, 2009) para establecer el listado de especies de anfibios prioritarias para Cerro Verde (cuando las especies fueron encontradas en el campo) o potencialmente prioritarias para esta área (cuando sólo fueron encontradas en registros históricos).

Algunas especies pueden no haber sido consideradas entre las prioritarias para la conservación por el SNAP porque su estatus de conservación fue modificado posteriormente para Uruguay (Canavero *et al.*, 2010) o porque fueron descritas muy recientemente, como el caso de *Odontophrynus maisuma* (Rosset, 2008). En estos casos, fueron consideradas como prioritarias o potencialmente prioritarias (según el caso) para el Cerro Verde cuando presentaron alguna categoría de amenaza a nivel global y/o nacional en Canavero *et al.* (2010), o cuando la bibliografía existente sobre la especie indicó que la misma cumplía con los requisitos del listado de Soutullo *et al.* (2009).

Resultados

Durante los de muestreos acústicos nocturnos en sitios de reproducción, en el Cerro Verde se encontraron 19 especies de anuros pertenecientes a seis de las siete familias nativas de Uruguay: Bufonidae, Cycloramphidae, Hylidae,

Leiuperidae, Leptodactylidae y Microhylidae (Achaval & Olmos, 2007; Rosset, 2008) (ver listado completo e imágenes en Anexos 2 y 3). Una de ellas no había sido registrada en el área anteriormente: *Physalaemus henselii* (Anexo 2 y 3.C.2). También fue registrada *Odontophrynus maisuma*, una especie recientemente descrita (Rosset, 2008) (Anexo 2 y 3.A.5).

La curva de acumulación de especies durante los muestreos nocturnos indica que el inventario fue completado en el sexto muestreo ya que allí es donde comienza el comportamiento asintótico de la curva y también donde se cruzan las especies únicas con las duplicadas (Fig. 1.2). Los estimadores ICE y CHAO2 estimaron ambos una riqueza de 19 especies, lo que también indica que el inventario estaría completo (Colwell & Coddington, 1994; Moreno, 2001).

Las especies registradas en las colecciones (registros históricos) para el Cerro Verde y sus alrededores fueron 24. *Argenteohyla siemersi*, *Ceratophrys ornata*, *Chthonerpeton indistinctum* y *Pleurodema bibroni* no fueron encontradas durante los muestreos nocturnos, tampoco *Odontophrynus americanus* ni *Physalaemus gracilis* (Tabla 1.1).

De las especies registradas en el Cerro Verde, tanto durante los muestreos nocturnos como en los registros históricos, figuraron dentro del listado de especies prioritarias para el SNAP: *A. siemersi*, *C. ornata*, *Leptodactylus latrans*, *M. montevidensis* y *P. bibroni*. Excepto *L. latrans*, todas dependen del SNAP para su conservación (Soutullo *et al.*, 2009) (Tabla 1.1).

El estatus de conservación de las 25 especies, encontradas entre los registros de colecciones y los muestreos de campo, puede observarse en la Tabla 1.1. A nivel nacional se encuentran amenazadas: *A. siemersi* (CR), *C. ornata* (CR), *M. montevidensis* (EN), *C. indistinctum* (EN) y *P. bibroni* (VU) (Canavero *et al.*, 2010). *O. maisuma* no está evaluada a nivel global ni nacional,

sin embargo cumple con los criterios 1 (distribución en el continente menor a 200.000 km²) y 3 (distribución en Uruguay menor a 20.000 km²) (Rosset, 2008; Soutullo *et al.*, 2009; Borteiro *et al.*, 2010). El resto de las especies no presenta problemas para la conservación a nivel nacional, siendo consideradas como “Preocupación Menor” (LC) (Tabla 1.1).

Las especies prioritarias para la conservación identificadas para Cerro Verde fueron: *L. latrans*, *M. montevidensis* y *O. maisuma*. Las especies potencialmente prioritarias para Cerro Verde fueron: *A. siemersi*, *C. ornata*, *C. indistinctum* y *P. bibroni* (Tabla 1.1).

Discusión y Conclusiones

En el Cerro Verde se encontraron 19 especies de anuros pertenecientes a seis de las siete familias nativas de Uruguay. Esta elevada cantidad de especies es esperable, ya que el área de estudio Cerro Verde está ubicada en la costa este uruguaya, una de las regiones con mayor riqueza de anfibios del país (Maneyro *et al.*, 1995; Núñez *et al.*, 2004; Maneyro & Carreira, 2006). La cantidad de especies fue mayor que la encontrada en Cabo Polonio, el Área Protegida más cercana al área de estudio (López, 2006), e incluso mayor que en la reserva más próxima de Brasil, Estação Ecológica do Taim (IBAMA) (Pires *et al.*, 1988).

El inventario elaborado utilizando este método fue completado en el sexto mes de muestreo, no obstante, los registros históricos muestran que hay cuatro especies que habían sido registradas para el área que no fueron encontradas en los muestreos nocturnos: *A. siemersi*, *C. ornata*, *C. indistinctum* y *P. bibroni*. (Tabla 1.1).

Argenteohyla siemersi. Esta especie fue considerada potencialmente prioritaria para el Cerro Verde ya que figura en el listado de especies prioritarias para la conservación del SNAP y además como una especie que depende de la creación de áreas protegidas para su conservación (Soutullo *et al.*, 2009). La misma no fue encontrada durante los muestreos nocturnos posiblemente porque no se muestrearon cuerpos de agua similares a los que utiliza para la reproducción: bañados con abundante vegetación palustre (Langone, 1994).

Ceratophrys ornata. Esta especie también fue considerada potencialmente prioritaria para el Cerro Verde por los mismos motivos que *A. siemersi*. Algunos cuerpos de agua muestreados (3 y 4, ver Anexo 1) son similares a los que esta especie habitualmente utiliza: cuerpos de agua temporales formados sobre praderas inundables con caraguatá (*Eryngium sp.*) (Langone, 1994). Ésta especie ha desaparecido de una de las localidades donde habitaba y no se han registrado especímenes desde 1982 en Uruguay (Langone *et al.*, 2004).

Chthonerpeton indistinctum. Esta especie no fue detectada porque la metodología acústica no es la adecuada para registrarla ya que posee hábitos fosoriales y no vocaliza (Achaval & Olmos, 2007). La misma no es considerada una especie prioritaria para la conservación por el SNAP, sin embargo está considerada como amenazada a nivel nacional (EN: “En Peligro”) (Canavero *et al.*, 2010). Es una especie muy difícil de encontrar; y su último registro data de 1994, por lo que podría considerarse una especie rara a nivel nacional (Langone *et al.*, 2004; Canavero *et al.*, 2010). Por estos motivos fue considerada una especie potencialmente prioritaria para el Cerro Verde y sería recomendable realizar muestreos adecuados para determinar en la actualidad su presencia en el área.

Pleurodema bibroni. Esta especie fue considerada potencialmente prioritaria para el Cerro Verde por los mismos motivos que *A. siemersi* y *C. ornata*. A pesar de que se muestrearon varios cuerpos de agua temporales en praderas costeras (2, 3 y 11, ver Anexo 1) similares a los utilizados por esta especie según Kolenc *et al.* (2009), la misma no fue encontrada. Esta especie estuvo más de diez años sin ser registrada en Uruguay, no obstante las últimas colectas de *P. bibroni* se llevaron a cabo en el Cerro Verde (Kolenc *et al.*, 2009; Bardier *et al.*, 2011). De hecho fue encontrada en el área durante los muestreos (en un cuerpo de agua temporal no muestreado), y uno de los individuos colectados estaba infectado por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bardier *et al.*, 2011). Dicha infección podría estar relacionada con la ausencia de esta especie durante los muestreos nocturnos ya que se trata de una de las mayores amenazas para los anfibios a escala global (Stuart *et al.*, 2004).

Dado que el inventario estuvo completo y los estimadores de riqueza tampoco tuvieron en cuenta estas cuatro especies, la situación poblacional de las mismas en el Cerro Verde merece revisión. Otras dos especies que no habían sido encontradas durante los muestreos nocturnos fueron *Odontophrynus americanus* y *Physalaemus gracilis*. Una explicación para este hecho es que las vocalizaciones de ambas especies son difíciles de diferenciar (para el oído humano) de las de *O. maisuma* y *P. biligonigerus* respectivamente, lo que implica que las especies posiblemente estuvieran presentes pero no fueron detectadas. No obstante, todos los ejemplares adultos observados que pudieron ser identificados visualmente pertenecían a *O. maisuma* y *P. biligonigerus*.

Las especies identificadas como prioritarias para el Cerro Verde fueron *M. montevidensis*, *L. latrans* y *O. maisuma*, las cuales sí fueron encontradas durante los muestreos nocturnos.

Melanophryniscus montevidensis. Esta especie fue encontrada en el Cerro Verde durante los muestreos nocturnos y fue considerada prioritaria para el Cerro Verde ya que figura en el listado de especies prioritarias para la conservación del SNAP y además como una especie que depende de la creación de áreas protegidas para su conservación (Soutullo *et al.*, 2009). La misma estuvo asociada a cuerpos de agua muy efímeros ubicados entre dunas (1, 2, 3, ver Fig. 1.1).

Leptodactylus latrans. Esta especie también fue registrada en el Cerro Verde durante los muestreos nocturnos y fue considerada prioritaria para el Cerro Verde ya que figura en el listado de especies prioritarias para la conservación del SNAP, aunque no depende de la creación de áreas protegidas para su conservación (Soutullo *et al.*, 2009). El criterio por el cual esta especie, que no se encuentra bajo ninguna categoría de amenaza a nivel nacional ni global, fue considerada prioritaria es que presenta valor comercial ya que puede ser criada en cautiverio para su consumo (Achaval & Olmos, 2007; Soutullo *et al.*, 2009).

Odontophrynus maisuma. Esta especie no fue considerada en el listado de especies prioritarias del SNAP ni ha sido evaluado su estatus de conservación en las últimas revisiones debido a que se trata de una especie recientemente descrita (Rosset, 2008). No obstante, esta especie ha sido descrita como costera y posee pocas poblaciones identificadas (Rosset, 2008; Borteiro *et al.*, 2010), pudo ser considerada una especie prioritaria para Cerro Verde por poseer una distribución restringida (Rosset, 2008; Soutullo *et al.*, 2009; Borteiro *et al.*, 2010). Por otra parte, esta especie podría encontrarse amenazada también por causa de la quitridiomycosis (infección por *Bd*) presente en el área, ya que se ha detectado en larvas de la misma (Borteiro *et al.*, 2009).

Figuras

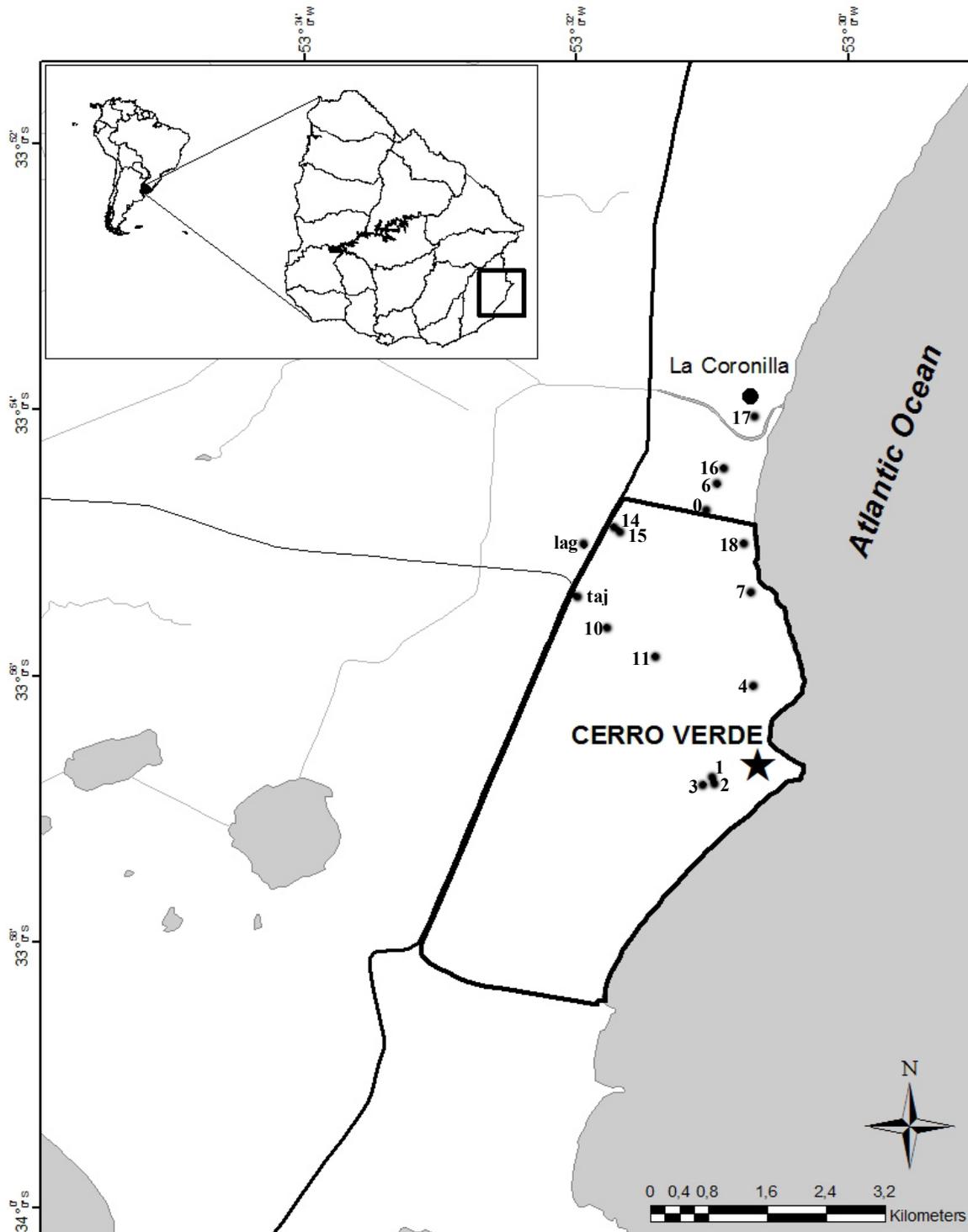


Figura 1.1. Ubicación del padrón N° 2643 de Cerro Verde, la estrella marca la ubicación del Cerro Verde dentro del padrón, La Coronilla es la población más cercana. Los puntos marcan los 16 cuerpos de agua muestreados en este estudio.

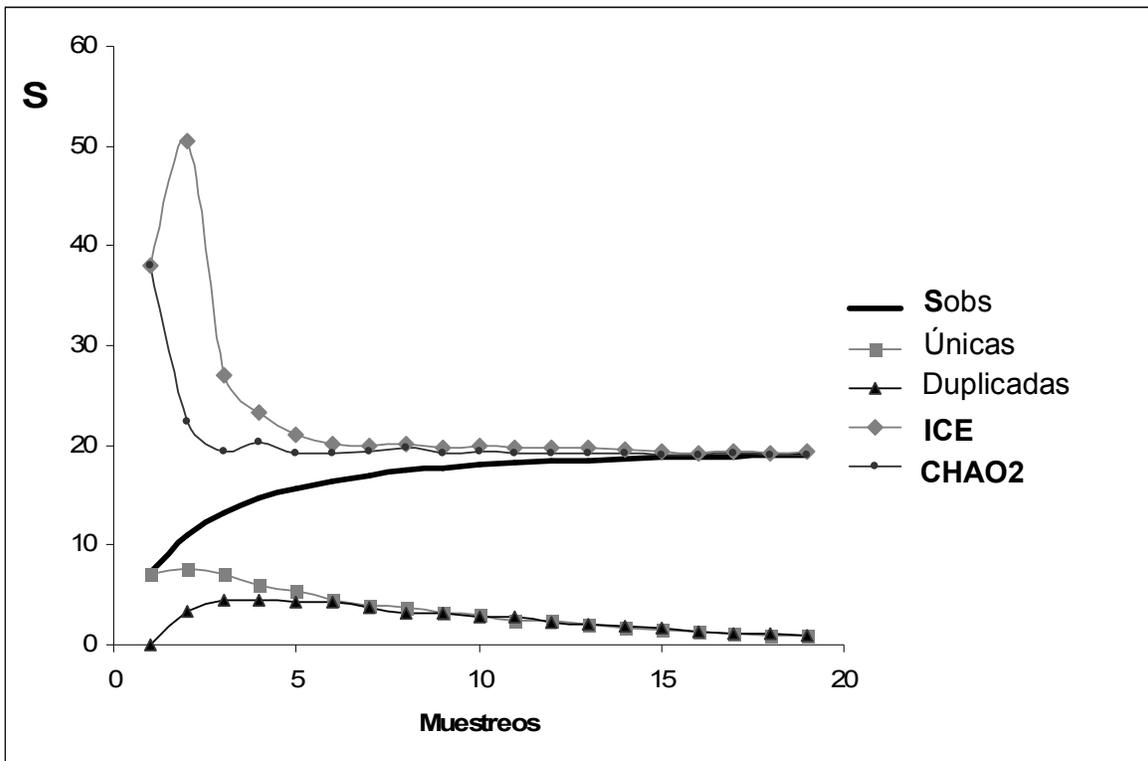


Figura 1.2. Curva de acumulación de la riqueza de especies en función de los muestreos. S: Riqueza de especies. Sobs: riqueza observada. Únicas: especies que aparecen en un único muestro. Duplicadas: especies que aparecen sólo en dos muestreos. ICE y CHAO2 son los estimadores de riqueza empleados en este estudio.

Tablas

Tabla 1.1. Información general sobre las especies encontradas en el Cerro Verde. MN: presencia de la especie durante los muestreos nocturnos entre octubre de 2007 y junio de 2009. RH: registros históricos de la especie de anuros de Cerro Verde, se tomó un solo número de catálogo por especie, ZVCB: Colección Zoológica de Zoología de Vertebrados de Facultad de Ciencias, MNHN: Colección Zoológica del Museo Nacional de Historia Natural. EC: estatus de conservación (Canavero *et al.*, 2010), LC: Preocupación Menor, VU: Vulnerable, NT: Casi Amenazada, EN: En Peligro, NE: No Evaluada. PC: especies consideradas prioritarias para la conservación por el SNAP (Soutullo *et al.*, 2009). P SNAP: especies prioritarias para la conservación que deben ser tenidas en cuenta para el diseño del SNAP (Soutullo *et al.*, 2009). PC Cerro Verde: Especies consideradas prioritarias para el Cerro Verde en este estudio, se marca con asterisco las consideradas potencialmente prioritarias por no haberse encontrado durante muestreos nocturnos.

ESPECIE	MN	RH	EC	PC	P SNAP	PC Cerro Verde
ORDEN GYMNOPIHONA						
Familia Caeciliidae						
<i>Chthonerpeton indistinctum</i> (Reinhardt & Lütken, 1862)	NO	ZVCB-10480	EN	NO	NO	SI*
ORDEN ANURA						
Familia Bufonidae						
<i>Rhinella arenarum</i> (Hensel, 1867)	SI	ZVCB-1443	LC	NO	NO	NO
<i>Rhinella dorbignyi</i>	SI	ZVCB-2774	LC	NO	NO	NO
<i>Melanophryniscus montevidensis</i> (Philippi, 1902)	SI	ZVCB-346	EN	SI	SI	SI
Familia Ceratophryidae						
<i>Ceratophrys ornata</i> (Bell, 1843)	NO	MNHN-2400	CR	SI	SI	SI*
Familia Cycloramphidae						
<i>Odontophrynus americanus</i> (Duméril & Bibron, 1841)	?	ZVCB-1696	LC	NO	NO	NO
<i>Odontophrynus maisuma</i> Rosset, 2008	SI	ZVCB-15076	NE	NO	NO	SI
Familia Hylidae						
<i>Argenteohyla siemersi</i> (Mertens, 1937)	NO	MNHN-866	CR	SI	SI	SI*
<i>Dendropsophus sanborni</i> (Schmidt, 1944)	SI	ZVCB-1718	LC	NO	NO	NO
<i>Hypsiboas pulchellus</i> (Duméril & Bibron, 1841)	SI	ZVCB-1445	LC	NO	NO	NO
<i>Pseudis minutus</i> Günther, 1858	SI	ZVCB-1442	LC	NO	NO	NO
<i>Scinax bertae</i> (Barrio, 1962)	SI	ZVCB-14559	LC	NO	NO	NO
<i>Scinax granulatus</i> (Peters, 1871)	SI	ZVCB-1717	LC	NO	NO	NO
<i>Scinax squalirostris</i> (Lutz, 1925)	SI	ZVCB-1441	LC	NO	NO	NO
Familia Leiuperidae						
<i>Physalaemus biligonigerus</i> (Cope, 1861)	SI	ZVCB-11060	LC	NO	NO	NO
<i>Physalaemus gracilis</i> (Boulenger, 1883)	?	ZVCB-11051	LC	NO	NO	NO
<i>Physalaemus henselii</i> (Peters, 1872)	SI	-	LC	NO	NO	NO
<i>Physalaemus riograndensis</i> Milstead, 1960	SI	ZVCB-11053	LC	NO	NO	NO
<i>Pleurodema bibroni</i> Tschudi, 1838	NO	ZVCB-19775	VU	SI	SI	SI*
<i>Pseudopaludicola falcipes</i> (Hensel, 1867)	SI	ZVCB-10731	LC	NO	NO	NO
Familia Leptodactylidae						
<i>Leptodactylus gracilis</i> (Duméril & Bibron, 1841)	SI	ZVCB-1695	LC	NO	NO	NO
<i>Leptodactylus latinasus</i> Jiménez de la Espada, 1875	SI	ZVCB-1433	LC	NO	NO	NO
<i>Leptodactylus latrans</i> (Linnaeus, 1758)	SI	ZVCB-1706	LC	SI	NO	SI
<i>Leptodactylus mystacinus</i> (Burmeister, 1861)	SI	ZVCB-11165	LC	NO	NO	NO
Familia Microhylidae						
<i>Elachistocleis bicolor</i> (Guérin Méneville, 1838)	SI	ZVCB-11049	LC	NO	NO	NO

Bibliografía

- Achaval, F., & Olmos, A. (2007). *Anfibios y Reptiles del Uruguay* (3rd ed.). Montevideo, Uruguay. Zonalibro, 160pp.
- Alonso, E., & Bassagoda, M. J. (1999). Los Bosques y los Matorrales Psamófilos. *Comunicaciones Botánicas del Museo de Historia Natural de Montevideo*, 6(113):1-8.
- Andrade, M. J. (2004). *Presentación de un área prioritaria para la conservación en el departamento de Rocha*. Tesis de grado. Universidad de la República, Facultad de Ciencias, 51pp.
- Bardier, C., Ghirardi, R., Levy, M., & Maneyro, R. (2011). First case of chytridiomycosis in an adult specimen of a native anuran from Uruguay. *Herpetological Review*, 42(1):65-66.
- Barrio, A. (1963). Consideraciones sobre comportamiento y "grito agresivo" propio de algunas especies de Ceratophrynidae (Anura). *Physis*, 24:143-148.
- Barrio, A. (1965). Afinidades del canto nupcial de las especies cavícolas del género *Leptodactylus* (Anura: Leptodactylidae). *Physis*, 25(70):401-410.
- Borteiro, C., Cruz, J., Kolenc, F., & Aramburu, A. (2009). Chytridiomycosis in frogs from Uruguay. *Diseases of Aquatic Organisms*, 84:159-162.
- Borteiro, C., Kolenc, F., Pereyra, M. O., Rosset, S. & Baldo, D. (2010). A diploid surrounded by polyploids: tadpole description, natural history and cytogenetics of *Odontophrynus maisuma* Rosset from Uruguay (Anura: Cycloramphidae). *Zootaxa*, 2611:1-15.
- Canavero, A., Carreira, S., Langone, J. A., Achaval, F., Borteiro, C., Camargo, A., da Rosa, I., Estrades, A., Fallabrino, A., Kolenc, F., López-mendilaharsu, M., Maneyro, R., Meneghel, M., Nuñez, D., Prigioni, C. M. & Ziegler, L. (2010). Conservation status assessment of the amphibians and reptiles of Uruguay. *Iheringia, Ser. Zool.*, 100(1):5-12.
- Colwell, R. K. (2009). EstimateS, Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide). Descargado de: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>.
- Colwell, R. K., & Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 345(1311):101-18.
- DINAMA. (2010). *Plan de mediano plazo 2010/2014*. (Hemisferio Sur, Eds.) (1st ed.). Montevideo, Uruguay. 118pp.
- Kolenc, F., Borteiro, C., Baldo, D., Ferraro, D. P., & Prigioni, C. (2009). The tadpoles and advertisement calls of *Pleurodema bibroni* Tschudi and *Pleurodema kriegi* (Müller), with notes on their geographic distribution.

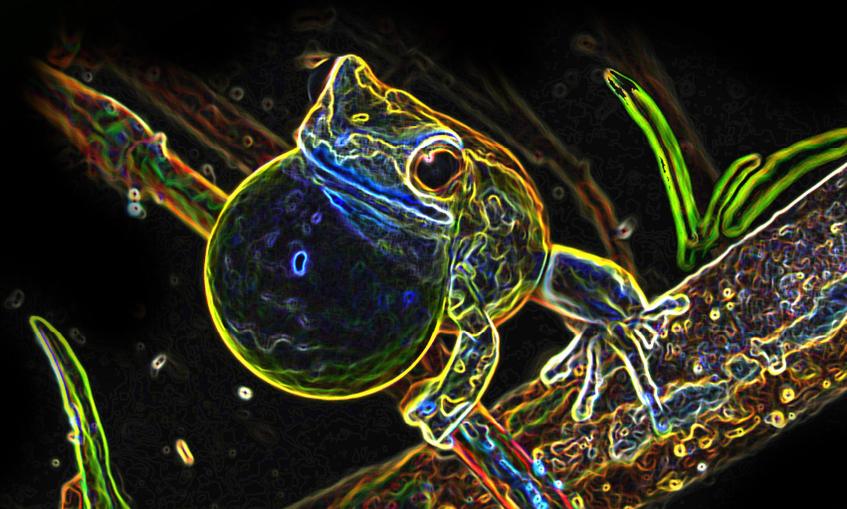
Zootaxa, 1969:1-35.

- Kwet, A., Maneyro, R., Zillikens, A., & Mebs, D. (2005). Advertisement calls of *Melanophryniscus dorsalis* (Mertens, 1933) and *M. montevidensis* (Philippi, 1902), two parapatric species from southern Brazil and Uruguay, with comments on morphological variation in the *Melanophryniscus stelzneri* group. *Salamandra*, 41(1/2):1-18.
- Langone, J. A. (1994). *Ranas y Sapos del Uruguay (Reconocimiento y aspectos biológicos)*. (Museo Dámaso Antonio Larrañaga, Eds.) (Serie de D.). Montevideo: Servicio de Divulgación Científica de la Intendencia Municipal de Montevideo, 123pp.
- Langone, J., Maneyro, R., & Arrieta, D. (2004). Present Knowledge of the Status of Amphibian Conservation in Uruguay. In J. Wilkinson (Ed.), *Collected DAPTF Working Group Reports: Ten years on* (1st ed.). Milton Keynes, U.K. The Open University, Walton Hall, 83-87pp.
- López, C. A. (2006). Relevamiento in situ de la Herpetofauna de Cabo Polonio, Uruguay. *Boletín de la Sociedad Zoológica de Uruguay (2ª época)*, 15:19-22.
- López, M., Fallabrino, A., & Brazeiro, A. (2005). Incorporación del Área Costero-Marina "Cerro Verde" al Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Montevideo, Uruguay: SNAP. Descargado de: <http://www.snap.gub.uy>.
- Maneyro, R., & Carreira, S. (2006). Herpetofauna de la costa uruguaya. In R. Menafra, L. Rodríguez-Gallego, F. Scarabino & D. Conde (Eds.), *Bases para la conservación y el manejo de la Costa Uruguaya* (1st ed.). Montevideo, Uruguay. Vida Silvestre, 233-246pp.
- Maneyro, R., Forni, F., & Santos, M. (1995). Los anfibios del departamento de Rocha. *Serie Divulgación Técnica. PROBIDES*, 1:1-24.
- Maneyro, R., Núñez, D., Borteiro, Claudio, Tedros, M., & Kolenc, Francisco. (2008). Advertisement call and female sexual cycle in Uruguayan populations of *Physalaemus henselii* (Anura, Leiuperidae). *Iheringia, Serie Zoologia*, 98(2):210-214.
- Martins, I. A., & Jim, J. (2003). Bioacoustic analysis of advertisement call in *Hyla nana* and *Hyla sanborni* (Anura, Hylidae) in Botucatu, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63(3):507-516.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. (CYTED, ORCYT-UNESCO Sociedad Entomológica Aragonesa Eds.) (1st ed.). Zaragoza, España: M&T-SEA, 84pp.
- Núñez, D., Maneyro, R., Langone, J., & de Sá, R. (2004). Distribución geográfica de la fauna de anfibios del Uruguay. *Smithsonian Herpetological Information Service*, (134):34pp.
- Pires Gayer, S. M., Krause, L., & Gomes, N. (1988). Lista Preliminar Dos Anfibios Da Estação Ecológica Do Taim, Rio Grande Do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 5(3):419-425.

- Rosset, S. (2008). New Species of *Odontophrynus* Reinhardt and Lütken 1862 (Anura: Neobatrachia) from Brazil and Uruguay. *Journal of Herpetology*, 42(1):134-144.
- Scott Jr., N. J. (2001). Inventario Completo de especies. In W. R. Heyer, M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. A. C. Hayek, & M. S. Foster (Eds.), *Medición y monitoreo de la diversidad biológica - Métodos estandarizados para Anfibos* (2nd ed.). Chubut, Argentina: Smithsonian Institution Press, Editorial Universitaria de la Patagonia, 71-135pp.
- Scott Jr., N. J., & Woodward, B. D. (2001). Relevamientos de lugares de reproducción. In W. R. Heyer, M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L.-A. C. Hayek, & M. S. Foster (Eds.), *Medición y monitoreo de la diversidad biológica - Métodos estandarizados para Anfibos* (2nd ed.). Chubut, Argentina: Smithsonian Institution Press, Editorial Universitaria de la Patagonia, 113-120pp.
- Soutullo, A., Alonso, E., Arrieta, D., Beyhaut, R., Carreira, S., Clavijo, C., Cravino, J., Delfino, L., Fabiano, G., Fagúndez, C., Haretche, F., Marchesi, E., Passadore, C., Rivas, M., Scarabino, F., Sosa, B. & Vidal, N. (2009). Especies prioritarias para la conservación en Uruguay 2009. Montevideo, Uruguay. Serie de Informes N° 16, 93pp. Descargado de:<http://www.snap.gub.uy>
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S. L., Fischman, D. L. & Waller, R. W. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306:1783-1786.
- Wells, K. D. (2007). *The Ecology and Behavior of Amphibians*. (K. D. Wells, Ed.) (1st ed.). Chicago, United States of America. The University of Chicago Press, 1148pp.
- Ziegler, L., Arim, M., & Narins, P. M. (2010). Flexibility in the advertisement call of *Hypsiboas pulchellus* (Anura: Hylidae) in response to microhabitat characteristics. *Journal of the Acoustical Society of America*, 128(4):2413.

Capítulo 2:

Patrones espaciales y temporales de actividad reproductiva de anfibios anuros de Cerro Verde



Introducción

El éxito de la especie en transmitir sus genes a la siguiente generación depende del cumplimiento de las condiciones que posibilitan el evento reproductivo. El estudio de los patrones de actividad reproductiva de los ensamblajes de anuros, y de las variables más influyentes sobre tales patrones, resulta de vital importancia ya que permite conocer las condiciones que propician la reproducción en este grupo (Duellman & Trueb, 1994; Wells, 2007). Asimismo, esta información permite desarrollar las medidas de conservación más adecuadas para contribuir a la preservación de esas entidades biológicas (Parris & McCarthy, 1999; Wells, 2007; Dodd, 2010).

En Uruguay, todas las especies de anfibios anuros dependen de la existencia de cuerpos de agua para concretar su reproducción (Achaval & Olmos, 2007). Por lo tanto, la información de cuáles cuerpos de agua (patrones espaciales) de un área son utilizados por cuántas y cuáles especies, y en qué momento tiene lugar dicha utilización (patrones temporales) para la reproducción, aporta información biológica relevante sobre los ensamblajes nativos. Además es un insumo que permite determinar aquellos sitios más importantes para el ensamblaje de anfibios de un área en particular como por ejemplo un Área Protegida.

Patrones espaciales

Los patrones reproductivos espaciales en los ensamblajes neotropicales de anfibios anuros han sido analizados en varios trabajos (Arzabe *et al.*, 1998; Eterovick & Sazima, 2000; Santos *et al.*, 2007; Bastazini *et al.*, 2007; Vasconcelos *et al.*, 2009). En línea con la “hipótesis de heterogeneidad de hábitat” (una mayor complejidad estructural en el hábitat provee mayor cantidad de nichos y diversas maneras de explotar los recursos, incrementando

la diversidad de especies) (MacArthur & Wilson, 1967), varios de estos estudios indican que la existencia de cuerpos de agua con diferentes características o heterogéneos, puede influir sobre la diversidad espacial de especies en actividad reproductiva en un área determinada (Arzabe *et al.*, 1998; Eterovick & Sazima, 2000; Santos *et al.*, 2007; Vasconcelos *et al.*, 2009). No obstante, otros trabajos indican lo contrario: la ausencia de variación en la diversidad espacial entre cuerpos de agua con diferentes características, debido posiblemente a la amplitud de nicho presentada por las especies que componen el ensamble (Vasconcelos & Rossa-Feres, 2005).

En los casos en que se ha encontrado relación entre la diversidad espacial de anfibios anuros y las variables ambientales que describen las diferencias entre los cuerpos de agua donde se reproducen, se ha constatado que la combinación de variables relacionados con la diversidad puede variar entre regiones distintas (Santos *et al.*, 2007; Vasconcelos *et al.*, 2009; Moreira *et al.*, 2010). En estos trabajos han sido analizados los patrones de riqueza (diversidad α) y composición de especies (diversidad β) en relación a las variables ambientales, también llamadas “descriptores” de la heterogeneidad de los cuerpos de agua (p.e.: hidroperíodo, número de tipos vegetales diferentes, número de microambientes o tamaño del cuerpo de agua).

El hidroperíodo de los cuerpos de agua ha sido señalado repetidas veces como uno de los descriptores de mayor peso en varios estudios llevados a cabo en regiones templadas, afectando tanto a la riqueza como a la composición de especies de los ensambles (Parris & McCarthy, 1999; Snodgrass *et al.*, 2000; Santos *et al.*, 2007; Moreira *et al.*, 2010). Este descriptor se considera uno de los principales factores estructuradores en las ensambles animales de agua dulce en cuerpos de agua lénticos, y los cambios que genera en los ensambles a lo largo del gradiente de permanencia de agua están determinados por: a) la

interacción entre factores ambientales que restringen la ocurrencia de las especies, y b) las interacciones bióticas que determinan el éxito de las especies. La interacción entre factores ambientales refiere a que, en ambientes temporarios, la desecación periódica impone severas restricciones sobre el comportamiento, desarrollo e historia de vida de las especies, pudiendo persistir en ellos sólo aquellas especies que toleran la desecación. La incidencia de las interacciones bióticas fuertemente negativas, como la predación o la competencia, restringe el rango de ocurrencia de aquellas especies que toleran la desecación, pudiendo sobrevivir en cuerpos de agua más permanentes sólo aquellas especies que toleran estas interacciones negativas (Wellborn *et al.*, 1996).

Para los anfibios anuros, estos dos fenómenos suelen actuar directamente sobre los patrones de diversidad de los ensamblajes larvarios, dado que este estadio de vida se ve expuesto a la desecación y predación más frecuentemente en los cuerpos de agua dulce (Baber *et al.*, 2004; Both *et al.*, 2009). No obstante, los estudios llevados a cabo sobre ensamblajes de anfibios en actividad de vocalización indican que este efecto se ve reflejado también sobre los patrones espaciales de actividad de los adultos (Parris & McCarthy, 1999; Santos *et al.*, 2007; Vasconcelos *et al.*, 2009; Moreira *et al.*, 2010).

En cuanto a los patrones espaciales de actividad reproductiva, este trabajo tiene como hipótesis que los cuerpos de agua con distintas características (desde el punto de vista de los descriptores de la heterogeneidad) presentan ambientes propicios para la reproducción de especies con diferentes requerimientos reproductivos, albergando ensamblajes diferentes en riqueza y composición de anfibios anuros. En este escenario, sería esperable que existiera un conjunto de descriptores de la heterogeneidad que actúan como predictores de las diferencias (de riqueza y composición) entre

ensambles pertenecientes a diferentes cuerpos de agua. Dado el efecto que genera el descriptor hidroperíodo sobre las larvas, también sería esperable que, de existir asociación entre un conjunto de descriptores y los patrones de diversidad en el área, éste descriptor explicase en gran medida dichos patrones.

Patrones temporales

Los patrones temporales de actividad reproductiva en anfibios anuros han sido ampliamente estudiados desde el punto de vista de su variación anual o su fenología, principalmente en referencia a las variaciones en la abundancia, riqueza y composición de especies de los ensambles (Aichinger, 1987; Arzabe *et al.*, 1998; Eterovick & Sazima, 2000; Bertoluci & Rodrigues, 2002; Ávila & Ferreira, 2004; Prado *et al.*, 2005; Saenz *et al.*, 2006; Boquimpani-Freitas *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2008; Both *et al.*, 2008; Canavero *et al.*, 2008). Dado que los anfibios son animales poecilothermos ectothermos, la influencia de las variables climáticas (principalmente precipitación y temperatura) sobre los patrones reproductivos resulta evidente (Duellman & Trueb, 1994). Esta relación ha sido el foco de varios estudios referentes a la fenología de ensambles de anuros (Eterovick & Sazima, 2000; Ávila & Ferreira, 2004; Saenz *et al.*, 2006; Boquimpani-Freitas *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2008). Trabajos posteriores de Canavero, *et al.* (2008, 2009) sugieren que, a escala temporal diaria los ensambles responderían a variaciones climáticas (principalmente de precipitaciones y temperatura), pero que a escalas temporales mayores (anuales) los patrones de actividad se comportarían de manera sinusoidal o cíclica, siendo el fotoperíodo la variable abiótica a la que los anfibios realmente responden. Ya que el fotoperíodo se encuentra directamente correlacionado con la estación del año, esta variable permite a los anfibios predecir la altura del año a la que las condiciones bióticas y abióticas para la reproducción son más propicias (mayor disponibilidad de alimento, temperatura, predadores)

(Canavero & Arim, 2009). Esto podría indicar que los ciclos endógenos de actividad de las especies están regulados, entre otros factores, por el fotoperíodo (Both *et al.*, 2008; Canavero & Arim, 2009).

Por otra parte, debe ser tenido en cuenta el hecho de que las especies de anfibios anuros exhiben diferentes estrategias reproductivas (estrategias de inversión de la energía en la reproducción), éstas pueden ser clasificadas en: explosiva (la actividad reproductiva ocurre masivamente luego de fuertes precipitaciones en cuerpos de agua temporales), prolongada (la actividad reproductiva se mantiene por largos períodos en cuerpos de agua permanentes), y aquellas intermedias entre las dos descritas (Wells, 1977). Por tanto, los cuerpos de agua temporales suelen albergar especies de reproducción explosiva y en cuerpos de agua permanentes es más factible encontrar especies de reproducción prolongada (Wells, 1977), pudiendo presentar diferentes fenologías cuerpos de agua con diferentes hidroperíodos. Algunos ejemplos de esto pueden encontrarse en Santos *et al.* (2007) y Saenz *et al.* (2006).

Respecto a los patrones temporales de actividad reproductiva de los anfibios anuros, este capítulo tiene como hipótesis que los anfibios rastrean la estación del año más propicia para reproducirse a través del fotoperíodo. Por este motivo, sería esperable que la actividad del ensamble fuera cíclica y que en los meses de mayor incidencia solar, hubiera mayor actividad. Sin embargo, si se reduce la escala de análisis, estudiando separadamente los ensambles correspondientes a cada cuerpo de agua, es esperable que el fotoperíodo no explique todas las fenologías observadas. Esto podría ocurrir porque en cuerpos de agua con diferentes características pueden haber diferentes ensambles (desde el punto de vista composicional), por ejemplo por la presencia de especies con diferentes estrategias reproductivas.

Objetivos

El objetivo general de este capítulo es describir los patrones reproductivos espaciales y temporales en el ensamble de anfibios anuros de Cerro Verde, una futura Área Protegida del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Se plantean como objetivos específicos:

1. Describir los patrones espaciales de actividad reproductiva desde el punto de vista de la diversidad α y β de anfibios en los cuerpos de agua de Cerro Verde.
2. Determinar el efecto de la heterogeneidad ambiental de los cuerpos de agua sobre dicha diversidad de anuros en actividad reproductiva.
3. Describir los patrones temporales de actividad reproductiva de los ensambles de anfibios anuros de Cerro Verde.
4. Determinar la asociación de los patrones temporales de actividad reproductiva de los ensambles de anfibios anuros a variables abióticas.

Metodología

Área de estudio y obtención de datos

Los datos fueron tomados en el Cerro Verde (Padrón N° 2643 del Parque Nacional de Santa Teresa), un área que depende del Servicio de Parques del Ejército (SE.PA.E.) (S 33°56'06,0''; W 53°30'25,4'', Rocha, Uruguay), la cuál es una futura Área Protegida (DINAMA, 2010) (ver Fig. 1.1 y descripción completa en el Capítulo 1).

Se realizaron 19 muestreos mensuales sucesivos entre octubre de 2007 y junio de 2009, exceptuando enero de 2009. Durante cada uno se realizaron

visitas a 12 cuerpos de agua (CDA) lénticos del área y cuatro externos a la misma (a una distancia máxima de 2km) (Fig. 1.1 y Anexo 1). Se utilizaron las vocalizaciones nupciales de los machos adultos de anfibios anuros como indicio de la presencia de cada especie en los CDA (Scott Jr. & Woodward, 2001) (ver referencias a las vocalizaciones de las especies en el Capítulo 1); dichos muestreos se llevaron a cabo entre las 19 y las 00 hs., permaneciendo alrededor de 20 minutos en cada CDA (en un punto fijo).

En los CDA mencionados, se midieron cinco variables como descriptores de la heterogeneidad de los mismos (modificado de Vasconcelos et al., 2009):

1) Hidroperíodo, medido como frecuencia de permanencia de agua ($H = n^{\circ}$ de muestreos en los cuales el CDA presentó agua/ n° total de muestreos).

2) Área, medida de la siguiente manera: diámetro mayor x diámetro menor).

3) Número de Tipos de Borde Diferentes, se definió a los tipos de borde como los sitios con diferentes características que pueden encontrarse a una distancia de un metro desde la línea de agua superior del CDA. Se identificaron los siguientes tipos de borde: pradera, barro, juncos (*Scirpus* spp.), gramíneas y/o herbáceas de pequeño porte (p.e.: Cyperaceae, Onagraceae), gramíneas y/u otra vegetación elevada (*Solanum* spp., *Rhynchospora* spp.), arena, caraguatal (*Eryngium* spp.), tierra seca, arbustos (*Acacia longifolia*).

4) Número de Microambientes en el interior del CDA, se identificaron los siguientes microambientes: espejo de agua, vegetación flotante y/o emergente (p.e: *Azolla* spp., *Salvinia* spp., *Nimphoides* spp.) juncos, gramíneas y/o herbáceas de pequeño porte, caraguatá.

5) Número de Unidades Ambientales que rodean al CDA, son las unidades ambientales que pueden encontrarse en un radio de 289 m alrededor del CDA.

Este radio fue definido como “zona núcleo” por Semlitsch & Bodie (2003) porque esta porción terrestre abarca el *home range* de la mayor parte de la herpetofauna en dicho estudio. Se identificaron las unidades: pradera, monte exótico, dunas, caraguatal, zona urbanizada.

Excepto la variación del hidropériodo de cada cuerpo de agua (para el cual los datos fueron obtenidos mensualmente), los demás descriptores fueron medidos una única vez en mayo de 2008. La descripción general de los CDA según los descriptores de la heterogeneidad puede observarse en el Anexo 1.

Los datos meteorológicos de temperatura del aire, precipitación, humedad, presión atmosférica, nubosidad y velocidad del viento fueron proporcionados por el Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada de Uruguay (SOHMA), el cual posee una estación meteorológica en La Paloma (Rocha), a 99 km de distancia del área de estudio.

Análisis estadísticos

Patrones espaciales

Para los análisis correspondientes a los patrones espaciales, sólo fueron tomados en cuenta los muestreos realizados a partir de diciembre de 2007 (17 muestreos) debido a que a partir de esa fecha el esfuerzo de muestreo fue estandarizado para todos los CDA.

Análisis de Co-ocurrencia

Se determinó si la ocurrencia de las especies en los CDA presentaba algún tipo de estructuración interna (anidada o segregada) o si el patrón era generado por azar, utilizando modelos nulos (cálculo de la probabilidad de que la matriz de datos real de presencia-ausencia de las especies en los CDA haya

sido generada por azar utilizando matrices generadas aleatoriamente a partir de la matriz de datos real) (Gotelli, 2000).

La existencia de un patrón anidado en la ocurrencia de las especies (que las especies que ocurren en los CDA más pobres, ocurren en los CDA más ricos) indicaría por ejemplo que algunas especies presentan mayor amplitud de nicho que otras, estando presentes en mayor cantidad de CDA que las de menor amplitud (Ulrich *et al.*, 2009). La existencia de un patrón segregado o en “tablero de ajedrez” en la ocurrencia de las especies indicaría la presencia de una fuerza estructuradora en el ensamble (como podría ser la competencia entre adultos o la predación) (Gotelli & McCabe, 2002).

Se utilizó el software Cooc (Ulrich, 2007), el cual calcula el coeficiente Z-CS que indica: segregación significativa (que el patrón de ocupación segregado de las especies en los CDA no es explicado por el azar) cuando se encuentra por encima de 2, ausencia de segregación cuando está por debajo de -2, y segregación no significativa cuando Z-CS se encuentra entre 2 y -2. También calcula el coeficiente Z-BR, que indica: anidamiento significativo en la ocupación de los CDA cuando está por debajo de -2, patrón no anidado cuando supera 2, y anidamiento no significativo entre 2 y -2. Se utilizó el algoritmo de modelo nulo *fixed row - fixed column (FF)* (sequential swap) para obtener niveles de significación para los índices de co-ocurrencia y anidamiento (Ulrich *et al.*, 2009).

Diversidad α

Se calculó la diversidad α promedio (promedio de riquezas acumuladas de cada cuerpo de agua) (Whittaker, 1960). Se evaluó cuáles descriptores de la heterogeneidad de los CDA explicaron la diversidad α acumulada de cada cuerpo de agua. Para ello primero se exploró el ajuste de diversas funciones de

regresión de la diversidad α (riqueza acumulada de cada cuerpo de agua) frente a cada descriptor aisladamente, debido a que la relación entre las variables podría no ser lineal y/o la variable dependiente podría requerir alguna transformación y esto debía ser tenido en cuenta en el modelo final. En el caso que fuera necesario (por la relación no lineal entre las variables dependiente e independiente, o por la varianza de los datos originales), la variable independiente fue transformada (Sokal & Rohlf, 1979).

Posteriormente, dado que algunas de las variables independientes en cuestión pueden estar correlacionadas entre sí (p.e.: Área y Número de Microambientes), se construyó una matriz de correlaciones entre descriptores. Luego de excluir aquellos descriptores intercorrelacionados (o elegir cuáles deberían ser tenidos en cuenta) se seleccionó un modelo de regresión múltiple (a partir del conjunto de descriptores) que minimizara el estadístico C_p de Mallows (el cual es una medida de sesgo en el modelo basado en una comparación del error cuadrado medio total (MSE) con la variación del error verdadero) (Mallows, 1973; Hocking, 1976). Dicho análisis se llevó a cabo utilizando el paquete estadístico Statgraphics Plus 5.1 (1994-2000 Statistical Graphics Corp.).

Diversidad β

Se calculó la diversidad β , entendida como la complementariedad en la composición de especies en actividad reproductiva entre pares de CDA (Vasconcelos *et al.*, 2009). Para ello se construyó una matriz de similitud de los CDA utilizando el coeficiente de Jaccard (C_j). Este índice oscila entre 0 y 1, por lo tanto la diversidad β entre pares de CDA se consideró alta cuando $C_j \leq 0,50$: cuanto menor la similitud, mayor la diferencia de composición de especies entre CDA (Vasconcelos *et al.*, 2009).

Para determinar cuales descriptores de la heterogeneidad son los que mejor explican la diversidad β , se clasificaron los CDA según rangos establecidos a partir de dichos descriptores y para cada descriptor también se construyó una matriz de similitud utilizando Jaccard (González, 1991). Posteriormente se aplicó un test de Mantel entre cada matriz de similitud de los CDA, generada con cada uno de los cinco descriptores de la heterogeneidad, y la matriz de similitud de los CDA según la composición de especies. Como se compara una matriz de similitud con otra matriz de similitud en cada corrida del test de Mantel, el signo positivo del estadístico r del test se interpreta como una correlación positiva entre ambas matrices. Cada una de las cinco corridas del test se realizó con 10000 permutaciones aleatorias para estimar el p-valor. Estos análisis fueron realizados con el paquete estadístico XLSTAT-Pro 6.19 (Addinsoft, Brooklyn, NY 11201, USA).

Patrones temporales

Análisis de las fenologías por especie

Se describió la similitud entre las fenologías presentadas por las especies desde diciembre de 2007 a mayo de 2009 mediante un análisis de cluster usando Unweighted Pair-Group Method of Arithmetic Averages (UPGMA) basado en el índice de Similitud de Jaccard (Bergan, 1971). Se calculó el coeficiente de correlación cofenética (r), que mide la pérdida de información en la matriz de similitud representada por el análisis de cluster (Romesburg, 2004). Dicho coeficiente varía entre 0 y 1, y para $r > 0,9$ fue considerado como un ajuste muy bueno, $0,8 \geq r \geq 0,9$ ajuste bueno, $0,7 \geq r \geq 0,8$ ajuste pobre, y $r < 0,7$ como ajuste muy pobre (Both *et al.*, 2008). Este análisis se llevó a cabo utilizando el paquete estadístico PAST 2.02 (Hammer *et al.*, 2001). Aquellas especies cuya fenología presentó una similitud mayor al 60%, fueron clasificadas en grupos

utilizando las categorías empleadas por Saenz *et al.* (2006) y Both *et al.* (2008), debido a que el primero se desarrolló en una región templada y el segundo compartió varias especies con el presente estudio.

Patrones estacionales y efecto de variables abióticas

Se analizó la actividad reproductiva a escala mensual de la totalidad del ensamble (riqueza acumulada mensualmente entre todos los CDA) y su relación con las variables abióticas medidas durante los muestreos: temperatura máxima promedio del aire, precipitación media, humedad relativa media, presión atmosférica media, nubosidad media y velocidad media del viento. Para ello se ajustaron regresiones lineales múltiples (riqueza de especies en cada CDA como variables dependientes y variables abióticas como independientes). Previamente, como algunas de las variables independientes se encuentran correlacionadas entre sí (p.e.: humedad relativa y precipitación) se construyó una matriz de correlaciones entre las variables abióticas. Luego de excluir aquellas variables intercorrelacionadas (o elegir cuáles deberían ser tenidas en cuenta), se seleccionó el mejor modelo de regresión utilizando el conjunto de variables climáticas que produjera menor C_p . De igual manera se procedió con el análisis de selección del mejor modelo de regresión lineal múltiple para cada uno de los CDA aisladamente. Para este análisis se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Plus 5.1 (1994-2000 Statistical Graphics Corp.).

Por otra parte, se ajustaron modelos sinusoidales para establecer si existía un patrón cíclico en la fenología reproductiva desde el punto de vista de la riqueza mensual acumulada de especies en actividad de canto (Canavero *et al.*, 2008). Mediante un proceso de iteración que minimiza la suma de los cuadrados (Johnson & Omland, 2004), se obtiene el modelo $S_{\text{ensamble}} = (S_{\text{media}} + S_{\text{amplitud}} \text{ seno } [2 \pi(\mathbf{M} + \mathbf{c}) / 12])$; donde: S_{ensamble} es el número de especies del ensamble que vocalizaron durante el mes \mathbf{M} , S_{media} es la media de especies que

vocalizaron en toda la serie temporal, S_{amplitud} es la máxima desviación de S_{media} (amplitud de la función, estacionalidad de la ensamble), y c es el factor de corrección que sincroniza la función sinusoidal con los datos de actividad de los anuros (Canavero *et al.*, 2008; Canavero *et al.*, 2009). Una estimación significativa del parámetro S_{amplitud} indica una ensamble con actividad de vocalización estacional (Canavero *et al.*, 2008). Este análisis fue aplicado tanto a la totalidad del ensamble del Cerro Verde como a cada cuerpo de agua aisladamente. Para el mismo se utilizó el paquete estadístico Statistica version 7 (StatSoft, Tulsa, OK, USA).

Resultados

Se encontró un total de 19 especies, pertenecientes a las familias Bufonidae, Cycloramphidae, Hylidae, Leiuperidae, Leptodactylidae y Microhylidae. El listado de especies encontradas puede observarse en el Anexo 3. Las temperaturas más elevadas durante los muestreos fueron registradas en enero de 2008 (promedio: 23,2 °C), y las más bajas en mayo de 2008 (promedio 8,9°C). Los mayores promedios de precipitación durante los días de muestreo fueron registrados en diciembre de 2007, febrero y agosto de 2008 y mayo de 2009 (promedio ≥ 5 mm) (Fig. 2.1).

Patrones espaciales

Análisis de Co-ocurrencia

La ocurrencia de las especies en los CDA mostró un patrón significativamente segregado ($Z\text{-CS} = 2,14$) y un anidamiento no significativo ($Z\text{-BR} = 1,72$).

Diversidad α

La diversidad α promedio de especies en actividad reproductiva en los CDA fue de 9,18. Los aportes que realizara cada cuerpo de agua a α promedio, así como las especies presentes en cada uno (entre diciembre de 2007 y junio de 2009), figuran en la Tabla 2.1. Pudieron identificarse cuatro grupos de CDA con distintos niveles de importancia: 0, 10, 15 y 17 como los de mayor riqueza (y mayor aporte a la riqueza total del área); 1, lag y 3 con una riqueza intermedia, 18 y taj como los de riqueza baja y los restantes con menor aporte (riqueza por debajo del promedio, CDA: 2, 4, 6, 7, 11, 14, 16) (Tabla 2.1). La especie mejor representada fue *L. gracilis*, la cual estuvo presente en 14 CDA, y la menos representada fue *S. berthae*, la cuál fue encontrada en un solo CDA (el 10).

Cuando fueron analizados aisladamente cada descriptor frente a la diversidad α , se advirtió que la diversidad α ajustó un polinomio de segundo grado sobre el Hidroperíodo (R^2 ajustado= 0,34; $p < 0,05$) (Fig. 2.2). El Área de uno de los CDA presentó un valor atípicamente grande respecto al resto de los CDA (Lag= 8581km²), por lo que este descriptor fue transformado a Logaritmo natural (Sokal & Rohlf, 1979), si bien cuando fue analizada frente a la diversidad α no mostró ninguna función en particular (regresión lineal: R^2 ajustado= 7,29; $p = 0,311$). Los demás descriptores mantuvieron una relación lineal con la diversidad α o ausencia de relación lineal (Número de Microambientes: R^2 ajustado= 0,28, $p < 0,05$; Número de Tipos de Borde: R^2 ajustado= -0,07, $p = 0,817$; Número de Unidades Ambientales: R^2 ajustado= -0,07, $p = 0,861$).

Para construir la matriz de correlaciones entre descriptores se introdujeron los datos transformados a Logaritmo del Área, y los datos originales de Hidroperíodo, Número de Microambientes, Número de Unidades Ambientales que rodean al cuerpo de agua y Número de Tipos de Borde Diferentes. En la matriz de correlaciones se observa que los únicos descriptores que guardan una asociación significativa entre sí son el Área y el Número de

Tipos de Borde Diferentes ($r= 0,507$, $p< 0,05$) (Tabla 2.2). Como se asumió que el Número de Tipos de Borde Diferentes depende del Área de los CDA, el primero no fue tenido en cuenta en los análisis posteriores.

Para seleccionar el modelo de regresión lineal múltiple que mejor explicaba la diversidad α de los CDA, como la diversidad α presentó una doble relación con el Hidroperíodo (al ajustar a un polinomio de segundo grado responde tanto al modelo lineal como cuadrático de la variable independiente simultáneamente), el mismo fue introducido como Hidroperíodo e $(\text{Hidroperíodo})^2$ en la selección del modelo (Sokal & Rohlf, 1979). Se introdujeron los datos transformados a Logaritmo del Área, y los datos originales de Número de Microambientes y Número de Unidades Ambientales que rodean al CDA. El modelo de regresión seleccionado ($C_p= 4,52$) fue aquel que incluyó sólo el Número de Microambientes, Logaritmo del Área de los CDA, al Hidroperíodo y su modelo cuadrático como variables independientes, quedando afuera del modelo el Número de Unidades Ambientales. Este modelo produjo un R^2 ajustado de 0,58 ($p< 0,05$). El Hidroperíodo, su modelo cuadrático y el Área tuvieron un ajuste significativo, no fue así el ajuste del Número de Microambientes ($\beta_{\text{Microambientes}}= 2,01 \pm 1,00$, $p= 0,070$; $\beta_{\text{Área}}= 1,39 \pm 0,56$, $p< 0,05$; $\beta_{\text{Hidroperíodo}}= 26,01 \pm 8,97$, $p< 0,05$; $\beta_{\text{Hidroperíodo}^2}= -22,95 \pm 7,54$, $p< 0,05$; Durbin-Watson= 2,23, $p= 0,243$).

Diversidad β

La diversidad β entre pares de CDA se consideró alta dado que en 83 de los 120 pares posibles $C_j \leq 0,50$ (72% de los casos). Resalta particularmente la total diferencia de composición de especies entre el cuerpo de agua 2 y los 4, 6, 7 y 18, donde $C_j= 0,00$, además de una complementariedad elevada respecto a los demás CDA (Tabla 2.3). Los CDA 2, 4, 7 y 18 presentaron cada uno una complementariedad alta en relación a todos los demás CDA; los CDA 1, 3 y 14

en relación a al menos el 80% de los CDA, los CDA 6, 11, 15, 16 y taj en relación a al menos el 50% de los CDA, y los restantes CDA presentaron una complementariedad baja respecto a todos los demás CDA (Tabla 2.3). El único descriptor de la heterogeneidad medido que resultó tener una correlación positiva con la matriz de similitud de los CDA según la composición de especies (diversidad β), fue el Hidroperíodo de los CDA ($r= 0,252$ y $p < 0,05$) (Tabla 2.4). Esta correlación positiva implica que aquellos CDA menos similares desde el punto de vista de la composición de especies fueron también los menos similares desde el punto de vista del hidroperíodo.

Patrones temporales

Análisis de las fenologías por especie

Las fenologías de cada especie pueden observarse en la Tabla 2.5. La especie con actividad más prolongada fue *H. pulchellus*, cuya vocalización fue registrada en 16 de los 17 muestreos realizados. Las de menor actividad fueron *S. berthae* y *R. dorbignyi*, registrándose las vocalizaciones de ambas sólo durante dos meses. El mes de mayor actividad fue diciembre de 2007, con 16 especies y el de menor actividad fue abril de 2009 con sólo una especie en actividad. El diagrama de clúster generado para las fenologías más similares tuvo una buena capacidad de representación ya que $r= 0,82$ (fig 2.3). En base a los cinco grupos formados por este análisis (con una similitud mayor al 60%) y a inspección visual de las fenologías de las especies, pudieron identificarse cinco grupos de comportamientos: I) especies que vocalizan todo el año: *H. pulchellus* y *S. squalirostris*, II) especies con vocalización estacional durante época cálida (primavera-verano): *L. latinasus*, *L. gracilis*, *P. falcipes*, *S. granulatus*, *P. minutus* y *D. sanborni*, III) vocalización asociada a precipitaciones: *P. riograndensis*, *P. biligonigerus* y *M. montevidensis*, IV) vocalización discontinua

no dependiente de precipitaciones durante época cálida: *L. latrans* y *E. bicolor*, y otra que, aunque no figuró en el clúster, también pudo ser identificada: V) vocalización prolongada estacional durante época fría (otoño-invierno), integrada únicamente por *P. henselii*. Las especies *S. berthae*, *R. dorbignyi* y *L. mystacinus*, no pudieron ser clasificadas dentro de ninguna de estas cinco categorías porque tuvieron muy pocos registros, tampoco *O. maisuma* porque sus vocalizaciones se registraron durante el invierno de 2008 pero también mostró actividad esporádica durante los veranos.

Patrones estacionales y efecto de variables abióticas

La matriz de correlaciones mostró que hubo varios casos de multicolinealidad entre las variables abióticas (Tabla 2.6). Dado que la temperatura y la precipitación son las variables más utilizadas en este tipo de análisis y no estuvieron correlacionadas entre sí, las únicas variables que fueron utilizadas para los siguientes análisis de este estudio fueron la temperatura máxima promedio del aire y la precipitación media diaria.

La regresión múltiple de la actividad reproductiva a escala mensual vs. variables abióticas indicó que la actividad del ensamble de anuros de Cerro Verde respondió significativamente a las variaciones climáticas, ya que un 50% (R^2 ajustado= 0,50; $p < 0,05$) de la variación de la riqueza de especies fue explicada por la temperatura media durante los días de muestreo ($\beta = 0,55 \pm 0,18$; $p < 0,05$) y la media de precipitación ($\beta = 0,40 \pm 0,18$; $p < 0,05$) (Tabla 2.7). Analizados aisladamente, los CDA 1, 2, 10, 11 y lag también respondieron a las variables climáticas, no obstante algunos respondieron a la temperatura (10 y lag), otros a las precipitaciones (1, 2 y 18) o a ambas (11) (Tabla 2.7). Los CDA 0, 3, 4, 7, 14, 15, 17 y taj no mostraron ningún tipo de respuesta y para los CDA 6, 16 y 18 no pudo probarse la respuestas que presentaron debido a la falta de

independencia de los residuos (test de autocorrelación serial en los residuos Durbin-Watson: $p < 0,05$) (Tabla 2.7).

El ajuste sinusoidal a la riqueza acumulada mensual de la totalidad del ensamble de anuros de Cerro Verde también fue significativo, explicando éste un 64% de la variación estacional de la actividad reproductiva (**S**amplitud= $-4,18 \pm 1,35$; $R^2 = 0,64$; $p < 0,05$) (Tabla 2.7). Los CDA que aisladamente mostraron este comportamiento cíclico fueron 4, 6, 7, 11, 14, 16, 18 y lag, siendo este modelo el que explicó más del 50% de las variaciones de actividad reproductiva de estos CDA (Tabla 2.7). Sólo los CDA 11 y lag presentaron respuesta tanto a las variaciones abióticas como a las de escala estacional (Tabla 2.7).

Discusión y Conclusiones

Se registró un total de 19 especies, pertenecientes a las familias Bufonidae, Cycloramphidae, Hylidae, Leiuperidae, Leptodactylidae y Microhylidae. Esta composición implica que en el área de estudio se encuentran representantes de seis de las siete familias nativas de anuros registradas para Uruguay (Achaval & Olmos, 2007; Rosset, 2008). Esta elevada cantidad de especies es esperable, ya que el área de estudio Cerro Verde está ubicada en la costa este uruguaya, una de las regiones con mayor riqueza de anfibios del país (Maneyro *et al.*, 1995; Núñez *et al.*, 2004; Maneyro & Carreira, 2006).

Patrones espaciales

Los resultados del presente estudio indican que el patrón espacial de ocurrencia de especies de anfibios anuros dentro del área de estudio no es aleatorio, sino que está significativamente segregado. Esto que implica una estructuración en la ocupación de los CDA por parte de las especies (Gotelli,

2001), lo cual es un resultado consistente con otros estudios realizados en la región neotropical con anuros adultos (Sánchez *et al.*, 2009; Vasconcelos *et al.*, 2009; Iop, 2010). Esto podría estar explicado por la heterogeneidad de los CDA ya que existió respuesta de las diversidades α y β a algunos de los descriptores medidos. Las distintas especies seleccionan CDA con diferentes características debido a sus diferentes requerimientos reproductivos como el tiempo de desarrollo larvario y/o aquellos debidos a las diferentes estrategias y modos reproductivos (Arzabe *et al.*, 1998; Wells, 2007; Sánchez *et al.*, 2009), segregándose espacialmente en su ocurrencia en los CDA.

La diversidad α promedio del área de estudio fue elevada ya que más de la mitad de los CDA tuvieron una riqueza acumulada mayor al promedio. Se cumplió la hipótesis planteada para los patrones espaciales de actividad reproductiva, ya que existió una relación significativa entre un conjunto de descriptores y la diversidad α de los CDA. El conjunto de descriptores de la heterogeneidad de los CDA que mejor explicó la diversidad α estuvo compuesto por el Hidroperíodo, el Área y el Número de Microambientes de los CDA. Sólo los dos primeros tuvieron una relación significativa con la riqueza acumulada de especies, no obstante esta relación fue diferente ya que entre el Hidroperíodo y la riqueza acumulada fue curvilínea y la relación con el Área con la misma fue lineal.

El Hidroperíodo fue uno de los descriptores que mayor poder explicativo tuvo sobre los patrones de riqueza del área, resultado que concuerda con una de las predicciones planteadas en este estudio. La relación curvilínea entre la diversidad α y el Hidroperíodo de los CDA indica que existe una mayor riqueza en aquellos CDA con un hidroperíodo intermedio (Temporales de larga duración y Semipermanentes: $0,4 \leq H \leq 0,8$), presentando el 0 la mayor riqueza acumulada (13 spp.) con un $H = 0,56$. Esta relación ya había sido observada en

varios trabajos y podría asociarse con la hipótesis de perturbación intermedia (Vasconcelos *et al.*, 2009). Los cuerpos con un hidroperíodo intermedio poseen un tiempo de duración de agua suficiente para que varias especies puedan completar el desarrollo larvario en ellos, pero no tan prolongado como para permitir el desarrollo de especies que predan sobre las larvas como peces e insectos, siendo ambientes propicios para la reproducción de los adultos de la mayoría de las especies (Parris & McCarthy, 1999; Snodgrass *et al.*, 2000; Santos *et al.*, 2007).

La relación entre el Área y la riqueza acumulada de los CDA fue lineal y proporcional, sugiriendo mayor riqueza en CDA con mayor área. Tal asociación ya había sido encontrada en Moreira *et al.* (2010), aunque la misma se atribuyó al efecto del hidroperíodo de los CDA y no al área directamente. Dado que en este estudio el efecto del hidroperíodo ya fue removido, la riqueza de especies podría tener además una relación directa con el área del CDA en el Cerro Verde, lo cuál es esperable ya que, si tomamos a los CDA como islas dentro del área de estudio, la riqueza en las islas es proporcional al tamaño de las mismas (MacArthur & Wilson, 1967).

La discrepancia entre el efecto del Área y el efecto del Hidroperíodo sobre la riqueza puede estar dada por la baja correlación entre el Área y el Hidroperíodo de los CDA en algunas áreas de estudio (Snodgrass *et al.*, 2000), tal como sucedió en el presente trabajo (Tabla 2.2) así como en otros trabajos de la región (Santos *et al.*, 2007; Vasconcelos *et al.*, 2009).

El modelo de regresión múltiple seleccionado aumentó su capacidad explicativa con la inclusión del Número de Microambientes de los CDA, pero éste no tuvo un efecto significativo sobre la riqueza acumulada en los cuerpos de agua. Esto podría deberse al hecho de que la variación en número de microambientes fue poca entre CDA. Además fueron incluidos, dentro de este

descriptor, tanto tipos vegetales como el espejo de agua que estuvo presente en casi todos los CDA pero sólo es aprovechado por pocas especies para vocalizar (p.e.: *P. minutus* y *P. biligonigerus*), introduciendo “ruido” en el análisis. El Número de Unidades ambientales alrededor del CDA no tuvo ninguna relación con la riqueza de especies acumulada en los CDA, posiblemente porque incluyó unidades tales como “dunas” y “monte exótico” o “zona urbanizada”, pudiendo las mismas tener efectos inversos sobre la riqueza de anfibios en función del grado de antropización que posean (Semlitsch & Bodie, 2003; Hamer & Mcdonnell, 2008).

No pudo constatararse la relación entre el Número de Tipos de Borde la riqueza acumulada en los CDA, si bien este descriptor ha mostrado una relación positiva en Vasconcelos *et al.* (2009). Tanto en el caso del Número de Unidades ambientales alrededor del CDA como del Número de Tipos de Borde, el efecto sobre la riqueza podría estar en la calidad de las unidades que compusieron cada variable y no en el número de unidades ya que dos cuerpos de agua pueden tener igual número de tipos de borde, o unidades ambientales a su alrededor, y ser muy diferentes (p.e.: 11 y taj).

La diversidad β fue elevada ya que la complementariedad entre pares de CDA fue alta en el 72% de las comparaciones CDA - CDA. La presencia de un patrón segregado en la ocupación de los CDA en el análisis de co-ocurrencia está en concordancia con este resultado. Se encontraron resultados similares en algunos estudios llevados a cabo en la región (Santos *et al.*, 2007; Vasconcelos *et al.*, 2009). En este aspecto de la diversidad, el resultado también estuvo de acuerdo con la hipótesis planteada para los patrones espaciales, ya que existió relación entre la diversidad β y uno de los descriptores de la heterogeneidad de los CDA: el Hidroperíodo. Su relación con la diversidad indica que los ensambles

de los CDA difieren en su composición cuando se comparan CDA con hidroperíodos diferentes.

Este descriptor es uno de los más influyentes también sobre la variación en composición de especies dentro de las ensambles de anfibios en varios estudios y regiones diferentes (Snodgrass *et al.*, 2000; Both *et al.*, 2008; Vasconcelos *et al.*, 2009; Moreira *et al.*, 2010). Una posible explicación a la diferencias de composición entre CDA con diferentes hidroperíodos, está en la incidencia de los factores bióticos y abióticos mencionados por Wellborn *et al.* (1996) para los ecosistemas lénticos de agua dulce. Por un lado, en ambientes temporarios la desecación periódica impone severas restricciones sobre el comportamiento, desarrollo e historia de vida de las especies, pudiendo persistir en ellos sólo aquellas especies que toleran la desecación. Por otro, la incidencia de las interacciones bióticas fuertemente negativas, como la predación o la competencia, restringe la ocurrencia de aquellas especies que toleran la desecación, sobreviviendo en ambientes permanentes sólo aquellas especies que toleran estas interacciones negativas (Wellborn *et al.*, 1996). Dado que las larvas de anfibios suelen ser predadas por peces e invertebrados, este modelo causal planteado por Wellborn *et al.* (1996) suele actuar directamente sobre los patrones de diversidad de los ensambles larvarios (Baber *et al.*, 2004; Both *et al.*, 2009). Efecto que a su vez repercute sobre los patrones espaciales de actividad de los ensambles de adultos que también reflejan variaciones en el gradiente de hidroperíodo (Parris & McCarthy, 1999; Santos *et al.*, 2007; Vasconcelos *et al.*, 2009; Moreira *et al.*, 2010). De hecho Both *et al.* (2009) encontraron una correspondencia entre la estrategia reproductiva de las especies y la composición de los ensambles larvarios: los CDA temporales poseen ensambles de especies con estrategia de reproducción explosiva, y los CDA permanentes especies con reproducción prolongada.

Patrones temporales

En el presente estudio las especies presentaron diversos patrones de actividad a lo largo del período de estudio. Pudieron ser identificados cinco tipos de comportamientos: I) vocalización todo el año, II) vocalización prolongada estacional durante época cálida (primavera-verano), III) vocalización asociada a precipitaciones, IV) vocalización discontinua no asociada a precipitaciones durante época cálida, y V) vocalización prolongada estacional durante época fría (otoño-invierno). Las clasificaciones I y II fueron las mismas (y compuestas casi por las mismas especies) que las descritas por Both *et al.* (2008). Las clasificaciones III, IV y V fueron similares a la 1, 3 y 4 halladas por Saenz *et al.* (2006), principalmente la III, que estuvo asociada a las precipitaciones. Las vocalizaciones de *S. berthae* y *R. dorbignyi* se registraron sólo en dos meses. Con tan poca información no fue posible modelar un patrón de actividad específico, aunque las observaciones en *R. dorbignyi* coinciden con el período y condiciones descritos por Achaval & Olmos (2007): luego de lluvias durante época cálida, pudiendo potencialmente presentar el comportamiento descrito en la categoría III. *L. mystacinus* también tuvo una baja representación aunque fue encontrada entre octubre y diciembre, pudiendo potencialmente estar en las categorías I o IV (Achaval & Olmos, 2007). La fenología de *O. maisuma* no había sido anteriormente descrita debido a que es una especie poco conocida (Rosset, 2008), ésta no pudo ser clasificada dentro de ninguna categoría mencionada, si bien tuvo actividad durante invierno y verano.

Al igual que en trabajos previos, las categorías de comportamiento identificadas en el presente estudio están claramente vinculadas con las estrategias reproductivas de las especies, principalmente las categorías I y III que representaron los extremos más notorios: reproducción prolongada y explosiva respectivamente (Wells, 1977; Oseen & Wassersug, 2002; Saenz *et al.*,

2006). La diversidad de patrones de actividad encontrados es esperable en regiones con variaciones climáticas estacionales ya que eso genera una mayor diversidad de condiciones ambientales para las especies (Bertoluci & Rodrigues, 2002).

Según Canavero, *et al.* (2008, 2009), en regiones con marcada estacionalidad, la actividad de vocalización de los ensambles de anuros presenta un ritmo circanual y/o una respuesta cíclica al complejo cambio en las condiciones relacionadas con las estaciones. Como fue planteado en la hipótesis, en el presente estudio pudo observarse que el ensamble total de anuros de Cerro Verde posee una actividad moldeada por las oscilaciones cíclicas de escala estacional al responder al fotoperíodo (ajuste significativo al modelo sinusoidal de actividad anual) (Canavero & Arim, 2009). También se observó que la mayor actividad del ensamble se concentra en los meses de mayor incidencia solar (setiembre a marzo). Canavero & Arim (2009) postulan que en regiones templadas, tanto la riqueza de especies en actividad reproductiva como las condiciones climáticas varían en función de la estación del año. Por este motivo, el ajuste de la fenología del ensamble a las variables abióticas medidas, especialmente a la temperatura, fue interpretado como una consecuencia de la respuesta de las condiciones climáticas y la actividad de los ensambles, a la estación del año, y no a la existencia de un vínculo causal entre las variables medidas (Canavero & Arim, 2009). El hecho de que el modelo sinusoidal presentara mayor poder explicativo sobre la actividad que las variables abióticas, también soporta esta idea.

Sin embargo, como fuera esperado, el patrón cíclico (estacional) sólo pudo detectarse cuando fue tomada la totalidad del ensamble y no cuando fueron analizados cada CDA por separado. Sólo la mitad de los CDA del área presentaron un comportamiento estacional (4, 6, 7, 11, 14, 16, 18 y lag), dos de

los cuales además respondieron a las variaciones climáticas (11 y lag). De los que no presentaron respuesta estacional, tres respondieron exclusivamente a las variaciones de la temperatura y/o precipitación (1, 2 y 10), los restantes CDA (0, 3, 15, 17 y taj) no respondieron a ninguno de los análisis. Los mismos factores que explicaron la estructuración interna observada a escala espacial en el presente estudio pueden tener relación en parte con este resultado: las distintas especies seleccionaron CDA con diferentes características. Principalmente desde el punto de vista de la permanencia de agua, posiblemente debido a sus diferentes estrategias y/o requerimientos reproductivos, como el tiempo de desarrollo larvario o sus diferentes tolerancias a los predadores (Wellborn *et al.*, 1996; Wells, 2007; Sánchez *et al.*, 2009). Lo que fue observado en la segregación espacial en la ocurrencia de las especies en los CDA (Z-CS alto indicando segregación significativa, alta diversidad β).

Las especies con estrategia reproductiva similar suelen estar asociadas a CDA con cierto tipo de hidroperíodo y generalmente responden a una combinación particular de variables abióticas (Saenz *et al.*, 2006; Wells, 2007; Sánchez *et al.*, 2009). Por ejemplo: las especies con el patrón de tipo III (estrategia explosiva) suelen estar asociadas a CDA temporales y responder a las precipitaciones (*P. riograndensis*, *P. biligonigerus* y *M. montevidensis* estuvieron principalmente en los CDA 1 y 3), mientras especies con patrón de tipo I y II (estrategia de reproducción prolongada) suelen estar asociadas a CDA permanentes (p.e.: *H. pulchellus* o *S. squalirostris* estuvieron siempre presentes en los CDA 6, 7, 10, 16, 17, lag y taj).

Como fuera sugerido en las regresiones múltiples, los ensambles de CDA temporales poseen una fenología propia que está fuertemente moldeada por las precipitaciones. Por este motivo, difícilmente puedan presentar un patrón estacional (caso de los CDA 4 y 18). Aunque sí responder a las variaciones en las

precipitaciones (Saenz *et al.*, 2006), tal podría ser el caso de los CDA 1, 2 y 11. Los CDA permanentes, por otra parte, también poseen una fenología propia que, si bien puede responder o no a las variaciones climáticas, se muestra estacional (caso de los CDA 6, 7, 16 y lag). Allí se reproducen tanto las especies de reproducción continua como las de reproducción prolongada pero estacional (Saenz *et al.*, 2006). Para los CDA semipermanentes, el hecho de tener la capacidad de albergar un mayor número de especies con diversas estrategias y requerimientos reproductivos, hace que el patrón sea menos evidente, pudiendo responder a veces de manera estacional (como sucedió con el CDA 14) o no respondiendo a ninguna escala de análisis (0, 15). La respuesta de los CDA de gran tamaño también pueden tener una explicación similar a la de los semipermanentes debido a que también albergaron gran cantidad de especies (3, 10, 17 y taj).

Finalmente, el área de estudio mostró una estructuración a escala espacial en la ocurrencia de especies ya que la ocupación de los CDA no fue aleatoria, sino que las especies estuvieron segregadas en el uso de los CDA. Esto se suma al hecho de que tanto la riqueza como la composición de especies en los CDA estuvieron relacionadas con el hidroperíodo de cada CDA. El ensamble total de anuros de Cerro Verde presentó un patrón altamente estacional con respuesta a las variaciones de las variables abióticas. No obstante, la estructuración encontrada a escala espacial repercutió sobre los patrones temporales de actividad de cada ensamble, pudiendo indicar que cuerpos de agua con distintos hidroperíodos, poseen diferentes fenologías.

Figuras

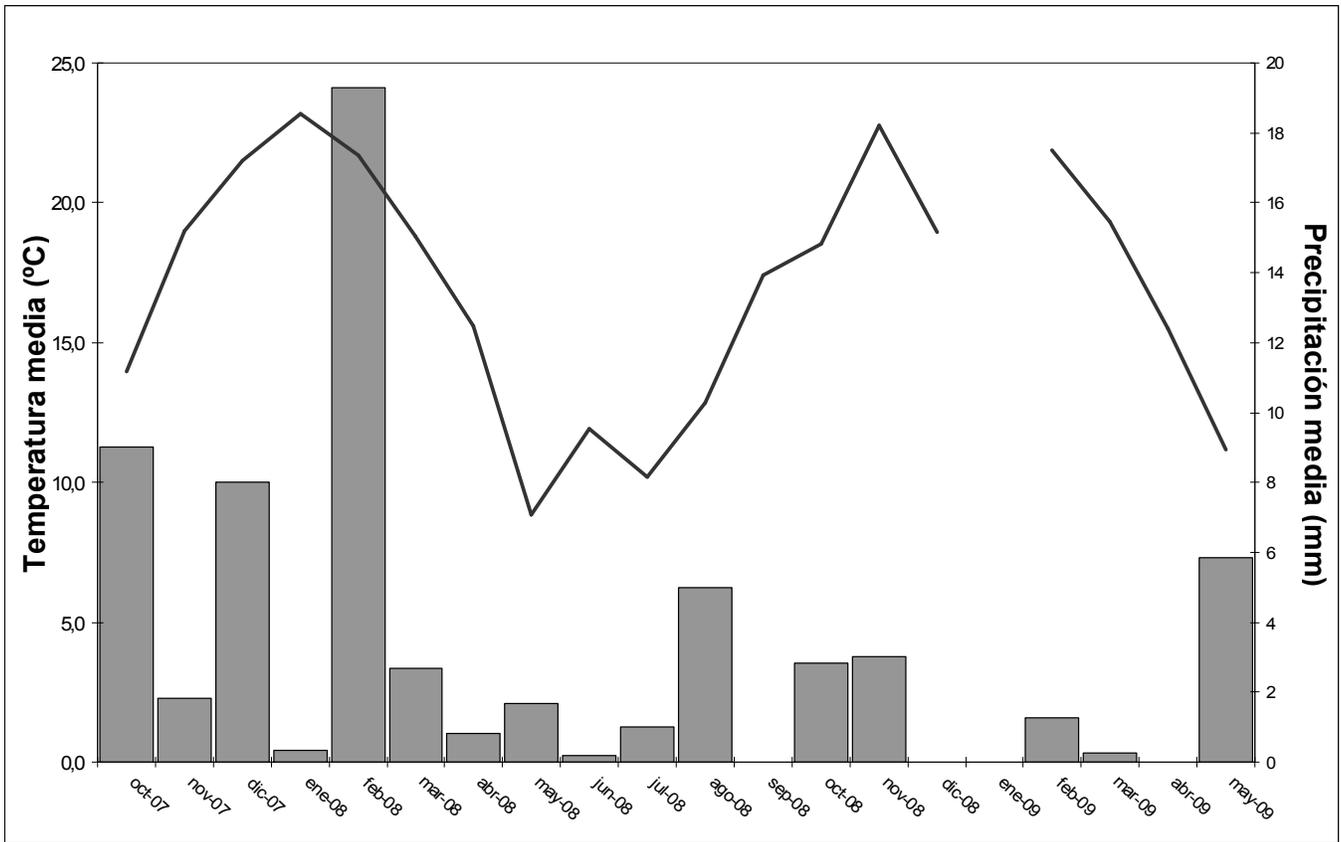


Figura 2.1. Temperatura (línea negra) y precipitación (barras grises) medias durante los días de muestreo.

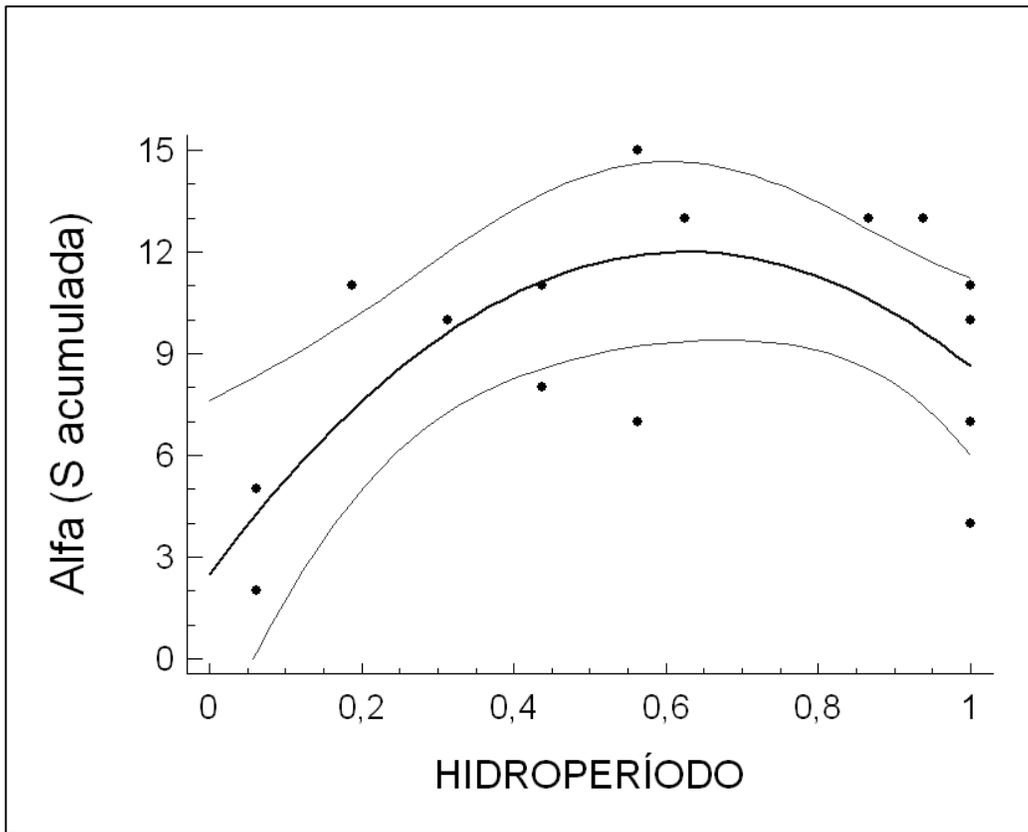


Figura 2.2. Ajuste polinómico de la riqueza acumulada al Hidroperíodo de los CDA, la línea negra indica el modelo ajustado y las grises el intervalo de confianza del 95%.

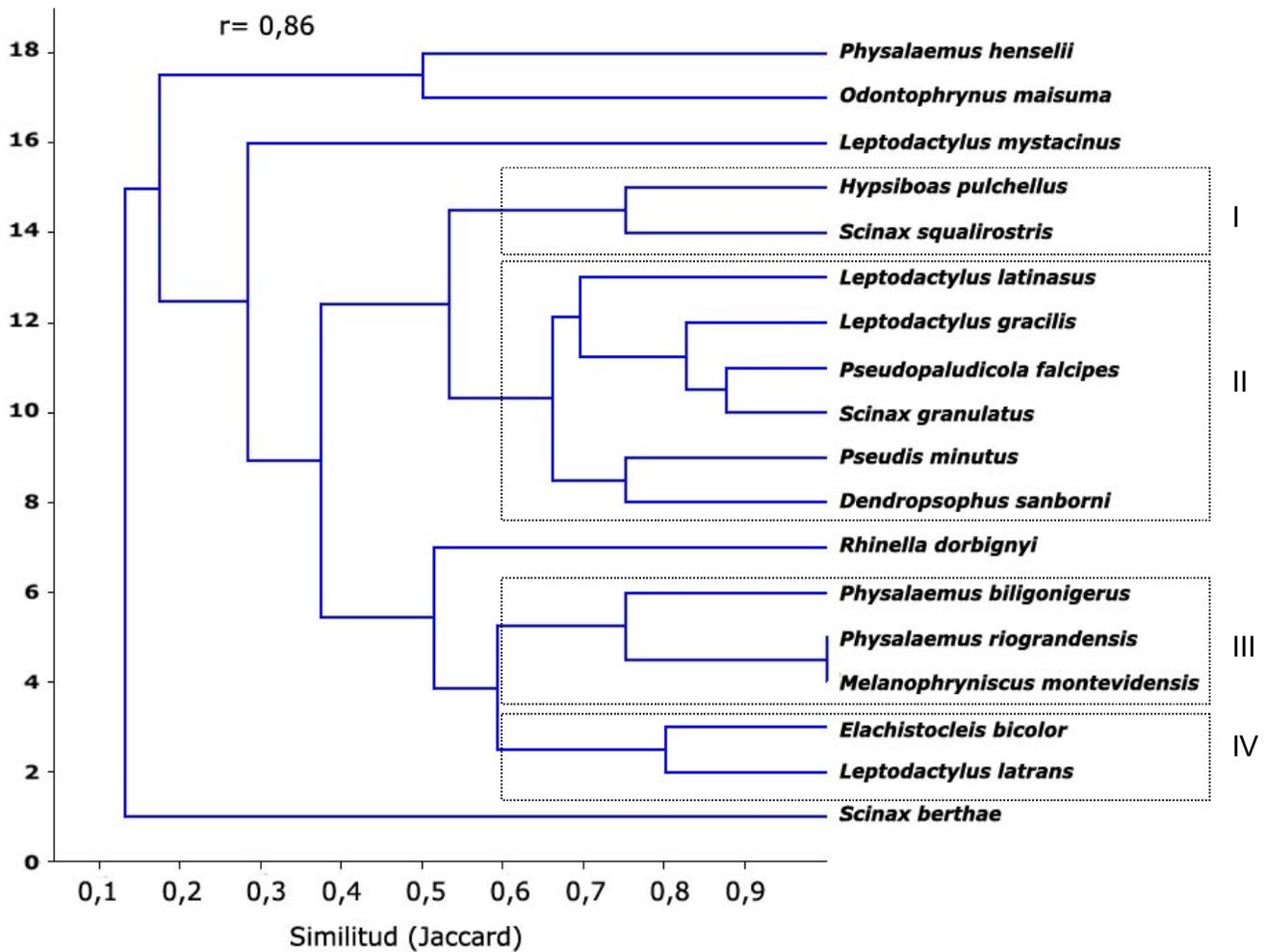


Figura 2.3. Análisis de Clúster de las fenologías de las especies de anuros de Cerro Verde. Se detectaron 4 grupos con una similitud \geq al 60%: I) vocalización todo el año, II) vocalización prolongada estacional durante época cálida (primavera-verano), III) vocalización asociada a precipitaciones, IV) vocalización discontinua no asociada a precipitaciones durante época cálida. r: coeficiente de correlación cofenética.

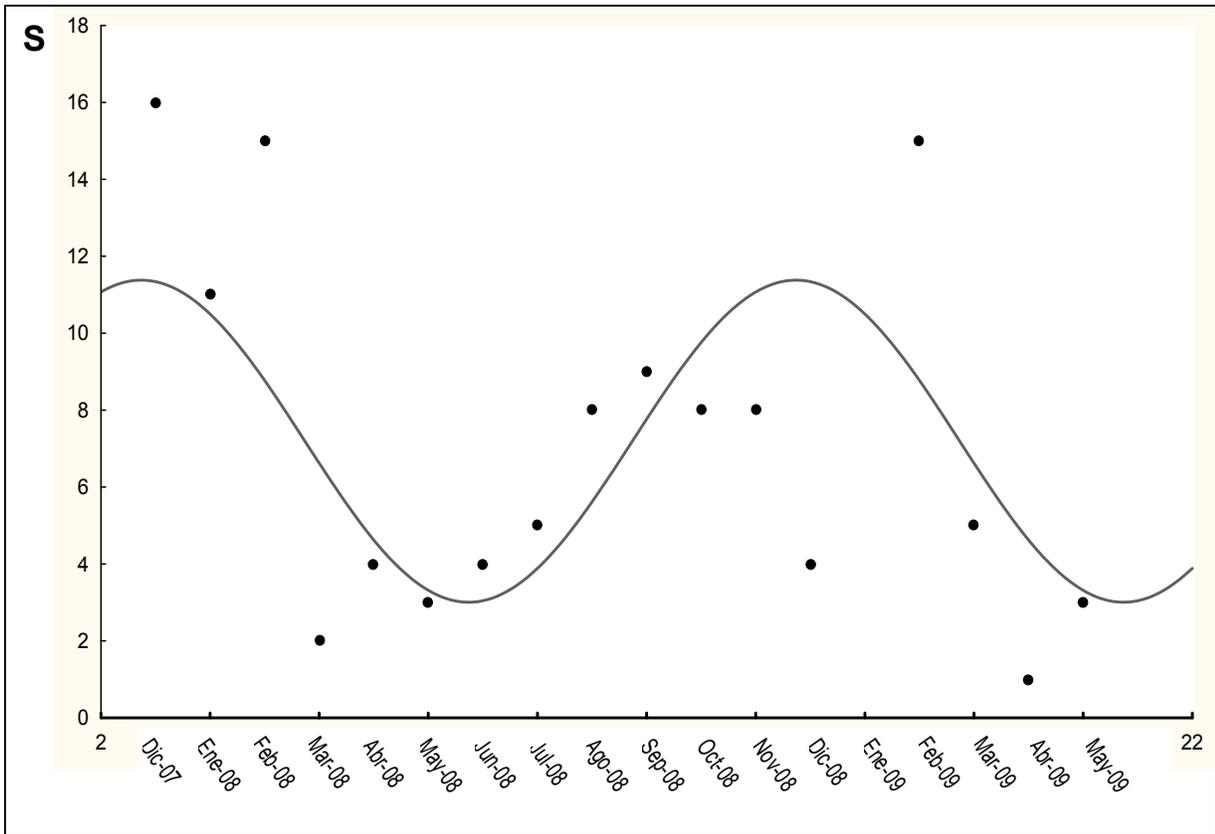


Figura 2.4. Ajuste del modelo sinusoidal (descrito en Tabla 2.7) a la fenología de riqueza total (S) de Cerro Verde.

Tablas

Tabla 2.1. Riqueza acumulada (diversidad alfa acumulada) en cada uno de los cuerpos de agua y las especies que estuvieron presentes entre diciembre de 2007 y mayo de 2009. CDA: nombre de cada cuerpo de agua.

CDA	Alfa acumulada en cada CDA	Especies en cada CDA
0	15	<i>H. pulchellus</i> , <i>D. sanborni</i> , <i>P. riograndensis</i> , <i>P. biligonigerus</i> , <i>P. henselii</i> , <i>P. minutus</i> , <i>P. falcipes</i> , <i>S. squalirostris</i> , <i>S. granulatus</i> , <i>L. gracilis</i> , <i>L. latinasus</i> , <i>L. mystacinus</i> , <i>L. latrans</i> , <i>O. maisuma</i> , <i>E. bicolor</i>
1	11	<i>P. riograndensis</i> , <i>P. biligonigerus</i> , <i>P. henselii</i> , <i>P. falcipes</i> , <i>S. squalirostris</i> , <i>S. granulatus</i> , <i>L. gracilis</i> , <i>L. latinasus</i> , <i>M. montevidensis</i> , <i>O. maisuma</i> , <i>E. bicolor</i>
2	2	<i>L. gracilis</i> , <i>L. latinasus</i>
3	11	<i>P. riograndensis</i> , <i>P. biligonigerus</i> , <i>P. henselii</i> , <i>P. falcipes</i> , <i>S. squalirostris</i> , <i>L. gracilis</i> , <i>L. latinasus</i> , <i>L. latrans</i> , <i>M. montevidensis</i> , <i>O. maisuma</i> , <i>E. bicolor</i>
4	5	<i>D. sanborni</i> , <i>S. squalirostris</i> , <i>S. granulatus</i> , <i>L. gracilis</i> , <i>L. mystacinus</i> ,
6	7	<i>H. pulchellus</i> , <i>D. sanborni</i> , <i>P. minutus</i> , <i>P. falcipes</i> , <i>S. squalirostris</i> , <i>S. granulatus</i> , <i>L. gracilis</i>
7	4	<i>R. dorbignyi</i> , <i>H. pulchellus</i> , <i>P. falcipes</i> , <i>S. squalirostris</i>
10	13	<i>H. pulchellus</i> , <i>D. sanborni</i> , <i>P. riograndensis</i> , <i>P. henselii</i> , <i>P. minutus</i> , <i>P. falcipes</i> , <i>S. berthae</i> , <i>S. squalirostris</i> , <i>S. granulatus</i> , <i>L. gracilis</i> , <i>L. latinasus</i> , <i>L. mystacinus</i> , <i>O. maisuma</i>
11	8	<i>H. pulchellus</i> , <i>P. riograndensis</i> , <i>P. henselii</i> , <i>P. falcipes</i> , <i>S. granulatus</i> , <i>L. gracilis</i> , <i>L. latinasus</i> , <i>L. mystacinus</i>
14	7	<i>H. pulchellus</i> , <i>D. sanborni</i> , <i>P. henselii</i> , <i>S. squalirostris</i> , <i>L. gracilis</i> , <i>L. latinasus</i> , <i>O. maisuma</i>
15	13	<i>H. pulchellus</i> , <i>P. riograndensis</i> , <i>P. biligonigerus</i> , <i>P. minutus</i> , <i>P. falcipes</i> , <i>S. squalirostris</i> , <i>S. granulatus</i> , <i>L. gracilis</i> , <i>L. latinasus</i> , <i>L. mystacinus</i> , <i>L. latrans</i> , <i>O. maisuma</i> , <i>E. bicolor</i>
16	7	<i>H. pulchellus</i> , <i>D. sanborni</i> , <i>P. riograndensis</i> , <i>P. minutus</i> , <i>P. falcipes</i> , <i>S. granulatus</i> , <i>L. latinasus</i>
17	13	<i>H. pulchellus</i> , <i>D. sanborni</i> , <i>P. riograndensis</i> , <i>P. henselii</i> , <i>P. minutus</i> , <i>P. falcipes</i> , <i>S. squalirostris</i> , <i>S. granulatus</i> , <i>L. gracilis</i> , <i>L. latinasus</i> , <i>L. mystacinus</i> , <i>L. latrans</i> , <i>O. maisuma</i>
18	10	<i>R. dorbignyi</i> , <i>D. sanborni</i> , <i>P. biligonigerus</i> , <i>P. minutus</i> , <i>P. falcipes</i> , <i>S. granulatus</i> , <i>L. gracilis</i> , <i>L. latrans</i> , <i>O. maisuma</i> , <i>E. bicolor</i>
laguna	11	<i>H. pulchellus</i> , <i>D. sanborni</i> , <i>P. riograndensis</i> , <i>P. minutus</i> , <i>P. falcipes</i> , <i>S. squalirostris</i> , <i>S. granulatus</i> , <i>L. gracilis</i> , <i>L. latinasus</i> , <i>L. mystacinus</i> , <i>L. latrans</i>
tajamar	10	<i>H. pulchellus</i> , <i>D. sanborni</i> , <i>P. riograndensis</i> , <i>P. minutus</i> , <i>P. falcipes</i> , <i>S. squalirostris</i> , <i>S. granulatus</i> , <i>L. gracilis</i> , <i>L. latinasus</i> , <i>L. latrans</i>

Tabla 2.2. Matriz de correlaciones entre Descriptores de la Heterogeneidad de los cuerpos de agua. H: Hidroperíodo, A: Área, NTBD: Número de Tipos de Borde Diferentes, NM: Número de Microambientes, NUA: Número de Unidades Ambientales alrededor de los cuerpos de agua. Se muestran los r de la correlación entre pares de descriptores, el asterisco marca aquellos pares de Descriptores cuya correlación fue significativa ($p < 0,05$).

	H	A	NTBD	NM	NUA
H	1,000				
A	0,357	1,000			
NTBD	0,080	0,507*	1,000		
NM	0,279	-0,082	-0,276	1,000	
NUA	-0,186	-0,125	0,349	0,016	1,000

Tabla 2.3. Matriz de similitud de Jaccard de los cuerpos de agua por composición de especies. Sombreado oscuro: pares de cuerpos de agua con las mayores diferencias de composición encontradas en el estudio (2-4, 2-6, 2-7, 2-18). Sombreado claro: diferencias de composición mayores al 50% ($C_j \leq 0,50$).

	0	1	2	3	4	6	7	10	11	14	15	16	17	18	lag	taj
0	1,000															
1	0,625	1,000														
2	0,067	0,091	1,000													
3	0,625	0,833	0,091	1,000												
4	0,267	0,154	0,000	0,154	1,000											
6	0,467	0,286	0,000	0,200	0,375	1,000										
7	0,200	0,167	0,000	0,167	0,167	0,429	1,000									
10	0,750	0,500	0,077	0,412	0,308	0,538	0,231	1,000								
11	0,533	0,462	0,125	0,357	0,200	0,364	0,222	0,615	1,000							
14	0,467	0,385	0,143	0,385	0,375	0,400	0,250	0,538	0,364	1,000						
15	0,867	0,600	0,077	0,600	0,214	0,429	0,231	0,625	0,500	0,333	1,000					
16	0,467	0,286	0,143	0,200	0,100	0,556	0,250	0,538	0,500	0,273	0,429	1,000				
17	0,867	0,500	0,077	0,500	0,308	0,538	0,231	0,857	0,615	0,538	0,733	0,538	1,000			
18	0,438	0,357	0,000	0,267	0,200	0,500	0,100	0,400	0,231	0,250	0,400	0,364	0,400	1,000		
lag	0,733	0,375	0,091	0,375	0,364	0,636	0,273	0,714	0,583	0,385	0,714	0,636	0,846	0,357	1,000	
taj	0,667	0,400	0,100	0,400	0,273	0,700	0,300	0,643	0,500	0,417	0,643	0,700	0,769	0,385	0,909	1,000

Tabla 2.4. Test de Mantel (Correlación de Spearman) entre matriz de similitud de CDA por composición de especies y cada matriz de similitud de CDA por descriptor de la heterogeneidad. Asterisco indica asociación significativa de la composición de especies de los CDA al descriptor.

Descriptor	R	p-valor
Hidroperíodo	0,205	0,042*
Área	0,038	0,206
Número de tipos de borde diferentes	-0,026	0,422
Número de microambientes diferentes dentro del CDA	-0,005	0,512
Número de Unidades ambientales alrededor del cuerpo de agua	0,035	0,386

Tabla 2.6. Matriz de correlaciones entre las variables abióticas medidas durante los días de muestreo. Se muestran los r de la correlación entre pares de variables, el asterisco marca aquellos pares de variables abióticas cuya correlación fue significativa ($p < 0,05$).

	Temperatura	Humedad	Nubosidad	Presión	Precipitación	Intensidad del Viento
Temperatura	1,000					
Humedad	-0,277	1,000				
Nubosidad	-0,046	0,580*	1,000			
Presión	-0,309	-0,289	-0,474*	1,000		
Precipitación	0,066	0,525*	0,451	-0,557*	1,000	
Intensidad del Viento	0,279	-0,102	0,472*	-0,462*	0,308	1,000

Tabla 2.5. Ocurrencia mensual de cada especie y los CDA donde donde fueron registradas. Los casilleros sombreados marcan el mes en que estuvo cada especie. El mes de enero de 2009 no fue muestreado.

Especies	2007	2008												2009				CDA donde ocurrieron	
	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	feb	mar	abr	may		
<i>Hypsiboas pulchellus</i>																			0, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 16, 17, lag, taj
<i>Scinax squalirostris</i>																			0, 1, 3, 4, 6, 7, 10, 14, 15, 17, lag, taj
<i>Dendropsophus sanborni</i>																			0, 4, 6, 10, 14, 16, 17, 18, lag, taj
<i>Pseudis minutus</i>																			0, 6, 10, 15, 16, 17, 18, lag, taj
<i>Scinax granulatus</i>																			0, 1, 4, 6, 10, 11, 15, 16, 17, 18, lag, taj
<i>Leptodactylus gracilis</i>																			0, 1, 2, 3, 4, 6, 10, 11, 14, 15, 17, 18, lag, taj
<i>Pseudopaludicola falcipes</i>																			0, 1, 3, 6, 7, 10, 11, 15, 16, 17, 18, lag, taj
<i>Leptodactylus latinasus</i>																			0, 1, 2, 3, 10, 11, 14, 15, 16, 17, lag, taj
<i>Odontophrynus maisuma</i>																			0, 1, 3, 10, 14, 15, 17, 18
<i>Physalaemus henselii</i>																			0, 1, 3, 10, 11, 14, 17
<i>Leptodactylus latrans</i>																			0, 3, 15, 17, 18, lag, taj
<i>Elachistocleis bicolor</i>																			1, 3, 15, 18
<i>Melanophryniscus montevidensis</i>																			1, 3
<i>Physalaemus riograndensis</i>																			0, 1, 3, 10, 11, 15, 16, 17, lag, taj
<i>Leptodactylus mystacinus</i>																			0, 4, 10, 11, 15, 17, lag
<i>Physalaemus biligonigerus</i>																			0, 1, 3, 15, 18
<i>Rhinella dorbignyi</i>																			7, 18
<i>Scinax berthae</i>																			10

Tabla 2.7. Regresión Múltiple (variables abióticas): Ajuste de las fenologías de los ensambles de los CDA variables abióticas (sólo se muestran temperatura y precipitación durante muestreos), los ajustes significativos y el R2 del ajuste están sombreados. El estadístico de Durbin-Watson indica autocorrelación serial en los datos cuando su p-valor es significativo (marcado con asterisco), invalidando las regresiones. Modelo Sinusoidal: ajuste del modelo sinusoidal $S_{ensamble} = S_{media} + S_{amplitud} \text{ seno } [2 \text{ Pi } (M+ c) / 12]$ diseñado por (Canavero *et al.*, 2008), ajustes significativos, valor del parámetro $S_{amplitud}$ y R del ajuste se muestran sombreados. S total: ajustes a fenología de riqueza de toda el área.

Regresión Múltiple (variables abióticas)	0	1	2	3	4	6	7	10	11	14	15	16	17	18	lag	taj	S total
Temperatura promedio días de muestreo del mes (°C)	-	-	-	-	-	0,22 ± 0,08 (p = 0,015)	-	0,22 ± 0,09 (p = 0,039)	0,14 ± 0,06 (p = 0,030)	-	-	0,13 ± 0,04 (p = 0,017)	-	0,14 ± 0,06 (p = 0,057)	0,21 ± 0,07 (p = 0,011)	-	0,55 ± 0,18 (p = 0,009)
Precipitación (media entre días de muestreo del mes) (mm)	-	0,42 ± 0,08 (p = 0,000)	0,07 ± 0,02 (p = 0,001)	-	-	-	-	-	0,13 ± 0,06 (p = 0,049)	-	-	-	-	0,33 ± 0,06 (p = 0,000)	0,12 ± 0,07 (p = 0,092)	-	0,40 ± 0,18 (p = 0,040)
Cp (Mallows)	-3,27	1,21	-0,92	0,77	-1,11	-1,22	-2,39	-0,73	0,14	-3,97	-0,45	-1,28	-2,69	0,54	-0,05	-2,66	0,25
R² ajustado de regresión múltiple	0,00	54,26	43,38	13,01	0,00	27,31	0,00	21,79	41,85	0,00	0,00	27,79	0,00	67,68	42,25	0,00	50,02
p-valor de la regresión múltiple	-	0,000	0,001	0,071	-	0,015	-	0,039	0,011	-	-	0,017	-	0,000	0,006	-	0,003
Estadístico de Durbin-Watson	-	1,77 (p = 0,316)	1,96 (p = 0,475)	2,14 (p = 0,384)	-	1,18 (p = 0,019)*	-	2,01 (p = 0,406)	2,03 (p = 0,395)	-	-	2,67 (p = 0,047)*	-	0,87 (p = 0,002)*	2,14 (p = 0,318)	-	1,48 (p = 0,096)
Modelo Sinusoidal																	
R de ajuste sinusoidal	17,25	40,53	39,11	15,48	59,93	81,05	75,84	48,58	51,89	56,46	26,48	57,75	34,51	51,19	56,77	31,46	63,86
S_{amplitud}	-0,81 ± 1,20	1,54 ± 0,87	0,29 ± 0,17	0,54 ± 0,88	1,32 ± 0,44	-1,97 ± 0,36	0,96 ± 0,20	-1,39 ± 0,69	1,07 ± 0,49	0,84 ± 0,33	-1,00 ± 0,98	0,86 ± 0,32	-1,14 ± 0,86	1,61 ± 0,72	1,39 ± 0,52	-0,65 ± 0,50	-4,18 ± 1,35
p-valor del ajuste sinusoidal	0,510	0,098	0,112	0,543	0,008	0,000	0,000	0,066	0,047	0,022	0,322	0,019	0,210	0,042	0,018	0,219	0,007

Bibliografía

- Achaval, F., & Olmos, A. (2007). *Anfibios y Reptiles del Uruguay* (3rd ed.). Montevideo, Uruguay. Zonalibro, 160pp.
- Aichinger, M. (1987). Annual activity patterns of anurans in a seasonal neotropical environment. *Oecologia*, 71(4):583-592.
- Arzabe, C., De Carvalho, C. X., & Costa, M. A. G. (1998). Anuran Assemblages in Crasto Forest Ponds (Sergipe State, Brazil): Comparative Structure and Calling Activity Patterns. *Herpetological Journal*, 8:111-113.
- Ávila, R. W., & Ferreira, V. L. (2004). Riqueza e densidade de vocalizações de anuros (Amphibia) em uma área urbana de Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(4):887-892.
- Baber, M. J., Fleishman, E., Babbitt, K. J., & Tarr, T. L. (2004). The relationship between wetland hydroperiod and nestedness patterns in assemblages of larval amphibians and predatory macroinvertebrates. *Oikos*, 107:16-27.
- Bastazini, C. V., Munduruca, J. F. V., Rocha, P. L. B., & Napoli, M. F. (2007). Which Environmental Variables Better Explain Changes in Anuran Community Composition? A Case Study in the Sao Joao, Bahia, Brazil. *Herpetologica*, 63(4):459-471.
- Bergan, T. (1971). Survey of numerical techniques for grouping. *Bacteriological reviews*, 35(4):379-389.
- Bertoluci, J., & Rodrigues, M. T. (2002). Seasonal patterns of breeding activity of Atlantic Rainforest anurans at Boracéia, Southeastern Brazil. *AmphibiaReptilia*, 23(2):161-167.
- Boquimpani-Freitas, L., Marra, R. V., Van Sluys, M., & Rocha, C. F. D. (2007). Temporal niche of acoustic activity in anurans: interspecific and seasonal variation in a neotropical assemblage from south-eastern Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 28(2):269-276.
- Both, C., Kaefer, I. L., Santos, T. G., & Cechin, S. T. Z. (2008). An austral anuran assemblage in the Neotropics: seasonal occurrence correlated with photoperiod. *Journal of Natural History*, 42:205-222.
- Both, C., Solé, M., Santos, T. G., & Cechin, S. Z. (2009). The role of spatial and temporal descriptors for neotropical tadpole communities in southern Brazil. *Hydrobiologia*, 624:125-138.
- Canavero, A., & Arim, M. (2009). Clues supporting photoperiod as the main determinant of seasonal variation in amphibian activity. *Journal of Natural History*, 43:2975-2984.
- Canavero, A., Arim, M., & Brazeiro, A. (2009). Geographic variations of seasonality and coexistence in communities: The role of diversity and climate. *Austral Ecology*, 34(7):741-750.
- Canavero, A., Arim, M., Naya, D. E., Camargo, A., da Rosa, I. & Maneyro, R. (2008). Calling activity patterns in an anuran assemblage: the role of seasonal trends and weather determinants. *North-Western Journal of Zoology*, 4(1):29-41.
- DINAMA. (2010). *Plan de mediano plazo 2010/2014*. (Hemisferio Sur, Eds.) (1st

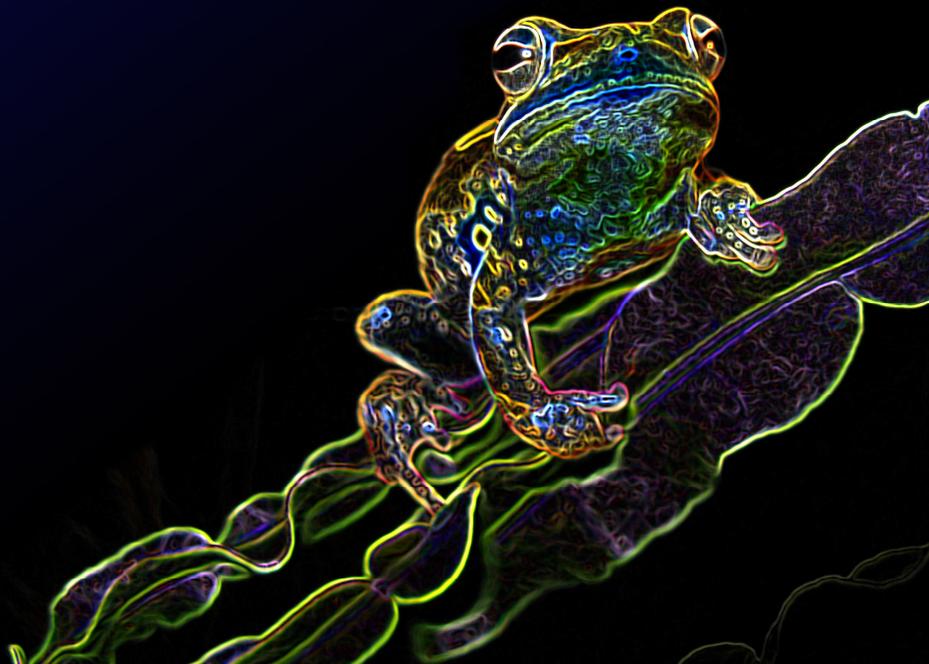
- ed.). Montevideo, Uruguay. 118pp.
- Dodd, C. K. (2010). *Amphibian Ecology and Conservation. A handbook of techniques*. (C. K. Dodd, Ed.) (1st ed.). New York, Oxford University Press, 556pp.
- Duellman, W. E., & Trueb, L. (1994). *Biology of Amphibians*. (John Hopkins University Press, Eds.) (2nd ed.). London, 670pp.
- Eterovick, P. C., & Sazima, I. (2000). Structure of an anuran community in a montane meadow in southeastern Brazil: effects of seasonality, habitat, and predation. *Amphibia-Reptilia*, 21(4):439-461.
- González, B. (1991). *Análisis Multivariante. Aplicación al ámbito sanitario*. (56 Editores, Ed.) (1st ed.). Barcelona, España, 239pp.
- Gotelli, N. J. (2000). Null Model Analysis of Species Co-Occurrence Patterns. *Ecology*, 81(9):2606-2621.
- Gotelli, N. J. (2001). Research frontiers in null model analysis. *Global Ecology and Biogeography*, 10:337-343.
- Gotelli, N. J., & McCabe, D. J. (2002). Species Co-Occurrence: a Meta-Analysis of J. M. Diamond's Assembly Rules Model. *Ecology*, 83(8):2091-2096.
- Hamer, A. J., & Mcdonnell, M. J. (2008). Amphibian ecology and conservation in the urbanising world : A review. *Biological Conservation*, 141:1432-2449.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1):9. Descargado de: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Hocking, R. R. (1976). The Analysis and Selection of Variables in Linear Regression. *Biometrics*, 32(1):1-49.
- Iop, S. (2010). *Diversidade e distribuição espacial de anfíbios anuros no Parque Estadual do Turvo, Rio Grande do Sul*. Tesis de Maestrado. Universidade Federal de Santa Maria, 80pp.
- Johnson, J. B., & Omland, K. S. (2004). Model selection in ecology and evolution. *Trends in ecology & evolution*, 19(2):101-108.
- MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (1967). *The theory of island biogeography. Monographs in Population Biology* (Vol. 1). Princeton: Princeton University Press, 203pp.
- Mallows, C. L. (1973). Some Comments on CP. *Technometrics*, 15(4):661-675.
- Maneyro, R., & Carreira, S. (2006). Herpetofauna de la costa uruguaya. In R. Menafra, L. Rodríguez-Gallego, F. Scarabino & D. Conde (Eds.), *Bases para la conservación y el manejo de la Costa Uruguaya* (1st ed.). Montevideo, Uruguay. Vida Silvestre, 233-246pp.
- Maneyro, R, Forni, F., & Santos, M. (1995). Los anfibios del departamento de Rocha. *Serie Divulgación Técnica. PROBIDES*, 1:1-24.
- Moreira, L. B. F., Machado, I. F., Garcia, T. V., & Maltchik, L. (2010). Factors influencing anuran distribution in coastal dune wetlands in southern Brazil. *Journal of Natural History*, 44(June):1493-1507.
- Núñez, D., Maneyro, R., Langone, J., & de Sá, R. (2004). Distribución geográfica de la fauna de anfibios del uruguay. *Smithsonian Herpetological Information Service*, (134):34pp.
- Oseen, K. L., & Wassersug, R. J. (2002). Environmental factors influencing

- calling in sympatric anurans. *Oecologia*, 133:616-625.
- Parris, K. M., & McCarthy, M. A. (1999). What influences the structure of frog assemblages at forest streams? *Australian Journal of Ecology*, 24: 495-502.
- Prado, C. P. D. A., Uetanabaro, M., & Haddad, C. F. B. (2005). Breeding activity patterns, reproductive modes, and habitat use by anurans (Amphibia) in a seasonal environment in the Pantanal, Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 26:211-221.
- Romesburg, C. (2004). *Cluster Analysis for researchers* (1st ed.). North Carolina, Lulu Press, 330pp.
- Rosset, S. (2008). New Species of *Odontophrynus* Reinhardt and Lütken 1862 (Anura: Neobatrachia) from Brazil and Uruguay. *Journal of Herpetology*, 42(1):134-144.
- Saenz, D., Fitzgerald, L. A., Baum, K. A., & Conner, R. N. (2006). Abiotic Correlates of Anuran Calling Phenology: the Importance of Rain, Temperature, and Season. *Herpetological Monographs*, 20:64-82.
- Santos, T. G. D., Kopp, K., Spies, M. R., Trevisan, R., & Cechin, S. Z. (2008). Distribuição temporal e espacial de anuros em área de Pampa, Santa Maria, RS. *Iheringia. Série Zoologia*, 98(2):244-253.
- Santos, T. G. D., Rossa-Feres, D. D. C., & Casatti, L. (2007). Diversidade e distribuição espaço-temporal de anuros em região com pronunciada estação seca no sudeste do Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 97(1):37-49.
- Scott Jr., N. J., & Woodward, B. D. (2001). Relevamientos de lugares de reproducción. In W. R. Heyer, M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L.-A. C. Hayek, & M. S. Foster (Eds.), *Medición y monitoreo de la diversidad biológica - Métodos estandarizados para Anfíbios* (2nd ed.). Chubut, Argentina: Smithsonian Institution Press, Editorial Universitaria de la Patagonia, 113-120pp.
- Semlitsch, R. D., & Bodie, J. R. (2003). Biological Criteria for Buffer Zones around Wetlands and Riparian Habitats for Amphibians and Reptiles. *Conservation Biology*, 17(5):1219-1228.
- Snodgrass, J. W., Komoroski, M. J., Bryan Jr, A. L., & Burger, J. (2000). Relationships among Isolated Wetland Size, Hydroperiod, and Amphibian Species Richness: Implications for Wetland Regulations. *Conservation Biology*, 14(2):414-419.
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (1979). *BIOMETRIA Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. (B. Ediciones, Ed.) (2nd ed.). Madrid, España, 832pp.
- Sánchez, L. C., Peltzer, P. M., & Lajmanovich, R. C. (2009). Structure of wetland-breeding anuran assemblages from the southern section of the Parana river, Argentina. *Herpetological Journal*, 19(4):173-184.
- Ulrich, W. (2007). Cooc - a FORTRAN program for species co-occurrence analysis. *Program*. Toruń; Poland: Nicolaus Copernicus University in Toruń Department of Animal Ecology Gagarina. Descargado de: www.uni.torun.pl/~ulrichw.
- Ulrich, W., Almeida-Neto, M., & Gotelli, N. J. (2009). A consumer's guide to nestedness analysis. *Oikos*, 118:3-17.
- Vasconcelos, T. S., & Rossa-Feres, D. D. C. (2005). Diversidade, distribuição espacial e temporal de anfíbios (Amphibia, Anura) na região noreste do

- estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, 5(2):1-14.
- Vasconcelos, T. S., Santos, T. G., Rossa-Feres, D. C., & Haddad, C. F. B. (2009). Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology*, 87(8):699-707.
- Wellborn, G. A., Skelly, D. K., & Werner, E. E. (1996). Mechanisms Creating Community Structure Across a Freshwater Habitat Gradient. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27:337-363.
- Wells, K. D. (1977). The Social Behaviour of Anuran Amphibians. *Animal Behaviour*, 25:666-693.
- Wells, K. D. (2007). *The Ecology and Behavior of Amphibians*. (K. D. Wells, Ed.) (1st ed.). Chicago, United States of America. The University of Chicago Press, 1148pp.
- Whittaker, R. H. (1960). Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30:279 - 338.

Capítulo 3

Análisis de la relevancia de los cuerpos de agua para el ensamble de anfibios anuros de Cerro Verde



Introducción

La actual crisis de la biodiversidad amenaza a grupos taxonómicamente muy disímiles provenientes de diversos ambientes, siendo las tasas de extinción de especies entre 100 y 1000 veces mayores a las previas a la existencia humana (Pimm *et al.*, 1995). Ésta pérdida de la biodiversidad no sólo hace peligrar a las especies sino que también la capacidad de los ecosistemas de proveer a los humanos aquellos bienes y servicios que permiten la vida en el planeta (Myers, 1996; Chapin III *et al.*, 2000). Uno de los grupos que se ha visto más impactado en cuanto a la extinción y declinación poblacional de sus especies es el de los anfibios, el cual ya ha perdido al menos 39 especies mientras un 32,5% de las restantes se encuentran amenazadas (Stuart *et al.* 2004; Wake & Vredenburg 2008).

Si bien la conservación de las especies amenazadas es uno de los objetivos del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) (Brazeiro *et al.*, 2008), la sola creación de áreas protegidas no es una herramienta eficaz para la conservación de estas especies (Eagles *et al.*, 2002). Para cada área debe establecerse además un Plan de Manejo con las indicaciones de cómo el área debe ser protegida, utilizada, desarrollada y manejada (Eagles *et al.*, 2002), lo que también ha sido previsto en la legislación actual del SNAP (2000). Una de las pautas que debe cumplir este Plan de Manejo es un diseño de zonificación, entendida como la identificación de zonas con diferentes categorías de uso, desde las más permisivas a las más restrictivas, que el Área en cuestión ha de tener (Eagles *et al.*, 2002).

Una de las áreas en proceso de implementación por el SNAP es el Área Costero-Marina Cerro Verde (Rocha, Uruguay), en la categoría de “Área de Manejo de Hábitats/Especies” (DINAMA, 2010). La porción terrestre del área

está comprendida dentro de la Reserva de Biosfera “Bañados del Este y Franja Costera”, y además es parte de un Sitio RAMSAR (López *et al.*, 2005). En esta parte, la diversidad de anuros del área representa el 38% de las especies de Uruguay (al menos 19 de las 50 especies de Uruguay fueron registradas, Capítulos 1 y 2). Además esta diversidad incluye varias especies amenazadas, tales como *Melanophryniscus montevidensis* y *Pleurodema bibroni*, las que también se encuentran amenazadas localmente por la Quitridiomycosis (infección causada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*) (Bardier *et al.*, 2011). Por tanto, el Plan de Manejo que se elabore para este Área Protegida debería incluir una propuesta de zonificación terrestre que sea capaz de garantizar el mantenimiento de la diversidad de anfibios anuros, así como de las especies amenazadas que allí habitan.

Un modo de enfocar la conservación de la diversidad de anfibios de un área es a través de la conservación de sus ambientes dulceacuícolas. En general, los cuerpos de agua dulce, tanto pequeños como grandes, así como los ambientes terrestres que los rodean, son de vital importancia para los anfibios anuros ya que en dichos ambientes habitan y/o se reproducen la amplia mayoría de las especies de este grupo (Semlitsch, 2000; Semlitsch & Bodie, 2003; Dodd, 2010). De hecho, en Uruguay todas las especies de anfibios dependen de ellos para su reproducción (Achaval & Olmos, 2007). Estos ambientes (los cuerpos de agua dulce y la zona terrestre que los rodea) no sólo son valiosos para este grupo, sino que también lo son para otras especies de vertebrados semi-acuáticas, acuáticas y/o terrestres pertenecientes a otras clases zoológicas (Saunders *et al.*, 2002; Semlitsch & Bodie, 2003).

Lo recomendable es que todos los cuerpos de agua dulce de un Área Protegida sean considerados dentro del mayor grado de protección en una propuesta de zonificación de un Área Protegida (Semlitsch & Bodie, 2003). No

obstante, a efectos de optimizar los esfuerzos en conservación es necesario establecer cuáles son más prioritarios (p.e.: porque aportan en mayor medida a la diversidad del área).

Teniendo en cuenta la importancia que poseen los cuerpos de agua dulce y su zona terrestre adyacente inmediata principalmente para los anfibios anuros, el objetivo de este capítulo es seleccionar el conjunto de cuerpos de agua del Área Protegida Cerro Verde que deberían ser incorporados dentro de las zonas con el mayor grado de protección (más restrictivas en su uso) en la futura propuesta de zonificación del Plan de Manejo del Área.

Metodología

La descripción del área de estudio Cerro Verde ya fue realizada con detalle en la metodología de los capítulos previos (ver **Área de estudio** en sección Metodología del primer capítulo). La selección de los cuerpos de agua (CDA) más relevantes para los anfibios anuros del Área Protegida Cerro Verde se realizó en base a los CDA analizados en los dos primeros capítulos, con la salvedad de que fueron excluidos de esta selección aquellos CDA que se encuentran fuera de los límites del área. Por lo que se analizaron los 12 CDA lénticos del área (Fig. 1.1 y Anexo 1).

Para poder priorizar entre CDA, se utilizaron una serie de criterios. En primer lugar, esta selección debería contemplar la mayor cantidad de especies con algún grado de amenaza, dado que éste es un objetivo del SNAP (Brazeiro *et al.*, 2008). Desde el punto de vista de la diversidad, la riqueza total del Área es el resultado de la partición aditiva de la misma en diversidad α (riqueza acumulada de cada CDA) y diversidad β (complementariedad en la composición

de especies entre CDA) (Whittaker, 1960). Por este motivo, los cuerpos de agua que mayor aporte realizan a α y β representan en mayor medida la diversidad de anfibios anuros del área y deberían ser considerados en este conjunto. Además, para los anfibios anuros, la respuesta que exhibe el ensamble de cada CDA a las variaciones del régimen de precipitaciones y/o temperaturas también puede ser un criterio para esta selección. Aquellos CDA cuyos ensambles presentan un patrón reproductivo más asociado a dichas variables poseen una mayor susceptibilidad a las variaciones en el régimen de precipitaciones y/o temperaturas generadas por el cambio climático a escala global (Blaustein *et al.*, 2001; Saenz, 2006).

Debido a que no fueron encontrados antecedentes de trabajos con el objetivo planteado para anfibios dentro de áreas protegidas, se utilizó una metodología estándar de valoración de los CDA, calculando un Índice de Relevancia Ecológica (IRE) para cada uno. Dicho índice es el resultado de la suma ponderada de 12 indicadores correspondientes a cuatro criterios de evaluación (un ejemplo de esta metodología puede encontrarse en FREPLATA, 2004). Los criterios fueron: a) Cantidad de especies consideradas prioritarias para el Cerro Verde, b) Aporte que realiza a la diversidad α , c) Aporte que realiza a la diversidad β , y d) Sensibilidad de la actividad reproductiva a las variaciones climáticas. Los indicadores dentro de cada criterio, así como la ponderación que les fue asignada, figuran en la Tabla 3.1. Los mismos fueron establecidos en base a la información presentada en los dos capítulos anteriores.

Teniendo en consideración que la conservación de especies amenazadas es un objetivo del SNAP, que el aporte a la diversidad que cada cuerpo de agua realiza es fundamental para mantener la diversidad de especies del Cerro Verde, y que la sensibilidad de los ensambles a las variables abióticas climáticas los vuelve vulnerables a otras amenazas (reducción de las tasas de fecundidad,

mayor dispersión y susceptibilidad a enfermedades infecciosas) (Blaustein *et al.*, 2001; Kiesecker *et al.*, 2001; Walther *et al.*, 2002; Reading, 2007); los cuatro criterios fueron ponderados por igual.

El IRE fue estandarizado para que varíe entre 0 y 1. De esta manera se generó una escala comparativa entre CDA que fue dividida en cuartiles, siendo el cuarto cuartil el superior (mayor IRE) y el primero el inferior (menor IRE). Para la conservación del ensamble de anfibios anuros de Cerro Verde, fueron considerados como de mayor relevancia aquellos CDA con un IRE dentro de los dos cuartiles superiores.

Resultados

En la Tabla 3.2 se pueden observar aquellos criterios e indicadores que fueron cumplidos por cada CDA, así como el IRE que obtuvieron. Se identificaron dos CDA con el máximo IRE (dentro del cuarto cuartil): 1 y 3; y cuatro CDA con un IRE dentro del tercer cuartil: 2, 10, 15 y 18. El CDA con mayor IRE fue el 1 (IRE=0,708) y los de menor IRE fueron los CDA 4, 7, 14 y taj (IRE=0,250). La Figura 3.1 muestra el mapa del área y la ubicación de cada uno de los seis CDA seleccionados.

Discusión y Conclusiones

Todos los cuerpos de agua, desde las grandes lagunas y humedales hasta las praderas inundables más efímeras, mantienen la diversidad de anfibios de un área en particular (Semlitsch, 2000; Semlitsch & Bodie, 2003; Dodd, 2010). En este estudio, los seis cuerpos de agua seleccionados (1, 2, 3, 10, 15 y 18) reúnen

la mayoría de los criterios que se han considerado relevantes para priorizarlos dentro de una propuesta de zonificación: contienen especies prioritarias y/o amenazadas, realizan gran aporte a la diversidad de especies del área y son sensibles a las variables climáticas. Por este motivo, en el caso de no ser posible la inclusión de los doce cuerpos de agua analizados, sería imprescindible que al menos estos seis fueran considerados dentro de los mayores niveles de restricción de la propuesta de zonificación del Área.

La propuesta de zonificación que el Área de Cerro Verde posee al momento es la elaborada por Castro (2004). Esta propuesta fue pensada teniendo en cuenta a todos los grupos zoológicos, pero con mayor énfasis sobre los ambientes costeros y marinos, dadas las notables características del área en este sentido. Asimismo, menciona varias categorías de zonificación terrestre, entre las que figuran una *“Zona Núcleo”* y una *“Zona de Amortiguamiento”* alrededor de la anterior. Como fuera delimitada en esta propuesta de Castro (2004), la *“Zona Núcleo”* incluiría a los cuerpos de agua 1, 2 y 3, pero los cuerpos de agua 10, 15 y 18 quedarían dentro de la *“Zona de Amortiguamiento”*. Por lo que la aplicación de esta propuesta cumpliría en gran medida con lo planteado en este estudio, con la salvedad de que la *“Zona Núcleo”* podría extenderse para incluir a los cuerpos de agua 10, 15 y 18.

Cabe mencionar que el cuerpo de agua 18 sufrió varios problemas detectados durante los sucesivos muestreos: entre junio y agosto de 2008 fue reiteradamente modificado por el ganado bovino del área (quedando pisoteado y sin vegetación) y entre noviembre y diciembre de 2008 fue utilizado como depósito de basura de playa. El efecto de estas acciones sobre el ensamble de anuros posiblemente se haya visto magnificado por tratarse de un cuerpo de agua de pequeñas dimensiones (ver Anexo 1), el cual no volvió a tener actividad reproductiva por parte de ninguna especie desde mayo de 2008. Este cuerpo de

agua debería ser monitoreado nuevamente con el fin de determinar si sigue siendo existiendo actividad reproductiva por parte de las especies de anfibios o si debe ser descartado de esta selección.

El área terrestre de Cerro Verde ha sido utilizado para ganadería, cría de equinos y posee otras especies introducidas tales como el jabalí (*Sus scrofa*) y el ciervo axis (*Axis axis*). También posee plantaciones y crecimiento silvestre de especies arbóreas exóticas, principalmente pino marítimo (*Pinus pinaster*), varias especies de eucaliptos (*Eucalyptus spp.*) y acacias (*Acacia longifolia*) (M. J. Andrade, 2004). Además se ha constatado la presencia de Quitridiomycosis en esta Área (Bardier *et al.*, 2011). Por estos motivos, para aquellos cuerpos de agua que finalmente sean tenidos en cuenta dentro de la propuesta de zonificación de Cerro Verde, se proponen las siguientes medidas de manejo:

- Según un análisis realizado por Semlitsch & Bodie (2003), la zona terrestre adyacente a los cuerpos de agua debe ser considerada área núcleo para la conservación de la herpetofauna, ya que allí habita y se reproduce el mayor porcentaje de las especies de reptiles y anfibios de un área. Esta porción terrestre debe medir al menos 289 m desde el borde del cuerpo de agua y debe tener el mayor grado de protección. Estos autores indican que también debería ser considerada un área buffer de 50 metros a continuación del área núcleo a efectos de reducir los efectos de borde. Todas estas medidas son independientes de la superficie del CDA.
- La presencia de bovinos, equinos y jabalíes causa daños en los sitios de reproducción de los anfibios (Dodd, 2010). Por lo tanto, las zonas núcleo mencionadas deberían estar delimitadas mediante la construcción de cercos que impidan el acceso del ganado pero no impidan el pasaje de especies nativas (Dodd, 2010).

- La presencia de especies vegetales exóticas tales como *Pinus spp.*, *Eucalyptus spp.* y *Acacia longifolia* deberían ser evitadas dentro de las zonas núcleo alrededor de los cuerpos de agua. Estas especies pueden alterar la hidrología, química y pH de los cuerpos de agua, así como cambiar la fisonomía y estructura de los microambientes, reduciendo la cantidad de sitios de vocalización y oviposición disponibles para las especies anfibios anuros (Parris & Lindenmayer, 2004; Gardner *et al.*, 2007). Si bien ya fue constatada la presencia de árboles adultos de estas especies dentro de la zona núcleo en algunos de los cuerpos de agua analizados (Anexo 1), se recomienda ejercer una remoción sistemática (anual) de los árboles jóvenes (p.e.: menores a un metro) dentro de la zona núcleo.
- Se sugiere enfáticamente prohibir la introducción de especies de anfibios exóticos tales como Rana Toro (*Lithobates catesbeianus*), así como de especies exóticas de peces en los cuerpos de agua ya que éstas pueden reducir las poblaciones de anfibios del área (Dodd, 2010). La introducción de Rana Toro debe ser evitada especialmente debido a que esta especie ejerce interacciones bióticas desfavorables (preda y compite) sobre los anfibios y actúa como vector del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Daszak *et al.*, 2004).
- Considerando la situación actual de la zona de influencia de Cerro Verde, la que ya presenta al menos una especie infectada por Quitridiomycosis, sería recomendable disminuir los riesgos evitando nuevos ingresos del patógeno al área, impidiendo la reinfección entre cuerpos de agua dentro del área e impidiendo la salida del mismo fuera del área. Esto sería factible a través de la limpieza del calzado del personal, investigadores y turistas que ingresen a las zonas terrestres de la futura Área Protegida al entrar al área,

especialmente al tomar contacto y abandonar cada cuerpo de agua, y al salir del área (Dodd, 2010).

Figuras

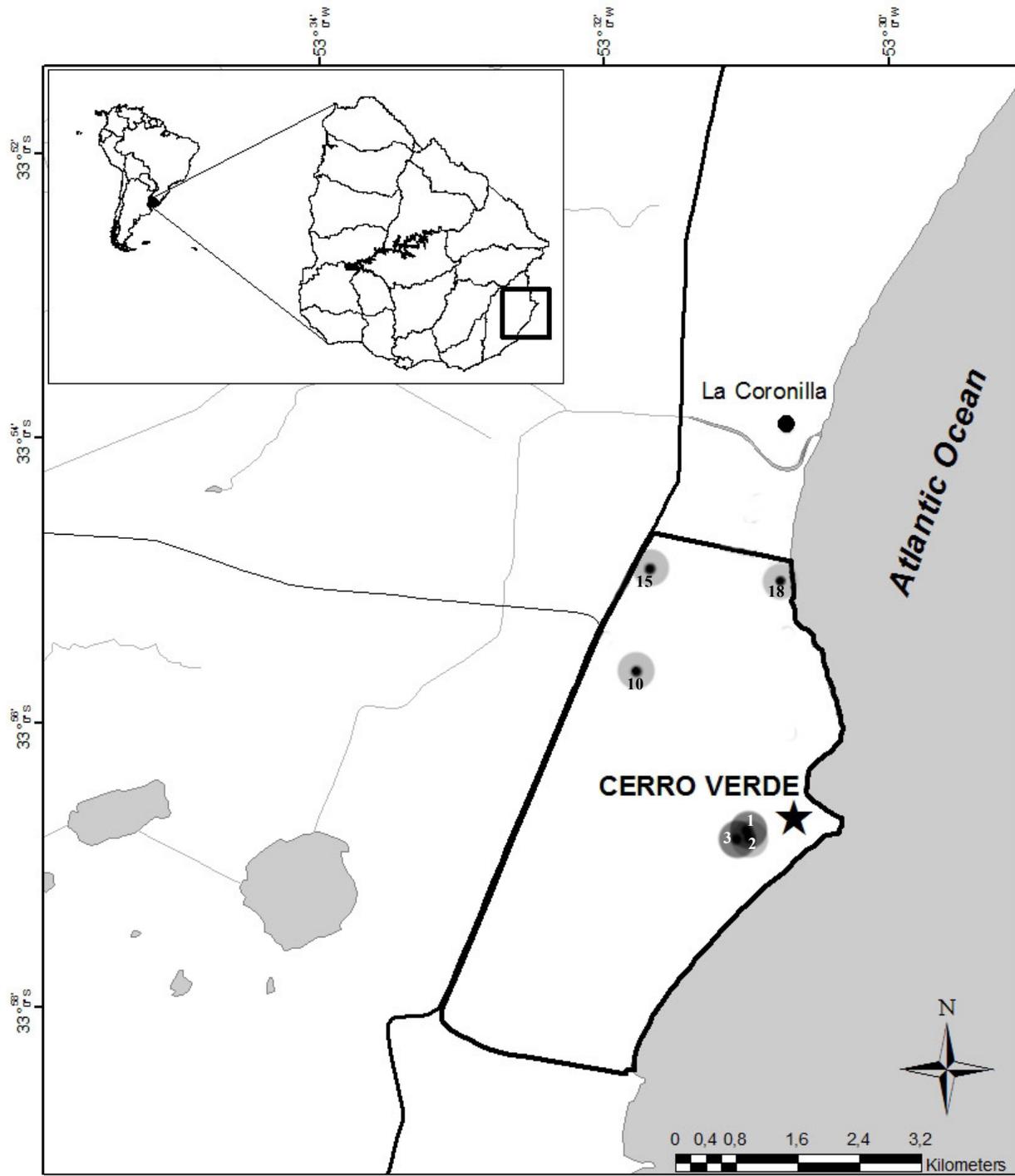


Figura 3.1. CDA que fueran seleccionados por su mayor IRE. Se indica con puntos negros la ubicación de cada CDA, los círculos grises indican el tamaño a escala del Área Núcleo más el Área Buffer: 340mts alrededor de cada CDA (Semlitsch & Bodie, 2003). Área gris oscuro: CDA con mayor IRE, área en gris claro: CDA con IRE medio alto.

Tablas

Tabla 3.1. Criterios de evaluación de los Cuerpos de Agua, indicadores de cada criterio y ponderación de los indicadores.

CRITERIO	INDICADOR	PONDERACIÓN
a) Especies Prioritarias	1) Presencia de una especie prioritaria para Cerro Verde	1,0
	2) Presencia de dos especies prioritarias para Cerro Verde	2,0
	3) Presencia de tres especies prioritarias para Cerro Verde	3,0
b) Aporte a diversidad alfa	4) Aporte bajo	1,0
	5) Aporte medio	2,0
	6) Aporte elevado	3,0
c) Aporte a diversidad beta	7) Aporte bajo	1,0
	8) Aporte medio	2,0
	9) Aporte elevado	3,0
d) Sensibilidad de la actividad reproductiva a variaciones climáticas	10) Sensibilidad a la temperatura	2,0
	11) Sensibilidad a las precipitaciones	2,5
	12) Sensibilidad a la temperatura y las precipitaciones	3,0

Tabla 3.2. Evaluación de los doce cuerpos de agua (CDA) de Cerro Verde a través del IRE (Índice de Relevancia Ecológica) estandarizado. SUMA: resultado de la suma de los indicadores para cada CDA. Los dos asteriscos marcan aquellos CDA con mayor IRE estandarizado (dentro del cuarto cuartil), un asterisco marca los CDA con IRE estandarizado medio alto (dentro del tercer cuartil).

CRITERIO														SUMA	IRE
a			b			c			d						
INDICADOR															
CDA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
0		X				X							5	0,4167	
1		X			X			X			X		8,5	0,7083**	
2									X		X		5,5	0,4583*	
3			X		X			X					7	0,5833**	
4									X				3	0,2500	
7									X				3	0,2500	
10	X					X				X			6	0,5000*	
11							X					X	4	0,3333	
14	X							X					3	0,2500	
15		X				X	X						6	0,5000*	
18		X		X					X				6	0,5000*	
taj	X			X			X						3	0,2500	

Bibliografía

- Achaval, F., & Olmos, A. (2007). *Anfibios y Reptiles del Uruguay* (3rd ed.). Montevideo, Uruguay. Zonalibro, 160pp.
- Andrade, M. J. (2004). *Presentación de un área prioritaria para la conservación en el departamento de rocha*. Universidad de la República, Facultad de Ciencias, 29pp.
- Bardier, C., Ghirardi, R., Levy, M., & Maneyro, R. (2011). First case of chytridiomycosis in an adult specimen of a native anuran from Uruguay. *Herpetological Review*, 42(1):65-66.
- Blaustein, A. R., Belden, L. K., Olson, D. H., Green, D. M., Root, T. L., & Kiesecker, J. M. (2001). Amphibian Breeding and Climate Change. *Conservation Biology*, 15(6):1804-1809.
- Brazeiro, A., Achkar, M., Canavero, A., Fagúndez, C., González, E., Grela, I., Lezama, F., Maneyro, R., Barthesagy, L., Camargo, A., Carreira, S., Costa, B., Núñez, D., da Rosa, I., Toranza, C. (2008). *Prioridades Geográficas para la Conservación de la Biodiversidad Terrestre de Uruguay. Resumen Ejecutivo*. Montevideo, Uruguay, 48pp.
- Castro, J. (2004). *Primer Área Marina Protegida, Justificación y Zonificación*. Universidad de la República, Facultad de Ciencias, 29pp.
- Chapin III, F. S., Zavaleta, E. S., Eviner, V. T., Naylor, R. L., Vitousek, P. M., Reynolds, H. L., Hooper, D. U., Lavorel, S., Sala, O. E., Hobbie, S. E., Mack, M. C., Díaz, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405:234-242.
- Daszak, P., Cunningham, A. A., Longcore, J. E., Brown, C. C., & Porter, D. (2004). Experimental evidence that the Bullfrog (*Rana catesbeiana*) is a potential carrier of Chytridiomycosis, an emergin fungal disease of amphibians. *Herpetological Journal*, 14:201-207.
- DINAMA. (2010). *Plan de mediano plazo 2010/2014*. (Hemisferio Sur, Eds.) (1st ed.). Montevideo, Uruguay. 118pp.
- Dodd, C. K. (2010). *Amphibian Ecology and Conservation. A handbook of techniques*. (C. K. Dodd, Ed.) (1st ed.). New York, Oxford University Press, 556pp.
- Eagles, P. F. J., McCool, S. F., & Haynes, C. D. (2002). *Sustainable Tourism in Protected Areas: Guidelines for Planning and Management*. (A. Phillips, Ed.) (1st ed.). United Nations Environment Programme, World Tourism Organization, IUCN Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 190pp.
- FREPLATA. (2004). *Análisis Diagnóstico Transfronterizo del Río de la Plata y su Frente Marítimo*. (A. Brazeiro, A. Carsen, M. Gómez, P. Himschoot, C. Lasta, J. Oribe Stemmer, et al., Eds.) (1st ed.). Montevideo, Uruguay: Proyecto de Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo PNUD/GEF/RLA/99/G31, 312pp.
- Gardner, T. A., Ribeiro-Júnior, M. A., Barlow, J., Avila-Pires, T. C., Hoogmoed, M. S., & Peres, C. A. (2007). The value of primary, secondary, and plantation forests for a neotropical herpetofauna. *Conservation Biology*, 21:775-787.
- Kiesecker, J M, Blaustein, A. R., & Belden, L. K. (2001). Complex causes of amphibian population declines. *Nature*, 410(6829):681-684.

- López, M., Fallabrino, A., & Brazeiro, A. (2005). Incorporación del Área Costero-Marina "Cerro Verde" al Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Montevideo, Uruguay: SNAP. Descargado de: <http://www.snap.gub.uy>.
- Margules, C. R., & Pressey, R. L. (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, 405:243-253.
- Myers, N. (1996). Environmental services of biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93:2764-2769.
- Parris, K. M., & Lindenmayer, D. B. (2004). Evidence that creation of a *Pinus radiata* plantation in south-eastern Australia has reduced habitat for frogs. *Acta Oecologica*, 25:93-101.
- Pimm, S., Russell, G., Gittleman, J., & Brooks, T. (1995). The Future of Biodiversity. *Science*, 269(5222):347-350.
- Reading, C. J. (2007). Linking global warming to amphibian declines through its effects on female body condition and survivorship. *Oecologia*, 15:125-131.
- Saenz, D., Fitzgerald, L. A., Baum, K. A., & Conner, R. N. (2006). Abiotic correlates of anuran calling phenology: the importance of rain, temperature, and season. *Herpetological Monographs*, 20:64-82.
- Saunders, D. L., Meeuwig, J. J., & Vincent, A. C. J. (2002). Freshwater Protected Areas: Strategies for Conservation. *Conservation Biology*, 16(1):30-41.
- Semlitsch, R. D. (2000). Size Does Matter : The Value of Small Isolated Wetlands. *National Wetlands Newsletter*, (February):5-6, 13.
- Semlitsch, R. D., & Bodie, J. R. (2003). Biological Criteria for Buffer Zones around Wetlands and Riparian Habitats for Amphibians and Reptiles. *Conservation Biology*, 17(5):1219-1228.
- SNAP. (2000). Declárase de Interés General la Creación y Gestión de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas, como Instrumento de Aplicación de las Políticas y Planes Nacionales de Protección Ambiental. Ley N° 17.234 (Uruguay), Diario Oficial 9 mar/000 - N° 25477.
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S. L., Fischman, D. L. & Waller, R. W. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306:1783-1786.
- Wake, D. B., & Vredenburg, V. T. (2008). Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians, *105*(1): 11466-11473.
- Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C., Fromentin, J. , Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F. (2002). Ecological Responses to Recent Climatic Change. *Nature*, 416(28):389-395.
- Whittaker, R. H. (1960). Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30:279-338.

PERSPECTIVAS

El inventario de anfibios de Cerro Verde elaborado a partir de los muestreos nocturnos registró 19 especies, no obstante dicho inventario no incluyó a las especies *A. siemersi*, *C. ornata*, *C. indistinctum*, *O. americanus*, *P. gracilis* y *P. bibroni*, que sí figuran en las colecciones científicas de Facultad de Ciencias y del Museo Nacional de Historia Natural. A efectos de determinar la actual situación de estas especies en el área y sus zonas aledañas, sería recomendable conducir muestreos específicos para estas especies. Principalmente de las cinco primeras, ya que *P. bibroni* se ha registrado recientemente en el área (Kolenc *et al.*, 2009; Bardier *et al.*, 2011). Los muestreos cuyo objetivo sea la detección de *A. siemersi* y *C. ornata*, deberían llevarse a cabo en bañados con abundante vegetación palustre (como el “Bañado de Santa Teresa”) para encontrar a la primera y en cuerpos de agua temporales formados sobre praderas inundables con caraguatá (*Eryngium sp.*) para la segunda (Langone, 1994). Los muestreos destinados a la búsqueda de *C. indistinctum* deberían utilizar una metodología que tuviera en cuenta los hábitos fosoriales de esta especie (Measey & Di-Bernardo, 2003). Para la búsqueda de las especies de anuros que no fueron registradas, deberían plantearse metodologías complementarias a la auditiva (p.e.: observación directa en transectas y/o uso de trampas de caída) (Scott Jr. & Woodward, 2001).

En general, sería aconsejable realizar un análisis de la situación poblacional de aquellas especies que fueron consideradas tanto prioritarias como potencialmente prioritarias para el Cerro Verde, dado que los tamaños poblacionales de estas especies podrían verse comprometidos por ciertas

amenazas presentes en el área como la presencia de *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bardier *et al.*, 2011).

Desde el punto de vista de los patrones de actividad reproductiva, sería interesante realizar un estudio similar al realizado para los patrones espaciales pero redefiniendo algunos de los descriptores. Por ejemplo, no hubo efecto del Número de Microambientes ni pudo ser probado el efecto del Número de Tipos de Borde diferentes sobre la diversidad espacial de anfibios anuros, siendo que ambos descriptores, además del Hidroperíodo, han mostrado tener efecto sobre la misma en otros trabajos realizados en la región (Santos *et al.*, 2007; Vasconcelos *et al.*, 2009; Moreira *et al.*, 2010). Sería conveniente redefinir mejor estos dos descriptores utilizando la información disponible sobre los sitios que utilizan las especies encontradas en el área, así como también el Número de Unidades Ambientales, que presentó problemas en su definición. Este nuevo análisis podría incluir otros descriptores que hayan sido analizados en otros trabajos, como el porcentaje de vegetación en la superficie del agua o el número de tipos de vegetación deferentes en las márgenes de los cuerpos de agua (Santos *et al.*, 2007; Vasconcelos *et al.*, 2009). De esta manera se podría determinar con mayor precisión si el Hidroperíodo es el descriptor de mayor peso sobre los patrones espaciales del ensamble estudiado, si existe un efecto multifactorial o si es otro el descriptor que moldea en mayor medida estos patrones.

En cuanto a los patrones temporales de actividad reproductiva, no pudo analizarse la relación de las variables abióticas humedad, presión atmosférica, nubosidad y velocidad del viento, con estos patrones. Son pocos los trabajos en los cuales esta relación ha sido testada (Oseen & Wassersug, 2002; Prado *et al.*, 2005) y aún menos los trabajos en que alguna de estas variables afecta la fenología de los ensambles de anuros (Oseen & Wassersug, 2002). No obstante,

sería preciso conducir muestreos en los cuales estas variables sean medidas *in situ*, además de utilizar métodos estadísticos que remuevan el efecto de las multicolinealidades, para estudiar de manera más precisa el efecto de estas variables sobre la actividad temporal de este ensamble. Por otra parte, una reducción de la escala de muestreo (escala diaria, escala semanal) permitiría testar la hipótesis planteada en Canavero, *et al.* (2008, 2009). Esta sugiere que los ensambles de regiones estacionales responden a escala diaria a variaciones climáticas de corto plazo (principalmente precipitaciones), pero que a escalas mayores los patrones de actividad presentan un comportamiento sinusoidal que podría estar determinado por ciclos endógenos de las especies (Both *et al.*, 2008; Canavero *et al.*, 2008; Canavero & Arim, 2009). Por otra parte, sería importante establecer la relación causal entre la presencia de cuerpos de agua con diferentes ensambles, las distintas fenologías que presentaron y las estrategias reproductivas de las especies. Esta información podría proporcionar una explicación a la falta de ajuste del modelo sinusoidal observado en las fenologías de varios cuerpos de agua.

Finalmente, sería importante monitorear las poblaciones de anfibios de Cerro Verde luego de la implementación de las medidas propuestas. Además de monitorear los tamaños poblacionales, también sería útil analizar el grado de infección de las especies por parte de *Batrachochytrium dendrobatidis*. De esta manera se podría determinar si es necesario aplicar medidas de mitigación tales como la cría *ex situ* de aquellas especies más afectadas o la desinfección de larvas *in situ* (Dodd, 2010). Como medida general, se sugiere incluir en futuros estudios (ya sea relevamientos de especies, análisis de patrones de actividad reproductiva o análisis de la relevancia de cuerpos de agua), una mayor cantidad de cuerpos de agua del área de Cerro Verde, especialmente aquellos

pertenecientes a la porción sur del área que no pudieron ser incluidos en el presente estudio.

Bibliografía

- Bardier, C., Ghirardi, R., Levy, M., & Maneyro, R. (2011). First case of chytridiomycosis in an adult specimen of a native anuran from Uruguay. *Herpetological Review*, 42(1):65-66.
- Both, C., Kaefer, I. L., Santos, T. G., & Cechin, S. T. Z. (2008). An austral anuran assemblage in the Neotropics: seasonal occurrence correlated with photoperiod. *Journal of Natural History*, 42:205-222.
- Canavero, A., & Arim, M. (2009). Clues supporting photoperiod as the main determinant of seasonal variation in amphibian activity. *Journal of Natural History*, 43:2975-2984.
- Canavero, A., Arim, M., & Brazeiro, A. (2009). Geographic variations of seasonality and coexistence in communities : The role of diversity and climate. *Austral Ecology*, 34(7):741-750.
- Canavero, A., Arim, M., Naya, D. E., Camargo, A., da Rosa, I. & Maneyro, R. (2008). Calling activity patterns in an anuran assemblage: the role of seasonal trends and weather determinants. *North-Western Journal of Zoology*, 4(1):29-41.
- Dodd, C. K. (2010). *Amphibian Ecology and Conservation. A handbook of techniques*. (C. K. Dodd, Ed.) (1st ed.). New York, Oxford University Press, 556pp.
- Kolenc, F., Borteiro, C., Baldo, D., Ferraro, D. P., & Prigioni, C. (2009). The tadpoles and advertisement calls of *Pleurodema bibroni* Tschudi and *Pleurodema kriegi* (Müller), with notes on their geographic distribution. *Zootaxa*, 1969:1- 35.
- Langone, J. A. (1994). *Ranas y Sapos del Uruguay (Reconocimiento y aspectos biológicos)*. (Museo Dámaso Antonio Larrañaga, Eds.) (Serie de D.). Montevideo: Servicio de Divulgación Científica de la Intendencia Municipal de Montevideo, 123pp.
- Measey, J., & Di-Bernardo, M. (2003). Estimating juvenile abundance in a population of the semiaquatic caecilian, *Chthonerpeton indistinctum* (Amphibia: Gymnophiona: Typhlonectidae), in southern Brazil. *Journal of Herpetology*, 37(2):371-373.
- Moreira, L. B. F., Machado, I. F., Garcia, T. V., & Maltchik, L. (2010). Factors influencing anuran distribution in coastal dune wetlands in southern Brazil. *Journal of Natural History*, 44(June):1493-1507.
- Oseen, K. L., & Wassersug, R. J. (2002). Environmental factors influencing calling in sympatric anurans. *Oecologia*, 133:616-625.
- Prado, C. P. D. A., Uetanabaro, M., & Haddad, Célio F. B. (2005). Breeding activity patterns, reproductive modes, and habitat use by anurans (Amphibia) in a seasonal environment in the Pantanal , Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 26:211-221.
- Santos, T. G. D., Rossa-Feres, D. D. C., & Casatti, L. (2007). Diversidade e distribuição espaço-temporal de anuros em região com pronunciada estação seca no sudeste do Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 97(1):37-49.
- Scott Jr., N. J., & Woodward, B. D. (2001). Relevamientos de lugares de reproducción. In W. R. Heyer, M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L.-A. C.

Hayek, & M. S. Foster (Eds.), *Medición y monitoreo de la diversidad biológica - Métodos estandarizados para Anfibos* (2nd ed.). Chubut, Argentina: Smithsonian Institution Press, Editorial Universitaria de la Patagonia, 113-120pp.

Vasconcelos, T.S., Santos, T.G., Rossa-Feres, D. C., & Haddad, C.F.B. (2009). Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology*, 87(8):699-707.

ANEXO 1

Principales características de los 16 cuerpos de agua del área de estudio. CDA indica el nombre de los cuerpos de agua. El asterisco marca aquellos cuerpos de agua muestreados que estuvieron fuera del Padrón del Cerro Verde. El Hidroperíodo de los cuerpos de agua se calculó como frecuencia de permanencia de agua: $H = n^{\circ}$ de muestreos con agua/ n° total de muestreos. Los rangos para el Hidroperíodo fueron establecidos de la siguiente manera: Temporal de corta duración ($0,25 \geq H > 0$), Temporal de larga duración ($0,50 \geq H > 0,25$), Semipermanente ($0,75 \geq H > 0,50$) y Permanente ($1 \geq H > 0,75$). P: pradera, B: barro, J: juncos (*Scirpus* spp.), GHPP: gramíneas y/o herbáceas de pequeño porte (p.e.:Cyperaceae, Onagraceae), A: arena, C: caragatál (*Eryngium* spp.), TS: tierra seca, ARB: arbustos (*Acacia longifolia*), GVE: gramíneas y/u otra vegetación elevada (*Solanum* spp., *Rhynchospora* spp.), EA: espejo de agua, VFE: vegetación flotante y/o emergente (p.e: *Azolla* spp., *Salvinia* spp., *Nimphoides* spp.), ME: monte exótico (*Pinus* spp, *Eucaliptus* spp), D: duna, U: urbanización.

CDA	Coordenadas	Hidroperíodo	Área (m2)	Tipos de borde	Microambientes en el interior del cuerpo de agua	Unidades ambientales alrededor del cuerpo de agua
0	S 33° 54' 40,30" W 53° 31' 8,10"	Semipermanente	360,00	P, B, J, GHPP	EA, VFE, J, GVE	P, ME, C
1	S 33° 56' 46,80" W 53° 30' 59,80"	Temporal larga duración	238,42	P, B, GHPP, A	EA, GHPP	P, ME, D
2	S 33° 56' 48,38" W 53° 30' 59,10"	Temporal corta duración	181,76	P, GHPP	EA, GHPP	P, ME
3	S 33° 56' 49,40" W 53° 31' 04,00"	Temporal corta duración	1297,33	P, B, GHPP, A	EA, GHPP	P, ME, D
4	S 33° 56' 05,10" W 53° 30' 41,90"	Temporal corta duración	1506,00	P, B, GHPP, A, C	GVE	P, ME, D
6*	S 33° 54' 33,72" W 53° 30' 57,34"	Permanente	1457,50	P, B, TS	EA, VFE, J	P, ME
7	S 33° 55' 22,59" W 53° 30' 42,94"	Permanente	94,00	P, GHPP, A	EA, J	P, ME, D
10	S 33° 55' 38,30" W 53° 31' 46,40"	Permanente	1972,00	P, B, C	EA, VFE, C	P, ME, C
11	S 33° 55' 51,40" W 53° 31' 25,20"	Temporal larga duración	607,20	P, GHPP, A, ARB	EA, GHPP	P, ME, D
14	S 33° 54' 53,30" W 53° 31' 43,40"	Semipermanente	681,00	P, B, GHPP	EA, C	P
15	S 33° 54' 54,80" W 53° 31' 41,30"	Semipermanente	275,00	P, A	EA, VFE	P, ME
16*	S 33° 54' 26,20" W 53° 30' 54,90"	Permanente	884,00	P, B, GHPP, J, GVE	EA, VFE	P, ME, U
17*	S 33° 54' 02,80" W 53° 30' 43,60"	Permanente	1996,44	P, B, GHPP	EA, VFE, GHPP	P, U
18	S 33° 55' 00,20" W 53° 30' 45,90"	Temporal corta duración	98,49	P, GHPP, A	EA, GVE, GHPP	P, D
laguna*	S 33° 55' 1,39" W 53° 31' 56,50"	Permanente	8581,00	P, B, J, C, TS	EA, VFE	P, U
tajamar	S 33° 55' 24,10" W 53° 32' 00,00"	Permanente	1347,00	P, B, C, TS	EA, VFE	P

ANEXO 2

Se detallan las 19 especies encontradas en el Cerro Verde durante los muestreos nocturnos realizados entre octubre de 2007 y junio de 2009.

LISTADO DE ESPECIES
Familia Bufonidae
<i>Rhinella dorbignyi</i> (Duméril & Bibron, 1841)
<i>Rhinella arenarum</i> (Hensel, 1867)
<i>Melanophryniscus montevidensis</i> (Philippi, 1902)
Familia Cycloramphidae
<i>Odontophrynus maisuma</i> Rosset, 2008
Familia Hylidae
<i>Dendropsophus sanborni</i> (Schmidt, 1944)
<i>Hypsiboas pulchellus</i> (Duméril & Bibron, 1841)
<i>Pseudis minutus</i> Günther, 1858
<i>Scinax berthae</i> (Barrio, 1962)
<i>Scinax granulatus</i> (Peters, 1871)
<i>Scinax squalirostris</i> (Lutz, 1925)
Familia Leiuperidae
<i>Physalaemus biligonigerus</i> (Cope, 1861)
<i>Physalaemus henselii</i> (Peters, 1872)
<i>Physalaemus riograndensis</i> Milstead, 1960
<i>Pseudopaludicola falcipes</i> (Hensel, 1867)
Familia Leptodactylidae
<i>Leptodactylus gracilis</i> (Duméril & Bibron, 1841)
<i>Leptodactylus latinasus</i> Jiménez de la Espada, 1875
<i>Leptodactylus mystacinus</i> (Burmeister, 1861)
<i>Leptodactylus latrans</i> (Linnaeus, 1758)
Familia Microhylidae
<i>Elachistocleis bicolor</i> (Guérin Méneville, 1838)

ANEXO 3



Figura A. 1: *Rhinella dorbignyi*, 2: *Rhinella arenarum*, 3 y 4: *Melanophryniscus montevidensis* (vista dorsal y ventral respectivamente), 5: *Odontophrynus maisuma* y 6: *Dendropsophus sanborni*. Todas las fotografías fueron tomadas por Cecilia Bardier.



Figura B. 1 y 2: *Hypsiboas pulchellus* (especímenes verde y marrón respectivamente), 3: *Pseudis minutus*, 4: *Scinax berthae*, 5: *Scinax granulatus* y 6: *Scinax squalirostris*. Todas las fotografías fueron tomadas por Cecilia Bardier, excepto 4 (tomada por Axel Kwet).



Figura C. 1: *Physalaemus biligonigerus*, 2: *Physalaemus henselii*, 3 y 4: *Physalaemus riograndensis* (vista dorsal y ventral respectivamente), 5: *Pseudopaludicola falcipes* y 6: *Leptodactylus gracilis*. Todas las fotografías fueron tomadas por Cecilia Bardier, excepto 6 (tomada por Raúl Maneyro).



Figura D. 1: *Leptodactylus latinasus*, 2: *Leptodactylus mystacinus*, 3: *Leptodactylus latrans* y 4: *Elachistocleis bicolor*. Todas las fotografías fueron tomadas por Cecilia Bardier, excepto 2 (tomada por Raúl Maneyro).

——, M. D. McLEAN, AND S. BUCHANAN. 2009. Oviposition in northern clade *B. fowleri*: implications for conservation. *Appl. Herpetol.* 6:343–353.

WELDON, C., L. H. DU PREZZ, A. D. HYATT, R. MULLER, AND R. SPEARE. 2004. Origin of the amphibian chytrid fungus. *Emerg. Infect. Dis.* 10:2100–2105.

YOUNG, S., L. BERGER, AND R. SPEARE. 2007. Amphibian chytridiomycosis: strategies for captive management and conservation. *Int. Zool. Yb.* 41:85–95.

ZAR, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 663 pp.

Herpetological Review, 2011, 42(1), 65–66.
© 2011 by Society for the Study of Amphibians and Reptiles

First Case of Chytridiomycosis in an Adult Specimen of a Native Anuran from Uruguay

In Uruguay, the amphibian chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*) was first detected by Mazzoni et al. (2003). They reported chytridiomycosis in a captive population of *Lithobates catesbeianus* (Anura, Ranidae) which suffered a massive death of metamorphs at a commercial farm. Later, Garner et al. (2006) also confirmed the presence of *Bd* at the same farm and in a new one. Subsequently, Borteiro et al. (2009) found *Bd* by histological analysis in the oral epithelium of native wild species larvae: *Odontophrynus matsuma* (Anura, Cycloramphidae), *Physalaemus henselii* (Anura, Leiuperidae), *Hypsiboas pulchellus* and *Scinax squalirostris* (Anura, Hylidae).

We sampled native, wild amphibians for *Bd* in June 2009 at the Cerro Verde Protected Area, Rocha Department, Uruguay (33.945833°S, 53.508611°W) (Fig. 1). This area is characterized by humid subtropical climate (average temperature 16°C, annual rainfall 950 mm) and an ocean coastline with dunes (20–30 m elevation) and plains (Alonso and Bassagoda 2003). During nighttime sampling, *Pleurodema bibroni* were heard calling at a temporary pond of a coastal meadow. One frog was collected as a voucher specimen of the survey and another individual was collected under suspicion of being infected by *Bd* because it possessed some lesions on the skin (two ulcerations: on right side and dorsum, as described by Berger et al. 2005). Both specimens were taken to the laboratory and the injured frog died a few days later. Both were deposited at Vertebrate Zoology Collection, Facultad de Ciencias, Universidad de la República (ZVC-B 19776, ZVC-B 19775).

To assess the presence of *Bd* in both frogs, skin of the underside of the legs, interdigital membrane of feet, and drink patch was comprehensively swabbed (10 times ea.). Each swab was broken off into an empty Eppendorf tube, and then analyzed

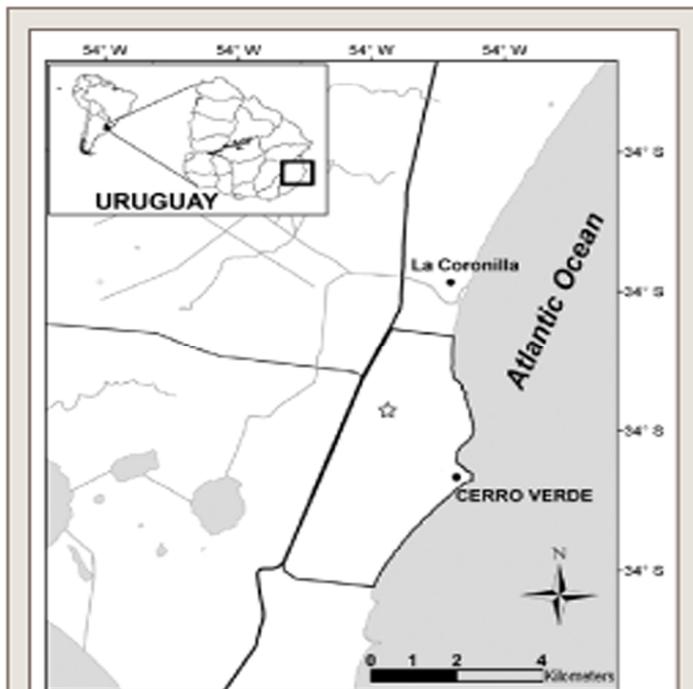


FIG. 1. Location of the Cerro Verde Protected Area, Rocha Department, Uruguay, where *Batrachochytrium dendrobatidis* was detected on *Pleurodema bibroni* (star).

CECILIA BARDIER

Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias (Udelar) Igud 4225 (11400), Montevideo, Uruguay
e-mail: ceciliabardier@gmail.com

ROMINA GHIRARDI

Instituto Nacional de Limnología (INAL-CONICET-UNL)
Ciudad Universitaria, Paraje El Pozo (3000)
Santa Fe, Argentina
and

Instituto de Botánica Spegazzini (FCNyM-UNLP)

Calle 53 N° 477 (1900), La Plata, Buenos Aires, Argentina
e-mail: rghirardi@inl.unl.edu.ar

MICHAEL LEVY

Department of Population Health and Pathobiology
North Carolina State University, College of Veterinary Medicine
Raleigh, North Carolina 27606, USA
e-mail: mglevy@ncsu.edu

RAÚL MANEYRO

Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias (Udelar) Igud 4225 (11400), Montevideo, Uruguay
e-mail: maneyro@fcien.edu.uy

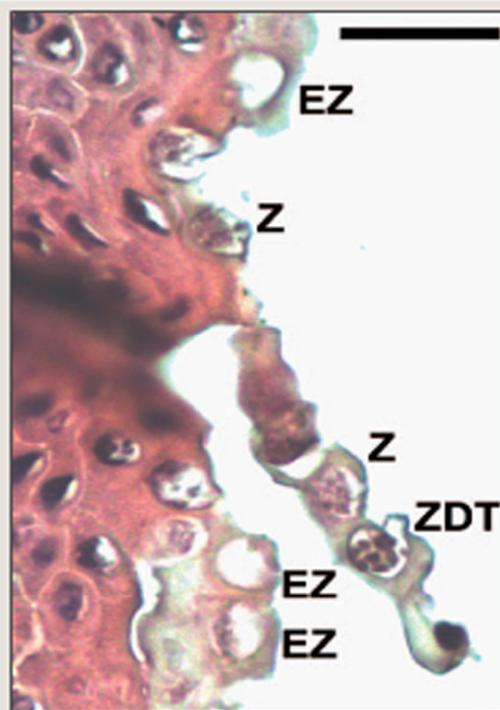


FIG. 2. Skin section of *Pleurodema bibroni* (ZVC-B 19775), collected from Cerro Verde Protected Area, Rocha Department, Uruguay, showing empty *Batrachochytrium dendrobatidis* zoosporangium (EZ) and zoosporangium containing zoospores (Z), one with a discharge tube (DT). Scale bar: 20µm.

for the presence of *Bd* DNA using qPCR (Boyle et al. 2004). *Bd* infection was also analyzed histologically. Abdominal and hind limb ventral skin patches (~5 × 10 mm) and two toe tips were excised from the anurans and routinely processed for histological examination following Berger et al. (1999).

Both analyses (qPCR and histology) were *Bd*-positive only for the apparently healthy specimen. Zoospores and zoosporangia at different stages were found at multiple sections of toe tips and hind limb of the infected individual, and some degree of hyperkeratosis at the sections from hind limbs of the specimen was found (Fig. 2).

This is the first record of *Bd* in an adult native wild-caught amphibian in Uruguay, and the first report of *Bd* infection for *Pleurodema bibroni*. This frog is considered Near Threatened by the IUCN Red List (IUCN 2006) and is Threatened at a country level for Uruguay (Maneyro and Langone 2001; Canavero et al. 2010). The pathogen was detected 100 km northeast of the nearest record in Uruguay (Bortolero et al. 2009) inside a Protected Area, which is both alarming and suggests that measures for control and prevention of human-mediated *Bd* dispersal warrant consideration. This is particularly important because populations of other native species in the area, such as *Melanophryniscus montevidensis* (Núñez et al. 2004), may be at risk (IUCN RED LIST: Vulnerable; IUCN 2006).

Acknowledgments.—We thank M. Bessonart and F. Féola from the Facultad de Ciencias for their support for histological analysis at the Estación Experimental de Investigaciones Marinas y Acuicultura, K. Gore and M. Perdue for molecular analysis, F. Gallego for graphical assistance, and I. Berro and A. Garcia for invaluable help during field surveys.

Resumen.—En Uruguay la infección causada por *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*) había sido detectada en *Lithobates catesbeianus* de criaderos comerciales y en larvas silvestres de especies autóctonas, pero no había sido confirmada aún en ejemplares adultos de ninguna especie nativa. En junio de 2009 se colectaron dos machos adultos silvestres de *Pleurodema bibroni* en el Cerro Verde (33.935°S, 53.5070556°W, Rocha, Uruguay), se les tomaron muestras para análisis de ADN (qPCR) para detectar *Bd*. Uno de ellos resultó positivo y el análisis histológico de la piel del ejemplar también confirmó la infección. Por tanto se diagnostica por primera vez la infección por *Bd* en adultos silvestres de esta especie en Uruguay, que además está considerada como *Amenazada* a nivel nacional y *Near Threatened* para la IUCN.

LITERATURE CITED

- ALONSO, E., AND M. BASSAGODA. 2003. Relevamiento de la flora y comunidades vegetales del Cerro Verde, Rocha, Uruguay. Comunicaciones Botánicas. Museo Nacional de Historia Natural y Antropología 127:1–20.
- BERGER, L., A. D. HYATT, B. SPEARE, J. E. LONGCORE. 2005. Life cycle stages of the amphibian chytrid *Batrachochytrium dendrobatidis*. *Dis. Aquat. Org.* 68(1):51–63.
- , R. SPEARE, AND A. KENT. 1999. Diagnosis of chytridiomycosis in amphibians by histologic examination. Available at: <http://www.jcu.edu.au/school/phtm/PHTM/frogs/histo/chhisto.htm>.
- BORTOLERO, C., J. CRUZ, E. KOLENC, AND A. ARAMBURU. 2009. Chytridiomycosis in frogs from Uruguay. *Dis. Aquat. Org.* 84:159–162.
- BOYLE, D. G., D. B. BOYLE, V. OLSEN, J. A. T. MORGAN, AND A. D. HYATT. 2004. Rapid quantitative detection of chytridiomycosis (*Batrachochytrium dendrobatidis*) in amphibian samples using real-time Taqman PCR assay. *Dis. Aquat. Org.* 60(2):141–148.
- CANAVERO, A., S. CARRERA, J. A. LANGONE, E. ACHAUAL, C. BORTOLERO, A. CAMARGO, I. DA ROSA, A. ESTRADES, A. FALLARINO, E. KOLENC, M. M. LÓPEZ-MENDILAHARSU, R. MANEYRO, M. MENDIGHEL, D. NUÑEZ, C. M. PEREZONI, AND L. ZIEGLER. 2010. Red list of the amphibians and reptiles of Uruguay. *Iheringia (Ser. Zool.)* 100:5–12.
- GARNER, T. W., M. W. PERKINS, P. GOVINDARAJULU, D. SEGLE, S. WALKER, A. A. CUNNINGHAM, AND M. C. FISHER. 2006. The emerging amphibian pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* globally infects introduced populations of North American bullfrog, *Rana catesbeiana*. *Biol. Lett.* 2:455–459.
- IUCN, CONSERVATION INTERNATIONAL AND NATURESERVE. 2006. Global Amphibian Assessment. Available at: www.globalamphibians.org. Accessed 28 July 2009.
- MANEYRO, R., AND J. A. LANGONE. 2001. Categorización de los anfibios del Uruguay. *Cuad. Herpetol.* 15(2):107–118.
- MAZZONI, R., A. A. CUNNINGHAM, P. DASZAK, A. AFOLD, E. PERDOMO, AND G. SPIRUZZA. 2003. Emerging pathogen of amphibians in frogs (*Rana catesbeiana*) farmed for international trade. *Emerg. Infect. Dis.* 9:995–998.
- NUÑEZ, D., R. MANEYRO, J. A. LANGONE, AND R. O. DE SA. 2004. Distribución geográfica de la fauna de anfibios del Uruguay. *Smithson. Herpetol. Infor. Serv.* 134:1–36.