

UCH-FC
B. Ambiental
Z. 39
C. 1



UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE PREGRADO

**“INTERACCIÓN ENTRE LA ESTIMULACIÓN ACÚSTICA Y VISUAL DURANTE
EL RIESGO DE DEPREDACIÓN: ¿SE AFECTA EL COMPORTAMIENTO DE
LIOLAEMUS CHILIENSIS CUANDO SE COMBINAN ESTOS ESTÍMULOS?”**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de

ANDREA CECILIA ZAPATA PERROT

Directora de Seminario de Título: Dra. Antonieta Labra L.

Patrocinante: Dr. Claudio Veloso I.

Mes Enero, 2012

Santiago – Chile





INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por el Sr.:

ANDREA CECILIA ZAPATA PERROT

“INTERACCIÓN ENTRE LA ESTIMULACIÓN ACÚSTICA Y VISUAL DURANTE EL RIESGO DE DEPREDACIÓN: ¿SE AFECTA EL COMPORTAMIENTO DE *LIOLAEMUS CHILIENSIS* CUANDO SE COMBINAN ESTOS ESTÍMULOS?”

Ha sido aprobada por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Bióloga con mención en medioambiente.

Dra. Antonieta Labra L.
Directora Seminario de Título

Comisión de Evaluación

Dr. Pablo Sabat K.
Presidente Comisión

Dr. Hugo Torres C.
Evaluador

Santiago de Chile, 27 Marzo de 2012



Nací el 14 de agosto de 1985 en Santiago, Chile. Mi educación, tanto básica como secundaria (1990 - 2003) la realicé en el colegio Compañía de María Seminario, en la comuna de Providencia en Santiago.

En el año 1995 ingresé al grupo scout Huenulavquen, del colegio Compañía de María Apoquindo, en el cual participé activamente hasta el año 2011. Esta extraprogramática me hizo crecer como persona y generar una preocupación por el medio ambiente.

Motivada por esta cercanía con el medio ambiente, en el año 2004 ingresé a la carrera de Biología Ambiental en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile. Durante

la cual me desempeñe como ayudante de los ramos de Biología Vegetal, Limnología e Introducción a las Ciencias Ambientales.

En el año 2008 fui a realizar mi práctica profesional a la comuna de Curaco de Vélez en Chiloé, impulsada por las ganas de involucrar a la comunidad y la solución de problemáticas ambientales, es que propuse realizar un proyecto para presentarlo a la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) específicamente a los Fondos de Protección Ambiental (FPA). Este proyecto consistió realizar en la limpieza de playas para esta comuna, ayudados por la Corporación de Salud y Educación y las juntas de vecinos de la comuna, generando en primera instancia un perfil del proyecto, lamentablemente este proyecto solo quedo aprobado y no se realizó.

En el año 2009 egresé de la carrera y el año 2010 ingresé al laboratorio de Neuroetología en la facultad de Medicina para realizar mi seminario de título, el cual terminé en enero del 2012. En este periodo recibí la beca de apoyo a tesis de pregrado por parte de la fundación Guillermo Puelma. Tuve la posibilidad de presentar mi trabajo en el congreso Latinoamericano de Herpetología Curitiba, Brasil 2011 para el cual la facultad de Ciencias me ayudó con la beca de asistencia a congresos en el exterior, además presenté mi trabajo en el congreso de Medicina de la Conservación realizado en Santiago del 2011, sin mencionar otros congresos, nacionales e internacionales, donde se han expuestos mis resultados.

DEDICATORIA

Dedicada a mi familia y amigos.

Y en especial a Jonathan y Carolina que me cuidan desde el cielo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos aquellos que colaboraron y me apoyaron en la realización de mi seminario de título.

En primer lugar al Proyecto FONDECYT 1090251 por el financiamiento y a la Fundación Guillermo Puelma por la beca de apoyo a tesis de pregrado.

A mi directora de seminario, Antonieta Labra, por todo el cariño, apoyo, comprensión, aportes, correcciones y risas, y por la confianza que tuvo en mí para realizar este proyecto.

A los miembros de la comisión evaluadora de este seminario, Dr. Pablo Sabat y Dr. Hugo Torres, los cuales realizaron correcciones y aportes para mejorar este trabajo.

A mis amigos y compañeros de laboratorio, los cuales hicieron que cada día de trabajo fuera muy agradable y que cada terreno lo pasáramos increíble, además gracias por sus aportes y correcciones que ayudaron mucho a mis presentaciones y escritos. En especial a Nelson por todos los aportes y risas, a Javiera C. por los dibujos y diseños, Fernanda por llevarme a mi casa, a Don Anibal por facilitar el trabajo en el laboratorio y a Misque por pensar en mí para esta tesis.

A todos los que me acompañaron en esas horas interminables de estudio: Jime, Carola, Tami, Misque, Paula, Mariana, Laura, Gonzalo, Milen, María, Franco, Milenka, Pablo, Seba y Pancho por su cariño y preocupación en todo momento. También a Jonathan que aunque no está con nosotros lo llevo en el corazón todos los días.

También a los que han estado conmigo dándome fuerzas y ánimo. A mis amigas del alma Pame, Cony, Carla, Maca y Cami. A Ruly, la Mabe, Mei, Sofí, Fran y Coni que son un pilar fundamental en mi vida. Y a todos aquellos que me han entregado energías y buenas vibras en todo momento, amigos de scout, de Laguna, estadísticos y amigos de la vida.

A mis hermanos por aguantar mis cambios de humor, Ignacio y Gustavo. A mis tíos y tías, en especial Ximena, Noni, Jorge O., Marta, Jorge E. A todos mis primos en especial a Dani, Caro, Matías, Marce, Andreas, Pipe, Jorge, Ro, Cote, Claudia, y a todos mis sobrinos en especial a la que son mis ahijadas, Emma y Amanda (a sus padres por la confianza que depositaron en mí). A todos ellos por quererme y apoyarme incondicionalmente.

Y quiero agradecer de forma especial a mis padres, Kiko y Cecilia, gracias por todo, los quiero con el alma y estoy muy orgullosa de ser su hija.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 <i>Objetivos</i>	6
1.2 <i>Hipótesis y Predicciones</i>	7
3. METODOLOGÍA	7
3.1 <i>Sitios de estudio, colecta de animales y su mantención en el laboratorio</i>	7
3.2 <i>Método experimental</i>	8
3.3 <i>Filmaciones</i>	12
3.4 <i>Estadística</i>	14
4. RESULTADOS.....	14
4.1 <i>Comparación de variables durante el estímulo</i>	14
4.2 <i>Comparación de variables Post-Estímulo</i>	17
5. DISCUSIÓN	20
6. CONCLUSIONES.....	23
7. REFERENCIAS	23
8. ANEXO: Permiso del SAG.....	26

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1** Resultados del ANOVA de dos vías para determinar el efecto del tratamiento, sexo y su interacción durante el estímulo, en las respuestas de *L. chiliensis*. F es el estadígrafo y p el nivel de significancia. En negrita se ven los resultados significativos ($p \leq 0.05$).
- Tabla 2** Resultados de las pruebas no paramétricos usados para las respuestas de *L. chiliensis* de las variables no normales durante el estímulo. La comparación de los tratamientos se hizo con Friedman, X^2 el estadígrafo y p el nivel de significancia. La prueba usada para sexos fue Mann-Whitney, siendo U el estadígrafo y p el nivel de significancia. En negrita se ven los resultados significativos ($p \leq 0.05$).
- Tabla 3** Resultados del ANOVA de dos vías para determinar el efecto de los tratamientos, el sexo y su interacción durante el post-estímulo de las respuestas de *L. chiliensis*. F es el estadígrafo y p el nivel de significancia. En negrita se ven los resultados significativos ($p \leq 0.05$).
- Tabla 4** Resultados de las pruebas no paramétricas usadas para analizar las respuestas de *L. chiliensis* de las variables no normales post-estímulo. La comparación de los tratamientos se hizo con Friedman, X^2 el estadígrafo y p el nivel de significancia. La prueba usada para sexos fue Mann-Whitney, siendo U el estadígrafo y p el nivel de significancia. En negrita se ven los resultados significativos ($p \leq 0.05$).

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1** Ejemplar *Liolaemus chiliensis* de la zona central de Chile. (Cortesía de Óscar Acevedo)
- Figura 2** Diagrama de la caja de experimentación, ejemplo del tratamiento chillido+culebra enrollada.
- Figura 3** Diagrama de los tiempos de experimentación.
- Figura 4** Promedio del tiempo de movimiento de la cabeza (\pm EE) que realiza *Liolaemus chiliensis* durante la presentación del estímulo.
- Figura 5** Promedio del tiempo de latencia al primer lamido (\pm EE) de *Liolaemus chiliensis* durante la presentación del estímulo.
- Figura 6** Promedio de lamidos (\pm EE) realizados por *Liolaemus chiliensis* durante la presentación del estímulo.
- Figura 7** Promedio del tiempo de movimiento de la cabeza (\pm EE) de *Liolaemus chiliensis* realizados en cada tratamiento después de la presentación del estímulo. $*=p<0.05$.
- Figura 8** Promedio del tiempo de desplazamiento (\pm EE) de *Liolaemus chiliensis* realizados en cada tratamiento después de la presentación del estímulo. $*=p<0.05$.
- Figura 9** Promedio del tiempo de movimiento total (\pm EE) de *Liolaemus chiliensis* realizados en cada tratamiento después de la presentación del estímulo. $*=p<0.05$.
- Figura 10** Promedio del tiempo de permanencia en el sector uno (\pm EE) por parte de *Liolaemus chiliensis* después de la presentación del estímulo. $*=p<0.05$.

RESUMEN

El comportamiento es todo lo que un individuo hace en respuesta a cambios en el ambiente, y una de estas conductas son las defensas o mecanismos antidepredatorios, es decir, como las presas evitan la depredación. Las presas presentan una variada gama de defensas, de las cuales, es destacable mencionar las llamadas de alarma, que son emitidas por un individuo entregando información a otros individuos sobre el peligro de depredación. *Liolaemus chiliensis* es la única especie dentro del género *Liolaemus* en la que se ha reportado que emite vocalizaciones cuando es manipulado o subyugado por un depredador, y existen evidencias de que este chillido sería un indicativo de peligro para los conespecíficos. Esta llamada permitiría entregar de manera eficiente la información, dado que estos individuos viven en matorrales, el canal visual no sería adecuado. Aun cuando se plantea que la presentación conjunta de distintos tipos de señales o claves facilita la entrega de información, es poco claro que esta especie utilice información visual que indique peligro de depredación. Con estos antecedentes, el objetivo del estudio es determinar si *L. chiliensis* exacerbaría o no su comportamiento antidepredatorio cuando se adiciona información visual (e.g. presencia de conespecíficos y/o del depredador) a las llamadas de alarma. Se postula que *L. chiliensis* no modificaría su conducta al enfrentarse al chillido con estímulos visuales.

Un total de 22 ejemplares de *Liolaemus chiliensis* fueron sometidos a los siguientes tratamientos, chillido, chillido+lagarto, chillido+culebra, chillido+culebra subyugando a un lagarto (depredación). Los experimentos se realizaron en una caja de acrílico dividida por una puerta móvil, dejando un sector experimental donde se colocó el individuo focal y el sector estímulo donde se encontraba el parlante para reproducir el chillido y presentar los modelos de silicona reales de un conespecífico *L. chiliensis* y de la culebra *Phylodria chamissonis*. Cada experimento fue filmado y contó con un periodo de presentación (1 min) y otro de de filmación post-estímulo (6 min). Luego se midieron diversas variables (e.g. movimiento cabeza).

Durante el estímulo solo se encontró que las hembras se movían y exploraban más que los machos, sin encontrarse efecto de los tratamientos. Sin embargo, durante el post-estímulo los lagartos modificaron significativamente su conducta solo cuando el chillido iba asociado con la situación de depredación (máximo riesgo), es decir cuando la información visual era concordante con la acústica. La hipótesis propuesta se cumple parcialmente, ya que la información visual afectó las respuestas antidepredatorias de *L. chiliensis*, pero solo cuando estas fueron concordantes (situación de depredación) con las llamadas de alarma.

ABSTRACT

The behavior is all what an individual makes in response to changes in the environment, and one of these behaviors are defenses or antipredator mechanisms, what animals do to avoid predation. There is a huge variety of defenses, and which, it is noteworthy to mention the alarm calls, which are emitted by an individual providing information to other individuals about the predation risk. *Liolaemus chiliensis* is the only species within the genus the genus in which it was reported the production of vocalizations when they seized or subjugated by a predator, and there is evidence that this would be an indication that screams can alert to conspecifics of the predation risk. These calls can be very efficient in deliver the information, since these individuals live in bushes that restrict the use of the visual channel. Although it was proposed for other taxa that the copresentation of signals from different modalities can facilitate the delivery of key information, it is unclear that *Liolaemus chiliensis* uses visual information to assess predation risk. In this context, the aim of this study is to determine if *L. chiliensis* may increase its antipredatory response if the screams are presented together with a visual stimulus (e.g presence of conspecifics and / or predator). We postulate that *L. chiliensis* will no modify its behavior when visual information rake place together the screams.

A total of 22 specimens of *Liolaemus chiliensis* were collected and submitted to the following treatments: scream, scream + lizard (a conspecific), scream + snake (*Phyllodoria chamissonis*), and scream + snake subduing a lizard (predation). The experiments were conducted in a plexiglass box divided by a moving door, leaving an experimental area where the focal lizard was placed and a sector where the speaker to reproduce the scream and the different visual stimuli were placed. Experiments were filmed during the stimuli (1 min) after it (6 min). Variables (e.g. head movement) were measured thereafter.

During the stimulus we only found that females moved and explored more than males, but there were no effect of treatments. However, during the post-stimulus lizards only changed significantly their behavior when the scream was associated with the depredation situation (maximum risk), ie when visual information was consistent with the acoustics. The proposed hypotheses was partially correct, since the visual information affected the antipredatory behavior of *L. chiliensis*, but only when was concordant with the alarm, i.e when calls were presented together with a predation situation.

1. INTRODUCCIÓN

Barnard (1983) definió el comportamiento como “todos los procesos observables por el cual un animal responde a los cambios percibidos en el estado interno de su cuerpo o en el mundo externo”. Estos procesos se caracterizan por incluir patrones de movimientos claramente identificables, no necesariamente complejos, generalmente en serie con una secuencia establecida (Barnard 2004; Alcock 2005). Se postula que el comportamiento permite al individuo “lograr algo”, como entregar información a otros organismos (de su misma especie o no), obtener mayores beneficios del ambiente o mejorar su bienestar, entre otras (Barnard 2004; Ibargiengoytia 2008; Vitt y Caldwell 2009). El comportamiento es diverso en sus formas de presentación y variado en los aspectos que interviene en la vida de un individuo (Barnard 2004). Dentro de los diversos aspectos posibles de abordar el estudio de la conducta animal, particular atención han recibido el análisis del comportamiento reproductivo, depredatorio, cuidado parental y aprendizaje, forrajeo, y las respuestas antidepredatorias (Barnard 2004; Alcock 2005).

El comportamiento es el resultado de diversos factores, incluidos el genotipo, la etapa ontogenética y el medio ambiente del individuo (Barnard 2004; Alcock 2005). Por ejemplo, las abejas *Apis mellifera*, dependiendo de su edad, tendrán trabajos específicos determinados por su genotipo, pero si faltan trabajadoras de algún rango, las demás son capaces de modificar su conducta y equiparar este déficit (Lindauer 1961). También se han observado cambios conductuales por variación de hormonas, como es el caso de algunos reptiles que frente a una amenaza o cambios externos, aumentan los niveles de corticosterona, la cual influye en el comportamiento de vigilancia y alerta de los individuos (Trompeter y Langkilde 2011).

Inherente a cada individuo es interactuar con otros de su misma especie u otras con las cuales comparte el hábitat, lo que se conoce como comportamiento social (Vitt y Caldwell 2009). Usualmente, mientras más social sean los organismos, su repertorio conductual será mucho más rico (Alcock 2005). Sin embargo, independiente del grado de sociabilidad de las especies, las interacciones que establecen los organismos llevan asociadas conductas especializadas, dependiendo del mensaje a transmitir y la respuesta a entregar. Algunos repertorios incluyen despliegues visuales, vocalizaciones, y liberación de feromonas (Barnard 2004; Caro 2005). Todas estas conductas entregan información a los organismos, y podemos denominar a este conjunto “comunicación”, definido como el fenómeno en el cual un individuo entrega información o mensajes mediante señales a otro

individuo, el cual responde a tales estímulos (Hauser 2000). Así, diversos autores plantean que la función principal de cualquier tipo de comunicación es afectar e influir el comportamiento del otro individuo (Rendall et al. 2009; Steiger et al. 2010). En este proceso deben participar al menos dos individuos, emisor y receptor, que usen el mismo lenguaje, planteándose que la verdadera comunicación es la que ocurre entre individuos de la misma especie (Hauser 2000). El emisor debe tener intenciones de comunicarse y el receptor debe ser capaz de decodificar el mensaje, y para que la comunicación sea efectiva los individuos involucrados deben recibir e interpretar todas las señales, dejando a un lado los ruidos ambientales (Rendall et al. 2009; Rypstra et al. 2009).

La comunicación puede realizarse a través de uno o varios canales, siendo los más comunes el visual, químico y/o acústico (Barnard 2004; Labra 2008). Las nuevas evidencias son claras en indicar que la mayoría de los animales usan dos o más modalidades simultáneamente, lo cual se ha denominado comunicación multisensoriales o multimodales (Kulahci et al. 2008). Este tipo de comunicación ha sido descrita en muchos taxa y para varios aspectos de la comunicación (Rypstra et al. 2009), tales como los estudios centrados en los mecanismos de apareamiento de diferentes especies. En el ave *Sylvia communis* el macho realizan vuelos de cortejo, pero sólo tiene éxito con las hembras cuando es acompañado de cantos (Balsby y Dabelsteen 2002). Estudios similares muestran que las hembras eligen preferentemente a los machos cuando estos exhiben dos señales complementarias o redundantes, como en *Pardosa milvina* (arañas lobo, Rypstra et al. 2009), *Physalaemus pustulosus* (rana Túngara, Taylor et al. 2008) y en *Drosophila melanogaster* (Rybak et al. 2002). Otros aspectos en donde se ha estudiado la comunicación multimodal es en la territorialidad. En la rana *Epipedobates femoralis*, las acciones agonísticas se desencadenan cuando el despliegue visual va junto con una señal acústica (Narins et al. 2003). Por otra parte, el forrajeo de las abejas *Bombus impatiens* es más rápido cuando las flores donde está el néctar poseen la forma y olor que indica mayor retribución energética (Kulahci et al. 2008). Finalmente, las ardillas *Sciurus carolinensis*, responde un incremento en sus conductas antidepredatorias, cuando las señales de alarma de los vigías van acompañadas de estímulos visuales y acústicos (Partan et al. 2010).

Existen varios estudios que analizan las distintas ventajas y desventajas evolutivas de la comunicación multisensorial (e.g. Candolin 2003). Dentro de las ventajas, las señales multimodales podrían servir para redundar una información para complementarse o para actuar en diferentes tiempos o distancias (Taylor et al. 2008). Así, una señal podría ser de largo alcance, y la segunda de corto alcance, pero más específica (Kulahci et al. 2008). Los

cangrejos *Carcinus maenas* machos responden de forma defensiva al percibir las feromonas de hembras en el periodo reproductivo, pero al combinar esta señal con una visual (ver a la hembra) los machos comienzan encuentros agonísticos (Sneddon et al. 2003), en este caso las feromonas entregan información y la visual confirma en un tiempo real la presencia de la hembra. Por otro lado, los costos más evidentes son, que el sumar una señal en el mismo u otro canal suele incrementar el gasto energético, o incrementar las posibilidades de atraer individuos no deseados, como depredadores (Kulahci et al. 2008). Un caso de esto último se produce en la araña *Schizocosa ocreata*, especie que durante el apareamiento utiliza modalidad táctil y visual para atraer a las hembras, atrayendo al mismo tiempo a su depredador *Phidippus clarus* (Roberts et al. 2007).

La comunicación entonces, si bien permite a los individuos de una misma especie interactuar, muchas veces los pone en evidencia aumentando el riesgo de depredación. De hecho, la mayoría de los animales son presa (Barnard 2004; Caro 2005), los cuales desarrollarán patrones de comportamiento en respuesta a la depredación, que son las defensas o mecanismos antidepredatorios (Kavaliers y Choleris 2001). Por ejemplo la oruga *Orgyia leucostigma* posee pelos en su cuerpo que son una barrera física para sus depredadores (Castellanos et al. 2011). El pez *Poecilia tuberculata* usa diferentes estrategias dependiendo del depredador, si es aéreo se quedan quietos en el fondo de un cuerpo de agua y si es acuático lo encaran (Templeton y Shriner 2004), en *Dendrobates pumilio* se ha visto una correlación positiva entre el brillo y color de la rana y su nivel de toxicidad (Maan y Cummings 2012).

Kavaliers y Choleris (2001) dividen el comportamiento antidepredatorio en dos periodos; el primero es pasivo, donde el individuo evitaría ser percibido por el depredador (e.g. mimetismo, camuflaje, crípsis) y el segundo sería el activo, que se presenta una vez que el depredador comienza su ataque y el individuo debe evitar ser depredado. Estas defensas pueden ser morfológicas (púas, caparazón), fisiológicas (veneno o toxinas) o de comportamiento como morder, correr, autotomizar la cola o abrir la boca (Kavaliers y Choleris 2001). En la fase pasiva, el individuo sufre un cambio, pasa de estar en un estado neutral a uno de alerta, y muchas especies habrían evolucionado el uso de estos mecanismos, ya que prevenir los encuentros sería menos costoso que defenderse (Kavaliers y Choleris 2001). Sin embargo, considerando que los animales presa tienen diversas necesidades (e.g. forrajear, regular la temperatura, reproducirse), las decisiones deberían maximizar los beneficios y minimizar encuentros con depredadores (Kavaliers y Choleris 2001). Un tipo de mecanismo usado en la fase pasiva, y que no sólo benefician al individuo en peligro sino

que puede alertar y ayudar en la toma de decisiones de otros organismos, son las llamadas de alarma (Barnard 2004).

Las vocalizaciones son un tipo de comunicación común dentro del reino animal, y varias especies utilizan las señales acústicas, las cuales entre otras funciones, sirven como alerta a sus conespecíficos del riesgo de depredación, teniendo la ventaja de que son señales de largo alcance y son inmediatas en la entrega de la información. Las llamadas de alarma cambian el comportamiento de otro individuo, usualmente de otro conespecífico (Rendall et al. 2009). Estas señales de alarma poseen muchas similitudes tales como ser de corta duración, poco estructuradas y con inicios abruptos, lo cual provoca en el receptor respuestas inmediatas (e.g. preparación muscular en caso de efectuar un escape rápido). Generalmente éstas van acompañadas de otras señales de alarma, principalmente de despliegues visuales (Rendall et al. 2009). Este comportamiento se ha estudiado principalmente en aves y mamíferos, los que poseen una gran capacidad de emitir sonidos; además en general poseen sistemas sociales complejos lo cual hace que la alarma beneficie a todo el grupo (Barnard 2004; Alcock 2005; Rendall et al. 2009). Sin embargo, los antecedentes indican que otros taxa de vertebrados, sin sistemas sociales tan complejos, también utilizarían estas señales (Barnard 2004; Labra 2008).

En el caso de los lagartos, los canales visuales y químicos son los más utilizados (Labra 2008), mientras que la comunicación acústica está restringida esencialmente a los lagartos gekkos (Tang et al. 2001), aun cuando existe información, en su mayoría anecdóticas, de la existencia de vocalizaciones en diversas familias de lagartos (Ouboter 1990; Labra et al. 2007). En algunos casos se restringe al uso de señales acústicas producidas por otras especies, para evitar la depredación, como es el caso de la iguana marina de las Galápagos (*Amblyrhynchus cristatus*), que presenta conductas de alerta cuando el ave con el que cohabita, *Nesomimus parvulus*, emite vocalizaciones ante riesgo de depredación. Se postula que las condiciones poco favorables del hábitat de las iguanas para el uso de señales o claves visuales habría sido la fuerza selectiva para la evolución del uso de señales acústicas producidas por otra especie (Vitousek et al. 2007).

Los estudios en comunicación de los lagartos del género *Liolaemus* en Chile, se han centrado en el estudio de las señales químicas, seguido de las señales visuales (Labra 2008). La comunicación acústica prácticamente no ha sido abordada, aun cuando existe una especie que emite vocalizaciones, *Liolaemus chiliensis*, especie conocida como el “lagarto llorón” o “chillón” (Mella 2005). Carothers et al. (2001) indica que de 11 especies de *Liolaemus* estudiadas en la zona central de Chile, solo *L. chiliensis* vocalizó ante riesgo de depredación,

estudiadas en la zona central de Chile, solo *L. chiliensis* vocalizó ante riesgo de depredación, y su chillido puede ser audible hasta unos tres metros. Una de las hipótesis para explicar estas vocalizaciones es que servirían de aviso a conespecíficos del riesgo de depredación en las cercanías (Carothers et al. 2001).

Liolaemus chiliensis normalmente habita arbustos (Mella 2005), donde existe una limitación importante para la comunicación visual. Esto podría determinar un incremento en la dificultad de ver a los depredadores y/o de detectar la conducta de evasión del peligro de un conespecíficos o incluso ver como es atacado un conespecífico. Sin embargo, la baja visibilidad puede convertirse en una ventaja al momento de pasar inadvertido. Estudios preliminares indican que individuos de *L. chiliensis* disminuyen su actividad cuando escuchan los chillidos, entrando así en la fase de cripsis (inmovilidad), evidenciando que el chillido sería un indicativo de peligro para conespecíficos (Hoare y Labra 2010). Esta cripsis se facilita porque *L. chiliensis* posee patrones de coloración similares a los de su microhábitat, lo que disminuye el ruido visual. *Liolaemus chiliensis* presenta colores verde y café claro, con escamas de diferentes tonalidades (Fig. 1), permitiéndole camuflarse entre los matorrales (Mella 2005), lo que hace muy difícil su detección (obs. Pers).

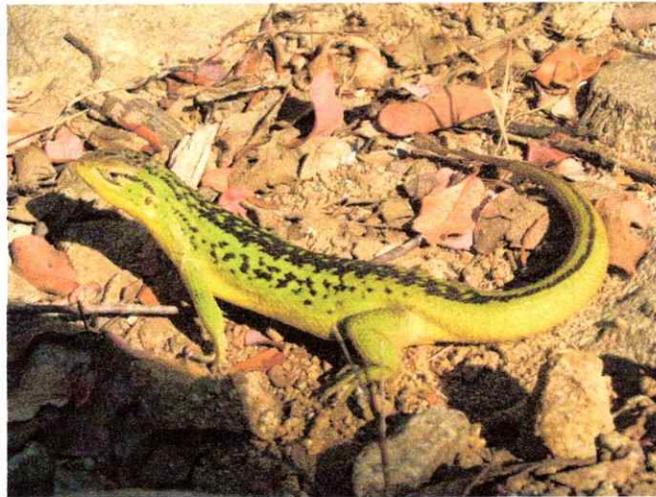


Figura 1. Ejemplar *Liolaemus chiliensis* de la zona central de Chile.
(Cortesía de Óscar Acevedo)

Sin embargo se ha visto que *L. chiliensis* sólo chilla cuando es manipulado (Obs. Pers., Carothers et al. 2001), y trabajos recientes indican que estos lagartos no chillan ni en presencia ni en ataque de depredadores (Constanzo y Labra 2011a), lo que sugiere que el chillido ocurriría sólo cuando el lagarto es atrapado por su depredador. Por lo tanto, se

Al igual que el caso de la iguanas marinas, para las cuales se postuló que la limitante visual habría llevado a usar las señales acústicas de otros individuos como mecanismo de prevención (Vitousek et al. 2007), es posible proponer que las condiciones del hábitat de *L. chiliensis*, fundamentalmente la baja visibilidad, habrían determinado la evolución del uso de llamadas de alarma (Labra et al. 2007), que facilitarían transmitir la información a los conespecíficos del riesgo de depredación.

Sin embargo, surge la interrogante ¿qué pasaría si las llamadas de alarma emitidas por los individuos van acompañadas de claves claramente indicadoras de un riesgo de depredación inminente, tales como ver al depredador y/o al conespecífico en situación de riesgo? De acuerdo con lo anterior, este seminario de título propone determinar si efectivamente un chillido acompañado de claves visuales indicadoras de alto riesgo de depredación, exacerbarían la respuesta de alerta de un conespecífico. Dado que el hábitat de *L. chiliensis* permite poca visibilidad postulamos que la información visual no sería un modo de comunicación dominante en esta especie, y que la conducta de *L. chiliensis* no se vería afectada si las llamadas de alarma se acompañan de alguna clave visual (depredador y/o conespecíficos).

Es necesario aclarar que las claves a diferencia de las señales no han sido seleccionadas para transmitir un mensaje, sin embargo, los organismos serían capaces de utilizar estas claves para extraer información (Steiger et al. 2010). Un ejemplo claro son las consecuencias de la defecación. Los animales deben hacerlo, pero con esto dejan rastros de su ubicación, y en algunos casos hormonas que podrían dar información sobre el sexo, edad, u otras características, pero el individuo no tiene la intención de dejar esa información. Se ha propuesto que algunas señales habrían evolucionado a partir de claves (Rendall et al. 2009), a través del proceso de ritualización (Steiger et al. 2010). Dentro de este contexto, hablamos de claves visuales para el caso de *L. chiliensis*, pues el acto de depredación, por ejemplo, no tendría intencionalidad de informar a otros sobre este riesgo.

1.1 Objetivos

Objetivo General

Estudiar el rol de la interacción entre estímulos acústicos y visuales en la conducta antidepredatoria de *Liolaemus chiliensis*.

Objetivos Específicos

(1) Registrar la conducta de *L. chiliensis* enfrentado a llamadas de alarma de conespecíficos.

(2) Registrar la conducta de *L. chiliensis* enfrentado a las llamadas de alarma de un conoespecíficos sumando a claves visuales: Presencia de conoespecíficos, depredador, o conoespecíficos con depredador (depredación).

1.2 Hipótesis y Predicciones

Las vocalizaciones emitidas ante situación de riesgo de depredación, afectan la conducta de conoespecíficos, conducta que no sería modificada al sumar claves visuales.

3. METODOLOGÍA

3.1 Sitios de estudio, colecta de animales y su mantención en el laboratorio

Durante los meses de septiembre y octubre del año 2010 se colectaron 22 ejemplares (9 hembras y 13 machos) de *L. chiliensis* en el sector de Melipilla (33°41'S, 71°13'W; RM). Para la captura y mantención de los lagartos en el Lab. Neuroetología, Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, se contó con la autorización del Servicio Agrícola y Ganadero N° 7466, y del Comité de Ética Científica de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

La captura de los lagartos se realizó usando cañas telescópicas con lazos de algodón ("guachis"). Cada lagarto fue identificado con un número y mantenido en una bolsa de tela individual. Además fueron georeferenciado mediante un GPS, lo cual permitió devolverlos al lugar exacto de captura, una vez que el período de experimentación finalizó.

Al llegar al laboratorio, se determinó por inspección bajo lupa, la presencia de ectoparásitos, *Pterigosoma sp.* (Constanzo y Labra 2011b). Se sabe que los individuos en condiciones ecosistémicas saludables son capaces de mantener un equilibrio con sus parásitos evitando que estos se exacerben, y que el estrés influye negativamente en el sistema inmunológico de los individuos (Campo et al. 2002), lo que puede alterar este equilibrio parasito-hospedero. En el laboratorio, aunque se intenta minimizar la carga de estrés, nunca llega a cero, ya que el solo hecho de manipularlos o cambiarlos de ambiente les genera una condición de estrés (Campo et al. 2002). Esto puede determinar un incremento de ectoparásitos, pudiendo afectar negativamente su estado general de salud e incluso llevar a la muerte del individuo. El que los lagartos no estén en su óptima condición puede modificar su conducta, la cual afectaría la respuesta experimental. Por estas razones, si los individuos presentaban parásitos, estos eran removidos con pinzas finas y posteriormente se utilizó el antiparasitario fipronil 0,25% espray (Front Line ®, Merial, Inc.), aplicándolo en todo el

cuerpo (excepto la cabeza), lo cual permite prevenir su reaparición. Si el parasitismo persistía, los terrarios, refugios, bebederos y perchas (ver más adelante) eran lavados con agua y detergente, luego fueron enjuagados con alcohol al 95%, el sustrato fue desechado y cambiado, y a los lagartos se les realizó el mismo tratamiento (desparasitación manual y aplicación de fipronil). Una vez terminada la desparasitación, los lagartos fueron pesados, medidos (longitud hocico-cloaca) y sexados mediante la observación de la cloaca y base de la cola. Luego cada uno fue depositado en un terrario, el cual fue identificado con el número correspondiente al individuo.

Los lagartos fueron mantenidos en terrarios individuales, que consistían en cajas de plástico de 44,5 x 32 x 25 cm, las cuales tenían en una de sus paredes una ventana cubierta con una malla plástica, además tenían tapas de cierre hermético, parcialmente reemplazados por una malla plástica, lo que permitió aumentar la superficie de exploración, ingreso de luz y aire. Como sustrato se utilizó arena con una profundidad de 3 cm aproximadamente, y como enriquecimiento ambiental se colocó un listón de madera para ser usada como percha y tres pocillos de greda, uno usado como refugio y sitio de termorregulación (estando invertido y con una piedra como base para generar un espacio de entrada), otro para mantener agua *ad libitum* y el tercero contenía pasto, proveyendo un refugio el cual también sería utilizado en los experimentos (ver más adelante). El bioterio se mantuvo con un fotoperíodo de 13 hrs luz: 11 hrs oscuridad y con una temperatura promedio de 29°C, todo esto logrado por medio de lámparas halógenas. Los animales fueron alimentados tres veces por semana con larvas de *Tenebrio molitor*, adicionadas con suplemento vitamínico y mineral (SERA reptimineral C).

Los lagartos tuvieron a lo menos una semana sin ser utilizados, para lograr una habituación a las condiciones de laboratorio (Labra y Niemeyer 2004).

3.2 Método experimental

El trabajo experimental se realizó dentro de una cámara anecóica, ubicada en el laboratorio de Neuroetología. Los experimentos se realizaron en un terrario de acrílico transparente de 80 x 40 x 40 cm, dividido en dos mitades iguales (40 x 40 cm cada una) separados por una puerta móvil. En una de las secciones (sector experimental) se introducía al individuo focal, sector cuyas paredes estaban cubiertas con un adhesivo para evitar que el lagarto viera al exterior de la caja y para que no se reflejara. En este sector experimental se colocó un trozo de cubrepiso café de 40 x 40 cm para evitar que los individuos se resbalaran en el acrílico. No se utilizó arena por lo engorroso de limpiar entre cada experimento, mientras que el cubrepiso era fácil de cambiar y los lagartos se adaptaron perfectamente.

colocó un trozo de cubrepiso café de 40 x 40 cm para evitar que los individuos se resbalaran en el acrílico. No se utilizó arena por lo engorroso de limpiar entre cada experimento, mientras que el cubrepiso era fácil de cambiar y los lagartos se adaptaron perfectamente. Para determinar si los lagartos tuvieron sitios preferenciales dentro del sector experimental, o si los estímulos modificaban el uso o la preferencia del espacio, los cubrepisos fueron divididos en cuatro sectores de igual tamaño, siendo el sector uno el más próximo a la puerta y el cuatro el más alejado (Fig. 2). Cada lagarto tenía su propio cubrepiso, puesto que los rastros químicos de otros individuos podrían afectar la conducta del lagarto focal, evitándose además, que los individuos recibieran una información distinta a la entregada por los estímulos visuales y acústicos del tratamiento correspondiente. También se colocó el pocillo con pasto que cada lagarto tenía en su terrario de mantención, para ambientar y permitir un refugio para el lagarto. Este fue ubicado entre los sectores 2 y 3 (Fig. 2).

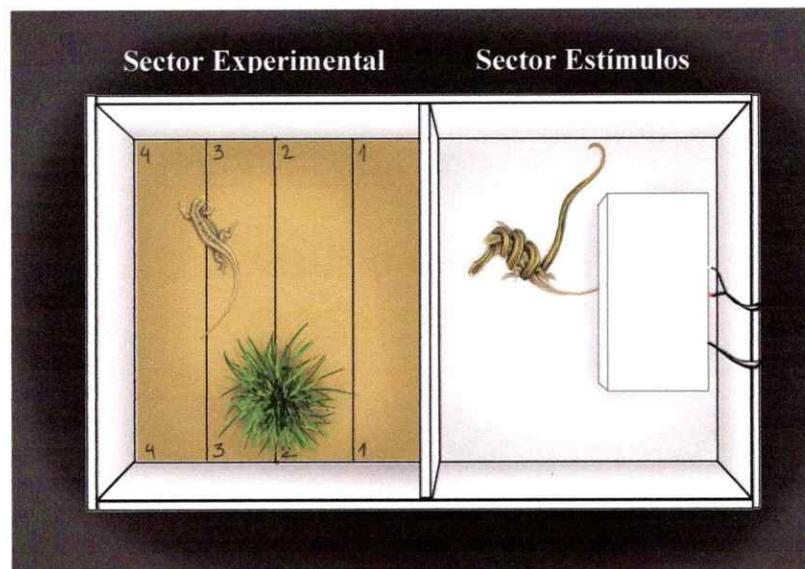


Figura 2. Diagrama de la caja de experimentación, ejemplo del tratamiento chillido+culebra enrollada.

Después de cada experimento se retiraba el cubrepiso y se limpiaba el sector experimental con un algodón embebido con alcohol 95%, para retirar cualquier rastro químico que pudiese haber quedado del individuo anterior.

En el otro sector (sector estímulos) fueron colocados los distintos estímulos, visuales y el acústico. En la pared opuesta a la puerta, se colocó un parlante Behringer® conectado a un amplificador NAD Electronics 3020i el cual a su vez fue conectado a un iPod nano A1320, que permitió reproducir un chillido sintético (ver más adelante). El parlante fue

cubierto por una tela delgada del mismo color que la puerta, que permitía ocultarlo pero sin afectar el sonido. Este sector también tenía un cubrepiso del mismo material y color que la del sector experimental para mantener uniformidad.

El comportamiento de los lagartos fue grabado usando un circuito cerrado de televisión con una cámara filmadora Panasonic® HDC-TM20 suspendida a 1,30 m directamente sobre el sector experimental.

Para realizar cada experimento se retiró al lagarto focal de su terrario de mantención y fue puesto en su bolsa de tela, dejándolo por 10 min cerca de una luz infrarroja para darle calor y aumentar su temperatura corporal. Todo esto ayudó a disminuir el estrés previo al inicio del experimento.

Una vez colocado el lagarto en el sector experimental, se esperó que realizara el primer lamido, indicador de que el lagarto comenzó la exploración del ambiente. Si se sobrepasaban los diez minutos, el experimento era cancelado y el individuo devuelto a su terrario de mantención. Luego del primer lamido se esperaron tres minutos, los cuales servían para que el individuo pudiera explorar y habituarse al sector experimental antes de ser expuestos a los estímulos. Después de transcurrido este período comenzó la filmación con la presentación del estímulo (Fig. 3), el cual consistió en abrir la compuerta para mostrar los diferentes estímulos (que se describen más adelante), y tuvo una duración de un minuto incluyendo el cierre de la puerta. Finalizado el período del estímulo, la conducta del lagarto fue grabada por 6 minutos. El tiempo post-estímulo fue decidido considerando que los niveles de corticosterona en la sangre, hormona que modula el comportamiento antidepredatorio y de defensa de los animales, tiene un pick a los 5 minutos en lagartos *Sceloporus undulatus* (Trompeter y Langkilde 2011). Para cada tratamiento, la filmación tuvo una duración total de 7 minutos por individuo (Fig. 3).

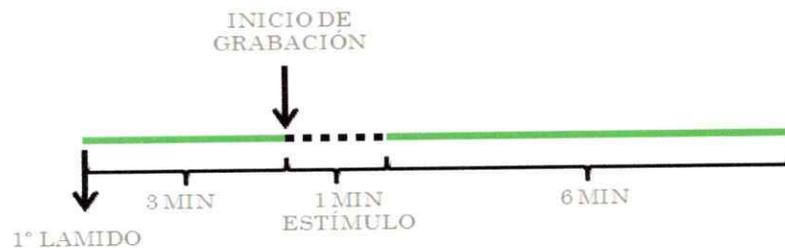


Figura 3. Diagrama de los tiempos de experimentación.

totalidad. También colocamos un ventilador para que el aire fluyera en la cámara. En animales ectotermos, como los lagartos, las respuestas conductuales se ven modificadas según su temperatura corporal (Crowley y Pietruszka 1983; Bennett 1990), y mantener una temperatura estable aseguraría que las variaciones conductuales no dependieran de variación en la temperatura corporal. Una vez terminada la grabación se tomó la temperatura cloacal del individuo con una termocupla tipo K conectada a un termómetro digital Cole Palmer® Digi-Sense®. Si las mediciones no estaba dentro de un rango de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ de la temperatura preferencial de la especie (35°C , Labra et al. 2009) los experimentos se repetirían. La medición de la temperatura corporal no se realizó al principio del experimento dado que la inserción de la termocupla podría generar un gran estrés, que podría alterar el comportamiento de los individuos en el experimento.

Cada lagarto fue sometido a cuatro tratamientos diferentes, de forma contrabalanceada y parcialmente aleatoria:

1. Chillido
2. Lagarto = Chillido + Lagarto (Modelo de silicona de lagarto)
3. Culebra = Chillido + Culebra (Modelo de silicona de culebra)
4. Depredación = Chillido + Culebra Enrollada (Modelo de silicona de culebra enrollada en el modelo de silicona de lagarto, simulando una situación de depredación)

El chillido sintético fue creado en el laboratorio por Misque Hoare en 2010 (Hoare y Labra 2010), el cual fue realizado usando los promedios de los parámetros espectrales y temporales de los chillidos de 25 individuos.

Se usaron modelos de silicona realistas, en tamaño y color, de un conespecífico (*L. chiliensis*) y de un depredador (*Phylodria chamissonis*). Este depredador, conocido comúnmente como culebra de “cola larga”, se alimenta mayoritariamente de lagartos del género *Liolaemus* (Greene y Jaksic 1992), y en terreno se ha observado que ocupan el mismo hábitat que *L. chiliensis* (Constanzo com. Pers.)

Los modelos de silicona utilizados fueron manipulados con hilos transparentes. Los distintos movimientos fueron estandarizados, para poder ser replicables y homogeneizar los experimentos. El tiempo cero de filmación consistió desde que la puerta se abre y comienzan a presentarse los estímulos. Dependiendo del tratamiento los estímulos fueron:

- Chillido: A los diez segundos de iniciada la filmación se reproducía el chillido, y a los cincuenta segundos (aproximadamente) se comenzó a cerrar la puerta para que el periodo de estímulo durara sesenta segundos en total. Este tratamiento fue la base para los demás tratamientos, ya que en todos se utilizó el chillido.
- Lagarto: El modelo era levantado tres veces seguidas, esta secuencia se realizo mientras se escuchaba el chillido, o sea a los 10 segundos, y se repitió a los 30 segundos y 40 segundos.
- Culebra: La única parte móvil del modelo de la culebra era la cabeza y antes de comenzar el experimento ésta fue apoyada en la puerta, de tal forma que cuando esta se abriera, la cabeza cayera en el sector experimental. Mientras se reproducía el chillido la cabeza fue levantada y luego devuelta al suelo, esto se repitió a los 30 segundos. A los 40 segundos la cabeza fue levantada hasta quedar fuera del sector de experimentación para poder bajar la puerta.
- Depredación: Los movimientos semejabán pequeños saltos, simulando un encuentro de depredación, y al igual que en el tratamiento lagarto los movimientos se repitieron a los 10, 30 y 40 segundos.

Cada individuo tuvo un descanso de a lo menos dos días antes de volver a ser utilizado en otro tratamiento. Los experimentos fueron contrabalanceados, o sea que su inicio fue distribuido en forma equitativa pero en distinto orden entre los individuos, para disminuir un posible sesgo debido al orden o acostumbamiento por parte de éstos en el periodo de experimentación.

3.3 Filmaciones

Las filmaciones fueron reproducidas en un PC con el programa Windows Media Player y analizadas directamente utilizando un cronómetro y un contador para registrar tiempos y frecuencias, respectivamente. Cada variable fue medida independientemente en el periodo del estímulo (1 minuto) y post-estímulo (6 minutos).

Se midieron diversas latencias (periodo entre dos eventos). Durante el estímulo se comenzó a medir desde que la puerta empieza a levantarse hasta la realización de alguna conducta, y en el post-estímulo, desde que la puerta está completamente cerrada hasta que el individuo realice alguna de las acciones descritas más abajo:

- Latencia al 1º lamido: período que el individuo se demora en realizar su 1º lamido.

- Latencia al primer movimiento: tiempo que el individuo se demora en realizar algún movimiento, ya sea de cabeza, cola, patas, lamidos, desplazamientos o escape.
- Latencia al 1º desplazamiento: tiempo en que el individuo se demora en realizar su primer traslado, cambiando su ubicación u orientación en el sector experimental.

Las otras variables medidas fueron:

- Nº Lamidos: número de veces que el lagarto sacó y entró la lengua, lo cual se considera como un índice de exploración química (Labra 2008).
- Tiempo de movimiento de la cabeza (escaneo): cada vez que el individuo movía solo su cabeza. Los movimientos podían ser para observar otro ángulo de la caja como mirar hacia arriba.
- Tiempo de escape: tiempo que el individuo rascaba las paredes o el suelo (Font y Desfilis 2002).
- Tiempo de desplazamiento: tiempo en que el individuo está cambiando su ubicación espacial en sector experimental. Para esto se consideró que debía haber movimiento de las cuatro extremidades.
- Tiempo de movimiento total: todos los movimientos realizados por el individuo. Esto incluye los movimientos de cabeza, escape y desplazamientos, además de otros movimientos que se dieron en baja frecuencia como los de cola, movimientos del vientre previos a la defecación, apertura de boca y arrastre de cloaca.
- Tiempo en refugio: tiempo que el individuo se posaba sobre éste, por lo menos con medio cuerpo sobre el pocillo.
- Tiempo en sector 1 y 4: tiempo total que los animales pasaron en cada uno de estos sectores, para determinar si existe alguna preferencia por alguno de ellos. Como indicador de preferencia tomamos la posición de la nariz. Aunque en este trabajo consideró el uso de información química como estímulo, se sabe que el género *Liolaemus* se comunica y explora el ambiente principalmente por rastros químicos, y en la zona de nariz y boca es donde se encuentran los quimiorreceptores, por lo que se utilizó la posición de ésta zona como indicador de preferencia (Labra 2008). Los sectores 2 y 3 no fueron relevantes para este estudio, por los que su estancia no fue analizado.

3.4 Estadística

Se determinó la normalidad de los datos con el test Kolmogorov-Smirnov. Los datos que fueron normales, con o sin transformación, se analizaron con un ANOVA de dos vías de muestras repetidas, para determinar el efecto del tratamiento, sexo y su interacción. Se incluyó el sexo como otra variable ya que es sabido que machos y hembras poseen comportamientos diferentes en algunas situaciones (Barnard 2004; Alcock 2005). Los resultados fueron seguidos de la prueba a posteriori de Fischer LSD. Los análisis fueron realizados con el programa Statistica 7.0 (StatSoft, Inc., 2002, Tulsa, OK, USA).

Aquellas variables que aún transformadas no fueron normales, se analizaron con dos pruebas no paramétricas. La comparación entre tratamientos fue hecha con la prueba de Friedman seguido por el a posteriori Conover de Friedman. Para comparar por sexo se utilizó la prueba de Mann-Whitney. Ambas pruebas fueron realizados con el programa BrightStat© (copyright2006-2010 by D. Stricke).

4. RESULTADOS

4.1 Comparación de variables durante el estímulo

El tratamiento y su interacción con el sexo no afectaron las distintas variables, sin embargo el sexo afectó las respuestas de algunas de estas (Tabla 1 y 2). Las hembras mueven la cabeza por más tiempo que los machos (Fig. 4), poseen un menor tiempo de latencia al 1° lamido (Fig. 5) y tienen un promedio de lamidos mayor que el de los machos (Fig. 6).

Tabla 1. Resultados del ANOVA de dos vías para determinar el efecto del tratamiento, sexo y su interacción durante el estímulo, en las respuestas de *L. chiliensis*. F es el estadígrafo y p el nivel de significancia. En negrita se ven los resultados significativos ($p \leq 0.05$).

Variables	Estímulo		
	Tratamientos	Sexo	Interacción
	F(P)	F(P)	F(P)
Movimiento Total *	2,098 (0,110)	3,575 (0,073)	0,335 (0,800)
Movimiento de Cabeza	2,003 (0,123)	5,456 (0,030)	0,169 (0,917)

* Variable transformada con logaritmo.

Tabla 2. Resultados de las pruebas no paramétricos usados para las respuestas de *L. chiliensis* de las variables no normales durante el estímulo. La comparación de los tratamientos se hizo con Friedman, X^2 el estadígrafo y p el nivel de significancia. La prueba usada para sexos fue Mann-Whitney, siendo U el estadígrafo y p el nivel de significancia. En negrita se ven los resultados significativos ($p \leq 0.05$).



Variables	Estímulo	
	Tratamientos	Sexo
	X ² (P)	U(P)
Latencia al 1° Lamido	5,724 (0,126)	22,500 (0,016)
Latencia al 1° Movimiento	0,813 (0,846)	40,000 (0,217)
Latencia al 1° Desplazamiento	2,985 (0,394)	50,000 (0,570)
N° Lamidos	5,477 (0,140)	13,500 (0,003)
Movimiento Escape	0,646 (0,886)	48,500 (0,504)
Desplazamiento	4,471 (0,215)	50,000 (0,570)
Tiempo en Refugio	4,929 (0,177)	54,000 (0,764)
Tiempo en sector 1	2,429 (0,488)	43,500 (0,317)
Tiempo en sector 4	3,664 (0,300)	56,000 (0,867)

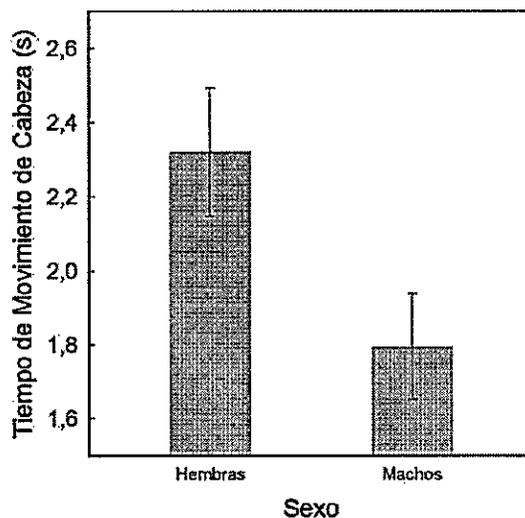


Figura 4. Promedio del tiempo de movimiento de la cabeza (\pm EE) que realiza *Liolaemus chiliensis* durante la presentación del estímulo.

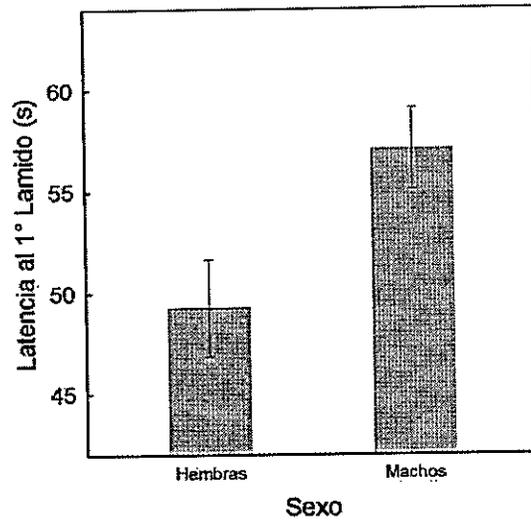


Figura 5. Promedio del tiempo de latencia al primer lamido (\pm EE) de *Liolaemus chiliensis* durante la presentación del estímulo.

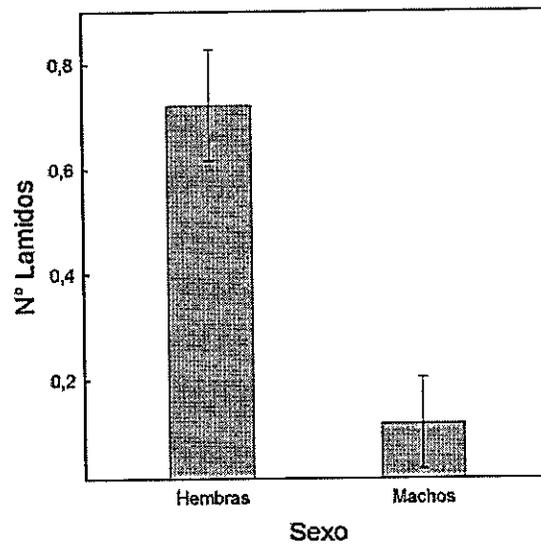


Figura 6. Promedio de lamidos (\pm EE) realizados por *Liolaemus chiliensis* durante la presentación del estímulo.

4.2 Comparación de variables Post-Estímulo

Al contrario de los resultados obtenidos durante el estímulo, las diferencias significativas estuvieron sólo entre tratamientos, sin que el sexo ni la interacción con los tratamientos dieran resultados significativos (Tablas 3 y 4).

En todos los casos en que existió efecto del tratamiento se observó el mismo patrón; *L. chiliensis* disminuyó su movimiento de cabeza (Fig. 7), desplazamiento (Fig. 8), movimiento total (Fig. 9) y el uso del sector uno (Fig. 10) en el tratamiento que presentaba el mayor riesgo para los individuos (depredación).

Tabla 3. Resultados del ANOVA de dos vías para determinar el efecto de los tratamientos, el sexo y su interacción durante el post-estímulo de las respuestas de *L. chiliensis*. F es el estadígrafo y p el nivel de significancia. En negrita se ven los resultados significativos ($p \leq 0.05$).

Variables	Post-Estímulo		
	Tratamientos	Sexo	Interacción
	F(P)	F(P)	F(P)
Latencia al 1° Lamido	0,135 (0,939)	0,681 (0,419)	0,314 (0,815)
Latencia al 1° Movimiento *	2,077 (0,113)	2,385 (0,138)	1,922 (0,136)
Latencia al 1° Desplazamiento *	0,900 (0,444)	0,470 (0,501)	0,241 (0,868)
N° Lamidos **	2,247 (0,092)	0,138 (0,715)	1,818 (0,153)
Movimiento Total *	3,987 (0,012)	0,015 (0,903)	1,306 (0,281)
Movimiento de Cabeza	2,936 (0,040)	0,878 (0,360)	1,030 (0,386)

* Variable transformada con logaritmo; **, variable transformada con raíz cuadrada.

Tabla 4. Resultados de las pruebas no paramétricas usadas para analizar las respuestas de *L. chiliensis* de las variables no normales post-estímulo. La comparación de los tratamientos se hizo con Friedman, X^2 el estadígrafo y p el nivel de significancia. La prueba usada para sexos fue Mann-Whitney, siendo U el estadígrafo y p el nivel de significancia. En negrita se ven los resultados significativos ($p \leq 0.05$).

Variables	Post-Estímulo	
	Tratamientos	Sexo
	X^2 (P)	U(P)
Movimiento Escape	4,335 (0,227)	56,000 (0,867)
Desplazamiento	10,053 (0,018)	44,000 (0,333)
Tiempo en Refugio	4,789 (0,188)	48,000 (0,483)
Tiempo en sector 1	9,642 (0,022)	58,000 (0,973)
Tiempo en sector 4	4,621 (0,202)	46,000 (0,404)

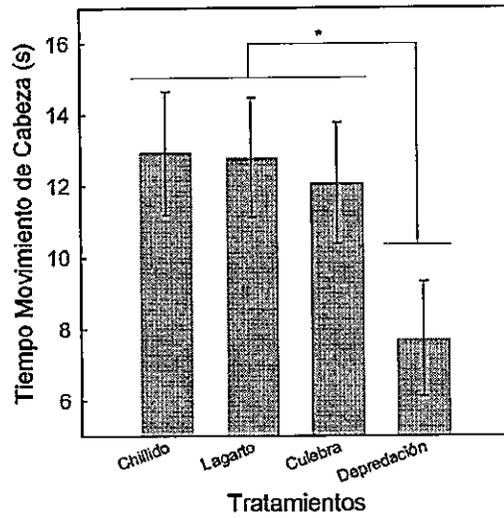


Figura 7. Promedio del tiempo de movimiento de la cabeza (\pm EE) de *Liolaemus chiliensis* realizados en cada tratamiento después de la presentación del estímulo. *= $p < 0.05$

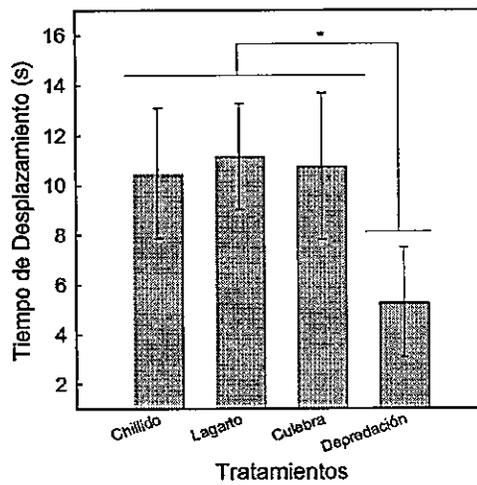


Figura 8. Promedio del tiempo de desplazamiento (\pm EE) de *Liolaemus chiliensis* realizados en cada tratamiento después de la presentación del estímulo. *= $p < 0.05$

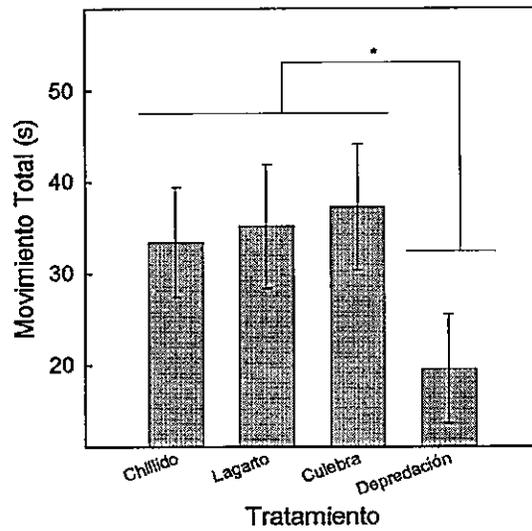


Figura 9. Promedio del tiempo de movimiento total (\pm EE) de *Liolaemus chiliensis* realizados en cada tratamiento después de la presentación del estímulo. *= $p < 0.05$

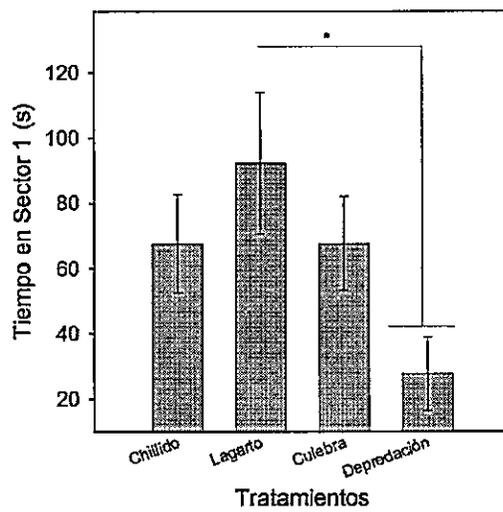


Figura 10. Promedio del tiempo de permanencia en el sector uno (\pm EE) por parte de *Liolaemus chiliensis* después de la presentación del estímulo. *= $p < 0.05$

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que *Liolaemus chiliensis* modificó su conducta sustancialmente cuando se enfrentó al tratamiento de depredación, lo que refuta parcialmente nuestra hipótesis, ya que esta especie sólo vio afectado su comportamiento cuando la información visual (depredación) fue concordante o redundante con el llamado de alarma. En los otros tratamientos no se vio diferencias significativas.

Las llamadas de alarma modifican el comportamiento de un individuo sean o no de un conespecífico (Caro 2005; Rendall et al. 2009), y los individuos responden con una preparación para evitar, enfrentar o escapar del peligro (Vitousek et al. 2007; Rendall et al. 2009). Estas llamadas además pueden ir acompañadas de otros indicativos del riesgo, que pueden exacerbar el mensaje (Caro 2005). Por ejemplo, las ardilla *Sciurus carolinensis* emiten una llamada de alarma y agita su cola para alertar a los conespecíficos del riesgo de depredación. Las ardillas responden a cada una de estas señales por separado, pero cuando son emitidas simultáneamente su respuesta antidepredatoria es mucho más fuerte (Partan et al. 2010). En este contexto, las señales son redundantes en información y por eso los individuos responderían con comportamientos más exacerbados, que cuando las señales se presentan en forma independiente. En el caso de *L. chiliensis* podríamos inferir que ocurre algo similar, una redundancia en la información entregada por distintos canales sensoriales, acústico y visual, es lo que generaría el cambio conductual más pronunciado. Esto resulta concordante con los resultados de Constanzo y Labra (2011a) quienes comprobaron que esta especie vocaliza sólo cuando es manipulado o subyugado. Más aun, Hoare y Labra (2010) demostraron que *L. chiliensis* reconoce la llamada de alarma y responde a ella aumentando su tiempo de crisis (inmovilidad). Por lo tanto, la concordancia de los distintos estímulos acerca del riesgo de depredación, es decir, la co-presentación a *L. chiliensis* de la llamada de alarma y la única "real" situación de depredación presentada (i.e., conespecífico subyugado por un depredador), sería lo que determina, el incremento o exacerbación de las respuestas antidepredatorias, en relación, por ejemplo, a la sola presentación de la vocalización o ésta acompañada de claves no concordantes. La presencia de la culebra o el conespecífico aisladamente aun que con el chillido no determinó un incremento en dichas respuestas antidepredatorias. Estas dos combinaciones de estímulos visuales y acústicos no fueron concordantes en su totalidad.

El chillido de *L. chiliensis* puede ser audible a unos 3 metros de distancia al oído humano (Carothers et al. 2001). Asumiendo que *L. chiliensis* tenga una capacidad auditiva similar, y considerando que los individuos viven en matorrales cercanos, no superando esta

distancia (Obs. Pers.), ellos podrían verse enfrentados a situaciones similares a las propuestas en los tratamientos chillido, con un conspecifico en las cercanías o una culebra, pero como se dijo anteriormente esto no representa un peligro más fuerte que solo el chillido, para el individuo, por eso su actuar sería sólo de alerta y preparación, al igual que con solo el chillido. Enfrentarse a un lagarto sin que esté siendo subyugado y vocalizando no sería situación real, y de igual forma la presencia de una culebra cerca es algo riesgoso al igual que escuchar el chillido, pero ambas situaciones no son concordantes. Aun cuando el chillido *per se* modifica la conducta de *L. chiliensis*, este no cambia con la presencia de claves no concordantes.

Una de las capacidades que deben tener los animales para sobrevivir es el reconocimiento y estimación del riesgo, tomar decisiones y buscar un equilibrio entre lo que necesitan y el peligro que eso implica (Kavaliers y Choleris 2001), como por ejemplo la elección de refugios o sectores donde forrajear. De hecho, el gecko *Oedura lesuerii* elige sus refugios en función de la ausencia de rastros de depredadores (Downes y Shine 1998). Considerando las evidencias de que los lagartos pueden evadir sitios riesgosos, postulamos que *L. chiliensis* también discrimina niveles de riesgo, disminuye el uso del sector experimental más riesgoso, cuando ha sido enfrentado a un evento de depredación. El menor uso que le da al sector 1 sugiere que el lagarto estima los riesgos, ya que el estar próximo a la situación de depredación aumenta el riesgo de ser detectado y posteriormente depredado. Cabe destacar que no hubo preferencia por usar el refugio (pocillo con pasto), ni el sector 4, que sería el de menor riesgo por encontrarse más alejado del peligro, en ninguno de los tratamientos. Esto podría deberse a que moverse y usar este sitio delataría la posición del individuo, y mantener su comportamiento críptico sería suficiente para no ser detectado por el depredador (Toledo et al. 2011). En condiciones naturales, el trasladarse a un sector más alejado generaría ruido y movimiento de las hojas y/o ramas que pondrían al individuo en evidencia frente al depredador, el cual podría seguir el rastro de la presa.

Sin embargo, cabe preguntarse, ¿por qué no hubo diferencias significativas en los tiempos de latencia? El moverse o desplazarse es altamente riesgoso, y delata la ubicación del individuo. El mantenerse inmóvil permite no ser detectado, y este comportamiento lo utilizarían independiente del nivel de riesgo. Por otra parte, los lamidos aun que permiten detectar rastros químicos en el ambiente (Labra 2007), también conllevan movimientos y desplazamientos, por lo que su disminución también reduce el movimiento total lo cual reafirma lo antes planteado (Labra y Niemeyer 2004). Sin embargo, en el caso específico de la latencia al primer movimiento es posible proponer otra hipótesis. Esta latencia se midió

tomando en cuenta cualquier acción que hiciera el individuo, sin diferenciar entre movimientos de cabeza o desplazamientos; leves o bruscos. En los tratamientos chillido, lagarto y culebra el primer movimiento era notorio, brusco, y podía ser de cabeza o desplazamiento. los individuos después de esto comenzaban a moverse normalmente y explorar todo el sector experimental. En el caso de depredación, los movimientos fueron principalmente de cabeza, muy leves, algunos casi imperceptibles y muchos de los individuos solo movieron su cabeza. Esto nos indica que esta variable no refleja el real estado de la inmovilidad, o el tiempo que permanecen en este estado, ya que si el movimiento es casi imperceptibles, el animal podría estar mejorando su campo visual o siguiendo los movimientos del depredador, pero estos ser "invisibles" a los ojos del depredador.

Finalmente, resultó interesante detectar una diferencia conductual entre los sexos durante la presentación de los estímulos, independiente de cuales fueran. Se sabe que el comportamiento es influido por los factores intrínsecos y extrínsecos de los individuos, como las experiencias, edad, sexo y medio ambiente del individuo (Barnard 2004; Alcock 2005), por lo que no es extraño encontrar diferencias en este estudio. En muchas especies las hembras cuidan a sus crías de diferentes factores de riesgo (Barnard 2004; Alcock 2005). En *Liolaemus huacahuasicus* se da el caso de canibalismo por parte de los machos adultos, y las hembras protegerían de los machos las áreas donde las crías tienen el refugio y alimento (Halloy y Halloy 1997). A la fecha existe un desconocimiento total de las características sociales de *L. chiliensis*, incluida la posibilidad de que exista cuidado parental, pero podríamos inferir que las diferencias encontradas estarían reflejando aspectos desconocidos de su organización social. El hecho de que las hembras de esta especie se demoren menos en reiniciar los movimientos, exponiéndose más a potenciales depredadores, dado que exploran más que los machos, podría deberse a un intento de moverse y proteger los huevos, presentando algún tipo de cuidado parental, e.g. resguardar "el nido". El periodo en que se realizó la experimentación (noviembre - diciembre) fue posterior al periodo de postura de huevos lo que ocurre en noviembre (Ibargüengoytía 2008).

Las diferencias entre los sexo no se encontraron durante el período post-estímulo. Esto podría deberse a que tanto el estímulo visual como el acústico no están presentes, el riesgo ha disminuido para los huevos, y tanto hembras como machos se comportarían de una forma similar una vez disminuido el peligro de depredación.

6. CONCLUSIONES

Independiente de las restricciones que el ambiente genera a *L. chiliensis* para la comunicación visual, los resultados indican que este canal es utilizado por *L. chiliensis*, pudiendo modular su repertorio conductual. Sin embargo, la información contenida en los estímulos visuales deben ser concordante con la información de otros canales, específicamente el acústico, como fueron en este estudio las llamadas de alarma.

Por otro lado, se necesitan más estudios para comprender a cabalidad el comportamiento de *L. chiliensis*. Por ejemplo, sería necesario realizar el mismo experimento sólo con la clave visual de depredación, para determinar si efectivamente la comunicación multimodal es la que exacerba su comportamiento. Sin embargo, es necesario mayor información sobre conductas reproductivas, parentales y sociales. Una mayor información de la biología básica de la especie, es necesario para constituir una base fundamental para generar una futura categorización y plan de manejo de la especie, considerando que muchas de las áreas utilizadas por *L. chiliensis* estas siendo destruidas por el hombre.

7. REFERENCIAS

- Alcock, J. 2005. *Animal Behavior: an evolutionary approach*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts U.S.A.
- Balsby, T. J. S. y Dabelsteen, T. 2002. Female behaviour affects male courtship in whitethroats, *Sylvia communis*: an interactive experiment using visual and acoustic cues. *Animal Behaviour* 63, 251-257.
- Barnard, Ch. 1983. *Animal Behaviour: Ecology and evolution*. Croom Helm, London.
- . 2004. *Animal Behaviour. Mechanism, development, function and evolution*. Pearson Education Limited.
- Bennett, A. F. 1990. Thermal dependence of locomotor capacity. *American Journal of Physiology* 259, R253-R258.
- Campo, J.L, Gil, M.G y Dávila, S.G. 2002. El bienestar de los animales domésticos. ITEA 98A 185-194.
- Candolin, U. 2003. The use of multiple cues in mate choice. *Biological Reviews* 78, 575-595.
- Caro, T. 2005. *Antipredator defenses in birds and mammals*. The University of Chicago, Chicago, USA.
- Carothers, J. H., Groth, J. G. y Jaksic, F. M. 2001. Vocalization as a response to capture in the central Chilean lizard *Liolaemus chiliensis* (Tropiduridae). *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 36, 93-94.
- Castellanos, I., Barbosa, P., Zuria, I., Tammaru, T. y Christman, M. C. 2011. Contact with caterpillar hairs triggers predator-specific defensive responses. *Behavioral Ecology* 22, 1020-1025.
- Constanzo, J y Labra, A. 2011a. Modulación de la respuesta antidepredatoria de dos especies de lagartos *Liolaemus* simpátricos. *IX Congreso Latino-Americano de Herpetología, Curitiba, Brasil*.
- . 2011b. Patrones de infestación por ácaros del género *Pterygosoma* en dos especies de lagartos *Liolaemus* de la zona central de Chile. *IX Congreso Latino-Americano de Herpetología, Curitiba, Brasil*.
- Crowley, S y Pietruszka, R. 1983. Aggressiveness and vocalization in the leopard lizard (*Gambelia wislizenii*): The influence of temperature. *Animal Behaviour* 31, 1055-1060.

- Downes, S. y Shine, R. 1998. Heat, safety or solitude? Using habitat selection experiments to identify a lizard's priorities. *Animal Behaviour* 55, 1387-1396.
- Font, E. y Desfilis, E. 2002. Chemosensory recognition of familiar and unfamiliar conspecifics by juveniles of the Iberian wall lizard *Podarcis hispanica*. *Ethology* 108, 319-330.
- Greene, H. W. y Jaksic, F. M. 1992. The feeding behavior and natural history of two Chilean snakes, *Philodryas chamissonis* and *Tachymenis chilensis* (Colubridae). *Revista Chilena De Historia Natural* 65, 485-493.
- Halloy, M y Halloy, S. 1997. An indirect form of parental care in a high altitude viviparous lizard, *Liolaemus huacahuasicus* (Tropiduridae). *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* 33, 139-155.
- Hauser, M. D. 2000. The evolution of communication. Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, USA.
- Hoare, M. y Labra, A. 2010. Comunicación multisensorial en *Liolaemus chiliensis*: explorando la interacción entre la señales químicas y acústicas. *LIII Sociedad de Biología de Chile, Santa Cruz, Chile*.
- Ibargüengoytia, N. 2008. Estrategias reproductivas en reptiles. En: *Herpetología de Chile*. Science Verlag, Santiago, Chile, p. 391-425.
- Kavaliers, M y Choleris, E. 2001. Antidepredator responses and defensive behavior: ecological and ethological approaches for the neurosciences. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 25, 577-586.
- Kulahci, I. G., Dornhaus, A. y Papaj, D. R. 2008. Multimodal signals enhance decision making in foraging bumble-bees. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 275, 797-802.
- Labra, A. 2007. The peculiar case of an insectivorous iguanid lizard that detects chemical cues from prey. *Chemoecology* 17, 103-108.
- . 2008. Sistemas de comunicación en Reptiles. En: *Herpetología de Chile* (M. Vidal y A. Labra, eds). Science Verlag, Santiago, Chile, p. 547-577.
- Labra, A. y Niemeyer, H. M. 2004. Variability in the assessment of snake predation risk by *Liolaemus* lizards. *Ethology* 110, 649-662.
- Labra, A., Pienaar, J. y Hansen, T. F. 2009. Evolution of thermal physiology in *Liolaemus* lizards: Adaptation, phylogenetic inertia, and niche tracking. *American Naturalist* 174, 204-220.
- Labra, A., Sufan-Catalan, J., Solis, R. y Penna, M. 2007. Hissing sounds by the lizard *Pristidactylus volcanensis*. *Copeia* 2007, 1019-1023.
- Lindauer, M. 1961. Communication among social bees. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Maan, M. E. y Cummings, M. E. 2012. Poison frog colors are honest signals of toxicity, particularly for bird predators. *American Naturalist* 179, E1-E14.
- Mella, Jorge. 2005. Guía de Campo Reptiles de Chile: Zona Central. Peñaloza APG, Novoa F&M Contreras (eds.), Ediciones del Centro de Ecología Aplicada Ltda., Santiago, Chile.
- Narins, P. M., Hodl, W. y Grabul, D. S. 2003. Bimodal signal requisite for agonistic behavior in a dart-poison frog, *Epipedobates femoralis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100, 577-580.
- Ouboter, P. 1990. Vocalization in *Podarcis sicula salfii*. *Amphibia-Reptilia* 11, 419-425.
- Partan, S. R., Fulmer, A. G., Gounard, M. A. M. y Redmond, J. E. 2010. Multimodal alarm behavior in urban and rural gray squirrels studied by means of observation and a mechanical robot. *Current Zoology* 56, 313-326.
- Rendall, D., Owren, M. J. y Ryan, M. J. 2009. What do animal signals mean? *Animal Behaviour* 78, 233-240.
- Roberts, J. A., Taylor, P. W. y Uetz, G. W. 2007. Consequences of complex signaling: predator detection of multimodal cues. *Behavioral Ecology* 18, 236-240.

- Rybak, F., Sureau, G. y Aubin, T. 2002. Functional coupling of acoustic and chemical signals in the courtship behaviour of the male *Drosophila melanogaster*. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 269, 695-701.
- Rypstra, A. L., Schlosser, A. M., Sutton, P. L. y Persons, M. H. 2009. Multimodal signalling: the relative importance of chemical and visual cues from females to the behaviour of male wolf spiders (*Lycosidae*). *Animal Behaviour* 77, 937-947.
- Sneddon, L. U., Huntingford, F. A., Taylor, A. C. y Clare, A. S. 2003. Female sex pheromone-mediated effects on behavior and consequences of male competition in the shore crab (*Carcinus maenas*). *Journal of Chemical Ecology* 29, 55-70.
- Steiger, S., Schmitt, T. y Schaefer, H. M. 2010. The origin and dynamic evolution of chemical information transfer. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 278, 970-979.
- Tang, Y. Z., Zhuang, L. Z. y Wang, Z. W. 2001. Advertisement calls and their relation to reproductive cycles in *Gekko gecko* (Reptilia, Lacertilia). *Copeia* 2001, 248-253.
- Taylor, R. C., Klein, B. A., Stein, J. y Ryan, M. J. 2008. Faux frogs: multimodal signalling and the value of robotics in animal behaviour. *Animal Behaviour* 76, 1089-1097.
- Templeton, C. N. y Shriner, W. M. 2004. Multiple selection pressures influence Trinidadian guppy (*Poecilia reticulata*) antipredator behavior. *Behavioral Ecology* 15, 673-678.
- Toledo, L. F., Sazima, I. y Haddad, C. F. B. 2011. Behavioural defences of anurans: an overview. *Ethology Ecology & Evolution* 23, 1-25.
- Trompeter, W.P y Langkilde, T. 2011. Invader danger: Lizards faced with novel predators exhibit an altered behavioral response to stress. *Hormones and Behavior* 60, 152-158.
- Vitousek, M. N., Adelman, J. S., Gregory, N. C. y St Clair, J. J. H. 2007. Heterospecific alarm call recognition in a non-vocal reptile. *Biology Letters* 3, 632-634.
- Vitt, Laurie J. y Caldwell, Janalee P. 2009. *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Elsevier, Oklahoma, USA.

889



División de Protección de Recursos Naturales Renovables
Subdepartamento de Vida Silvestre

Vida Silvestre Nº 1-126-2011

EXENTA

7466

MODIFICA RESOLUCIÓN Nº7266 DE 20 DE NOVIEMBRE DE 2009, QUE AUTORIZO AL SRA. ANTONIETA LABRA LILLO, LA CAPTURA DE REPTILES CON FINES CIENTÍFICOS.

SANTIAGO,

11 NOV 2011

Nº _____ VISTO: Lo solicitado por el interesado con fecha 24 de Octubre del 2011; la Ley 19.473; el Decreto de Agricultura Nº 5 de 1998; la Resolución Nº 2073 de 2003 del Director Nacional del Servicio Agrícola y Ganadero; y la Ley Nº 18.755, Orgánica de este Servicio.

CONSIDERANDO

PRIMERO: Que el Servicio Agrícola y Ganadero autorizó mediante Resolución Nº7266 de 20 de noviembre del 2009, la Sra. Antonieta Labra Lillo, la captura de reptiles con fines científicos.

SEGUNDO: Que para fines de un adecuado desarrollo del estudio, la Sra. Antonieta Labra Lillo solicita ampliar el período de las capturas y agregar nuevos investigadores.

RESUELVO

Modifícase la Resolución Nº 7266 de 20 de noviembre del 2009, en el sentido de ampliar el período de las capturas hasta el 30 de noviembre de 2012 e incluir nuevos investigadores: Srta. Marta Mora, Rut: Nº9.033.870-6, Srta. Javiera Constanzo Rut. Nº14.130.754-1, Srta. Fernanda Norambuena Nº Rut: 15.844.805-k, Misque Hoare Rut Nº16.019.158 y a la Srta. Andrea Zapata Rut Nº16.018.489-2.

ANÓTESE Y COMUNÍQUESE



ALEJANDRO DONOSO HENRÍQUEZ
JEFE (1) DIVISIÓN DE PROTECCIÓN
RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CEC/GAR/SSG
DISTRIBUCIÓN:

Sra. Antonieta Labra Lillo, Laboratorio Neuroetología, Facultad de Medicina Universidad de Chile, Ramón Sotomayor 2952, Providencia, Santiago.
Director/a Regional SAG Región Metropolitana.
DIPROREN
Unidad de Comunicación y Prensa Nivel Central
Of, De partes