



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



CARACTERIZACIÓN DE LA CONDUCTA EXPLORATORIA
EN UNA POBLACIÓN DE *OCTODON DEGUS* DE LA ZONA
CENTRAL DE CHILE Y SU RELACIÓN CON
ECTOPARÁSITOS Y ENDOPARÁSITOS
GASTROINTESTINALES.

NASRIM BUTLER LLANOS

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario.
Departamento de Ciencias Biológicas
Animales.

PROFESOR GUÍA: RODRIGO A. VÁSQUEZ SALFATE

SANTIAGO, CHILE

2012



UNIVERSIDAD DE CHILE
 FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
 ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



CARACTERIZACIÓN DE LA CONDUCTA EXPLORATORIA
 EN UNA POBLACIÓN DE *OCTODON DEGUS* DE LA ZONA
 CENTRAL DE CHILE Y SU RELACIÓN CON
 ECTOPARÁSITOS Y ENDOPARÁSITOS
 GASTROINTESTINALES.

NASRIM BUTLER LLANOS

Memoria para optar al Título
 Profesional de Médico Veterinario.
 Departamento de Ciencias Biológicas
 Animales.

NOTA FINAL:

	NOTA	FIRMA
PROFESOR GUÍA : RODRIGO A. VÁSQUEZ SALFATE
PROFESOR CONSEJERO: RIGOBERTO SOLIS MUÑOZ
PROFESOR CONSEJERO: FERNANDO FREDES MARTÍNEZ

SANTIAGO, CHILE

2012

AGRADECIMIENTOS

Las palabras están lejos de poder expresar mi gratitud a todos los que me acompañaron en este periodo de mi vida. Esta memoria de título marca el final de una etapa, de un largo camino recorrido, que no hubiese sido posible sin la ayuda de tantas personas.

Quiero agradecer a mis padres, por darme la libertad de elegir mis propios caminos y cometer mis propios errores, otorgándome su constante apoyo y su amor incondicional.

A mis hermanos, mis mejores amigos, por su incondicional presencia, por sus críticas constructivas, por aquellas apasionadas discusiones y risas del alma. Gracias por todas aquellas veces que me obligaron a preocuparme menos y vivir más.

A mis amigas, gracias por ser parte de mi vida, por acompañarme en los buenos y no tan buenos momentos. Gracias por su sinceridad, confianza y por sobre todo ustedes hacen que mis días sean mejores y un millón de veces más alegres.

A Rodrigo, por haberme recibido en su laboratorio, por entregarme las herramientas para realizar una memoria de título en el área que me apasiona y por darme la oportunidad y confianza de trabajar a su lado.

A mis compañeros de laboratorio, a aquellos que se dieron el tiempo de enseñarme y ayudarme en mi memoria, a aquellos con los que compartí almuerzos, terrenos y tantos buenos momentos.

A mi copo, sólo por ser la mejor del mundo y a los bellísimos degus por ayudarme, sin querer, en mi memoria.

MEMORIA DE TÍTULO

Caracterización de la conducta exploratoria en una población de *Octodon degus* de la Zona Central de Chile y su relación con ectoparásitos y endoparásitos gastrointestinales.

Nasrim Butler Llanos*

*Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile. Instituto de Ecología y Biodiversidad, Santiago, Chile.

Financiamiento: FONDECYT 1090794, ICM-P05-002, PFB-23-CONICYT, BBVA-BIOCON-06-109.

Resumen

Intra-específicamente, e incluso dentro de un mismo sexo o clase de edad, se distingue variabilidad fenotípica entre los individuos de una población, la cual se expresa en diferencias morfológicas, fisiológicas y/o conductuales. Sin embargo, pocos estudios han analizado la distribución fenotípica al interior de poblaciones silvestres. En el presente estudio se analizó la distribución del fenotipo conductual de exploración al interior de una población de Chile central, en el roedor endémico *Octodon degus*. La conducta de exploración puede traer consecuencias en la exposición y adquisición de distintos agentes patógenos, debido a que modula la exposición de un individuo a distintos ambientes. Por lo tanto, se analizó también la correlación entre la conducta de exploración y la carga/riqueza de ectoparásitos y carga de endoparásitos gastrointestinales. Se capturaron 84 individuos a los cuales, en terreno, se les realizó extracción de ectoparásitos y toma de muestras fecales. Luego se evaluó la conducta de exploración mediante la prueba de ambiente nuevo, en condiciones controladas de laboratorio. Se registraron distintas variables respuestas asociadas a la latencia de exploración y a la exploración misma. Los resultados indican que la distribución de la conducta exploratoria es bimodal, observándose 76% de los individuos con altos valores de exploración y un 24% escasamente exploradores. Se discute la existencia de esta variabilidad intra-poblacional, así como posibles causas ecológicas y/o evolutivas. No se encontraron correlaciones de la conducta con los parásitos estudiados, posiblemente debido a las características sociales de la especie que provocan un efecto de dilución entre los individuos.

Palabras claves: Conducta, Exploración, Parásitos.

SUMMARY

Intra-species phenotypic variability, even within the same sex or age class is distinguished among individuals in a population, which is expressed as morphological, physiological and/or behavioral differences. However, few studies have examined the phenotypic distribution within wild populations. In this study we analyzed the distribution of the exploration behavioral phenotype within a population of endemic rodent, *Octodon degus*, in central Chile. The exploratory behavior may have consequences in the exhibition and acquisition of different pathogens, because it modulates the individual's exposure to different environments. Therefore, the correlation between exploratory behavior, the load/richness of ectoparasites and the load of gastrointestinal parasites was also analyzed. We performed the removal of ectoparasites and fecal sampling to 84 individuals captured on the field. Then we assessed their exploratory behavior by applying the new environment test in controlled laboratory conditions. Response variables were recorded associated to exploration latency and the exploration itself. Results indicate that the distribution of exploratory behavior is bimodal, showing 76% of individuals with high levels of exploration and 24% who barely explored. We discuss the existence of intra-population variability and also possible ecological and/or evolutionary causes. No correlation was found between behavior and the studied parasites, possibly due to the social characteristics of the species that cause a dilution effect among individuals.

Keywords: Behavior, Exploration, Parasites.

INTRODUCCIÓN

Al interior de una especie o población ningún individuo es igual a otro, ya que entre ellos existen diferencias en múltiples aspectos (e.g., morfológicas, fisiológicas, conductuales). Réale *et al.* (2007) describen que al interior de una especie hay individuos que se comportan de una manera que los distingue de otros miembros de su especie, incluso dentro del mismo sexo y clase de edad. La mayor parte de esta variación inter-individual no es aleatoria y es consistente a través de distintas situaciones o contextos en el tiempo (Carere y Eens, 2005; Cavigelli, 2005), generando diferentes conjuntos de rasgos conductuales en diferentes individuos de una especie, aspecto que en humanos es conocido como diferencias en “personalidad”. Estas variaciones conductuales entre individuos conespecíficos han sido demostradas en una amplia variedad de especies incluyendo primates, roedores, aves, peces, insectos, entre otros (Koolhaas, 2008; Wilson, 1998).

Se ha descrito que la personalidad animal está compuesta de distintos rasgos. Un carácter (o rasgo) puede considerarse como una característica de un organismo, compartido por todos o algunos de los individuos de una especie, que puede variar entre estos individuos (Réale *et al.*, 2007). Estas diferencias pueden hacerse conspicuas y fácilmente medibles cuando los individuos tienen que hacer frente a situaciones cotidianas del entorno, tanto sociales como no sociales, generando variabilidad al utilizar distintas estrategias en situaciones aparentemente similares (Carere y Eens, 2005). Los individuos difieren, según sean sus rasgos conductuales, ante distintas situaciones por ejemplo en la reacción ante riesgos, el manejo de elementos novedosos del ambiente, la interacción con sus congéneres (Réale *et al.*, 2007), la vulnerabilidad al estrés (Groothuis y Carere, 2005), el uso del hábitat, el apareamiento (Réale *et al.*, 2007), así como en el desarrollo de distintos tipos de respuestas inmunes (Koolhass, 2008), entre otras.

A pesar de los muchos aspectos que se han explorado en la conducta, a menudo la ecología del comportamiento considera las diferencias individuales como “ruido” en torno a una media (Réale *et al.*, 2007) o como variaciones no adaptativas próximas, tal vez, a la media poblacional adaptativa (Dall *et al.*, 2004). En general, la investigación en comportamiento animal ha tendido a centrarse en la caracterización promedio de un comportamiento ya sea bajo distintas condiciones (Groothuis y Carere, 2005), o como

varía este promedio en respuesta a la variación ambiental (Sih *et al.*, 2004). Sin embargo, cada vez un número mayor de investigadores confirman la importancia de que exista variación conductual entre los individuos, ya que sobre los rasgos conductuales se ejercen importantes presiones selectivas a lo largo del tiempo (Cavigelli, 2005; Réale *et al.*, 2007; van Dongen *et al.*, 2010). Muchas veces las diferencias en las disposiciones del comportamiento pueden ser adaptativas y la selección natural podría promover diferencias individuales incluso dentro de una población (Wilson, 1998).

Son escasos o nulos los estudios que se han focalizado en caracterizar la variación conductual intra-poblacional en especies silvestres. Las diferencias entre los individuos de una población habitualmente no han sido consideradas como variaciones biológicamente significativas (Carere y Eens, 2005). No se ha reconocido que los individuos al diferir constantemente en todo su conjunto de rasgos o perfiles de comportamientos (Groothuis y Carere, 2005), dan origen a una diversidad de fenotipos conductuales en una población, permitiendo así, la acción de la selección natural (Coleman y Wilson, 1998). Si sólo una población habita en múltiples nichos, a continuación, las mismas fuerzas ecológicas y evolutivas que crean diferencias entre las especies pueden crear diferencias dentro de cada especie o población (Wilson, 1998). La importancia del estudio de la variabilidad conductual intra-poblacional podría deberse a que la presencia de distintos tipos de conductas determinaría la capacidad de persistir de las especies (Dall *et al.*, 2004).

Un rasgo relevante dentro de los rasgos de personalidad, ya que involucra una fracción importante del acceso a la información ambiental, corresponde a la conducta exploratoria (Cavigelli, 2005; Kaslauckas *et al.*, 2005; Réale *et al.*, 2007). Los individuos más exploradores o menos neofóbicos pueden adquirir más información acerca del entorno en el cual se desarrollan (Mettke-hofmann, 2007; Rodríguez-Prieto *et al.*, 2011). Además, la conducta exploratoria es un componente principal en la innovación (Sol *et al.*, 2011), en la habituación (Rodríguez-Prieto *et al.*, 2011) y en el desempeño de un individuo en un ambiente desconocido. Algunas especies deben enfrentar diversos desafíos que incluyen búsqueda y adopción de nuevos recursos y la evitación de depredadores desconocidos (Sol *et al.*, 2011), procesos fundamentales en el caso de especies migratorias (o invasoras) en que la exploración cumple un rol decisivo (Russell *et al.*, 2010).

En la investigación del comportamiento, la conducta de exploración es frecuentemente evaluada como la respuesta conductual de un individuo frente a un ambiente, estímulo u objeto novedoso (Réale *et al.*, 2007). Coleman y Wilson (1998) definen al comportamiento exploratorio como una variación adaptativa en la propensión a tomar riesgos que podrían explicar las diferencias individuales en la timidez y la audacia en los seres humanos y otras especies. La timidez y la audacia son rasgos de personalidad expresados a través de muchas situaciones que pueden influir en muchos contextos de la vida de un organismo, incluidos interacciones con los depredadores, congéneres, presas y otros aspectos del ambiente (Coleman y Wilson, 1998). Kazlauckas *et al.* (2005) en su estudio de roedores con distintos fenotipos exploratorios, se basan en que el comportamiento de exploración es el resultado de una combinación de conductas que incluyen evitación de daños y búsqueda de novedad, estableciendo que la conducta es repetible y estable a través del tiempo.

Carere y Eens (2005) y Mettke-Hofmann (2007) consideran la existencia de “costos” y “beneficios” asociados a distintas conductas y que pueden ser medidas de diferentes formas ya sea como mortalidad, éxito reproductivo, dispersión, utilización de energía, vulnerabilidad a enfermedades y parasitosis (véase además Korte *et al.*, 2005). El beneficio de la exploración depende del valor de la información que un individuo pueda obtener a través de la investigación del medio ambiente y se define como la diferencia de beneficios netos entre la decisión de un individuo informado y otro desinformado (Mettke-Hofmann, 2007). Por otro lado, los costos de la exploración consideran el tiempo dedicado a obtener información incluyendo un riesgo de exposición a situaciones peligrosas y mayores requerimientos de energía (Patterson y Schulte-Hostedde, 2011).

Aquellos individuos neofílicos (atracción a lo nuevo) pueden ser capaces de localizar nuevos recursos, si su base de recursos tradicionales falla (Dall *et al.*, 2004), pero probablemente, debido a que utilizan distintos hábitats estén expuestos a diferentes tipos de organismos parásitos (Sih *et al.*, 2004). Por consiguiente la conducta de exploración al modular la exposición de un individuo a distintos ambientes, podría tener como consecuencia que individuos de una misma especie con diferencias en la conducta de exploración presenten niveles de exposición y adquisición de patógenos, como parásitos, muy diferentes (Korte *et al.*, 2005).

Los organismos parásitos son una fuerza selectiva y de adaptación importante, que influyen en más de un aspecto en la ecología del hospedero. Muchos estudios se centran en abordar los cambios en un individuo producto de la infección por un patógeno. Incluso se ha estudiado cómo un parásito manipula específicamente las conductas del hospedero para mejorar su propia transmisión, como es el caso de *Toxoplasma gondii* en roedores (Vyas *et al.*, 2007). Sin embargo, los estudios focalizados en los posibles factores conductuales que puedan influir en que un individuo sea más parasitado que otro han sido escasos. Es esperable, por lo tanto, que conductas asociadas al uso del espacio como es la exploración se relacionen con una mayor probabilidad de contraer una infección.

En el presente estudio, se evaluó las conductas de neofilia (atracción a lo nuevo) y neofobia (rechazo a lo nuevo), en la expresión de la conducta a explorar un nuevo entorno (Coleman y Wilson, 1998) o un entorno desconocido (Sih *et al.*, 2004). El objetivo general de esta memoria de título fue caracterizar a una población de *Octodon degus* de la zona central de Chile, en relación a la variabilidad existente del comportamiento exploratorio mediante la exposición a la novedad y su relación con carga y riqueza de ectoparásitos y endoparásitos gastrointestinales. Como objetivos específicos, se propuso caracterizar, en el laboratorio, la variabilidad del comportamiento exploratorio en una población de *O. degus* de la zona central de Chile, caracterizar los parásitos gastrointestinales y ectoparásitos presentes en la población y por último, evaluar la existencia de una correlación entre el comportamiento exploratorio y la presencia de ectoparásitos y parásitos gastrointestinales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales

Para los experimentos de comportamiento exploratorio y para la extracción de parásitos se utilizaron individuos del roedor diurno *Octodon degus*. *O. degus* (Molina, 1782) es un roedor caviomorfo endémico de Chile cuya distribución se extiende desde la provincia de Huasco, Vallenar, Región de Atacama (III Región) hasta la provincia de Cardenal Caro, Rapel, Región del Libertador General Bernardo O'Higgins (VI Región), desde el nivel del mar a los 2.600 msnm. Es un habitante típico de las estepas xerofíticas centro-chilenas, de sabana y matorrales de la zona costera y valle central de nuestro país. Es un mamífero herbívoro que se alimenta de follaje, raíces, semillas de gramíneas, cortezas y tejido conectivo de arbustos (Muñoz-Pedreros y Yáñez, 2000). Presenta hábitos diurnos y coloniales, construye madrigueras subterráneas con varias cámaras además de escondites unidos entre sí por senderos expeditos (Fulk, 1976; Vásquez *et al.*, 2002). No presenta problemas de conservación (Muñoz-Pedreros y Yáñez, 2000).

Los individuos capturados pertenecieron a una población de la Región Metropolitana ubicada en Rinconada de Maipú (33° 40' S, 70° 50' O). La captura se realizó durante primavera y verano (2009-2010) mediante trampas tipo Sherman de rejilla. Se capturaron 84 individuos, de los cuales 44 correspondieron a Hembras y 40 a Machos. Se utilizó este tamaño muestral para poder caracterizar adecuadamente la variabilidad fenotípica intra-poblacional. Las capturas fueron autorizadas por el Servicio Agrícola y Ganadero de Chile.

En el sitio de captura los individuos fueron marcados individualmente mediante un crotal metálico con numeración individual colocado en una de las orejas. Se les realizó además el protocolo de extracción de ectoparásitos (descrito más adelante) y se tomaron muestras fecales. Los animales fueron trasladados al vivero climatizado del laboratorio de Ecología Terrestre de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, donde después de un tiempo de aclimatación se procedió a realizar las pruebas de conducta exploratoria. Los individuos se mantuvieron en jaulas de 50 x 40 x 35 cm con viruta como sustrato, la cual fue cambiada por viruta limpia una vez a la semana. Su alimentación correspondió a "pellet" comercial para conejos de crianza (Champion, S.A., Santiago, Chile.) y agua *ad*

libitum. Dentro de cada jaula se ubicó una caja madriguera metálica de 25 x 25 x 10 cm, una rueda de actividad y tubos de cartón para enriquecimiento ambiental. Los animales se mantuvieron en parejas de un mismo sexo y con foto-período correspondiente a la época del año.

Comportamiento exploratorio

La medición del comportamiento exploratorio se realizó mediante la prueba de ambiente nuevo, durante el verano y comienzos de otoño de 2010. Los experimentos se realizaron en arenas experimentales de 1 m x 1,5 m x 0,8 m (de profundidad) (Figura Nro. 1), entre las 9:00 y 12:00 h, donde los individuos fueron introducidos en parejas del mismo sexo (las mismas parejas de la mantención en vivero), y se evaluó la conducta de cada individuo. Este diseño asegura conductas observadas cotidianamente en condiciones naturales, a diferencia del uso de animales aislados (Vásquez, 2010¹). Se colocaron los dos individuos dentro de sus cajas madrigueras en una esquina de la arena experimental.

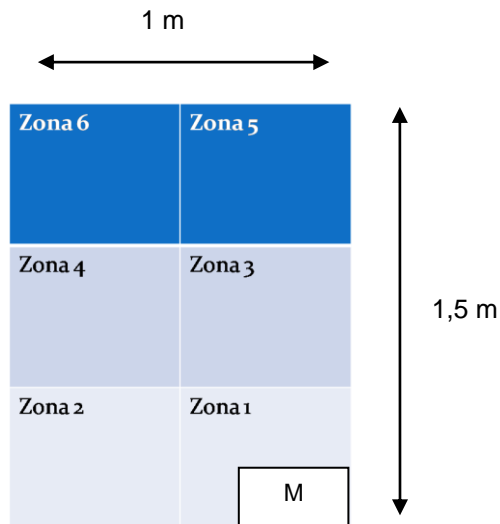


Figura Nro.1: Diagrama de arena experimental donde se realizaron las pruebas de conducta exploratoria. Se indican las zonas para estimación del uso del espacio, y el sitio donde se ubicó la madriguera (M).

¹VASQUEZ, R. 2010. [Comunicación personal] U de Chile, Fac. de Ciencias.

Desde el momento en que se abrió la puerta de sus cajas madrigueras, se permitió que exploraran el ambiente nuevo por 20 min. A partir del momento en que cada individuo se asomó de la madriguera, se evaluaron las conductas durante 10 min. Antes de comenzar cada experimento, se marcó a uno de los individuos de cada pareja experimental con tempera blanca inocua en la parte posterior de la cabeza y la espalda para la posterior individualización por el observador. Experimentos previos han demostrado que estas marcas no afectan la conducta de los animales marcados ni la de sus conespecíficos (Vásquez *et al.*, 2002; Villavicencio *et al.*, 2009). Se realizaron cuatro experimentos simultáneos utilizando cuatro arenas independientes con una cámara de video cada una, cuyo contenido fue analizado posteriormente. Al momento del análisis la arena se dividió en 6 zonas virtuales (Figura Nro. 1) registrando las siguientes variables respuestas: (i) Latencia de salida, correspondiente al tiempo que transcurre después de 3 s desde que se abre la caja madriguera hasta que el individuo focal sale de cuerpo entero a la arena; (ii) Tiempo en la arena, correspondiente al tiempo total que el individuo está en la arena una vez que sale de su caja madriguera; (iii) Proporción de zonas visitadas, correspondiente al cociente entre las zonas visitadas y el número total de zonas; (iv) Índice de diversidad de tiempo (IDT) y (v) Índice de diversidad de frecuencia (IDF), correspondientes a la frecuencia y tiempo en que el individuo permaneció en cada zona, respectivamente. Estos últimos dos índices representan la diversidad de movimiento y exploración de los individuos en cada zona y fueron obtenidos mediante el índice de diversidad de Shannon, como se indica a continuación.

Índice de diversidad de Shannon: $H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ donde:

H' = índice de diversidad de Shannon

p_i = proporción de tiempo en cada zona $\frac{n_i}{N}$ experimental:

N = número total de conductas evaluadas (número de zonas visitadas) por cada individuo.

n_i = número de conductas (zonas visitadas) para cada individuo.

S = número de conductas evaluadas.

Las variables respuestas fueron obtenidas de los videos mediante el programa JWHATCHER 1.0 (D. Blumstein, UCLA, USA).

Evaluación de parásitos

Ectoparásitos

La obtención de ectoparásitos se realizó manualmente, en terreno, dentro de la primera hora post captura. Los individuos fueron peinados durante 5 min con un cepillo de dientes impregnado con etanol 70°, sobre un recipiente de fondo contrastante donde caían los ectoparásitos. Luego de los 5 min todos los parásitos recolectados fueron almacenados en tubos Eppendorf previamente identificados para cada individuo. Los ectoparásitos fueron fijados 24 h después con etanol 70° y refrigerados para su posterior montaje e identificación al microscopio.

Los ectoparásitos fueron clasificados según su orden en Siphonaptera (pulgas), Acariformes (ácaros), Parasitiforme (garrapatas) y Phthiraptera (piojos). Los ejemplares del orden Siphonaptera fueron montados e identificados siguiendo los protocolos y claves convencionales descritos en Hopkins y Rothschild (1956), Johnson (1957), Smit (1987) y Linardi y Guimaraes (2000). Los ejemplares del orden Phthiraptera fueron identificados en colaboración con el Dr. Daniel González-Acuña de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Concepción (sede Chillán). Para el orden Parasitiforme se utilizó la misma metodología que con el orden Phthiraptera y su identificación se realizó en el laboratorio de Ecología Terrestre, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. No se encontraron ejemplares del orden Acariforme.

Parásitos gastrointestinales

Para la obtención de parásitos gastrointestinales, se recolectaron muestras fecales durante el mismo periodo de la realización de extracción de ectoparásitos. Las fecas fueron almacenadas en tubos Eppendorf, fijadas en etanol 70° y refrigeradas hasta su análisis. El aislamiento de huevos parasitarios se realizó mediante la técnica de flotación simple y el recuento de los huevos se hizo utilizando la cámara de McMaster (Thienpont *et al.*, 1986). La identificación se realizó con la colaboración del Dr. Fernando Fredes de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile.

Se cuantificó la carga parasitaria, la cual corresponde al número de parásitos en cada infracomunidad (conjunto de distintas especies de parásitos en un individuo). Para los parásitos gastrointestinales se estimó el número de huevos por gramo de heces (HPG). Para el caso de los ectoparásitos también se cuantificó riqueza de especies que corresponde al número de especies de parásitos observados por infracomunidad.

La presente memoria de título forma parte del proyecto "Animal personalities and the underlying roles of behavioral innovation and decision-making", FONDECYT 1090794. Todos los procedimientos realizados a los individuos capturados, están bajo las normas de bioética aprobadas para el proyecto (Anexo Nro. 1).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de las variables de la conducta de exploración primero se utilizó un análisis de componentes principales para reducir el número de variables respuestas, permitiendo caracterizar de mejor forma la conducta exploratoria. Con la nueva variable componente obtenida se realizaron correlaciones con la carga y riqueza de parásitos. El análisis fue realizado mediante los programas STATISTICA 8 (Statsoft, Tulsa Ok) y MYSTAT 12 (SystatSoft Inc., Chicago, Illinois, USA).

RESULTADOS

A través del análisis de componentes principales se obtuvo una variable componente la cual explica el 91,9% de la varianza de los datos. Esta variable componente está compuesta por las variables representativas de la conducta de exploración, implicando el uso del espacio y la aversión a la investigación de un ambiente desconocido (Tabla Nro. 1), de aquí en adelante ésta variable componente será llamada Conducta de Exploración (CE).

Tabla Nro.1: Variables y valores que conforman la variable componente Conducta de Exploración

Variable	CE
Latencia de Salida	-0,918
Tiempo total en la arena	0,929
Proporción de zonas visitadas	0,987
IDF	0,984
IDT	0,974

Los datos de la variable CE no cumplen con los supuestos de la estadística paramétrica al no presentar una distribución normal (K-S $d=,31270$; $p<,01$). Se utilizó, por lo tanto, estadística no paramétrica para caracterizar los datos de forma apropiada. La CE se distribuye en forma bimodal (Figura Nro. 2), distinguiéndose dos grupos que se diferencian significativamente (test de Mann-Whitney $U=0$; $z=-6,72$; $p<,01$; $n=84$). Se observa un 76 por ciento de animales con una alta Conducta de Exploración (media \pm EE = $0,55 \pm 0,02$; $n=64$), y un 24 por ciento de animales con baja Conducta de Exploración (media \pm EE = $-1,74 \pm 0,05$; $n=20$). No se observaron diferencias en la conducta debido al sexo de los individuos (Mann-Whitney $U=818,5$; $z=-0,55$; $p=0,58$; $n=84$).

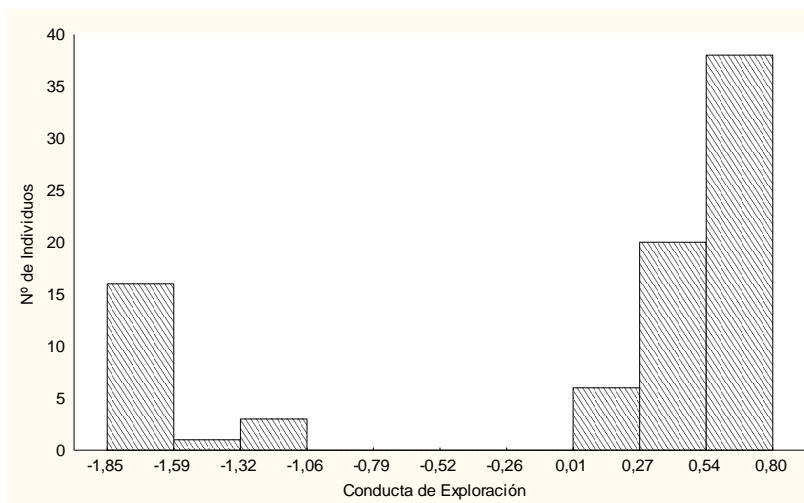


Figura Nro. 2: Histograma de distribución de la Conducta de Exploración en una población de *Octodon degus* de Rinconada de Maipú en la Zona Central de Chile.

La caracterización de los ectoparásitos encontrados se describe en la Tabla Nro. 2. Del total de 84 individuos, sólo se pudo realizar el protocolo de extracción de ectoparásitos a 71 individuos. En la Tabla Nro. 3 se observa la caracterización de los

parásitos gastrointestinales encontrados en los 84 individuos de la población de Rinconada de Maipú.

Tabla Nro. 2: Clasificación taxonómica de ectoparásitos recolectados de *Octodon degus* en una población de Rinconada de Maipú.

Orden	Familia	Genero	Especie	Prevalencia
Siphonaptera	Stephanocircidae	Nonnapsylla	Nonnapsylla rothschildi wagneri (Figura Nro. 3a)	
	Hystriochopsyllidae	Neotyphloceras	Neotyphloceras crassispina subespecie chilensis	
	Rhopalopsyllidae	Tetrapsyllus	Tetrapsyllus corfidii	
			Tetrapsyllus tantillus	
		Ectinorus	Ectinorus cocyti	
		Delostichus	Delostichus coxalis	
				92,9%
Parasitiforme	Ixodidae	Ixodes	Ixodes sigelos	
	Argasidae	Ornithodoros	Ornithodoros sp. (Figura Nro.3b)	
				22,5%
Phthiraptera	Gyropidae	Gyropus	Gyropus distinctus	
			Gyropus elongatus	
		Monogyropus	Monogyropus longus	
				9,8%
TOTAL				94,3%

Tabla Nro. 3: Clasificación taxonómica de endoparásitos encontrados en *Octodon degus* en una población de Rinconada de Maipú.

SubReino	Tipo	Clase	Orden	Familia	Genero	Prevalencia
Metazoo	Helmintos	Nematelmintos	Nematoda	Enoplida	Trichuridae	Trichuris
				Oxyurida	Oxyuridae	Sp1
				-	-	Sp2
				-	-	Sp3
Protozoo		Telosporasida	Coccidea	Eimeriidae	Sp4	
TOTAL						11,9%



Figura Nro. 3; Especies no descritas previamente para *Octodon degus*. a) *Nonnapsylla rothschildi wagneri*. b) *Ornithodoros* sp.

No se encontraron diferencias significativas en la carga de ectoparásitos (Mann-Whitney U=512,5; z=1,34; p=0,17), riqueza de ectoparásitos (Mann-Whitney U=566,5; z=0,71; p=0,47) y carga de parásitos gastrointestinales (Mann-Whitney U=784,5; z=-0,85; p=0,39) debido al sexo de los individuos.

Se realizaron correlaciones de Spearman para ver el grado de asociación entre la Conducta de Exploración y las variables de carga total de ectoparásitos, riqueza de ectoparásitos y carga de endoparásitos. No se encontraron correlaciones significativas entre las variables (Tabla Nro. 4).

Tabla Nro. 4: Correlaciones entre Conducta de Exploración y carga de ectoparásitos y endoparásitos y riqueza de ectoparásitos.

Variables correlacionadas	R	p
CE & Carga Ectoparásitos	0,077	0,518
CE & Riqueza Ectoparásitos	0,112	0,349
CE & Carga Endoparásitos	-0,152	0,166

DISCUSION

Dentro de los estudios en conducta animal, varios tienen como objetivo evaluar cómo se ejercen las presiones selectivas sobre rasgos conductuales, sin embargo al no considerar las variaciones intra-poblacionales como biológicamente significativas, se ha dado poca importancia a las presiones ejercidas dentro de las poblaciones. Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que en la población de Rinconada de Maipú la Conducta de Exploración no presenta una distribución normal, si no que presenta una distribución en forma bimodal, debido a la existencia de dos fenotipos conductuales contrastantes sin encontrar individuos que presenten fenotipos intermedios. Un ejemplo ampliamente conocido es el del salmón Coho *Oncorhynchus kisutch* donde los machos presentan dos fenotipos distintos que se han mantenido a lo largo del tiempo en forma estable, cada uno morfológicamente distinto y caracterizada por una estrategia de apareamiento distinta (Gross, 1985). Existe un fenotipo con una morfología bucal que le permite ganar encuentros agresivos, consiguiendo de esta forma acceso a las hembras de la población, el otro fenotipo mas pequeño sin deformación bucal accede a las

hembras furtivamente. Ambas estrategias tienen igual adecuación manteniéndose en forma estable a través del tiempo.

La conducta de exploración es un rasgo donde probablemente la selección natural actúa (Constantini, 2005; Drent *et al.*, 2003; Dingemanse *et al.*, 2004; Dingemanse y Réale, 2005), por lo que podríamos suponer que la distribución bimodal de la conducta de exploración es el resultado de una presión selectiva ejercida en los valores intermedios de la conducta, favoreciendo los valores extremos: baja y alta exploración. De hecho, la causa más frecuente de selección disruptiva es la depredación de fenotipos intermedios (Rueffler *et al.*, 2006). Sin embargo, también es posible que ambos fenotipos se hayan generado y/o se mantengan como resultado de una selección dependiente de la frecuencia en que la adecuación biológica de una de las estrategias conductuales de explorar, varíe con la frecuencia relativa de la otra estrategia conductual. La selección frecuencia-dependiente puede generar y/o mantener variabilidad poblacional (Rodríguez-Girones y Vásquez, 2002) como podría ser el caso del presente estudio para la conducta exploratoria.

Si ambos fenotipos están presentes es porque otorgarían alta adecuación biológica a ambos tipos de individuos de la población. Por una parte, si el tiempo dedicado a obtener información implica que los individuos más exploradores dediquen menos tiempo a vigilancia (Greenberg y Mettke-Hofmann, 2001), podrían estar, por lo tanto, más expuestos a depredadores (Cavigelli, 2005), además de exponerse más a situaciones de agresión y a mayores consumos de energía debido a sus mayores desplazamientos (Cavigelli, 2005; Greenberg y Mettke-Hofmann, 2001; Patterson y Schulte-Hostedde, 2011), ocasionando que probablemente su sobrevivencia sea menor. Sin embargo, los fenotipos más exploradores podrían conseguir mayores oportunidades de apareamiento ya que, pueden localizar más eficientemente a las hembras receptivas en época reproductiva (Lane *et al.*, 2009). Por otra parte, los individuos menos exploradores a pesar de presentarse en una menor proporción poblacional, logran mantenerse en la población, probablemente debido a que logran estar menos expuestos a depredadores y a otras situaciones de riesgo, otorgándoles una mayor sobrevivencia, y por lo tanto, teniendo la oportunidad de dejar descendencia en la población.

Si la existencia de fenotipos escasamente o nulamente exploradores es un fenómeno común, es probable que la proporción observada de individuos poco exploradores este sub-estimada, ya que, por las características conductuales de este grupo tendrían menor probabilidad de ser capturados.

Tenemos que considerar que el estudio realizado representa un momento dentro de las posibles variaciones poblacionales que se experimentan a lo largo de las estaciones y/o de los años. Dingemanse *et al.*, 2004 miden la variación fenotípica en el comportamiento exploratorio en el ave paseriforme *Parus major*, durante tres años sucesivos, evidenciando una fuerte selección alterna que actúa en el rasgo y coincidente con cambios en el medio ambiente. Ellos sugieren que la mantención de las variaciones conductuales en las poblaciones naturales probablemente implique una selección fluctuante de presiones causadas por la variabilidad ambiental. Si existe variabilidad de la conducta en la población de Rinconada de Maipú a lo largo del tiempo, podríamos inferir que la distribución observada se deba a un momento dentro de las fluctuaciones en las presiones de selección a lo largo de los años, como el caso del trabajo de Dingemanse *et al.*, 2004. Por otra parte si se mantiene esta distribución bimodal en forma estable a lo largo del tiempo variando tal vez en sus proporciones, podríamos sugerir que ambas estrategias son evolutivamente estables como el caso del salmón Coho (Gross 1985).

Se describen dos nuevas asociaciones parásito-hospedero para *O. degus*. El género *Ornithodoros* recientemente fue colectado por primera vez en dos especies de mamíferos terrestres; *Abrothrix olivaceus* y *Thylamys elegans* (Bazán-León, 2011), sin embargo no existen registros hasta este estudio de especies colectadas en *O. degus* (González-Acuña y Guglielmone, 2005). Por otra parte *Nonnapsylla rothschildi wagneri* solo había sido descrita en *Octodontomys gliroides* y *Abrocoma cinerea* desde Iquique a Parinacota en nuestro país (Lareschi *et al.*, 2011). Este estudio sería un primer registro de la especie en *O. degus*, ampliándose, por lo tanto, su rango de distribución. Dos especies de parásitos gastrointestinales no pudieron ser identificados, por la cantidad de ejemplares encontrados y por sus características morfológicas solo podemos inferir que pertenecen a huevos de helmintos.

A pesar de que está ampliamente sugerido que los individuos más exploradores acceden a un mayor número de ambientes, y por lo tanto, a organismos patógenos en este estudio no se encontró una relación entre la conducta y carga y riqueza de ectoparásitos, ni entre conducta exploratoria y carga de endoparásitos gastrointestinales. Patterson y Schulte-Hostedde (2011) tampoco encontraron una relación entre la conducta de exploración y ectoparásitos /endoparásitos en *Tamias striatus*. En el caso de *O. degus* esta falta de correlación podría deberse a las características sociales de la especie. En el estudio de Bordes *et al.*, (2007), realizado en roedores, obtuvieron que individuos con una mayor sociabilidad presentaran una mayor riqueza de ectoparásitos. Podríamos suponer que individuos más exploradores en *O. degus*, podrían tener mayores cargas parasitarias al volver a su madriguera y posiblemente los contactos sociales hagan que sus cargas y riquezas parasitarias se diluyan con sus congéneres, ya sea por transmisión de ectoparásitos, lo que explicaría la alta prevalencia encontrada en este estudio, y/o por la eliminación de ectoparásitos a través de la conducta de acicalamiento entre individuos (conducta descrita en *O. degus* por Fulk (1976)). La agrupación de individuos produce un efecto de dilución descrito como medio eficaz para reducir la carga de ectoparásitos (Bordes *et al.*, 2007). En mamíferos se ha observado que una mayor presencia de ectoparásitos aumenta la tendencia de acrecentar el tamaño de grupo posiblemente para evitar altas cargas parasitarias a través del efecto de dilución (Altizer *et al.*, 2003). Por lo que la conducta social podría relacionarse con carga y riqueza de ectoparásitos en forma prevalente por sobre la conducta de exploración. Los resultados presentados en parásitos gastrointestinales son concordantes con el estudio antes mencionado (Patterson y Schulte-Hostedde, 2011). Sin embargo, la baja prevalencia encontrada en la población podría sugerir que los valores obtenidos estén sub-estimados. El método de recuento de huevos por gramo de heces requiere muestras grandes (Thienpont *et al.*, 1986) y en este estudio se obtuvo una baja cantidad de materia fecal por individuo lo que pudo haber incidido en los resultados.

En conclusión se observa una distribución bimodal de la conducta de exploración en la población de *O. degus* de Rinconada de Maipú, presentándose un grupo con una mayor conducta de exploración y un grupo con baja exploración. Esta distribución puede sugerir que sobre el rasgo se están ejerciendo importantes presiones selectivas. No se observó una correlación entre Conducta de Exploración y carga y riqueza parasitaria. Sin embargo, se describen dos nuevas asociaciones parasito-hospedero previamente no

descritas para *O. degus* (una especie del orden Siphonaptera y un género del orden Parasitiforme). Esta memoria de título es sólo un comienzo para futuros estudios, donde es necesario un seguimiento de la población de Rinconada de Maipú, considerando la evolución de la conducta de exploración, la variabilidad temporal en incidencia parasitaria, y sus consecuencias en la adecuación biológica de los individuos a lo largo de los años.

BIBLIOGRAFÍA

ALTIZER, S.; NUNN, C.; THRALL, P.; GITTLEMAN, J.; ANTONOVICS, J.; CUNNINGHAM, A.; DOBSON, A.; EZENWA, V.; JONES, K.; PEDERSEN, A.; POSS, M.; PULLIAM, J. 2003. Social organization and parasite risk in mammals: Integrating theory and empirical studies. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 34:517-547.

BAZAN-LEON, Enrique Alonso. Ecología Parasitaria de dos especies de pequeños mamíferos de Chile, *Abrothrix olivaceus* (Rodentia: Cricetidae) y *Thylamys elegans* (Didelphimorphia: Didelphidae). Tesis (Magíster en Ciencias, mención Ecología y Biología Evolutiva). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias, 2011. 108 p.

BORDES, F.; BLUMSTEIN, D.; MORAND, S. 2007. Rodent sociality and parasite diversity. *Biology Letters* 3(6):692-694.

CARERE, C.; EENS, M. 2005. Unravelling animal personalities: how and why individuals consistently differ. *Behaviour* 142:1155-1163.

CAVIGELLI, S. 2005. Animal personality and health. *Behaviour* 142:1223-1244.

CONSTANTINE, D. 2005. Forum Animal personalities in a competitive game theory context. *Ethology Ecology & Evolution* 17:279-281.

COLEMAN, K.; WILSON, D. 1998. Shyness and boldness in pumpkinseed sunfish: individual differences are context-specific. *Animal Behaviour* 56:927-936.

DALL, S.; HOUSTON, A.; MCNAMARA, J. 2004. The behavioural ecology of personality: consistent individual differences from an adaptive perspective. *Ecology Letters*. 7:734-739.

DINGEMANSE, N.; BOTH, C.; DRENT, P.; TINBERGEN, J. 2004. Fitness consequences of avian personalities in a fluctuating environment. *Proceedings of the Royal Biological Sciences* 271:847-852.

DINGEMANSE, N.; REALE, D. 2005. Natural selection and animal personality. *Behaviour* 142:1165-1190.

DRENT, P.; VAN OERS, K.; VAN NOORDWIJK, k. 2003. Realized heritability of personalities in the great tit (*Parus major*). *Proceedings of the Royal Biological Sciences* 270:45-51.

FULK, G. W. 1976. Notes on the activity, reproduction, and social behaviour of *Octodon degus*. *Journal of Mammalogy* 57:495-505.

GONZALEZ-ACUÑA, D.; GUGLIELMONE, A. 2005. Ticks (Acari: Ixodoidea: Argasidae, Ixodidae) of Chile. *Experimental and Applied Acarology* 35:147-163.

GREENBERG, R.; METTKE-HOFMANN, C. 2001. Ecological Aspects of neophobia and neophilia in birds. *In*: Thompson, C. (Ed.). *Current Ornithology*. Springer Science Bussines Media. New York, USA. pp.119-178.

GROOTHUIS, T.; CARERE, C. 2005. Avian personalities: characterization and epigenesis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 29:137-150.

GROSS, M. 1985. Disruptive selection for alternative life histories in salmon. *Nature* 313(5997):47-48.

HOPKINS, G. H. Y ROTHSCHILD, M. 1956. An illustrated catalogue of Rothschild collection of fleas (Siphonaptera) in the British Museum (Natural History): Volume II: Cotopsyllidae, Vermipsyllidae, Ischnopsyllidae, Hypsophthalmidae, and Xiphiopsyllidae. British Museum (Natural History). London, U.K. 2 v.

JOHNSON, P. T. 1957. A classification of the Siphonaptera of Suth America with descriptions of new species. *Memoirs of the Entomological Society of Washington* 5:298.

KAZLAUCKAS, V.; SCHUH, J.; DALL'IGNA, O.; PEREIRA, G.; BONAN, C.; LARA, D. 2005. Behavioral and cognitive profile of mice with high and low exploratory phenotypes. *Behavioural Brain Research* 162:272-278.

KOOLHASS, J. 2008. Coping style and immunity in animals: Making sense of individual variation. *Brain, Behavior, and Immunity* 22:662-667.

KORTE, S.; KOOLHASS, J.; WINGFIELD, J.; MCEWEN, B. 2005. The Darwinian concept of stress: benefits of allostasis and costs of allostatic load and the trade-offs in health and disease. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 29:3-38.

LANE, J.; BOUTIN, S.; GUNN, M.; COLTMAN, D. 2009. Sexually selected behavior: red squirrel males search for reproductive success. *Journal of Animal Ecology* 78:296-304.

LARESCHI, M.; AUTINO, AG.; DÍAZ, M.; BARQUEZ, R. 2011. Taxonomy and Distribution of *Nonnapsylla* Wagner, 1938 (Siphonaptera, Stephanocircidae, Cranepsyllinae). *Journal of Parasitology* 5:954-955.

LINARDI, P.M. Y GUIMARAES, L.R. 2000. Sifonapteros do Brasil. Editorial MZUSP (Museu de Zoologia Universidade de São Paulo), FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). Sao Paulo, Brasil. 291 p.

METTKE-HOFMANN, C. 2007. Object exploration of Garden and Sardinian warblers peaks in Spring. *Ethology* 113:174-182.

MUÑOZ-PEDREROS, A.; YÁÑEZ, J. L. 2000. Mamíferos de Chile: CEA Ediciones, Temuco, Chile 108-110.

PATTERSON, L.; SCHULTE-HOSTEDDE, A. 2011. Behavioural correlates of parasitism and reproductive success in male eastern chipmunks, *Tamias striatus*. *Animal Behaviour* 81:1129-1137.

RÉALE, D.; READER, S.; SOL, D.; MCDOUGALL, P.; DINGEMANSE, N. 2007. Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biological Reviews* 82:291-318.

RODRIGUEZ-PRIETO, I.; MARTIN, J.; FERNANDEZ-JURICIC, E. 2011. Individual variation in behavioural plasticity: direct and indirect effects of boldness, exploration and sociability on habituation to predators in lizards. *Proceedings of the Royal Society of London B* 278:266-273.

RODRIGUEZ-GIRONES, M.; VASQUEZ, R. A. 2002. Selección dependiente de la frecuencia. In: Soler, M. (Ed.). *Evolución: la Base de la Biología*. Editorial Proyecto Sur. Granada, España. pp. 283-292.

RUEFFLER, C.; VAN DOOREN, T.; LEIMAR, O.; ABRAMS, A. 2006. Disruptive selection and then what?. *Trends in Ecology and Evolution* 21(5):238-245.

RUSELL, J.; MCMORLAND, A.; MACKAY, J. 2010. Exploratory behavior of colonizing rats in novel environments. *Animal Behaviour* 79:159-164.

SIH, A.; BELL, A.; JOHNSON, C. 2004. Behavioral syndromes: an ecological and evolutionary overview. *Trends in Ecology and Evolution* 19:372-378.

SMIT, F.G.A.M. 1987. An illustrated catalogue of the Rothschild collection of fleas (Siphnaptera) in the British Museum (Natural History). Oxford University. Oxford, U.K. v.7

SOL, D.; GRIFFIN, AS.; BARTOMEUS, I.; BOYCE, H. 2011. Exploring or avoiding novel food resources? The novelty conflict in an invasive bird. *PLoS ONE* 6(5):e19535. doi:10.1371/journal.pone.0019535.

THIENPONT, D.; ROCHETTE, F.; VANPARIJS, O. F. J. 1986. Diagnóstico de las helmintiasis por medio del examen coprológico. 2a ed. Janssen Research Foundation. Beerse, Bélgica 203p.

VAN DONGEN W.F.D.; MALDONADO, K.; SABAT, P., VÁSQUEZ, R.A. 2010. Geographic variation in the repeatability of a personality trait. *Behavioral Ecology* 21(6): 1243-1250.

VASQUEZ, R. A.; EBENSPERGER, L.; BOZINOVIC, F. 2002. The influence of habitat on travel speed, intermittent locomotion, and vigilance in a diurnal rodent. *Behavioral Ecology* 13(2):182-187

VILLAVICENCIO, C.; MARQUEZ, I. N.; QUISPE, R.; VASQUEZ, R.A. 2009. Familiarity and phenotypic similarity influence kin discrimination in the social rodent *Octodon degus*. *Animal Behaviour* 78(2):377-384

VYAS, A.; KIM, S.; GIACOMINI, N.; BOOTHROYD, J.; SAPOLSKY, R. 2007. Behavioral changes induced by *Toxoplasma* infection of rodents are highly specific to aversion of cat odors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(15):6442-6447.

WILSON, D. 1998. Adaptive individual differences within single populations. *The Royal Society B.* 353:99-205.

ANEXO Nro. 1: Certificado de Bioética.



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS
COMITÉ DE ÉTICA

Casilla 653, Santiago-Chile
e-mail : apreller@uchile.cl

Teléfono 56-2-9787395
Fax : 239 27 55

Integrantes del Comité de Ética

Dr. Nicolas Guiliani
Dra. Madeleine Lamborot
Dra. Ana Preller
Dr. Aurelio San Martín
Dr. Tito Ureta
Dr. Alberto Veloso

CERTIFICADO

El Comité de Ética de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile ha revisado el Proyecto de Investigación *Animal personalities and the underlying roles of behavioral innovation and decision-making*. El investigador responsable es el Dr. Rodrigo Vásquez, académico del Departamento de Ciencias Ecológicas de esta Facultad.

El comité ha analizado el *Protocolo de manejo de especies vivas para experimentación* presentado por el investigador, el resumen del proyecto y la sección Materiales y Métodos completa, además de una copia de la Resolución emitida por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

Como resultado de este análisis hemos constatado que en el proyecto se utilizarán diferentes especies de aves y mamíferos. La captura de dichas especies, los lugares y métodos de captura que serán utilizados, así como las condiciones de cautiverio, están debidamente autorizados por el SAG. Los experimentos se harán en terreno y en el laboratorio del Dr. Vásquez, en el Departamento de Ciencias Ecológicas. El transporte, manipulación y cuidado de los animales capturados se hará de acuerdo con las normas del ASM (American Society of Mammalogists). No se sacrificarán animales; una vez finalizada la investigación, éstos serán devueltos a los lugares de captura.

En relación a los aspectos de Bioseguridad, el proyecto no contempla la manipulación de reactivos ni desechos peligrosos.

En conclusión, las metodologías propuestas están de acuerdo con las normas internacionalmente aceptadas y el proyecto presentado cumple con las normas establecidas por este Comité.


Dra. Ana Preller
Presidenta Comité de Ética



Santiago, 10 de Julio de 2008