

TESINA PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIADA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

RELACIÓN ENTRE LOS PATRONES DE VOCALIZACIÓN Y VARIABLES ABIÓTICAS EN DOS ENSAMBLES DE ANUROS DEL URUGUAY



Fotos: Raúl Maneyro

Paulina Cerruti
Orientador: Dr. Raúl Maneyro
Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales
Laboratorio de Sistemática e Historia Natural de Vertebrados
Tribunal: Dr. José C. Guerrero, MSc. Gisela Pereira y Dr. Raúl Maneyro
Abril 2018

TABLA DE CONTENIDO

Agradecimientos.....	3
Resumen.....	4
Abstract.....	5
Introducción.....	6
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos.....	11
Hipótesis.....	11
Predicciones.....	11
Material y métodos.....	12
Sitio de estudio.....	12
Recolección de datos.....	12
Análisis de datos.....	13
Resultados.....	14
Ensamble de Rocha.....	15
Ensamble de Lavalleja.....	17
Discusión.....	19
Diferencias espaciales y temporales.....	19
Riqueza de especies y variables abióticas.....	21
Abundancia y variables abióticas.....	22
Conclusiones.....	27
Perspectivas.....	28
Bibliografía.....	30
Anexo: Tablas.....	38

Agradecimientos

A Raúl, por escucharme y presentarme esta posibilidad, por su atención y su guía y por su constante buena onda.

A Santiago Carreira, por facilitarme los datos para poder realizar este trabajo.

A Joaquín Villamil, por ofrecerse a ayudarme y regalarme parte de su tiempo.

A Jose, por ser tremenda motivadora y la mejor compañera de estudio, haciendo el encare mucho más feliz.

A Martu, por estar siempre dispuesta a ayudarme en lo que necesitara y acompañarme alegrándome y sosteniéndome en cada parte del proceso.

A Guille, por su ayuda y su apoyo.

A mi padre y a mi madre, por inculcarme el amor a la naturaleza y darme para adelante siempre en lo que quise hacer.

A toda mi gente, por todo su amor.

Resumen

Por ser animales ectotermos, es esperable que muchas de las actividades de los anuros estén determinadas ampliamente por los factores externos. Cada especie dentro de una comunidad puede responder a diferentes combinaciones de variables ambientales principalmente en función de sus patrones de actividad y estrategias reproductivas (explosiva, prolongada o intermedia). El objetivo de este estudio fue conocer la relación entre el patrón de vocalización de los machos en dos ensambles de anuros, y algunas variables abióticas, a escala diaria, a través de un método de registro no invasivo. Se planteó como hipótesis que la actividad de vocalización en los ensambles está determinada por variables abióticas, que afectan de forma diferencial a cada especie. Se trabajó con dos ensambles reproductivos de ambientes forestales: uno de ellos ubicado en el departamento de Lavalleja y otro en el departamento de Rocha (Uruguay). Los datos fueron tomados durante un período de 31 días en primavera mediante la utilización de un grabador automático *FrogloggerModel SE*. Se registraron las vocalizaciones diarias de los machos y se utilizaron tres categorías para clasificar la abundancia de cada especie en cada día. Los datos abióticos de precipitación, presión atmosférica, humedad y temperatura, fueron solicitados a INUMET y el fotoperíodo fue tomado de la página web: tutiempo.net. Excepto por la presión atmosférica, todas las variables analizadas estuvieron relacionadas con la abundancia de algunas de las especies registradas; y esta relación fue diferente para cada especie. La cantidad de individuos de las especies que cantan principalmente en los meses cálidos se correlacionó positivamente con la temperatura y/o con el fotoperíodo, lo cual no sucedió con las especies que vocalizan a lo largo de todo el año. Por otro lado, la abundancia de las especies que no presentan un patrón de reproducción explosiva no estuvo positivamente correlacionada con las precipitaciones. Se concluye que a escala diaria existen diferencias en las respuestas de las especies a las variables abióticas, ligadas a los patrones anuales de actividad reproductiva y a las estrategias de reproducción de cada especie.

Abstract

Due to their ectothermic condition, it is expected for many of anurans activities to be determined largely by external factors. Each species within a community can respond to different combinations of environmental variables mainly based on their activity patterns and reproductive strategies (explosive, prolonged or intermediate). The objective of this study was to know the relationship between the vocalization pattern of males in two assemblages of anurans, and some abiotic variables, on a daily scale, through a non-invasive recording method. It was hypothesized that the vocalization activity in the ensembles is determined by abiotic variables, which affect each species differentially. The study was carried out in two reproductive ensembles of forest environments: one of them located in the department of Lavalleja and the other in the department of Rocha (Uruguay). The data were taken during a period of 31 days in spring by using an automatic recorder *FrogloggerModel SE*. The daily vocalizations of the males were recorded and three categories were used to classify the abundance of each species in each day. The abiotic data of precipitation, atmospheric pressure, humidity and temperature, were requested to INUMET and the photoperiod was taken from the website: tutiempo.net. Except for atmospheric pressure, all the variables analyzed were related to the abundance of some of the registered species; and this relationship was different for each species. The number of individuals of the species that sing mainly in the warm months correlated positively with the temperature and/or the photoperiod, which did not happen with the species that vocalize throughout the year. On the other hand, the abundance of species that do not show a pattern of explosive reproduction was not positively correlated with rainfall. It is concluded that on a daily scale there are differences in the responses of the species to the abiotic variables, linked to the annual patterns of reproductive activity and to the reproduction strategies of each species.

Introducción

Por ser animales ectotermos es esperable que muchas de las actividades de los anuros estén determinadas ampliamente por los factores externos (Duellman & Trueb, 1994). El comportamiento reproductivo de los anuros está determinado por sus características propias, por las interacciones ecológicas de las que participan, y también por las características del ambiente en que se encuentran (Duellman & Trueb, 1994). De hecho, a causa de su condición ectotérmica existe una opinión generalizada de que los factores abióticos son tan influyentes en la actividad reproductiva como los factores bióticos (Blair, 1960, 1961; Blankenhorn, 1972; Obert, 1975). Los factores abióticos que suelen incidir en dicha actividad pueden ser climáticos o variables físicas de su ambiente (Duellman & Trueb, 1994). Entre las variables vinculadas al clima más comúnmente estudiadas se encuentran las precipitaciones, temperatura, humedad del aire y la presión atmosférica (Both et al., 2008; Canelas & Bertoluci, 2007; Duellman & Trueb, 1994; Hatano et al., 2002; Maneyro, 2008; Saenz et al., 2006).

La mayoría de los anuros realizan vocalizaciones con el fin de posibilitar el apareamiento. Son generalmente los machos los que producen un “canto de advertencia”, que sirve para identificar la especie, el sexo, el estado reproductivo, y la localización del individuo, teniendo la doble función de establecer territorios y atraer hembras (Stebbins & Cohen, 1995). Estos sonidos son generalmente realizados al hacer pasar

aire desde los pulmones por sobre las cuerdas vocales en la laringe y hacia un saco o sacos en la región de la garganta, el cual modifica y amplifica el sonido (Stebbins & Cohen, 1995). Las cualidades resonantes del saco inflado vibrando ayudan a transferir la energía sonora desde los animales hacia la atmósfera, y algunas veces hacia el agua y/o a la tierra (Stebbins & Cohen, 1995).

Los ciclos reproductivos de las especies de anuros que viven en regiones templadas suelen tener una dinámica estacional (Both et al., 2008; Duellman & Trueb, 1994; Saenz et al., 2006). Dado que en estas regiones la temperatura varía en función de las estaciones, cabe esperar que la actividad reproductiva de las especies se relacione con esta variable (Duellman & Trueb, 1994; Pombal, 1997; Saenz et al., 2006). Por el contrario, en las especies que viven en ambientes tropicales, se ha encontrado que la variable abiótica con un mayor poder estructurador es la lluvia (Aichinger, 1987). En este tipo de ambientes, donde la temperatura es más constante, las especies se reproducen principalmente durante los meses lluviosos (Donnelly & Guyer, 1994).

Sin embargo, cada especie en una comunidad de anuros puede responder a diferentes combinaciones de variables ambientales (Bertoluci, 1998; Moreira & Lima, 1991; Oseen & Wassersug, 2002; Saenz et al., 2006; Salvador & Carrascal, 1990); lo cual puede deberse a diferentes razones, entre ellas la estrategia de reproducción de cada especie (explosiva, prolongada o intermedia) (Bertoluci, 1998; Bevier,

1997; Oseen & Wassersug, 2002; Saenz et al., 2006). Estas variaciones son apreciables en las diferentes escalas temporales (anual, mensual, diaria u horaria).

Se ha encontrado que en algunos casos la respuesta de los anuros a las variables abióticas puede darse entre la actividad de vocalización y las variables registradas previamente (Blankenhorn, 1972; Saenz et al., 2006) o posteriormente (Camargo et al., 2005). Se ha sugerido que esto puede deberse a las consecuencias posteriores que ciertas variables tienen sobre el ambiente (Blankenhorn, 1972; Saenz et al., 2006), al tiempo en que les lleva a los individuos migrar a los charcos reproductivos (Blankenhorn, 1972) o a mecanismos internos que moldeen patrones temporales de actividad (Camargo et al., 2005).

A una escala diaria, se ha encontrado que las especies con reproducción explosiva presentan una mayor respuesta a los factores abióticos (principalmente fotoperíodo, temperatura y precipitaciones) que los reproductores prolongados (Blankenhorn, 1972; Saenz et al., 2006). Además, dado que la lluvia actúa como estímulo para el comienzo del evento reproductivo de las especies con reproducción explosiva (Maneyro & Carreira, 2012; Kwet & Miranda, 2001) el registro de éstas tiende a presentar una asociación a escala diaria con las precipitaciones (Maneyro, 2008).

Las especies también difieren en sus respuestas a los factores exógenos en función de su patrón temporal de reproducción, del momento

de la temporada reproductiva, del sitio en donde se reproducen (charcos temporales o permanentes) y de las características ecológicas relacionadas a la reproducción (Oseen & Wassersug, 2002). A raíz de estas diferencias se han propuesto diferentes explicaciones sobre las respuestas de los anuros a muchas de las variables abióticas (Oseen & Wassersug, 2002; Saenz et al., 2006).

Se ha estudiado que en los animales ectotermos, la temperatura influye tanto en la producción (Blair, 1958; Navas, 1996; Zweifel, 1968) como en la recepción (Stiebler & Narins, 1990; van Dijk et al., 1990) de señales acústicas. En anuros, esto puede deberse a los cambios que la temperatura provoca sobre los órganos especializados para la recepción del sonido (Narins, 2001), a ajustes en la tasa metabólica, o a cambios en la bioquímica del músculo esquelético (Jones & Sidell, 1982) o en las funciones neuro-musculares (Navas, 1996).

Por otro lado, la disponibilidad de agua en el ambiente tiene efectos diferentes en las especies según el sitio que estas utilicen para su reproducción (Dayton & Fitzgerald, 2001; Saenz et al., 2006; Varela, 2016). Las especies que se reproducen en cuerpos de agua inestables, por lo general son más susceptibles a las condiciones climáticas que aquellas especies que utilizan charcos permanentes (Kopp & Eterovick, 2006). A una escala diaria algunos autores han sugerido que las especies que se reproducen en charcos permanentes tienen una menor

dependencia respecto a las precipitaciones que las especies que se reproducen en sitios efímeros (Saenz et al., 2006).

Estudios sobre la relación entre la vocalización de anuros y variables abióticas realizados previamente en Uruguay, proponen al fotoperíodo como la variable más determinante de la actividad de vocalización en los anuros a una escala mensual; y a la temperatura y a las precipitaciones como variables menos influyentes (Canavero et al., 2008; Canavero & Arim, 2009).

Según Maneyro, (2008), se podría esperar un aumento de la importancia de los factores abióticos en la actividad de vocalización al disminuir la escala de observación. Las características fisiológicas de los anuros (como la permeabilidad de la piel y el desarrollo larval dependiente de la humedad), obligan a estas especies a responder con su actividad diaria a los cambios en la temperatura y en las precipitaciones (Stebbins & Cohen, 1995). A escala diaria, en Uruguay, se ha encontrado a la presión atmosférica como una variable muy influyente en la actividad de vocalización de los anuros (Maneyro, 2008).

Teniendo en cuenta que la mayoría de los anuros de zonas templadas se reproducen durante un período de tiempo relativamente corto en primavera y verano y que muchas especies se hacen activas poco después del ocaso (Canavero et al., 2008; Cardoso & Martins, 1987; Pombal, 1977), es recomendable que los datos para estudios basados en cantos de anuros en Uruguay se tomen en estos momentos.

Objetivo general: Estudiar la relación entre el patrón de vocalización de dos ensambles de anuros y algunas variables abióticas a una escala diaria, mediante la utilización de un método de registro no invasivo.

Objetivos específicos:

- 1) Analizar la composición diaria de los ensambles a nivel de especies y sus respectivas abundancias relativas, mediante la identificación acústica de sus vocalizaciones.
- 2) Relacionar la riqueza y la abundancia de especies de cada sitio con las variables abióticas registradas para cada día.

Hipótesis: La actividad de vocalización en los ensambles de anuros está determinada por variables abióticas, que afectan de forma diferencial a cada especie.

Predicciones:

- a- Se encontrarán diferencias en las respuestas de las especies a las variables abióticas ligadas a los patrones y estrategias reproductivas de cada especie.
- b- En las especies que cantan principalmente durante el verano, la actividad de vocalización se correlacionará significativamente y positivamente con

la temperatura y el fotoperíodo, lo cual no sucederá para las especies que cantan durante todo el año.

- c- El registro de las especies con reproducción explosiva presentará una asociación positiva a escala diaria con las precipitaciones, lo cual no sucederá para las especies con reproducción prolongada o estacional.

Material y métodos

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo con dos ensambles reproductivos de ambientes forestales: uno de ellos ubicado en el departamento de Lavalleja y otro en el departamento de Rocha (Uruguay). Debido a que los datos fueron obtenidos en el marco de trabajos técnicos relacionados con la gestión ambiental de los sitios forestados, se solicitó mantener en reserva la localización precisa de los lugares de muestreo.

Recolección de datos

Los datos fueron tomados desde el 17 de setiembre de 2015 hasta el 17 de octubre de 2015. Para medir los parámetros comunitarios se utilizaron las vocalizaciones de los machos, registradas mediante grabaciones diarias. Se utilizó un grabador *FrogloggerModel SE*, que se

prendía automáticamente todos los días en el mismo horario durante 5 minutos (entre las 21:30 y las 21:35 horas). A partir de los cantos registrados en estas grabaciones se procedió a identificar las especies que estuvieron activas y se realizó una estimación de la abundancia (Bridges & Dorcas, 2000). Para esto se siguió el esquema de categorización numérico recomendado por el Programa de Monitoreo para los anfibios de América del Norte (NAAMP, North American Amphibian Monitoring Program) (Bridges & Dorcas, 2000), cuyos valores pueden alcanzar tres estados: 1) cuando se escuche un solo individuo cantando, 2) cuando sea posible identificar entre dos y tres individuos y 3) cuando el número de individuos cantando sea superior o igual a cuatro. Por otro lado se solicitó al Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET), los datos de precipitación (mm), presión atmosférica (hPa) y temperatura (°C) para el departamento de Rocha y los datos de precipitación (mm) para Lavalleja (por ser éstos los únicos disponibles), registrados en ese período de tiempo (Tabla 1). Los datos de fotoperíodo (h) fueron tomados de la página web: tutiempo.net (Tabla 1).

Análisis de datos

Se analizó la fluctuación de la riqueza y la abundancia relativa de las especies halladas en actividad de vocalización en cada ensamble y se comparó con la variación de algunas variables abióticas. Para conocer las relaciones entre la riqueza y las variables abióticas se realizaron

regresiones lineales simples y múltiples. Previo a esto se realizaron análisis de correlación entre las variables abióticas, con el fin de evaluar la colinealidad entre las variables independientes. Se utilizó el criterio de información de Akaike para identificar el modelo de regresión múltiple más parsimonioso en cada caso, en base a lo cual se realizaron regresiones lineales para evaluar la significancia de dichos modelos. Para analizar las relaciones entre las abundancias de las especies y las variables abióticas se utilizó el Test de correlación de Spearman, debido a que la abundancia se trabajó como una variable categórica. En todos los casos, se analizó la relación entre el patrón de vocalización registrado con las variables abióticas registradas el mismo día (t), uno (t-1) y dos (t-2) días antes, y uno (t+1) y dos (t+2) días después; con el fin de obtener más datos para analizar las posibles causas a las relaciones encontradas. Todos los análisis estadísticos fueron realizados mediante el Paquete Base de R (R CoreTeam, 2016).

Resultados

Durante el período de muestreo se registraron en total seis especies en actividad de vocalización, pertenecientes a las familias Hylidae y Leptodactylidae. Este número corresponde al 12,5% de la totalidad de especies de anuros autóctonos registrados para Uruguay (Maneyro y Carreira, 2008).

Ensamble de Rocha

Se identificaron un total de seis especies; cinco pertenecientes a la familia Hylidae: *Boana pulchella*, *Scinax squalirostris*, *Scinax granulatus*, *Pseudis minuta* y *Dendropsophus sanborni*, y una especie perteneciente a la familia Leptodactylidae: *Physalaemus gracilis* (Tabla 2, A).

Boana pulchella fue la única especie registrada vocalizando en todos los días de muestreo, y presentó una abundancia perteneciente al estado “3” en la mayoría de los días en que fue registrada, al igual que *Physalaemus gracilis* (Tabla 2, A). *Dendropsophus sanborni* fue la única especie encontrada vocalizando durante un solo día, y en el mismo presentó una abundancia perteneciente al estado “1” (Tabla 2, A).

Se encontró una correlación significativa y negativa entre la riqueza y la humedad registrada el mismo día ($Riqueza = 6,218 - 0,046Humedad$ ($R^2 = 0,210$)), así como el día anterior ($Riqueza = 6,393 - 0,048Humedad$ ($R^2 = 0,216$)) (Tabla 3). También se halló una correlación significativa y negativa entre la riqueza y las precipitaciones registradas el día anterior ($Riqueza = 2,763 - 0,057Precipitaciones$ ($R^2 = 0,156$)) (Tabla 3). Por otra parte, no se encontraron correlaciones significativas entre la riqueza y el resto de las variables consideradas (fotoperíodo, presión atmosférica y temperatura) (Tabla 3).

Algunas de las variables abióticas estuvieron relacionadas entre sí: las precipitaciones se correlacionaron con la humedad, y la temperatura

con la presión atmosférica. El resto de las variables abióticas no exhibieron asociaciones significativas (Tabla 5, A). El criterio de información de Akaike determinó el modelo más parsimonioso al relacionar la riqueza con todas las posibles combinaciones de las variables abióticas analizadas en el mismo día (t), en los días previos (t-1 y t-2) y en los días siguientes (t+1 y t+2) (Tabla 6). Al analizar el modelo más parsimonioso hallado para cada día, únicamente resultaron estadísticamente significativos aquellos que relacionaron a la riqueza con la humedad registrada en el mismo día (t) (Riqueza = 6,218 - 0,046Humedad) y a la riqueza con la humedad registrada el día previo (t-1) (Riqueza = 6,393 - 0.048Humedad) (Tablas 7 y 3). Estos modelos coinciden con los evaluados en las regresiones simples (Tabla 3).

Los resultados del Test de Correlación de Spearman (Tabla 10) mostraron asociaciones significativas ($p < 0,05$) entre la abundancia de cuatro de las especies encontradas y las variables abióticas. La abundancia de *Boana pulchella*, estuvo negativamente asociada a la humedad del mismo día y del día siguiente, y a las precipitaciones del mismo día y del día anterior. La de *Pseudis minuta* presentó una correlación negativa con la humedad del mismo día y del día posterior. La de *Physalaemus gracilis* se encontró positivamente asociada a la temperatura del día siguiente y negativamente asociada tanto a la humedad del día anterior, como a las precipitaciones del día anterior. Por último, la abundancia de *Scinax squalirostris* mostró una asociación

positiva tanto con la temperatura del día siguiente, como con el fotoperíodo registrado dos días después (Tabla 10).

Ensamble de Lavalleya

Se identificaron un total de cinco especies; cuatro pertenecientes a la familia Hylidae: *Boana pulchella*, *Scinax squalirostris*, *Scinax granulatus* y *Pseudis minuta*; y una perteneciente a la familia Leptodactylidae: *Physalaemus gracilis* (Tabla 2, B).

Boana pulchella y *Pseudis minuta* fueron las especies registradas vocalizando una mayor cantidad de días (31 y 30, respectivamente). *Boana pulchella* presentó una abundancia perteneciente al estado “3” en la mayoría de los días que duró el registro. *Scinax squalirostris* fue registrada vocalizando un solo día, en el cual presentó una abundancia perteneciente al estado “3” (Tabla 2, B).

La relación entre la riqueza y las variables abióticas registradas en el mismo día (fotoperíodo y precipitaciones) no fue significativa en ningún caso (Tabla 4). Sin embargo, la riqueza estuvo negativamente correlacionada con las precipitaciones registradas un día y dos días previos al registro de la riqueza ($Riqueza = 3,360 - 0.066 \text{Precipitación}$ ($R^2 = 0,311$); y $Riqueza = 3,336 - 0.047 \text{Precipitación}$ ($R^2 = 0,161$), respectivamente) (Tabla 4). La riqueza no estuvo significativamente relacionada con las variables abióticas registradas en los dos días posteriores (Tabla 4).

Las variables abióticas no estaban correlacionadas de forma significativa (Tabla 5, B). El criterio de información de Akaike determinó el modelo más parsimonioso al relacionar la riqueza con todas las posibles combinaciones de las variables abióticas analizadas en el mismo día (t), en los días previos (t-1 y t-2) y en los días siguientes (t+1 y t+2) (Tabla 8). Al analizar el modelo más parsimonioso hallado para cada día, únicamente resultaron estadísticamente significativos aquellos que relacionaron a la riqueza con la precipitación registrada uno (t-1) y dos (t-2) días previos al registro de la riqueza ($Riqueza = 3,360 - 0.066 \text{Precipitación}$; y $Riqueza = 3,336 - 0.047 \text{Precipitación}$, respectivamente) (Tablas 9 y 4). Estos modelos coinciden con los evaluados en las regresiones simples (Tabla 4).

Los resultados del Test de Correlación de Spearman mostraron asociaciones significativas ($p < 0,05$) entre la abundancia de las cinco especies identificadas en el ensamble y las variables abióticas (Tabla 11). *Boana pulchella* presentó una correlación negativa con el fotoperíodo para todos los casos analizados (mismo día, días previos y días posteriores). La abundancia de *Pseudis minuta* mostró una asociación negativa con las precipitaciones registradas en el mismo día. La de *Physalaemus gracilis* estuvo negativamente relacionada con el fotoperíodo del mismo día, de los dos días previos y del día siguiente. *Scinax squalirostris* estuvo positivamente relacionada a las precipitaciones registradas en el mismo día. Por último, *Scinax granulatus* estuvo positivamente relacionada tanto

al fotoperíodo del mismo día, de los días previos y de los días siguientes, como con las precipitaciones registradas en el mismo día (Tabla 11).

Discusión

Diferencias espaciales y temporales

Para la mayoría de las especies, las relaciones entre la abundancia y las variables abióticas fueron diferentes (aunque no opuestas) al comparar los resultados obtenidos en el ensamble de Rocha con los del ensamble de Lavalleja. Esto puede deberse en parte al desbalance en la cantidad de datos utilizados para los análisis en cada departamento, ya que en Rocha se consideraron más variables abióticas que en Lavalleja. Sin embargo, la diferencia encontrada también se podría adjudicar al hecho de que ambos ensambles estaban ubicados en diferentes lugares pudiendo cada uno tener sus propias características, dado que las diferentes especies y sus distintos modos de reproducción también dependen de los recursos presentes en el hábitat (Both et al., 2008). Otra posible causa es que el tamaño poblacional de las especies en ambos ensambles podría ser distinto, provocando diferentes efectos en la actividad de vocalización de los anuros (Blankenhorn, 1972).

En algunos casos (Tabla 10) la abundancia se correlacionó con las variables abióticas tomadas un día antes y no así con las mismas variables abióticas registradas en el mismo día. En un estudio anterior se

observó que determinadas variables ligadas al clima afectaban a la actividad de reproducción de una especie, pero que el efecto sobre la actividad de vocalización se hacía evidente un día después (Blankenhorn, 1972). Esto puede deberse a que en algunos casos las especies se benefician de los efectos que las variables climáticas producen en el ambiente, pero no de las consecuencias que resultan de ellas en el mismo momento (Blankenhorn, 1972); o al tiempo que les toma a los individuos migrar a los charcos reproductivos (Saenz et al., 2006).

En otros casos, por el contrario, se observó que la abundancia de algunas especies se correlacionó con las variables abióticas registradas uno o dos días después y no así con las mismas variables registradas el mismo día (Tabla 10). En todos estos casos, las variables significativas fueron la temperatura y el fotoperíodo, las cuales mostraron un aumento a lo largo del período de estudio. Se ha demostrado que los ritmos internos tienen una influencia relevante en la actividad gonadal, a la cual pueden inducir e inhibir alternativamente (Camargo et al., 2005). Debido a que la temperatura y el fotoperíodo son variables características de las estaciones en Uruguay, este resultado podría estar indicando que los patrones de actividad de vocalización están siendo regulados por mecanismos internos, los cuales están relacionados al avance de la temporada reproductiva.

Riqueza de especies y variables abióticas

Con respecto a la riqueza de cada ensamble, los modelos más parsimoniosos para ambos fueron los de regresión lineal simple, vinculando a la misma negativamente con la humedad del mismo día y del día previo, y con las precipitaciones de los días previos (Tablas 3 y 4).

Esta correlación negativa puede tener diferentes causas. Ambas variables climáticas se encuentran directamente asociadas a la disponibilidad de agua en el ambiente; un factor muy importante en la reproducción de los anuros. Las diferentes estrategias reproductivas de cada especie hacen que cada una pueda responder de forma diferente a esta variable (Dayton & Fitzgerald, 2001; Saenz et al., 2006). En el presente trabajo, la mayoría de las especies encontradas son especies de reproducción estacional, por lo cual sus eventos reproductivos no dependen directamente de las precipitaciones a una escala diaria (Saenz et al., 2006). Estas especies podrían estar evitando algunos aspectos ligados a las precipitaciones, como las modificaciones del hábitat, o podrían estar respondiendo a factores abióticos diferentes. Algunas especies que utilizan charcos efímeros como sitios de reproducción pueden necesitar una menor disponibilidad de agua para tener más sitios desde donde cantar, lo que también explicaría una relación negativa con estas variables (Moreira et al., 2008).

La presencia de especies con diferentes preferencias ecológicas, como diferencias en la tolerancia térmica, podría haber inhibido algunas

de las correlaciones esperadas para la riqueza con las variables abióticas (Both et al., 2008).

Contrariamente a lo esperado, la riqueza no estuvo relacionada con la temperatura; otra posible interpretación de este resultado es que la variación de la temperatura a lo largo del período de muestreo no haya sido suficiente como para generar cambios significativos en la riqueza. Además, la independencia con respecto a la temperatura puede indicar que se ha alcanzado una temperatura umbral requerida (Saenz et al., 2006; Oseen & Wassersug, 2002).

Abundancia y variables abióticas

En el presente estudio, el fotoperíodo estuvo significativamente correlacionado con la abundancia de algunas especies (Tablas 10 y 11). Esto puede deberse a que el fotoperíodo es considerado la señal más común sobre el cambio estacional para ectotermos en ambientes templados porque provee información relativamente libre de ruido sobre el momento del año, mientras que la variación de la temperatura es altamente impredecible (Gotthard, 2001; Both et al., 2008). Según Eakin (1970), la percepción de este factor físico en anuros puede ser realizada mediante el ojo pineal, el cual serviría como un dosímetro para la medición de los rayos solares.

En los dos casos en los que la temperatura se encontró positivamente relacionada con la abundancia de una especie, esto

sucedió entre el registro de las vocalizaciones de un día y la temperatura registrada en los días siguientes (Tabla 10). Por lo cual, podría suponerse que esta relación se deba a mecanismos internos de las especies (Camargo, et al., 2005).

Las fluctuaciones diarias de la presión atmosférica pueden actuar como un temporizador para los ritmos circadianos (Birukow, 1964). En el presente estudio fue evaluada la influencia de la presión atmosférica media de cada día, esta podría ser una de las razones por lo cual ni la riqueza, ni la abundancia de ninguna de las especies se encontró correlacionada con dicha variable (Blankenhorn, 1972).

La abundancia de algunas especies estuvo negativamente asociada a las precipitaciones (Tablas 10 y 11), mientras que para otras especies esta asociación fue positiva (Tabla 11). Muchas especies de anuros dependen de las lluvias para reproducirse ya que utilizan como sitios reproductivos charcos temporales que se forman o crecen luego de las precipitaciones. Sin embargo, para otras especies que se reproducen en charcos permanentes, la lluvia no es un factor indispensable para el comienzo de su actividad reproductiva; en estos casos la lluvia podría ser un interferente acústico de la transmisión de los cantos, y algunos anuros la evitan para cantar (Dorcas & Foltz 1991; Henzi et al., 1995). Además, en algunos casos, las lluvias en hábitats inundables podrían esconder sitios de canto adecuados para las especies que cantan desde la tierra (Moreira et al., 2008).

En el caso de la humedad, la misma se encontró negativamente correlacionada a la abundancia de tres de las especies registradas (Tabla 10). Dado que la humedad presentó una correlación positiva con las precipitaciones, la respuesta de las especies a ambas variables puede estar asociada a las consecuencias comunes que derivan de las mismas.

Excepto por la presión atmosférica, todas las variables abióticas analizadas influyeron de cierta forma en la abundancia de algunas especies. Debido a la limitación en los datos registrados en Lavalleja, en donde sólo se obtuvieron datos sobre el fotoperíodo y las precipitaciones, la evaluación comparativa sobre la intensidad de la influencia de cada variable abiótica debería realizarse por separado para cada departamento. Para el ensamble de Lavalleja (Tabla 11), las precipitaciones y el fotoperíodo incidieron en la actividad de vocalización de la misma cantidad de especies. Sin embargo, en dos de los tres casos en que el fotoperíodo se correlacionó con la abundancia, esta correlación fue negativa. En estos casos, la respuesta de las especies podría deberse a consecuencias del avance del tiempo que no hayan sido tenidas en cuenta para este trabajo.

En el ensamble de Rocha (Tabla 10), la variable más influyente en la abundancia de las especies fue la humedad. También fue común encontrar una relación entre la abundancia de las especies y las precipitaciones. Sin embargo, en este último caso la abundancia fue asociada a las precipitaciones registradas en el mismo día y en el día

previo; a diferencia del caso de la humedad, donde la asociación se dio generalmente en el mismo día y en el día siguiente. Esto podría estar indicando que la relación entre la abundancia de las especies y las precipitaciones se debe principalmente al efecto que éstas tienen sobre la humedad en los días posteriores, y que las precipitaciones estén actuando como un indicador de los futuros cambios en la humedad.

Todas las especies registradas en este estudio se encontraron asociadas a una o más de las variables abióticas tomadas en cuenta, a excepción de *Dendropsophus sanborni* (Tablas 10 y 11). Esta especie fue registrada cantando en Rocha un único día de todo el período de registros, y su abundancia fue asignada a la categoría 1 (Tabla 2, A), que corresponde a un solo individuo vocalizando, por lo tanto no es posible asociar su actividad a ninguna de las variables abióticas registradas y no será tomada en cuenta en esta evaluación.

Se esperaba que la actividad de vocalización de las especies que cantan durante todo el año no se correlacionara positivamente con el fotoperíodo ni con la temperatura. En este trabajo, las especies registradas con esta característica fueron *Boana pulchella* y *Pseudis minuta* (Maneyro & Carreira, 2012; Both et al., 2008). Estas especies no estuvieron correlacionadas significativamente con la temperatura. *Pseudis minuta* tampoco se correlacionó significativamente con el fotoperíodo, y la correlación que presentó *Boana pulchella* con el fotoperíodo fue negativa. El resto de las especies identificadas en ambos ensamblajes cantan

principalmente en los meses cálidos (*Physalaemus gracilis*, *Scinax squalirostris* y *Scinax granulatus*) (Maneyro & Carreira, 2012). De estas especies todas presentaron relaciones significativas con la temperatura y/o con el fotoperíodo. Para la mayoría de estos casos las relaciones fueron positivas. En el caso de *Physalaemus gracilis*, la abundancia registrada en Rocha presentó una relación positiva con la temperatura (Tabla 10), y por el contrario, la abundancia registrada en Lavelleja presentó una relación negativa con el fotoperíodo (Tabla 11). Esta contradicción podría deberse a que la especie esté respondiendo a factores no tomados en cuenta en el presente estudio, y que puedan estar sesgando el resultado.

Por otro lado, se esperaba que el registro de las especies explosivas estuviera relacionado significativamente y positivamente con la lluvia. De las especies registradas, para la única que se ha registrado un patrón de vocalización explosivo en Uruguay es *Scinax squalirostris* (Varela, 2016). Esta especie estuvo positivamente relacionada con las precipitaciones registradas en el mismo día (Tabla 11). Sin embargo, *Scinax squalirostris* ha sido descrita anteriormente como una especie de reproducción prolongada (Martins, 2009). Maneyro, 2008, registró la existencia de cambios interanuales en las dinámicas reproductivas (categorías explosiva, intermedia y prolongada) de varias especies. Un estudio prolongado sobre las dinámicas reproductivas de las especies registradas podría ayudar a evaluar la causalidad de esta correlación. Las

demás especies registradas en este trabajo presentan una actividad reproductiva estacional (Maneyro & Carreira, 2012). Se esperaba que el registro de especies con reproducción prolongada o estacional a escala diaria no estuviera correlacionado positivamente con las precipitaciones. Esto fue confirmado para la mayoría de las especies con estas características, excepto por *Scinax granulatus*, la cual presentó una asociación positiva con las precipitaciones en Lavalleja (Tabla 11). Sin embargo, este resultado coincide con la descripción de esta especie, la cual se caracteriza por vocalizar con mayor intensidad luego de fuertes lluvias (Maneyro & Carreira, 2012).

La especie que respondió a una mayor cantidad de variables abióticas fue *Physalaemus gracilis* (Tablas 10 y 11), la cual se reproduce en charcos poco profundos efímeros y semipermanentes (Camargo et al., 2008). *P. gracilis* tiene hábitos terrestres, y se ve beneficiada por el aumento de sustrato alrededor del área del charco, lo cual puede suceder cuando el agua superficial es menor, es decir, cuando las precipitaciones son menores (Moreira et al., 2008). Esto podría estar explicando la correlación negativa entre su abundancia y las precipitaciones; y su asociación positiva con la temperatura a escala diaria (Tabla 10).

Conclusiones

Se estudió la relación entre el patrón de vocalización de dos ensambles de anuros, y algunas variables abióticas a escala diaria, y se

corroboró que, a dicha escala, las actividades de vocalización de los anuros están determinadas por algunas de las variables tomadas en cuenta. La respuesta de las especies a las variables abióticas puede darse entre el registro de las vocalizaciones de un día y las variables abióticas registradas tanto en el mismo día como en los días previos. Esto puede ser interpretado como una posible respuesta de las especies a las modificaciones resultantes en el ambiente como consecuencia de las variables analizadas. Dentro de las variables analizadas, se encontraron asociadas a esta actividad: la humedad, las precipitaciones, la temperatura y el fotoperíodo. Sin embargo, la forma de responder a estas variables fue diferente para cada especie, influyendo en esto, las características ecológicas relacionadas a la reproducción de cada una. Entre los aspectos que se interpretaron como influyentes estuvieron: los meses en los que ocurre la vocalización a escala anual, el sitio desde donde ocurre la vocalización y la estrategia reproductiva de cada especie.

Perspectivas

Para futuros trabajos similares sería recomendable analizar las relaciones de la abundancia y la riqueza con las variables abióticas durante un período de tiempo más prolongado, con el fin de poder interpretar mejor algunos de los resultados, identificando por ejemplo, la estrategia reproductiva de cada especie para el año particular en que se realiza el estudio.

Además considero que sería conveniente realizar un estudio continuo del sitio de estudio, de modo de poder evaluar una posible causalidad entre los factores físicos del ambiente y las respuestas de las especies a las variables analizadas, teniendo en cuenta la temporalidad del charco estudiado, así como las características microclimáticas generadas en el sitio.

Con respecto a la metodología utilizada para la obtención de los datos, una posible línea de investigación podría ser una identificación del esfuerzo de muestreo necesario para este tipo de estudios, a nivel de horarios, tiempos y escalas requeridas para maximizar la eficiencia de los mismos.

Bibliografía

Aichinger, M. (1987) "Annual activity patterns of anurans in a seasonal neotropical environment". *Oecologia*, 71: 583-592.

Bertoluci, J. (1998) "Annual patterns of breeding activity in Atlantic rainforest anurans". *Journal of Herpetology*, 32: 607-611.

Bevier, C. R. (1997) "Breeding activity and chorus tenure of two neotropical Hylid frogs". *Herpetologica*, 53: 297-311.

Birukow, G. (1964) "Über den Einfluß barometrischer Luftdruckschwankungen auf die negative Phototaxis des Kornkäfers *Calandra granaria* L". *Naturwissenschaften*, 51: 394-395.

Blair, W. F. (1958) "Mating call in the speciation of anuran amphibians". *American Naturalist*, 92: 27-51.

Blair, W. F. (1960) "A breeding population of the Mexican toad (*Bufo valliceps*) in relation to its environment". *Ecology*, 41: 165-174.

Blair, W. F. (1961) "Calling and spawning seasons in a mixed population of anurans". *Ecology*, 42: 99-110.

Blankenhorn, H. J. (1972) "Meteorological variables affecting onset and duration of calling in *Hyla arborea* L. and *Bufo calamita calamita*". *Oecologia*, 9: 223- 234.

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.

Brasileiro, C. A., Sawaya, R. J., Kiefer, M. C. & Martins, M. (2005) "Amphibians of an open cerrado fragment in southeastern Brazil". *Biota Neotropica*, 5: 1-17.

Bridges, A. S. & Dorcas, M. E. (2000) "Temporal variation in anuran calling behavior: Implications for surveys and monitoring programs". *Copeia*, 2000: 587-592.

Camargo, A., Sarroca, M. & Maneyro, R. (2008) "Reproductive effort and the egg number vs. size trade-off in *Physalaemus* frogs (Anura: Leiuperidae)". *Acta Oecologica*, 34: 163-171.

Camargo, A., Canavero, A., da Rosa, I., Maneyro, R. & Naya, D. E. (2005) "Seasonal activity and the body size-fecundity relationship in a population of *Physalaemus gracilis* (Boulenger, 1883) (Anura, Leptodactylidae) from

Uruguay”. *Annales Zoologici Fennici*, 42: 513-521.

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., 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: 29- 41.

Canelas, M. A. S. & Bertoluci, J. (2007) “Anurans of the Serra do Caraça, southeastern Brazil: species composition and phenological patterns of calling activity”. *Iheringia (Série Zoologia)*, 97: 21-26.

Cardoso, A. J. & Martins, J. E. (1987) “Diversidade de Anuros Durante o Turno de Vocalizacoes, em Comunidade Neotropical”. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 36: 279-285.

Dayton, G. H. & Fitzgerald, L. A. (2001) “Competition, predation, and the distribution of four desert anurans”. *Oecologia*, 129: 430-435.

Donnelly, M. A. & Guyer, C. (1994) “Patterns of reproduction and habitat

use in an assemblage of Neotropical Hylid frogs". *Oecologia*, 98: 291-302.

Dorcas, M. E. & Foltz, K. D. (1991) "Environmental effects on anuran advertisement calling". *American Zoologist*, 31: 1-111.

Duellman, W.E. & Trueb, L. (1994) "Biology of Amphibians". The Johns Hopkins University Press. London.

Eakin, R. (1970) "A third eye". *American Scientist*, 58: 73-79.

Gotthard, K. (2001) "Growth strategies of ectothermic animals in temperate environments". En: Atkinson, D. & Thorndyke, M. (Eds.). *Animal Developmental Ecology*. BIOS Scientific Publishers, Oxford, 287-3.

Hatano, F. H., Rocha, C. F. D. & Sluys, M. V. (2002) "Environmental factors affecting calling activity of a tropical diurnal frog (*Hylodesphyllodes*: Leptodactylidae)". *Journal of Herpetology*, 36: 314-318.

Henzi, S. P., Dyson, M. L., Piper, S. E., Passmore, N. E. & Bishop, P. (1995) "Chorus attendance by male and female painted reed frogs (*Hyperolius marmoratus*): environmental factors and selection pressures". *Functional Ecology*, 9: 485-491.

Jones, P. L. & Sidell, B. D. (1982) "Metabolic responses of striped bass (*Marone saxatilis*) to temperature acclimation. II. Alterations in metabolic carbon sources and distributions of fiber types in locomotory muscle". The Journal of Experimental Zoology, 219: 163-171.

Kopp, K. & Eterovick, P. C. (2006) "Factors influencing spatial and temporal structure of frog assemblages at ponds in southeastern Brazil". Journal of Natural History, 40: 29-31.

Kwet, A. & Miranda, T. (2001) "Zur Biologie und Taxonomie der Schwarzkröte *Melanophryniscus atroluteus* (Miranda-Ribeiro, 1920)". Herpetofauna, 23:19-27.

Maneyro, R. (2008) "Padrões de atividade e espaço-temporal em uma comunidade neotropical de anuros". Pontífica Universidade Católica Do Rio Grande Do Sul. Programa de Pós-Graduação em Zoologia. PhD Thesis. Porto Alegre.

Maneyro, R. & Carreira, S. (2012) "Guía de anfibios del Uruguay" - Colección Ciencia Amiga, Ediciones de la fuga. Montevideo.

Maneyro, R., Forni, F. & Santos, M. (1995) "Anfibios del departamento de Rocha". Serie de divulgación Técnica I - PROBIDES.

Martins, L. A. (2009) "Comportamento reprodutivo e social de *Scinax squalirostris* (Lutz, 1925) (Anura, Hylidae) sob influencia de fatores ambientais". Pontífica Universidade Católica Do Río Grande Do Sul. Programa de Pos-Graduacao em Zoología. Dissertacao de maestrado. Porto Alegre.

Moreira, L. F. B., Machado, I. F., Lacerda, A. R. & Maltchik, L. (2008) "Anuran amphibians dynamics in an intermittent pond in southern Brazil". *Acta Limnologica Brasiliensia*, 20: 205-212.

Moreira, G. & Lima, A. P. (1991) "Seasonal patterns of juvenile recruitment and reproduction in four species of leaf litter frogs in central Amazonia". *Herpetologica*, 47: 295-300.

Navas, C. A. (1996) "The effect of temperature on the vocal activity of tropical anurans: A comparison of high and low-elevation species". *Journal of Herpetology*, 30: 488-495.

Narins, P. M. (2001) "Ectothermy's Last Stand: Hearing in the Heat and Cold". En: Ryan, M. J. (Ed.). *Anuran communication*. Smithsonian Institution Press, Washington, 61-70.

Obert, H. J. (1975) "The dependence of calling activity in *Rana esculenta* Linné 1758 and *Rana ridibunda* Pallas 1771 upon exogenous factors (Ranidae, Anura)". *Oecologia*, 18: 317-328.

Oseen, K. L. & Wassersug, R. J. (2002) "Environmental factors influencing calling in sympatric anurans". *Oecologia*, 133: 616-625.

Pombal Jr., J. P. (1997) "Distribuição espacial e temporal de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, sudeste do Brasil". *Revista Brasileira de Biologia*, 57: 583-594.

R Core Team (2016) "R: A language and environment for statistical computing". R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

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.

Salvador, A. & Carrascal, L. M. (1990) "Reproductive phenology and temporal patterns of mate access in Mediterranean anurans". *Journal of Herpetology*, 24: 438-441.

Stebbins, R. C. & Cohen, N. W. (1995) "A Natural History of Amphibians". Princeton University Press. Princeton.

Stiebler, I. B. & Narins, P. M. (1990) "Temperature-dependence of auditory nerve response properties in the frog". *Hearing Research*, 46: 63-82.

vanDijk, P., Lewis, E. R., & Wit, H. P. (1990) "Temperature effects on auditory nerve fiber response in the American bullfrog". *Hearing Research*, 44: 231-240.

Varela, G. (2016) "Patrones espacio-temporales de vocalización en un ensamble de anuros (Amphibia: Anura) de la zona austral de Área Protegida Humedales del Santa Lucía (Montevideo-Uruguay). PEDECIBA/BIOLOGÍA/ZOOLOGÍA. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UdelaR.

Zweifel, R. G. (1968) "Effects of temperature, body size, and hybridization on mating calls of toads, *Bufo a. americanus* and *Bufo woodhousei fowleri*". *Copeia*, 1968: 269-2

Anexo: Tablas

Tabla 1: Valores de las variables abióticas utilizadas en el trabajo, registradas desde el 17 de setiembre del 2015 hasta el 17 de octubre de 2015, para cada sitio muestreado (Rocha y Lavalleja). “Fotop”: cantidad de horas de luz, “Temp” temperatura media diaria en grados Celsius, “Pres”: Presión atmosférica a nivel medio del mar en hectopascales, “Hum”: humedad relativa expresada en porcentaje y calculada como un promedio diario, “Precipit”: precipitación expresada en milímetros.

Fecha	Rocha					Lavalleja	
	Fotop	Temp	Pres	Hum	Precipit	Fotop	Precipit
17/09	11,87	8,6	1015,3	72	0,0	11,85	0,0
18/09	11,88	8,5	1018,8	74	0,0	11,90	0,0
19/09	11,93	11,4	1019,7	79	0,0	11,93	0,0
20/09	11,97	12,9	1018,7	83	0,0	11,97	0,0
21/09	12,00	14,8	1015,9	81	2,8	12,00	1,0
22/09	12,03	13,9	1014,7	94	9,5	12,03	2,5
23/09	12,07	14,6	1008,9	96	9,0	12,07	0,0
24/09	12,12	14,9	1006,7	97	27,5	12,10	10,5
25/09	12,13	13,4	1013,8	88	1,6	12,15	0,0
26/09	12,18	12,2	1017,2	91	0,1	12,18	0,0
27/09	12,22	15	1013,7	76	0,0	12,20	0,0
28/09	12,23	15,1	1008,5	62	0,0	12,25	0,0
29/09	12,28	15,2	1009,1	60	0,0	12,28	0,0
30/09	12,32	12,2	1015,8	71	0,0	12,33	0,0
01/10	12,37	11,8	1016,1	80	27,3	12,35	32,0
02/10	12,38	15,2	1009,2	88	1,1	12,38	0,0
03/10	12,42	10,7	1016,6	68	0,0	12,43	0,0
04/10	12,47	11	1020,1	76	0,0	12,45	0,0
05/10	12,50	12,1	1019	76	0,0	12,50	0,0
06/10	12,53	18,1	1011,9	81	0,0	12,53	0,0
07/10	12,57	15,5	1010	93	2,0	12,57	2,0
08/10	12,60	15,7	1013,3	76	0,0	12,62	0,0
09/10	12,65	13,9	1021,7	69	0,0	12,63	0,0
10/10	12,68	14,7	1026,3	73	2,4	12,67	0,0
11/10	12,70	13,5	1023,7	89	11,4	12,72	2,0
12/10	12,75	12,4	1016,8	89	4,5	12,75	0,0
13/10	12,78	11,4	1016,6	82	0,0	12,77	0,0
14/10	12,82	12,7	1010,2	88	0,2	12,82	8,0
15/10	12,87	21,2	1002,7	72	0,0	12,85	0,0
16/10	12,88	13,2	1016,3	61	0,0	12,88	0,0
17/10	12,92	10,8	1025,1	66	0,0	12,93	0,0

Tabla 2: Especies registradas en A) Rocha y B) Lavalleja, durante el período de muestreo, y sus respectivas abundancias relativas. Se muestra la cantidad de días en que cada especie fue escuchada vocalizando (“días”), y la cantidad de días en que la abundancia relativa (“ab”) de cada especie fue clasificada dentro de los diferentes estados planteados, siguiendo el esquema de categorización numérico recomendado por el Programa de Monitoreo para los anfibios de América del Norte (NAAM, North American Amphibian Monitoring Program), donde: 1) corresponde a cuando se escucha un solo individuo cantando, 2) cuando es posible identificar entre dos y tres individuos y 3) cuando el número de individuos cantando es superior o igual a cuatro.

A)

Especie	días	ab=3	ab=2	ab=1
<i>Boana pulchella</i>	31	24	7	0
<i>Physalaemus gracilis</i>	23	12	9	2
<i>Scinax squalirostris</i>	15	3	0	12
<i>Scinax granulatus</i>	3	0	2	1
<i>Pseudis minuta</i>	5	0	0	5
<i>Dendropsophus sanborni</i>	1	0	0	1

B)

Especie	días	ab=3	ab=2	ab=1
<i>Boana pulchella</i>	31	22	9	0
<i>Physalaemus gracilis</i>	26	1	20	5
<i>Scinax squalirostris</i>	1	1	0	0
<i>Scinax granulatus</i>	12	2	4	6
<i>Pseudis minuta</i>	30	10	16	4

Tabla 3: Modelo de regresión lineal simple en el cual la variable dependiente es la riqueza de especies registrada en Rocha ("Riq"), y las variables explicativas son: Fotoperíodo (cantidad de horas de luz), Temperatura media diaria (expresada en grados Celsius), Presión atmosférica a nivel medio del mar (expresada en hectopascales), Humedad relativa (expresada en porcentaje y calculada como un promedio diario) y Precipitación (expresada en milímetros) medidas en Rocha y registradas el mismo día (t), uno (t-1) y dos (t-2) días previos al registro de la riqueza, y uno (t+1) y dos (t+2) días posteriores al registro de la riqueza. Se presentan los coeficientes de determinación (R^2) y la pendiente de la recta (coeficiente β_1) de todas las regresiones realizadas. Se marcan con un asterisco (*) las regresiones estadísticamente significativas (p -valor $\leq 0,05$), y en tales casos se presenta la ecuación de la recta de regresión resultante.

Variable abiótica	Día	R^2	β_1	Ecuación
Fotoperíodo	t-2	0,034	0,647	
	t-1	0,042	0,693	
	t	0,049	0,718	
	t+1	0,075	0,928	
	t+2	0,107	1,165	
Temperatura	t-2	0,0006	0,009	
	t-1	0,0007	-0,010	
	t	0,028	0,06	
	t+1	0,098	0,133	
	t+2	0,0005	-0,011	
Presión atmosférica	t-2	0,006	0,016	
	t-1	0,015	0,024	
	t	0,000	-0,004	
	t+1	0,061	-0,046	
	t+2	0,002	-0,009	
Humedad	t-2	0,090	-0,032	
	t-1*	0,216	-0,048	Riq= 6,393 - 0,048Hum
	t*	0,210	-0,046	Riq= 6,218 - 0,046Hum
	t+1	0,090	-0,015	
	t+2	0,014	-0,012	
Precipitación	t-2	0,108	-0,047	
	t-1*	0,156	-0,057	Riq= 2,763 -0,057Precipit
	t	0,007	-0,01	
	t+1	0,001	0,004	
	t+2	0,127	0,051	

Tabla 4: Modelo de regresión lineal simple en el cual la variable dependiente es la riqueza de especies registrada en Lavalleja ("Riq"), y las variables explicativas son: Fotoperíodo (cantidad de horas de luz) y Precipitación (expresada en milímetros) medidas en Lavalleja y registradas el mismo día (t), uno (t-1) y dos (t-2) días previos al registro de la riqueza, y uno (t+1) y dos (t+2) días posteriores al registro de la riqueza. Se presentan los coeficientes de determinación (R^2) y la pendiente de la recta (coeficiente β_1) de todas las regresiones realizadas. Se marcan con un asterisco (*) las regresiones estadísticamente significativas (p -valor $\leq 0,05$), y en tales casos se presenta la ecuación de la recta de regresión resultante.

Variable abiótica	Día	R^2	β_1	Ecuación
Fotoperíodo	t-2	0,016	0,312	
	t-1	0,021	0,338	
	t	0,026	0,354	
	t+1	0,032	0,415	
	t+2	0,001	0,728	
Precipitaciones	t-2*	0,161	-0,047	Riq= 3,336 -0,047Precipit
	t-1*	0,311	-0,066	Riq= 3,360 - 0,066Precipit
	t	0,065	0,030	
	t+1	0,098	-0,003	
	t+2	0,001	0,004	

Tabla 5: Correlación entre las variables abióticas analizadas en A) Rocha (Fotoperíodo (h), Temperatura media diaria ($^{\circ}$ C), Presión atmosférica a nivel medio del mar (hPa), Humedad relativa (%) y Precipitación (mm)) y B) Lavalleja (Fotoperíodo (h), y Precipitación (mm)). Se indican los coeficientes de determinación (R^2) y la pendiente de la recta (coeficiente β_1), y se marcan con un asterisco (*) las correlaciones estadísticamente significativas (p -valor $\leq 0,05$).

A)

		Fotoperíodo	Temperatura	Presión atm.	Humedad	Precipitación
Fotoperíodo	β_1		0,035	0,007	-0,005	-0,005
	R^2		0,080	0,013	0,028	0,012
Temperatura	β_1			-0,276*	0,023	0,011
	R^2			0,346*	0,008	0,001
Presión atm.	β_1				-0,106	-0,107
	R^2				0,038	0,019
Humedad	β_1					0,619*
	R^2					0,187*

B)

		Fotoperíodo
Precipitación	β_1	0,620
	R^2	0,0004

Tabla 6: Criterio de información de Akaike (AIC), comparando los modelos de regresión múltiple entre la riqueza (variable dependiente) registrada en Rocha y las variables abióticas (variables predictoras) ("Fotop": cantidad de horas de luz, "Temp": temperatura media diaria en grados Celsius, "Pres": Presión atmosférica a nivel medio del mar en hectopascasles, "Hum": humedad relativa expresada en porcentaje y calculada como un promedio diario, "Precipit": precipitación expresada en milímetros) registradas el mismo día (t), uno (t-1) y dos (t-2) previos al registro de la riqueza, y uno (t+1) y dos (t+2) días posteriores al registro de la riqueza. Para cada día el modelo más parsimonioso es aquel con un menor valor de AIC, y se marca con un asterisco (*).

	t-2	t-1	t	t+1	t+2
Variables predictoras					
Fotop + Temp + Pres + Hum + Precipit	AIC 9,38	Fotop + Temp + Pres + Hum + Precipit	AIC 4,06	Fotop + Temp + Pres + Hum + Precipit	AIC 3,46
Fotop + Temp + Hum + Precipit	7,39	Fotop + Temp + Hum + Precipit	2,06	Fotop + Temp + Hum + Precipit	1,46
Fotop + Hum + Precipit	5,42	Fotop + Hum + Precipit	0,23	Fotop + Pres + Hum + Precipit	-0,17
Hum + Precipit	4,36	Hum + Precipit	-0,9	Temp + Hum	-1,47
Precipit (*)	3,36	Hum (*)	-1,09	Fotop + Pres (*)	-1,73
Variables predictoras					
Fotop + Temp + Pres + Hum + Precipit					AIC 7,6
Fotop + Pres + Hum + Precipit					6
Fotop + Hum + Precipit					4,36
Fotop + Precipit (*)					3,08

Tabla 7: Se presentan los coeficientes estadísticos para el modelo más parsimonioso (según el criterio de información de Akaike) de cada día, en Rocha (referencias en Tabla 6). Se indican las probabilidades (p-valor), los coeficientes de correlación corregidos (R^2_{adj}) y los valores del estadístico F (F). Se indican con un asterisco (*) los modelos estadísticamente significativos ($p\text{-valor} \leq 0,05$). En tales casos, el modelo coincide con la regresión lineal simple realizada entre la riqueza registrada en Rocha y la Humedad registrada el mismo día (t) y el día anterior (t-1), los coeficientes de determinación (R^2), la pendiente de la recta (coeficiente β_1), y las ecuaciones de la recta de dichas regresiones se encuentran descriptos en la Tabla 3.

	t-2	t-1*	t*	t+1	t+2
p-valor	0.087	0.011	0.010	0.111	0.151
R^2_{adj}	0.073	0.186	0.181	0.090	0.022
F	3.148	7.433	7.437	2.387	3.978

Tabla 8: Criterio de información de Akaike (AIC), comparando los modelos de regresión múltiple entre la riqueza (variable dependiente) registrada en Lavalleja y las variables abióticas (variables predictoras) ("Fotop": cantidad de horas de luz y Precipit^m: precipitación expresada en milímetros) registradas el mismo día (t), uno (t-1) y dos (t-2) previos al registro de la riqueza, y uno (t+1) y dos (t+2) días posteriores al registro de la riqueza. Para cada día el modelo más parsimonioso es aquel con un menor valor de AIC, y se marca con un asterisco (*).

t-2		t-1		t		t+1		t+2	
Variables predictoras	AIC								
Fotop + Precipit	-18,24	Fotop + Precipit	-26,15	Fotop + Precipit	-18,66	Fotop + Precipit	-15,05	Fotop + Precipit	-18,66
Precipit (*)	-19,61	Precipit (*)	-27,24	Precipit (*)	-19,75	Fotop (*)	-17,04	Fotop (*)	-20,56

Tabla 9: Se presentan los coeficientes estadísticos para el modelo más parsimonioso (según el criterio de información de Akaike) de cada día, en Lavalleja (referencias en Tabla 8). Se indican las probabilidades (p-valor), los coeficientes de correlación corregidos (R²adj) y los valores del estadístico F (F). Se indican con un asterisco (*) los modelos estadísticamente significativos (p-valor ≤ 0,05). En tales casos, el modelo coincide con la regresión lineal simple realizada entre la riqueza registrada en Lavalleja y la Precipitación registrada uno (t-1) y dos (t-2) días previos al registro de la riqueza, y los coeficientes de determinación (R²), la pendiente de la recta (coeficiente β_1) y las ecuaciones de la recta de dichas regresiones se encuentran descriptos en la Tabla 4.

	t-2*	t-1*	t*	t+1	t+2
p-valor	0.031	0.001	0.164	0.346	0.097
R ² adj	0.129	0.286	0.033	-0.002	0.065
F	5.178	12.63	2.032	0.916	2.949

Tabla 10: Correlación entre la abundancia relativa de las especies encontradas en Rocha con las variables abióticas (Fotoperíodo (h), Temperatura media diaria (°C), Presión atmosférica a nivel medio del mar (hPa), Humedad relativa (%)) y Precipitación (mm)) registradas en dicha localidad medidas en el mismo día (t), un día (t-1) y dos días (t-2) previos al registro de datos, y un día (t+1) y dos días (t+2) posteriores al registro de la riqueza. Se indican las probabilidades (p-valor) y el coeficiente de correlación de Spearman (rho). Se indican con un asterisco (*) las correlaciones estadísticamente significativas (p-valor \leq 0,05).

Variable abiótica	Fotoperíodo (horas)						Temperatura media (°C)						Presión atmosférica (hPa)						Humedad relativa (%)						Precipitación (mm)																																															
	t-2	t-1	t	t+1	t+2	p-valor	t-2	t-1	t	t+1	t+2	p-valor	t-2	t-1	t	t+1	t+2	p-valor	t-2	t-1	t	t+1	t+2	p-valor	t-2	t-1	t	t+1	t+2	p-valor																																										
<i>Boana pulchella</i>	0.464	0.573	0.261	0.315	0.380	0.539	0.280	0.801	0.1491	0.193	0.203	0.866	0.478	0.896	0.806	0.907	0.054	0.009*	0.026*	0.193	0.345	0.0001*	0.002161*	0.212	0.695	0.144	0.109	0.212	0.193	0.172	-0.121	-0.207	0.048	0.274	0.253	-0.248	-0.033	0.135	0.025	-0.048	-0.412	-0.253	0.077	0.289	0.247	0.284	0.266	0.166	0.137	0.108	0.480	0.459	0.967	0.015*	0.301	0.437	0.140	0.200	0.610	0.734	0.202	0.011*	0.242	0.732	0.650	0.096	0.096	0.349	-0.701	-0.248	0.203	0.226
<i>Physalaemus gracilis</i>	0.210	0.213	0.258	0.282	0.310	-0.139	-0.143	-0.008	0.447*	0.202	0.153	0.281	0.241	-0.098	-0.067	-0.249	-0.463*	-0.220	0.086	0.089	0.089	-0.349	-0.701	-0.248	0.203	0.226																																														
<i>Scinax squarirostris</i>	0.416	0.281	0.186	0.085	0.028*	0.976	0.588	0.084	0.014*	0.448	0.381	0.116	0.669	0.051	0.520	0.402	0.484	0.004	0.965	0.705	0.266	0.224	0.889	0.300	0.547																																															
<i>Scinax granulatus</i>	0.501	0.452	0.408	0.334	0.265	-0.006	-0.105	0.501	0.156	0.141	0.859	0.172	0.298	-0.074	-0.366	-0.126	-0.135	-0.096	0.001	-0.074	-0.218	-0.233	-0.031	0.189	0.118																																															
<i>Pseudis minuta</i>	0.133	0.145	0.157	0.185	0.218	-0.121	-0.130	0.285	0.280	0.035	0.175	0.024	-0.311	-0.332	-0.037	0.049	-0.130	-0.034	-0.030	-0.223	-0.031	-0.272	-0.104	-0.089	0.013																																															
<i>Dendropsophus sarratori</i>	0.225	0.207	0.398	0.463	0.539	0.954	0.101	0.644	0.694	0.615	0.539	0.094	0.151	0.429	0.501	0.967	0.553	0.005*	0.037*	0.316	0.582	0.526	0.058	0.487	0.349																																															
	0.237	-0.186	-0.160	-0.142	-0.121	0.012	0.311	0.088	-0.076	-0.046	-0.121	-0.316	-0.269	-0.152	-0.132	0.023	-0.115	-0.487*	-0.388*	-0.186	0.109	-0.122	-0.350	-0.134	-0.012																																															
	0.763	0.816	0.866	0.907	0.952	0.273	0.521	0.386	0.2635	0.08467	0.247	0.907	0.955	0.2901	0.717	0.084	0.289	0.886	0.4117	0.2467	0.421	0.432	0.078	0.513	0.4206																																															
	-0.060	-0.045	-0.032	-0.022	-0.011	0.215	-0.124	-0.161	0.215	-0.322	-0.226	-0.023	0.011	-0.203	0.071	-0.322	-0.204	0.032	0.158	-0.226	-0.158	-0.152	0.327	0.126	-0.158																																															

Tabla 11: Correlación entre la abundancia relativa de las especies encontradas en Lavalleja con las variables abióticas (Fotoperíodo (h) y Precipitación (mm)) registradas en dicha localidad medidas en el mismo día (t), un día (t-1) y dos días (t-2) previos al registro de datos, y un día (t+1) y dos días (t+2) posteriores al registro de la riqueza. Se indican las probabilidades (p-valor) y el coeficiente de correlación de Spearman (rho). Se indican con un asterisco (*) las correlaciones estadísticamente significativas (p-valor \leq 0,05).

Variable abiótica	Fotoperíodo (horas)						Precipitación (mm)					
	t-2	t-1	t	t+1	t+2	p-valor	t-2	t-1	t	t+1	t+2	p-valor
<i>Boana pulchella</i>	0.002*	0.001*	0.001*	0.003*	0.01*	0.855	0.905	0.504	0.189	0.551		
	-0.552	-0.559	-0.564	-0.523	-0.472	0.036	0.023	-0.125	-0.247	0.115		
<i>Physalaemus gracilis</i>	0.032*	0.024*	0.018*	0.035*	0.095*	0.732	0.075	0.881	0.571	0.176		
	-0.400	-0.411	-0.421	-0.387	-0.316	0.066	-0.330	0.028	0.108	0.258		
<i>Scinax squarirostris</i>	0.194	0.189	0.184	0.152	0.122	0.587	0.594	0.045*	0.594	0.587		
	0.248	0.247	0.245	0.268	0.294	-0.105	-0.101	0.362	-0.101	-0.105		
<i>Scinax granulatus</i>	0.020*	0.013*	0.009*	0.002*	0.0003*	0.071	0.694	0.035*	0.547	0.920		
	0.430	0.447	0.464	0.538	0.621	0.340	0.075	0.380	-0.115	0.020		
<i>Pseudis minuta</i>	0.652	0.396	0.225	0.246	0.270	0.488	0.488	0.019*	0.802	0.478		
	0.087	-0.161	-0.224	-0.219	-0.212	0.134	-0.132	-0.418*	0.048	0.137		