



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

Preferencias femeninas por la coloración ventral de los machos en la lagartija del mezquite *Sceloporus grammicus microlepidotus*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

Víctor Emmanuel Arguez Márquez



DIRECTOR DE TESIS:  
Dra. Laura Roxana Torres Avilés  
2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Hoja de datos del Jurado

1. Datos del alumno

Argaez  
Marquez  
V́ctor Emmanuel  
47 52 93 38  
Universidad Nacional Aut3noma  
de M3xico  
Facultad de Ciencias  
Bioloǵa  
3-0306926-7

2. Datos del Tutor

Dra.  
Laura Roxana  
Torres  
Avil3s

3. Datos del sinodal 1

Dr.  
Constantino de Jes3s  
Macías  
García

4. Datos del sinodal 2

Dr.  
Jos3 Jaime  
Zuñiga  
Vega

5. Datos del sinodal 3

Dr.  
V́ctor Hugo  
Reynoso

6. Datos del sinodal 4

Dr.  
Carlos  
Cordero  
Macedo

7. Datos del trabajo escrito

Preferencias femeninas por la  
coloraci3n ventral de los machos  
en la lagartija del Mezquite  
*Sceloporus grammicus*  
*microlepidotus*  
P3ginas 48  
2011

A la Memoria de  
Reyes Hernández Calderón  
Con todo mi cariño.

## *Agradecimientos*

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional de la Dra. Roxana Torres Avilés. Le estoy muy agradecido por confiar en mí y darme la oportunidad de explorar el contexto de señales visuales en este grupo de animales, así como por su buena disposición, paciencia ante mi inconsistencia, presión, enseñanzas y sobre todo por la dirección de este trabajo. Gracias Rox.

Agradezco ampliamente a mis sinodales por enriquecer y mejorar el manuscrito. Al Dr. Víctor Hugo Reynoso por los consejos, correcciones y especialmente por ser pieza fundamental para llevar a cabo esta tesis y otorgarme el permiso de usar su bioterio para el cautiverio de las lagartijas. Al Dr. Jaime Zuñiga por su atenta lectura, correcciones y comentarios al trabajo. Reconozco los comentarios acertados del Dr. Carlos Cordero y por último pero no menos importante al Dr. Constantino Macías por sus atinadas correcciones, así como por facilitarme su cámara de video para agilizar los experimentos.

Tengo el honor de agradecer fundamentalmente a la Universidad Nacional Autónoma de México por financiar el proyecto.

Agradezco a todos mis compañeros y amigos que participaron de alguna forma en el proyecto. A Claudia Medina, Alejandro Flores, Pável Nieto y Nadia Neri por colaborar en la colecta de las lagartijas. Al biol. Edgar Ávila por ayudarme en la logística y enseñarme a construir arenas de elección, así como por la convivencia a la hora de la comida. De igual forma expreso mi gratitud a Nallely Vázquez Salvador por ayudarme formidablemente en la alimentación de todas las lagartijas, así como en la limpieza de los terrarios.

Agradezco al instituto de ecología y al laboratorio de conducta animal, GT y GR por su constante apoyo y profesionalismo. A Lunáticos por iluminar mi cerebro en cada reunión. A René Beamonte por despejar mis dudas estadísticas cada vez que aparecía una. A Bibiana Montoya por esas charlas siempre enriquecedoras y especialmente a Isabel López-Rúll ya que he aprendido muchísimo de ella en el campo, gracias Isa.

Agradezco de igual forma a la bióloga Nadia Libertad Neri Vera por compartir conmigo no solo el interés en la conducta, o por despejar constantemente mis dudas académicas y aclarar el panorama de la vida, sino por compartir conmigo momentos mágicos, tormentas eléctricas alucinantes, vientos huracanados, y uno que otro destello verde al ponerse el sol en las Marietas; así como por vivir una historia de piratas en aquel exquisito lugar que es Arrecife Alacranes. Gracias por la aventura Nadis.

Agradezco esencialmente a mis padres. Marco Antonio Arguez Martínez y María del Socorro Márquez Gonzales por su constante apoyo en todos los aspectos de la vida y sobre todo por brindarme una buena educación a lo largo de estos años, gracias por todo. Todo su esfuerzo se ve reflejado en esta tesis. A mis hermanos Alfredo y Karen por mostrar ese cariño en las

cotidianas peleas. A la familia Alcalá - Martínez por su interés en mi formación académica. Especialmente al Dr. Raúl Ernesto Alcalá Martínez por profundizar y comentar sobre mi tesis.

Independientemente de mi tesis, Agradezco profundamente a mis amigos de la facultad que me acompañaron en este camino y con los que compartí bastantes buenos momentos. Mostraron su hermandad en todo momento incluso cuando naufragaba. Todos ustedes dejaron una huella en mi memoria:

Ivetsita, que atinado apodo me pusiste “Jedi”. Erika, Silvita, prometo no cerrar los ojos con las películas de terror. Oso (Rodrigo), ¿que tal la practica de plantas?. Que hongo primo, (Alejandro Martínez) ¿Pulse o The Wall?. Que onda Yoali, ¿vamos al río, no? Eli Campos, que tal la luna en Chamela; por cierto esa fue mi última practica. Vero, controla a Chucho con la ración de espagueti en las preceñas Navideñas, creo que aún hay del que sobro en casa de Claudia. Luis, disculpa el episodio en tú jardín. Areli, volante, acelerador y tlalpan creo que no es muy buena idea. Ramiro, ¿hay chance de un palomaso con el *veneno de las ratas*? que te parece “el esqueleto”. Prima (Claudia Medina), Gerard, gracias por encontrarme y evitar que muriera de hipotermia, ¡siempre pasan cosas extrañas en esa casa!. Juan Pazkual (Olmo), Rodrigo Villegas, Rubens, Pablo Leautaud, tsss pero que fotos compañeros, gracias por los tips. Itzi, aprovecha mi cabello, ha, y recuerda tener cuidado cuando Eréndira le pegue a la piñata, ¡es muy peligrosa!. Hey!! Pável Ulianov “how do you say...” Sacbel, Mario, igual que a los Pumas, ¡como no los voy a querer!. Rubens, de nuevo tú, cuidado con las azoteas. Martha, espero verte siempre conectada, así como espero que cumplas con las chelas que prometiste. José Alfredo Jiménez “el Rey”, ¿cuantos kilómetros? y que historias en cada viaje, nunca terminaré de contarlas. Pa los que siguen Erandi se lanza con nosotros. Dianis, gracias por darle sentido a mi vida durante algún tiempo; tú nombre es un eco infinito. Y nada más faltas tú Nallely gracias por estar conmigo todo este tiempo, por ser mi compañera y gran amiga, eres parte importante de mi vida, te quiero mucho. Oye, préstame el clásico del cine “sangre por sangre”. Gracias a todos por su buena vibra, un fuerte abrazo y que la fuerza los acompañe, siempre.

Finalmente, no encuentro las palabras exactas para expresar mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México, al Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel “sur”, a sus profesores, aulas, laboratorios, bibliotecas, cafeterías, pasillos y jardines donde me forme como la persona que soy, desde lo social, académico y cultural. Por su diversidad de eventos y sobre todo por el alarido siempre presente e imponente de su gooya. Me entusiasma pertenecer a esta maravillosa comunidad, por lo que, hoy puedo decir orgullosamente, con la frente en alto y el corazón en la mano que soy de sangre azul y de piel dorada. Puedo decir que, soy hecho en cu.

# Índice

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| ❖ Resumen  | 8             |
| ❖ Introducción   | 10            |
| • Selección sexual   | 10            |
| • La coloración como una señal sexual                                  | 12            |
| • Señales sexuales coloridas en lagartijas                             | 13            |
| • Señales sexuales coloridas en el género <i>Sceloporus</i>            | 16            |
| • La lagartija del mezquite <i>Sceloporus grammicus microlepidotus</i> | 18            |
| ❖ Objetivos  | 20            |
| ❖ Hipótesis  | 20            |
| ❖ Predicción   | 20            |
| ❖ Métodos  | 21            |
| • Colecta de ejemplares  | 21            |
| • Diseño experimental  | 22            |
| ▪ Confiabilidad intra-observador                                       | 26            |
| ❖ Análisis estadístico   | 27            |
| • Respuesta de las hembras a la coloración azul de los machos          | 27            |
| • Color y condición de hembras y machos                                | 28            |
| ❖ Resultados   | 29            |
| • Respuesta de las hembras a la coloración azul de los machos          | 29            |
| ▪ Acercamiento al macho  | 29            |
| ▪ Frecuencia de conductas de la hembra                                 | 31            |
| • Color y condición de hembras y machos                                | 33            |
| ❖ Discusión  | 34            |
| • Respuesta de las hembras a la coloración azul de los machos          | 34            |
| ❖ Conclusiones   | 38            |
| ❖ Referencias  | 39            |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| ❖ Anexos                    | 45 |
| • Colecta de ejemplares     | 45 |
| • Arreglo de los encuentros | 46 |
| • Conductas registradas     | 47 |

## Resumen

La elección femenina es un proceso que ha favorecido la evolución de características muy elaboradas en los machos de algunas especies, tales como coloraciones conspicuas. Las lagartijas son un grupo de animales donde es frecuente observar colores brillantes. En este estudio evaluamos si la coloración azul ventral que despliegan los machos de la lagartija del mezquite *Sceloporus grammicus microlepidotus*, es una señal sexual que utilizan las hembras en la elección de pareja. Para evaluar la hipótesis se realizó un experimento en el que se manipuló, usando maquillaje intensivo de cera no tóxico, la coloración azul de los machos. El pico máximo de reflectancia del color del parche se incrementó, se disminuyó o no se modificó, en el caso de los machos del grupo control. Después de la manipulación, se colocó en una arena de elección (un terrario con tres compartimentos) una hembra ante tres combinaciones de machos, un par de machos con talla similar por evento, y se registró, mediante videograbadoras, el tiempo que la hembra pasó junto a cada macho y la frecuencia de conductas realizadas durante períodos de media hora. No se detectaron diferencias en la frecuencia de conductas que las hembras realizaron hacia machos aumentados, disminuidos y controles; sin embargo, las hembras desplegaron más conductas a machos con parches ventrales más grandes. Más aún, en ensayos en los que había un macho control, las hembras pasaron más tiempo junto al macho con brillo aumentado que junto al macho con brillo disminuido, pero no mostraron preferencia cuando estuvieron frente a un macho aumentado y uno disminuido. Adicionalmente, exploramos si características de la coloración ventral de machos y hembras se relacionan con su condición. Encontramos que los machos con mayor peso presentaron mayor proporción de croma azul (porcentaje de azul) y franjas negras de mayor área, lo que sugiere que la coloración ventral de los machos podría indicar su condición corporal. En las hembras, la coloración ventral no se relacionó con su peso y su talla, aunque se encontró una relación marginal entre el área del parche y el peso. Los resultados sugieren que la coloración de machos (croma azul) y hembras (tamaño del

parche) podrían ser indicadores de su condición corporal (i.e. peso-talla). Los datos también sugieren que el color azul de los machos en la lagartija del mezquite puede ser una señal sexual que las hembras utilizan, por lo menos en la fase inicial de la elección de pareja, por lo que la selección sexual podría favorecer el mantenimiento de la coloración ventral de los machos a través de elección femenina.

# Introducción

## SELECCIÓN SEXUAL

En la naturaleza existe una gran diversidad de organismos que presentan características o atributos altamente elaborados o extravagantes, como cantos nupciales, danzas, colores brillantes o cuernos, que podrían limitar la sobrevivencia del portador, por lo que teóricamente no deberían ser favorecidos por la selección natural (Andersson 1994). Para explicar el origen de estas características Darwin en 1859 y posteriormente en 1871 propuso la idea de la selección sexual, que es el proceso que favorece la evolución y el mantenimiento de estas características. La selección sexual favorece características elaboradas, siempre y cuando éstas confieran ventajas en la competencia por parejas a los individuos que las portan sobre otros individuos del mismo sexo. Darwin (1859, 1871) propuso que la selección sexual puede actuar a través de dos procesos: la competencia entre machos o selección intrasexual, y la elección femenina o selección intersexual. Más recientemente, se ha sugerido que el conflicto sexual también puede ser una fuerza importante en la evolución de características que influyen en el éxito de apareamiento y la reproducción (Parker 1979; Fricke et al. 2010).

Si bien la competencia entre machos fue bien aceptada por la comunidad científica poco después de que se propusieran las ideas sobre la selección sexual, la elección femenina no, siendo ignorada durante largo tiempo hasta que los investigadores retomaron el estudio de la selección sexual en la segunda mitad del siglo XX (Torres y Velando 2010). En la actualidad se reconoce a la elección femenina como una fuerza de selección que favorece directamente algunos atributos de los machos, comúnmente llamados ornamentos, como su coloración (Torres y Velando 2003), canto (Gentner y Hulse 2000), largo de la cola (Andersson 1982), tamaño del cuerpo, entre otros (Calsbeek y Sinervo 2002). Igualmente, favorece a machos con territorios de alta calidad (Censky 1997), o aquellos que proporcionan mayor cantidad o calidad de regalos nupciales (Krebs y Davies

1997). Una de las razones por las que la elección femenina tardó tanto tiempo en ser considerada como una fuerza selectiva fue que Darwin no pudo explicar los mecanismos a través de los cuales evolucionan las preferencias femeninas (Andersson 1994). De hecho Wallace (1889), uno de los defensores más fuertes de la teoría de la evolución por selección natural de Darwin, no era partidario de la idea de elección femenina y cuestionaba que las hembras tuvieran la capacidad de discriminar entre machos. En la actualidad existen varias hipótesis que explican la evolución y el mantenimiento de las preferencias femeninas (Andersson 1994).

El primero que propuso un modelo para explicar la evolución de las preferencias femeninas fue Ronald Fisher en 1930. Fisher propuso un modelo en el que las hembras favorecen para el apareamiento a los machos que presentan ciertos atributos. Si estos atributos son heredables, la descendencia masculina de estos apareamientos tendría también una ventaja reproductiva, por lo cual las hembras que favorezcan a estos machos tendrían un mayor éxito reproductivo (Fisher 1930). En este modelo se propuso que los genes que determinan “la preferencia” por un atributo por parte de la hembra y los genes que determinan el desarrollo de este atributo en el macho deberían estar correlacionados. Esta relación genética favorece una coevolución rápida, tanto de la preferencia como del atributo, resultando en un atributo cada vez más elaborado. Fisher llamó a este modelo “Runaway” o modelo desbocado (Andersson y Simmons 2006).

Amotz Zahavi (1975) sugirió que los rasgos que hacen atractivos a los machos son indicadores de buena calidad genética. Según las ideas de Zahavi, conocidas como el modelo del “Handicap”, las características usadas en la elección de pareja deberían ser indicadores “honestos” de la calidad del individuo; es decir, desarrollarlos y mantenerlos debería implicar un alto costo, por lo que sólo los individuos de muy buena calidad serían capaces de producirlos. Las ventajas que obtiene la hembra al elegir machos con estas características resultan de los beneficios genéticos (alelos favorables) que heredan las crías del padre (Andersson y Simmons 2006). En contraste con los modelos propuestos por Fisher y Zahavi, el modelo de sesgo sensorial sí explica el origen de las preferencias

femeninas. Establece que las capacidades sensoriales de las hembras podrían estar predisuestas para responder a determinados estímulos. De esta forma los caracteres sexuales de los machos evolucionarían explotando estas preferencias (Dawkins y Guilford 1996).

En la actualidad se sabe que la elección femenina puede ser favorecida por la selección, por que las hembras que eligen a ciertos machos pueden obtener beneficios directos o indirectos (Anderson 1994; Soler 2009). Los beneficios directos típicamente se refieren a ventajas inmediatas que puede adquirir la hembra, como la obtención de recursos, territorios de alta calidad, alimento, regalos nupciales o cuidado parental (Anderson 1994). Por otro lado, se habla de beneficios indirectos cuando la descendencia hereda del macho seleccionado alelos favorables ya sea en términos de viabilidad o porque lo hacen más competitivo o atractivo durante la elección de pareja (Fisher 1930; Zahavi 1975; hipótesis del hijo sexy, Huk y Winkel 2008), o porque hereda características que confieren ventajas en el conflicto sexual (Andersson y Simmons 2006). En la actualidad, existe evidencia contundente acerca del papel de la elección femenina en la evolución de características sexuales secundarias altamente elaboradas. (Andersson 1994).

## **LA COLORACIÓN COMO UNA SEÑAL SEXUAL**

La coloración es un atributo que muchos animales utilizan como una forma de comunicación en diversos contextos (Krebs y Davies 1997). Entre individuos de la misma especie, el color puede ser un indicador del estatus social (Senar 2006), o puede ser una señal utilizada en la resolución de conflictos intrafamiliares entre crías y padres (Morales et al. 2009). Entre organismos de diferentes especies, el color puede ser una señal de advertencia que reduce el riesgo de ataques por depredadores potenciales (Whiting et al. 2003). Sin embargo, la selección sexual parece ser una fuerza importante que ha favorecido la evolución y mantenimiento de la coloración brillante y extravagante que despliegan animales de diversas especies (Hill 1990; Baker y Mundwiler 1994; Torres y

Velando 2003; Hill y McGraw 2006; Cox 2010). Se ha encontrado que la coloración que despliegan los machos durante el cortejo está relacionada con la calidad de su territorio (Wolfenbarger 1999), su condición (Siefferman et al. 2005), su capacidad de respuesta inmune (Cox y John-Alder 2007), inversión parental (Bonato et al. 2009) y buenos genes (Cox 2010). Por lo que dependiendo de la especie, las hembras podrían beneficiarse de elegir machos que desplieguen colores brillantes (Cox 2010). Además, hay un número creciente de estudios que indican que las hembras de diversas especies seleccionan a su pareja en función del color (e.g. Torres y Velando 2003; Hill y McGraw 2006; Bajer et al. 2010), y que la coloración juega un papel importante en la competencia entre machos (e.g. Olsson 1994a,b; Hill y McGraw 2006; Martín y López 2009b).

### **SEÑALES SEXUALES COLORIDAS EN LAGARTIJAS**

En lagartijas existen diferentes vías por las cuales la selección sexual parece estar operando. Estudios recientes sobre señales químicas (olfativas) han demostrado que las lagartijas producen feromonas que indican la condición, estado de salud, calidad o compatibilidad genética de un macho; y que las hembras son capaces de detectar y ajustar su conducta reproductiva en función de estos atributos (López et al. 2006; Martín et al. 2008; Martín y López 2009a). Sin embargo, en lagartijas los casos mejor estudiados de señales sexuales son las visuales; debido a que en muchas especies hay un fuerte dimorfismo sexual en coloración que en ocasiones, es más conspicuo durante la época de apareamiento (Cooper y Vitt 1988).

Desde la década de los ´30s se sugirió que la coloración en lagartijas era una señal dirigida a machos rivales y que no tenía ningún significado para las hembras (Andersson 1994). De hecho, se llegó a concluir que la elección de pareja no existía o era rara en lagartijas y que (únicamente) la competencia entre machos determinaba el éxito de apareamientos de los individuos (Tokars 1995; Martín y López 2009a).

En los últimos años se ha retomado el estudio de la posible función de la coloración de los machos en la conducta social en las lagartijas (Tabla 1). Una revisión reciente de la literatura en este grupo de organismos indica que, de los 19 estudios publicados en los que se investigó el papel del color, en 10 de ellos se indagó en elección de pareja (femenina y masculina) y de estos últimos, en 5 casos los resultados indican que la elección femenina es un proceso que opera en algunas especies. Debido a que son tan pocos estudios, es posible que sea más común de lo que se pensaba.

**Tabla 1.** Estudios experimentales en lagartijas en los que se evaluó la función del color en el contexto de (A) competencia entre machos y (B) elección de pareja (femenina y masculina).

| Especie                            | Característica evaluada                   | Resultado   | Referencia                                |
|------------------------------------|---|---|---|
| <i>A. Competencia entre machos</i> |   |   |   |
| <i>Sauromalus obesus</i>           | Coloración anaranjada del cuerpo          | El color del cuerpo no es una señal de dominancia   | Kwiatkowsky y Sullivan 2002               |
| <i>Uta stansburiana</i>            | Coloración polimórfica de garganta        | Machos con gargantas anaranjadas son más agresivos que machos con gargantas de color azul oscuro                      | Sinervo y Lively 1996                     |
| <i>Urosaurus ornatus</i>           | Coloración dorsal                         | Machos con coloración dorsal oscura realizan mayor frecuencia de conductas agresivas que machos con dorsos más claros | Zucker 1994                               |
| <i>Urosaurus ornatus</i>           | Tamaño de parches ventrales y de garganta | Individuos dominantes presentan parches grandes   | Thompson y Moore 1991; Meyers et al. 2006 |
| <i>Crotaphytus collaris</i>        | Coloración del cuerpo                     | Machos con coloración corporal más brillante son más agresivos que machos con menos brillo                            | Baird et al. 1997                         |
|                                    |   | Machos con parches ventrales  |   |

|                              |                                       |  |   |
|------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| <i>Lacerta agilis</i>        | Tamaño de parches ventrales en machos | grandes son más agresivos que machos con parches pequeños  | Olsson 1994a,b                              |
| <i>Lacerta schreiberi</i>    | Coloración dorsal y de garganta       | Machos con gargantas de mayor brillo y saturación en UV y azul son dominantes sobre machos con menor brillo y saturación | Martín y López 2009b                        |
| <i>Psammodromus algirus</i>  | Coloración anaranjada de la cabeza    | El tamaño del área coloreada, pero no el color, es una señal de dominancia   | Martín y Forsman 1999                       |
| <i>Platysaurus broadleyi</i> | Saturación de UV en garganta          | Machos con mayor saturación de UV en garganta son mejores competidores en encuentros agonísticos entre machos            | Stapley y Whiting 2006; Whiting et al. 2006 |

---

B. Elección de pareja

|                             |  |   |                             |
|-----------------------------|--|---|-----------------------------|
| <i>Sauromalus obesus</i>    | Colas amarillas y anaranjadas en machos  | Independientemente del color de la cola, las hembras muestran preferencias por colas de mayor brillo                  | Kwiatkowsky y Sullivan 2002 |
| <i>Uta stansburiana</i>     | Coloración polimórfica de la garganta (azul, anaranjada y amarilla)                | Preferencias femeninas por machos con gargantas amarillas   | Bleay y Sinervo 2007        |
| <i>Urosaurus ornatus</i>    | Coloración polimórfica de garganta (gargantas anaranjadas con verde y anaranjadas) | Las hembras no mostraron preferencias significativas por alguna coloración  | Smith y Zucker 1997         |
| <i>Urosaurus ornatus</i>    | Características morfológicas y parches ventrales azules de machos                  | Preferencia femenina por machos con cabezas profundas, delgados y con parches ventrales más brillantes                | Hamilton y Sullivan 2005    |
| <i>Crotaphytus collaris</i> | Coloración del cuerpo  | Preferencia femenina por coloraciones más brillantes  | Baird et al. 1997           |
| <i>Crotaphytus collaris</i> | Franjas anaranjadas en hembras   | Machos despliegan mayor frecuencia de cortejo a hembras con franjas anaranjadas que a hembras sin franjas anaranjadas | Baird 2004                  |
| <i>Ctenophorus ornatus</i>  | Croma y brillo UV de garganta y pecho en   | Los machos prefieren acercarse a hembras con mayor croma y  | LeBas y                     |

|                                    |   |  |                       |
|------------------------------------|---|--|-----------------------|
|                                    | hembras                                       | brillo UV entre 370 y 400 nm   | Marshall 2000         |
| <b><i>Ctenophorus ornatus</i></b>  | Tamaño y brillo de garganta y pecho en machos | Las hembras no mostraron ninguna preferencia por la coloración de los machos   | LeBas y Marshall 2001 |
| <b><i>Lacerta viridis</i></b>      | Brillo UV de garganta                         | Preferencias femeninas por machos con alta reflectancia en UV  | Bajer et al. 2010     |
| <b><i>Psammodromus algirus</i></b> | Coloración anaranjada de la cabeza en machos  | Las hembras prefieren aparearse con machos grandes. La intensidad del color del macho no tiene efecto sobre la elección femenina | Martín y Forsman 1999 |

---

### SEÑALES SEXUALES COLORIDAS EN EL GENERO *SCELOPORUS*

El género *Sceloporus* cuenta con 132 especies (Liner 2007) y la mayoría presenta un patrón de dimorfismo sexual en tamaño, siendo los machos más grandes que las hembras (Fitch 1978). Otro patrón común de dimorfismo sexual en este género, es la presencia en la mayoría de las especies de un par de parches abdominales azules en los machos (Leyte et al. 2005; Cox et al. 2008; Quinn y Hews 2010), mientras que las hembras de varias especies presentan vientres con coloración anaranjada (Weiss 2002, 2006). Estos colores son exhibidos mediante conductas estereotipadas llamadas “push-ups” (lagartijas) que consisten en elevaciones de la cabeza y cuerpo acompañadas de compresión lateral. Dependiendo del contexto pueden ser señales intrasexuales agonísticas o conductas de cortejo (Smith y John-Alder 1999). Sin embargo, a la fecha no hay estudios publicados en el género en los que se haya evaluado directamente si la coloración ventral de los machos influye en la competencia entre machos y la elección de pareja.

En el género *Sceloporus* algunos estudios sugieren que la coloración ventral podría estar asociada con la comunicación sexual. Por ejemplo, en *Sceloporus undulatus* se encontró que los machos despliegan más “push-ups” frente a las hembras que a los machos, lo que

sugiere que la coloración ventral podría ser una señal dirigida hacia las hembras, mientras que los machos despliegan a machos intrusos conductas agresivas como compresión lateral del cuerpo y persecuciones (Smith y John-Alder 1999). Sin embargo, en este estudio no se evaluó si diferencias en el color ventral de los machos influyen en la preferencia de las hembras o en la competencia entre machos (Smith y John-Alder 1999).

En un estudio experimental también en *S. undulatus*, se disminuyó la coloración azul ventral de machos con pintura blanca, con el objetivo de que los machos parecieran hembras, mientras que las hembras fueron marcadas con pintura azul para aparentar que eran machos. Se encontró que los machos residentes desplegaron conductas de cortejo a machos con coloración de hembra; y conductas agonísticas hacia hembras con apariencia de machos, es decir a hembras pintadas de azul (Cooper y Burns 1987). Lo anterior sugiere que la coloración ventral es clave para la identificación de individuos del sexo opuesto (Cooper y Burns 1987).

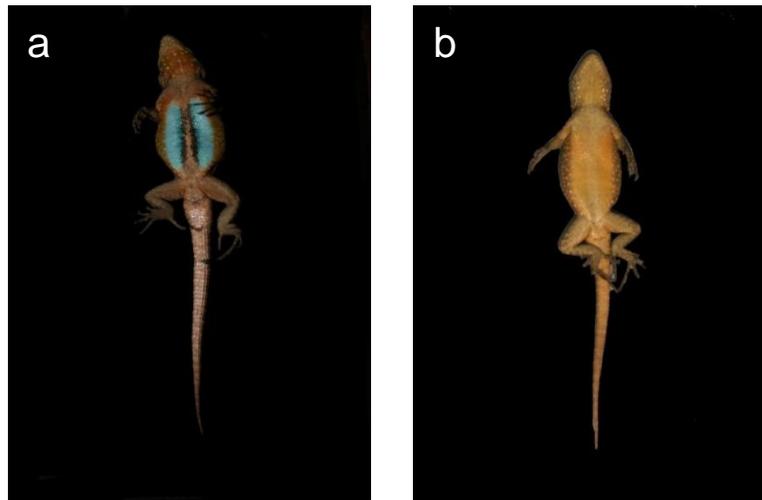
En el género *Sceloporus* la coloración de los machos parece estar controlada por los niveles de testosterona en sangre, por lo que podría ser una señal costosa de producir y mantener (Cox et al. 2005, 2008). En *S. undulatus* los machos presentan parches ventrales azules y negros, y la coloración ventral se correlaciona con los niveles de testosterona en sangre (Cox et al. 2005). Al eliminar la fuente principal de testosterona mediante la castración, se encontró que, tanto el área como la saturación de los parches azules y negros disminuyó, mientras que después de colocar implantes con testosterona se observó que la coloración se restauraba en machos castrados y aumentaba el área y la saturación de los parches ventrales en machos no castrados (Cox et al. 2005). En condiciones naturales esta coloración varía con la estación, siendo más marcada en época de apareamiento, lo cual indica que puede ser una señal sexual y de dominancia sobre otros individuos (Cox et al. 2005). En un estudio semejante se encontró que al castrar machos de *Sceloporus jarrovi* disminuye el pigmento negro que bordea a los parches ventrales y disminuye la saturación de la coloración azul (Cox et al. 2008).

Estudios en los que se manipularon los niveles de testosterona indican que mantener altos niveles de testosterona (y por lo tanto una coloración brillante) podrían imponer costos en la capacidad de la respuesta inmune de los machos (John-Alder et al. 2009). En *Sceloporus virgatus*, se encontró que altos niveles de testosterona deprimían el sistema inmune y los individuos eran fácilmente parasitados por ácaros (Cox y John-Alder 2007). Machos castrados presentaron menor cantidad de ácaros que machos con implantes de testosterona, lo que sugiere que mantener altos niveles de testosterona, con una coloración brillante, es costoso para los individuos (Cox y John-Alder 2007; Zahavi 1975). Por otro lado, la coloración anaranjada de la garganta en las hembras de *S. virgatus* está relacionada con su estado reproductivo, aumentado el área del parche anaranjado cerca del momento de la ovulación (Weiss 2002). Además es una característica que indica la condición corporal de las hembras (Weiss 2006). Por lo tanto la coloración anaranjada que despliegan las hembras de *S. virgatus* puede ser una señal dirigida a los machos (Weiss 2002, 2006).

### **LA LAGARTIJA DEL MEZQUITE *SCELOPORUS GRAMMICUS MICROLEPIDOTUS***

La lagartija del mezquite es una especie pequeña que puede alcanzar los 80 mm de longitud hocico cloaca. Es vivípara, de hábitos arbóreos y se distribuye principalmente en zonas áridas y semi-áridas, aunque se le puede encontrar en una amplia gama de hábitats, desde desiertos hasta ambientes de alta montaña, incluso en regiones urbanas (Arévalo et al. 1991; Sites et al. 1992; Jiménez et al. 2005). Al igual que la mayoría de los machos del género, los de *S. grammicus*, presentan en el vientre una coloración azul formada por dos parches paralelos y dos franjas delgadas negras en el centro, normalmente de la misma longitud que la azul (Leyte et al. 2005; Figura 1a). Las hembras presentan una ligera coloración anaranjada en el vientre. Al igual que los machos esta coloración forma dos parches paralelos (Figura 1b). Las hembras presentan máxima actividad reproductora durante el otoño, cuando se llevan a cabo el cortejo, el apareamiento y la fertilización,

seguida de la gestación invernal, para posteriormente parir durante la primavera. Este patrón es característico de especies que habitan montañas de regiones templadas (Guillette y Casas-Andreu 1980; Gadsden et al. 2005).



**Figura 1.** Dimorfismo sexual en coloración en la lagartija del mezquite. (a) Los machos presentan un par de parches azules en el vientre con dos franjas negras al centro. (b) Mientras que las hembras presentan dos parches ventrales ligeramente anaranjados.

En *S. g. microlepidotus* el color ventral parece jugar un papel en la competencia entre machos (Argaez et al. datos no publicados). En un estudio experimental en el que se manipuló el color ventral de los machos se encontró que los individuos con una mayor reflectancia en el rango de los azules (400-500 nm) recibieron una menor frecuencia de conductas agresivas, lo que sugiere que una mayor reflectancia en azul podría ser un indicador de estatus en la competencia entre machos. En el presente estudio evaluamos en la lagartija del mezquite, si la coloración que despliegan los machos, es una señal que utilizan las hembras en la elección de pareja.

## Objetivos

Los objetivos de este trabajo son evaluar experimentalmente en la lagartija del mezquite:

- (1) si la coloración azul de los machos es una señal que las hembras usan para elegir pareja, y
- (2) explorar si la coloración que despliegan machos y hembras está relacionada con su condición corporal (relación peso-talla).

La lagartija del mezquite (*S. grammicus microlepidotus*) es un buen modelo de estudio ya que es abundante en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) y se adapta fácilmente al cautiverio. Para poner a prueba las predicciones se llevó a cabo un experimento en cautiverio donde se modificó el color del parche azul de los machos y se registró la preferencia de las hembras (tiempo de acercamiento y frecuencia de cortejo) ante diferentes machos.

## Hipótesis

La coloración azul que despliegan los machos de *Sceloporus grammicus microlepidotus* es una señal sexual que utilizan las hembras para elegir pareja.

## Predicción

Las hembras preferirán (se acercarán y desplegarán más conductas) a los machos con parches ventrales de un azul más brillante que a machos menos brillantes.

# Métodos

## COLECTA DE EJEMPLARES

Entre el 15 de Marzo y 10 de abril del 2010 se colectaron 30 machos y 20 hembras con una longitud hocico cloaca (LHC) mayor a 44 mm, ya que a partir de este tamaño ambos sexos son sexualmente maduros (Jiménez et al. 2005). Las capturas se llevaron a cabo en distintas zonas de amortiguamiento de la REPSA y se realizaron manualmente de las 6:30 am a las 9:30 am, antes de que las lagartijas se calentaran, lo que facilitó su captura. Las lagartijas se buscaron entre las cortezas de los árboles, en grietas de troncos, y debajo de rocas (Anexo 1). Cada lagartija se guardó en un costal de manta. Se registró el lugar exacto de captura y se marcó el sitio de colecta con cinta biodegradable. Al final del experimento las lagartijas fueron liberadas en buenas condiciones y en el mismo sitio en que fueron colectadas.

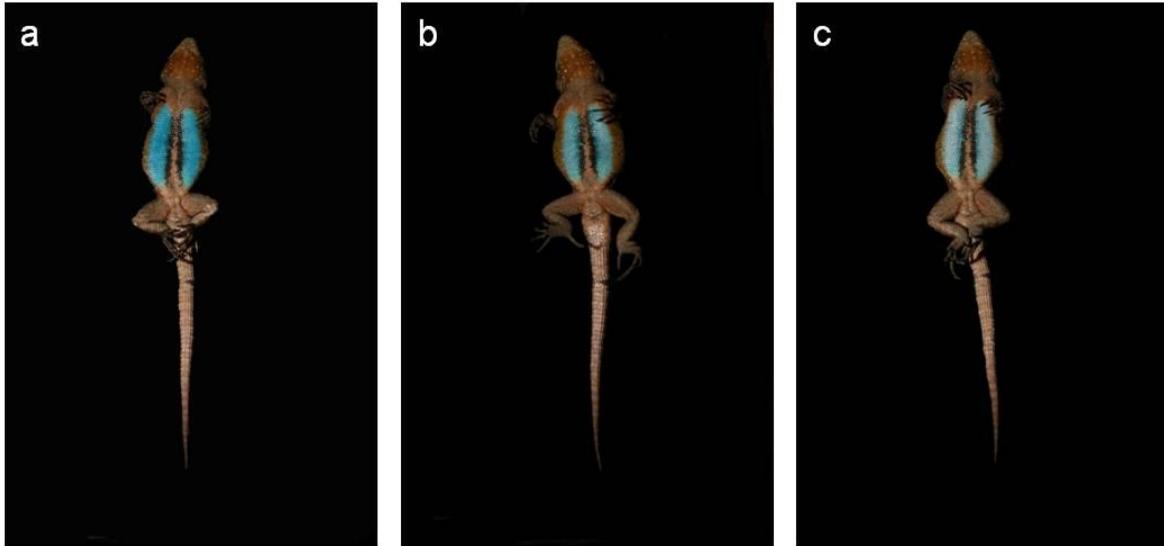
Durante el mismo día de su captura, las lagartijas fueron pesadas con una balanza electrónica ( $\pm 0.01$  g) y se les tomaron medidas morfométricas con un vernier ( $\pm 0.01$  mm). Las medidas morfométricas registradas fueron: longitud hocico cloaca (LHC), longitud de la cola (LC), longitud total (LT) y ancho de la cabeza. Para describir la coloración de las lagartijas, se midió la longitud y ancho de los parches ventrales azules y la franja negra de los machos, así como los parches ventrales anaranjados que presentan las hembras. La coloración azul de los machos y la coloración anaranjada de las hembras se midieron con un espectrofotómetro Minolta CM-2600d.

Antes de entrar a los experimentos, las lagartijas se mantuvieron en terrarios de 35 × 25 cm en el bioterio A del laboratorio de ecología y evolución de anfibios y reptiles del Instituto de Biología de la UNAM a cargo del Dr. Víctor Hugo Reynoso Rosales. Los terrarios contaron con agua *ad libitum*, y las lagartijas fueron alimentadas con larvas de tenebrios (*Tenebrio molitor*) y grillos (*Acheta domestica*). En reptiles, la receptividad

sexual y reproducción están asociadas a factores externos, tales como la temperatura, la precipitación y el fotoperiodo (Gadsden et al. 2005). Para que durante las pruebas de elección los animales estuvieran sexualmente receptivos, las lagartijas se mantuvieron en el laboratorio durante un promedio de 33 días (rango 12-43 días) antes de entrar a los experimentos, bajo las siguientes condiciones: temperatura de 28-29 °C y un fotoperiodo de 12 h luz al día con lámparas que emiten en el UV, debido a que es necesaria para la fijación de calcio, vitamina A y D3 (Adkins et al. 2003).

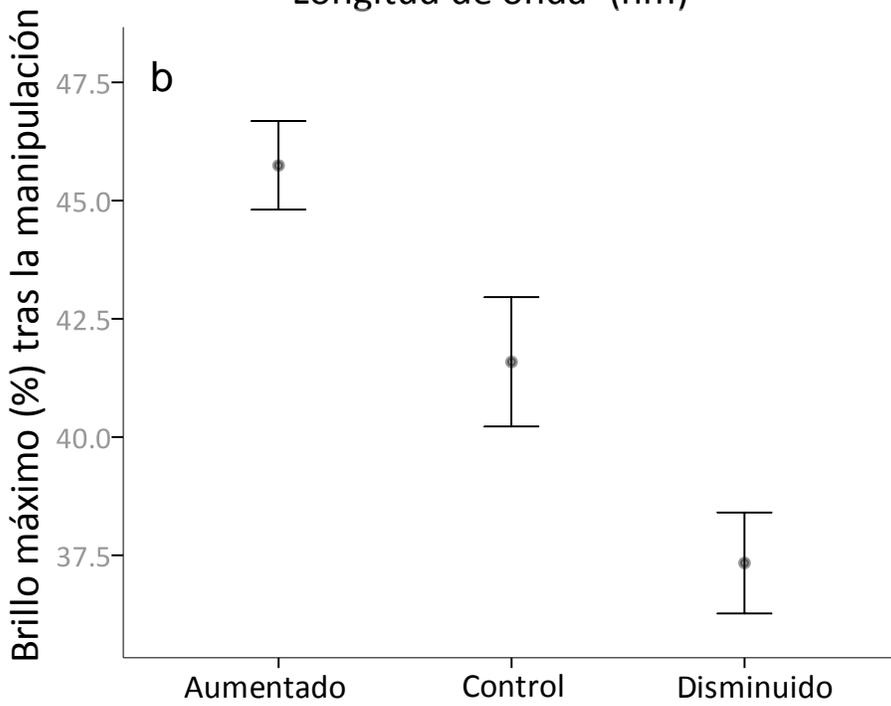
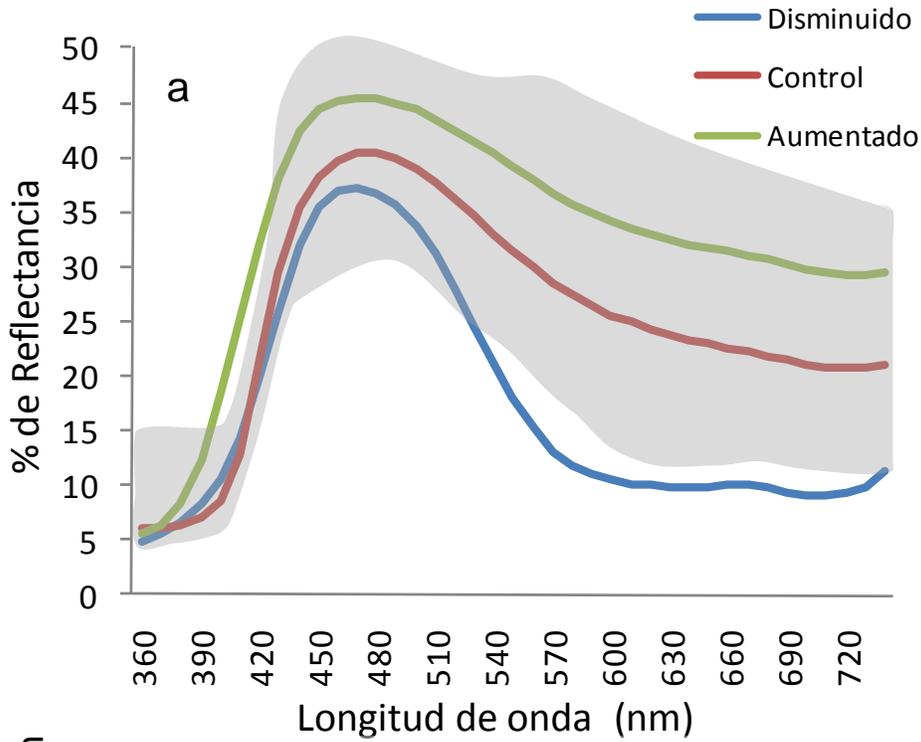
## **DISEÑO EXPERIMENTAL**

Para evaluar si las hembras prefieren a machos con coloración azul brillante manipulamos el color de los parches de los machos y realizamos un experimento de elección, presentando a una hembra ante tres pares de machos con talla similar pero con coloración azul contrastante (ver Anexo 2; Tabla 2). El brillo del color azul de los machos se manipuló utilizando un maquillaje intensivo con base en cera no tóxico (marca Laukrom color azul y EYIM color blanco). Los machos fueron asignados aleatoriamente a uno de tres grupos: grupo disminuido, en el cual se pintaron los parches ventrales con un maquillaje azul oscuro (para disminuir el brillo), grupo aumentado, en el cual se pintaron los parches ventrales con un maquillaje blanco (para aumentar el brillo) o grupo control, en el cual se simuló la manipulación de color sin cambiar el color original (Figura 2).



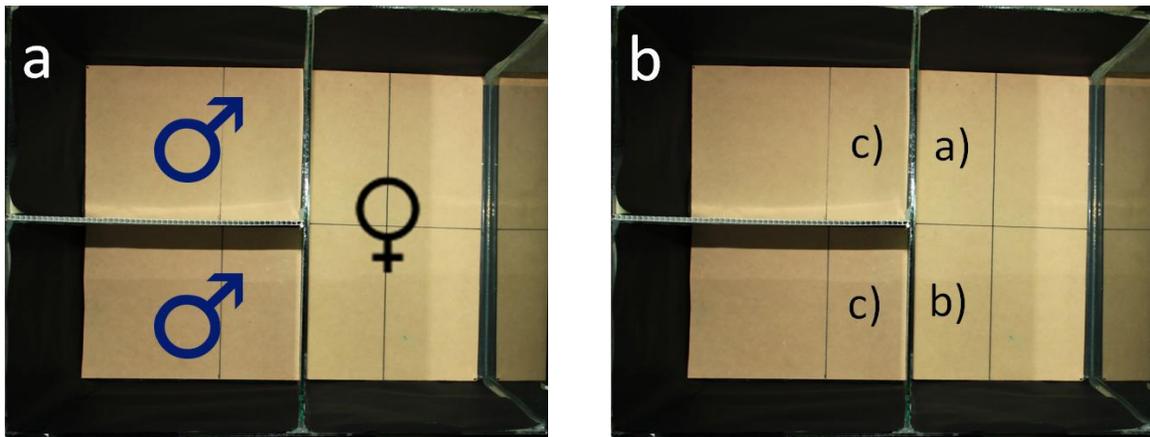
**Figura 2.** Manipulación del brillo de la coloración azul ventral. (a) Brillo disminuido con maquillaje azul oscuro. (b) Grupo control. (c) Brillo aumentado con maquillaje blanco.

La coloración de los machos se midió antes y después de la manipulación de color y las manipulaciones se hicieron unos minutos antes de iniciar las pruebas de elección. El color previo a la manipulación no difirió entre tratamientos ( $F_{2,116} = 0.67, P = 0.510$ ). De igual forma, no se encontraron diferencias significativas en la coloración de los machos controles ( $F_{1,38} = 0.39, P = 0.531$ ). La manipulación de la coloración azul de los machos logró aumentar y disminuir dentro del rango de variación natural el porcentaje de reflectancia en los grupos experimentales (Figura 3a). Después de la manipulación, el color de los machos controles, aumentados y disminuidos difirió estadísticamente ( $F_{2,117} = 54.48, P < 0.001$ ; Figura 3b).



**Figura 3.** Resultados de la manipulación del color. (a) Curvas de reflectancia promedio de los grupos experimentales y control. El área sombreada es el rango de variación natural. (b) Promedio ( $\pm$  DE) del brillo máximo de los grupos experimentales y control.

Las pruebas de elección consistieron en colocar en un terrario (50 × 40 × 20 cm) a dos machos con talla similar y separados por un cristal opaco, para evitar contacto visual y olfativo entre ellos, y del otro lado de la arena una hembra separada por un cristal delgado y transparente, de tal forma que la hembra tenía contacto visual con los dos machos (Figura 4a).



**Figura 4.** Arena de elección. (a) La hembra tenía contacto visual con los dos machos pero los machos no podían verse entre sí. (b) Zonas de acercamiento de la hembra al macho “a” y al macho “b” y zona de acercamiento de los machos “c”.

Se colocaron cartulinas negras en las paredes del terrario para evitar perturbación externa, y hojas de triplay como sustrato. Las cartulinas y el triplay fueron reemplazados en cada evento y el terrario lavado con agua y cloro para eliminar olores que hubieran dejado los individuos de la prueba anterior (que pudieran influir en la siguiente prueba). A cada terrario se le colocó una lámpara UV, debido a que la reflectancia en UV es percibida por algunos grupos de lagartijas y desempeña un importante papel en la comunicación social (Adkins et al. 2003). Una vez dentro, se mantuvieron a las tres lagartijas sin contacto visual durante 10 minutos para que se aclimataran antes de iniciar con los registros de conducta. Estos tuvieron una duración de 30 minutos y fueron grabados con videocámaras montadas en tripies (Video cámara Sony DCR SR 80, video cámara CANON G12).

Se registró el tiempo que la hembra pasó junto a cada macho (acercamientos), el tiempo que los machos pasaron junto a la hembra y la frecuencia de conductas que realizaron los machos y hembras. Para registrar los acercamientos se trazaron líneas paralelas de cada lado y a 10 cm de distancia del cristal que separaba a la hembra de los machos, y una línea perpendicular al cristal que dividía el área de la hembra en dos. Los acercamientos se registraron como el tiempo que la hembra o los machos pasaron en estos rectángulos junto al cristal de separación (Figura 4b). Las conductas registradas fueron: push-ups, posturas de extremidades estiradas, compresión lateral del cuerpo (full-show), arqueado de espalda, movimientos de la cola, movimientos de cabeza y lengüetazos (descripción de conductas en Anexo 3). Cada hembra participó en tres pruebas, una prueba cada 2 días, y estuvo frente a las siguientes combinaciones de machos: aumentado *versus* control, aumentado *versus* disminuido, control *versus* disminuido. El orden en que las hembras fueron expuestas a las diferentes combinaciones de machos fue completamente aleatorio. En total se registraron 60 pruebas de 30 minutos cada una.

### **CONFIABILIDADES INTRA-OBSERVADOR**

Los datos de conducta de los videos fueron registrados por en autor. Antes de obtener la información de conducta de los videos se hicieron 4 pruebas de confiabilidad intra-observador usando el índice de concordancia, que indicaron una confiabilidad del 97 % entre registros (Martin y Bateson 1986).

## **Análisis estadísticos**

### **RESPUESTA DE LAS HEMBRAS A LA COLORACIÓN AZUL DE LOS MACHOS**

Los análisis para evaluar si las hembras prefieren a machos con coloración azul más brillante se llevaron a cabo utilizando modelos mixtos con medidas repetidas, en los que las hembras fueron la medida repetida, ya que cada una de ellas se presentó ante tres tratamientos diferentes (macho aumentado vs disminuido, macho control vs aumentado y macho control vs disminuido). Se analizaron dos variables, el acercamiento de las hembras a los machos (tiempo total que las hembras pasaron en el área de preferencia con cada macho, ver Figura 4b) y la suma total de las conductas que las hembras desplegaron a cada macho. Debido a que algunas conductas ocurrían con una frecuencia muy baja, no se pudieron analizar por separado, por esta razón se decidió sumar todas las conductas para los análisis. Los modelos iniciales incluyeron como efectos fijos el tratamiento (combinación de machos), el color del macho (i.e. aumentado, disminuido o control) y la interacción entre estos dos factores. Como covariables se incluyó: el área de los parches azules, el área de la franja negra, el brillo (considerado como el % de reflectancia máxima o “hue” en inglés) y croma azul (estimado como la suma de reflectancia de 400 a 520 nm dividido por el total de reflectancia) después de la manipulación, el peso de los machos, el acercamiento de los machos a la hembra y la conducta total de los machos a la hembra. La respuesta de las hembras a la coloración azul de los machos fue analizada en el programa SAS 9.0.

## **COLOR Y CONDICIÓN DE HEMBRAS Y MACHOS**

Para evaluar la relación de la coloración de machos y hembras con su condición se utilizaron modelos lineales generales que incluyeron como variables independientes el peso y la LHC (talla) de cada individuo. Las variables analizadas (dependientes) fueron el área de los parches ventrales y el hue. Además, en el caso de los machos el croma azul y el área de la franja negra. Para estos análisis se usaron las variables de color, peso y talla del día de la captura. Para explorar la condición de machos y hembras se utilizó el paquete estadístico SPSS 16.0.

## Resultados

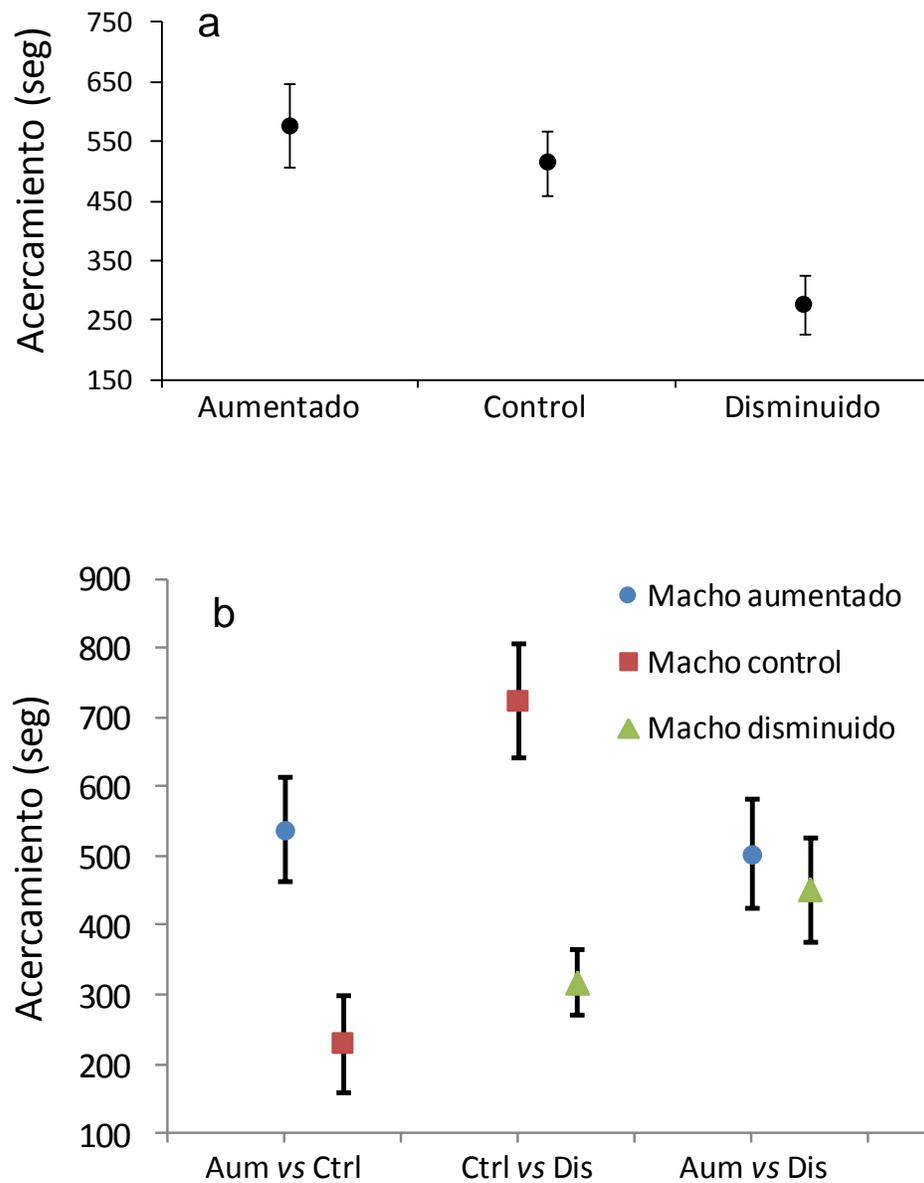
### RESPUESTA DE LAS HEMBRAS A LA COLORACIÓN AZUL DE LOS MACHOS

#### *Acercamiento al macho*

El tiempo que las hembras pasaron cerca de los machos difirió entre tratamientos (Tabla 3). Las hembras pasaron en promedio 12.23% más tiempo con los machos aumentados que con los machos controles y 47% menos tiempo con los machos disminuidos que con los machos controles (Figura 5a). Durante el experimento, en cada encuentro las hembras podían ver a dos machos simultáneamente y la respuesta de las hembras varió en función de la combinación de machos que se le presentó (Tabla 3). En las pruebas donde había un macho control, las hembras pasaron más tiempo con los machos del grupo aumentado y menos tiempo con los machos del grupo disminuido que con los machos controles. En contraste, no se encontraron diferencias cuando las hembras estuvieron frente a la combinación de macho disminuido *versus* aumentado (Figura 5b). Adicionalmente, las hembras tendieron a pasar más tiempo con los machos más pesados (Tabla 3).

**Tabla 3.** Acercamiento de las hembras a los machos en función de la manipulación de color. Se presenta el modelo simplificado. El modelo inicial incluyó la combinación de machos, el color del macho (i.e. aumentado, disminuido, control) y la interacción entre estos dos factores. Como covariables el modelo inicial incluyó la cercanía del macho a la hembra, la frecuencia de conductas de los machos, el croma máximo, el área azul, el área de la franja negra, peso y talla del macho. La identidad de la hembra se incluyó en el modelo como la medida repetida. La  $\beta$  indica el valor de la pendiente.

| Variable                                   | $\beta$ | gl<br>num. | gl<br>den. | <i>F</i> | <i>P</i> |
|--|---------|------------|------------|----------|----------|
| Combinación de machos                      |         | 2          | 34.2       | 8.20     | 0.001    |
| Color del macho                            |         | 2          | 28.8       | 5.51     | 0.009    |
| Peso macho                                 | 33.58   | 1          | 45.6       | 6.12     | 0.017    |
| Combinación de machos * color<br>del macho |         | 1          | 48         | 8.16     | 0.006    |



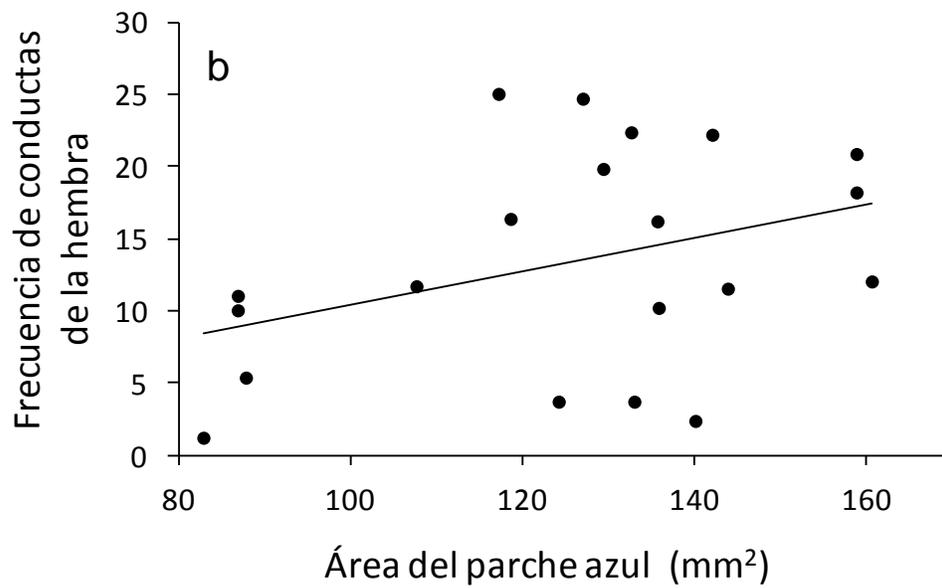
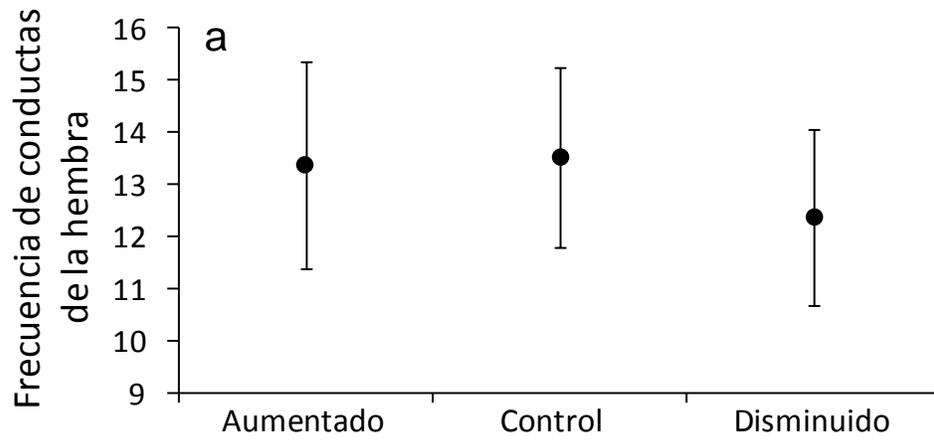
**Figura 5.** Acercamiento de las hembras a los machos experimentales. (a) Tiempo promedio ( $\pm$  EE) que pasaron las hembras junto a los machos aumentados, controles y disminuidos. (b) Tiempo promedio ( $\pm$  EE) que pasaron las hembras junto a los machos aumentados, controles y disminuidos en las diferentes combinaciones de encuentros: aumentado versus control (Aum vs Ctrl), disminuido versus control (Dis vs Ctrl), y aumentado versus disminuido (Aum vs Dis).

### ***Frecuencia de conductas de las hembras***

La frecuencia de conductas que las hembras realizaron hacia los machos no difirió estadísticamente en función de la coloración azul o la combinación de machos que se le presentaron en cada prueba (Tabla 4; Figura 6a). Se encontró una relación positiva entre la frecuencia de conductas de los machos y la frecuencia de conductas de las hembras (Tabla 4). Además, las hembras realizaron más despliegues frente a machos que tenían un área de parche azul ventral más grande (Tabla 4; Figura 6b).

**Tabla 4.** Frecuencia de conductas de las hembras. El modelo inicial incluyó la combinación de machos, el color del macho (i.e. aumentado, disminuido, control) y la interacción entre estos dos factores. Como covariables el modelo inicial incluyó la frecuencia de conductas del macho, el peso del macho, el área azul y el área de la franja negra del parche ventral. La identidad de la hembra se incluyó en el modelo como medida repetida. La  $\beta$  indica el valor de la pendiente.

| Variable              | $\beta$ | gl<br>num. | gl<br>den. | <i>F</i> | <i>P</i> |
|-----------------------|---------|------------|------------|----------|----------|
| Combinación de machos |         | 2          | 31.6       | 1.39     | 0.264    |
| Color del macho       |         | 2          | 41.7       | 1.26     | 0.292    |
| Frec. conducta macho  | 0.087   | 1          | 29.9       | 21.18    | <.001    |
| Área azul             | 0.061   | 1          | 48.7       | 6.02     | 0.017    |



**Figura 6.** (a) Frecuencia de conductas de las hembras hacia machos experimentales y control. (b) Frecuencia de conductas de la hembra contra el área del parche ventral azul.

### **COLOR Y CONDICIÓN DE HEMBRAS Y MACHOS**

En las hembras, el área del parche ventral anaranjado no se relacionó con su talla (LHC,  $F_{1,17} = 2.816$ ,  $P = 0.111$ ), pero se encontró una relación marginal con el peso ( $F_{1,17} = 4.204$ ,  $P = 0.056$ ). No se encontró ninguna asociación entre el cromatismo máximo de las hembras y su peso y talla (peso,  $F_{1,17} = 0.050$ ,  $P = 0.824$ ; LHC,  $F_{1,17} = 0.034$ ,  $P = 0.855$ ).

En los machos, el área del parche ventral azul se relacionó positivamente con la talla ( $F_{1,27} = 10.746$ ,  $P < 0.002$ ), pero no con el peso ( $F_{1,27} = 0.866$ ,  $P = 0.360$ ). El cromatismo máximo del parche ventral no se relacionó con el peso o la talla de los machos (peso,  $F_{1,27} = 0.029$ ,  $P = 0.864$ ; LHC,  $F_{1,27} = 0.103$ ,  $P = 0.749$ ). Sin embargo, después de controlar por la talla de los machos, el peso se relacionó con el cromatismo azul de los machos (peso,  $F_{1,27} = 5.676$ ,  $P = 0.024$ ; LHC,  $F_{1,27} = 2.355$ ,  $P = 0.136$ ) y con el área de las franjas negras (peso,  $F_{1,27} = 11.040$ ,  $P = 0.002$ ; LHC,  $F_{1,27} = 1.366$ ,  $P = 0.252$ ).

## Discusión

### RESPUESTA DE LAS HEMBRAS A LA COLORACIÓN AZUL DE LOS MACHOS

En este estudio encontramos que las hembras de *Sceloporus grammicus microlepidotus* se acercaron más a machos con parches azules más brillantes y más grandes. Frente a un macho control y un macho aumentado o disminuido las hembras tendieron a acercarse más a machos del grupo aumentado, es decir machos cuyo color azul era más brillante, y discriminaron a los machos del grupo disminuido, con un azul más oscuro y menos brillante. También, las hembras realizaron más despliegues a los machos con parches ventrales más grandes, aunque no encontramos efectos del color del parche sobre la tasa de cortejo de las hembras. Globalmente, los resultados sugieren que el color azul podría ser un atributo que las hembras usan, por lo menos en la fase inicial de la elección de pareja, y que de esta forma la selección sexual podría estar favoreciendo la coloración ventral de los machos a través de elección femenina.

Interesantemente y contrario a lo esperado, no encontramos diferencias en el tiempo que las hembras se acercaron a uno u otro macho cuando estuvieron frente a un macho aumentado y uno disminuido. En este último grupo los machos fueron manipulados exactamente igual que en las otras combinaciones de machos, y confirmamos que los machos de las diferentes combinaciones no fueran diferentes en talla, peso, color después de la manipulación, área del parche, fecha de la prueba, días en cautiverio que hembras y machos pasaron antes de la prueba o frecuencia de conducta de los machos ( $P > 0.143$  en todos los casos). Es decir, que ninguna de estas variables que podrían confundir el efecto del tratamiento parecen estar relacionadas con este resultado. No tenemos una explicación clara del por qué frente a la combinación de machos, aumentado *versus* disminuido, las hembras no mostraron preferencia. Sin embargo, es posible que como se ha sugerido antes, la respuesta de la hembra no sea lo que se ha denominado preferencia estricta (i.e. cuando hay un solo valor de elección y la preferencia se expresa

independientemente de cualquier otro estímulo) y que la respuesta dependa del contexto, incluyendo la presencia de otros estímulos (Kirkpatrick et al. 2006). o que otros factores modulen el balance costo/beneficio de aparearse con machos muy coloridos (Lessell 2005).

En nuestro estudio, frente a dos machos a los que se les manipuló el color de los parches ventrales, las hembras no mostraron una clara discriminación, lo que sugiere que la preferencia de las hembras depende de la combinación de estímulos que se le presenta. Es posible, que las hembras podrían estar evitando machos relativamente más coloridos, como una estrategia para evitar machos más agresivos, si es que los machos de mejor color son también más agresivos. En ocasiones, a las hembras no les conviene elegir un atributo extremadamente llamativo, dado que esta característica puede indicar que es un macho agresivo que podría dañarla de alguna forma (Lessell 2005). El hecho de que existen copulas forzadas puede apoyar esta idea. Sin embargo, si lo anterior fuera correcto, esperaríamos que la diferencia de acercamientos a los machos fuera menor al presentarles machos con coloraciones muy contrastantes, no obstante, nuestros datos no apoyan esta idea ( $F_{1,59} = 3.06$ ,  $P = 0.08$ ). Sería interesante en estudios futuros investigar en detalle las reglas de elección en la lagartija del mezquite.

En teoría, las hembras deberían de utilizar para la elección de pareja, atributos que sean indicadores honestos de la calidad, condición o futura inversión parental de los machos (Zahavi 1975; Martín y Cabrero 2002). De esta manera al elegir a ciertos machos, las hembras podrían obtener beneficios directos o indirectos (Ahnesjo 2010). En el caso de la lagartija del mezquite es posible que las hembras al elegir a los machos con coloración más brillante obtengan beneficios directos. En nuestro estudio las hembras además de acercarse por más tiempo a machos con coloración azul más brillante y con parches ventrales más grandes, pasaron más tiempo con los machos más pesados. Nuestros resultados muestran que el peso y la talla de los machos no tienen relación con el brillo, pero el croma azul y el área de la franja negra se relacionaron positivamente con el peso de los machos después de controlar por la variación asociada a la talla. Es decir, que al

acercarse a machos con coloración más brillante y parches más grandes podrían estar favoreciendo a los machos en mejor condición, sobre todo si mantener la coloración ventral impone costos en términos de comprometer su sistema inmune (Cox et al. 2005; Cox et al. 2008; John-Alder 2009), o está relacionado con machos que mantienen mejores territorios con áreas para forrajear, perchas para asolearse y sitios seguros para ovopositar (Cuadrado 2002).

Adicionalmente, es posible que las hembras de la lagartija del mezquite, al seleccionar a machos con una coloración azul más brillante y un parche ventral más grande obtengan beneficios indirectos. Por ejemplo, si hay una preferencia de las hembras por el brillo del parche y su descendencia heredara los genes que les darán la capacidad de producir la misma señal que sus padres; entonces, las crías de hembras que eligen a los machos con coloración más brillante tendrán ventajas sobre otros machos (Ahnesjo 2010). Es decir, las hembras podrían estar beneficiándose al elegir a machos con mejor color, si los hijos heredan el atributo que les permite ser adultos coloridos. Aumentando así, su éxito reproductivo, y/o si el color es un indicador de buenos genes que incrementan la viabilidad de la descendencia (Ahnesjo 2010). En el futuro se podría evaluar si las hembras obtienen beneficios directos e indirectos comparando la calidad del territorio y capacidad inmune de los machos en función de su coloración, y la supervivencia, coloración y éxito reproductivo de las crías de machos con coloración contrastante.

Contrario a lo que se ha reportado para *Sceloporus virgatus* (Weiss 2002, 2006), no encontramos evidencia en la lagartija del mezquite de que la coloración (croma máximo) de las hembras sea un indicador de su condición corporal. Sin embargo, el área del parche ventral se relacionó marginalmente con el peso de las hembras después de controlar por la variación asociada a la talla, es decir las hembras con mayor peso tienden a presentar parches anaranjados más grandes. Para estos análisis se usaron los datos de color, peso y talla del día de la captura, y en la mayoría de los casos el estado reproductivo de las hembras era desconocido. Sin embargo, durante las capturas se colectaron 2 hembras grávidas (que no se usaron para los experimentos de elección), las cuales presentaron una

coloración anaranjada más vistosa que el resto de las hembras (observación personal). Estas dos observaciones aisladas sugieren que la coloración ventral de las hembras podría ser un indicador de su estado reproductivo. Se necesitan más estudios para evaluar el posible papel de la coloración de las hembras en el contexto de la selección o la comunicación sexual.

De las 132 especies del género *Sceloporus* descritas hasta la fecha (Liner 2007), donde la mayoría de los machos y en algunos casos las hembras presentan coloración ventral (Leyte et al. 2005), en tan solo 4 especies (*S. undulatus*, *S. virgatus*, *S. jarrovii* y *S. g. microlepidotus*) se han realizado estudios donde se ha investigado la coloración ventral, pero ninguno ha evaluado directamente la elección de pareja (Tabla 1). Este es uno de los primeros estudios documentados de preferencias femeninas en el género *Sceloporus* por uno de los atributos más llamativos que presentan los machos, la coloración azul en los parches ventrales. Estudios futuros podrían investigar en más detalle la interacción entre los diferentes atributos de la coloración de los machos, como por ejemplo la intensidad de la coloración negra, en la elección de pareja, de preferencia mediante experimentos en los que las hembras tengan contacto directo con los machos a seleccionar y oportunidad de copular con el macho elegido. Por lo pronto, nuestro estudio sugiere que la coloración de los machos es un atributo que puede estar bajo selección sexual por medio de elección femenina.

## Conclusión

Las hembras pasaron más tiempo junto a machos con parches ventrales de color azul más brillantes y desplegaron mayor número de conductas a los machos con parches azules más grandes. Sin embargo, no mostraron preferencia cuando se les presentó un macho aumentado y uno disminuido. Los machos más pesados presentaron mayor proporción de cromas azul y franjas negras de mayor área, características que podrían estar indicando su calidad corporal. No encontramos una clara relación entre la coloración de las hembras y su talla y peso. Nuestros resultados sugieren que la coloración azul ventral que despliegan los machos de la lagartija del mezquite puede estar sujeta a selección sexual vía elección femenina. Sería interesante en el futuro investigar en detalle cuáles son las reglas de elección por parte de las hembras y evaluar si la preferencia que despliega una hembra depende del contexto o la combinación de estímulos que se le presentan. Finalmente, contrario a lo que se pensaba antes en lagartijas, nuestro estudio sugiere que la elección femenina puede ser una fuerza que influye en el mantenimiento de atributos, como la coloración que despliegan los machos de diferentes especies de lagartijas.

## Referencias

- Adkins, E., Driggers, T., Ferguson, G., Gehrman, W., Gyimesi, Z., May, E., Ogle, M. y Owens, T. 2003. Ultraviolet light and reptiles, amphibians. *Journal of Herpetological Medicine and Surgery* 13(4): 27-37.
- Andersson, M. 1982. Female choice selects for extreme tail length in a widowbird. *Nature* 299: 818-820.
- Andersson, M. 1994. *Sexual selection*. Princeton University Press, Princeton New Jersey.
- Andersson, M. y Simmons, L., W. 2006 Sexual selection and mate choice. *Trends in Ecology and Evolution* 21(6): 296-302.
- Ahnesjö, I. 2010. Mate choice in males and females. *Encyclopedia of Animal Behavior*: 394-398.
- Arévalo, E., A., Porter, A., González, F., Mendoza, J., L., Camarillo, J., W. y Sites, J., R. 1991. Population cytogenetics of the *Sceloporus grammicus* complex (Iguanidae) in central México. *Herpetological Monographs* 5: 79–115.
- Baird, T., Fox, S. y McCoy, K. 1997. Population differences in the roles of size and coloration in intra- and intersexual selection in the collared lizard, *Crotaphytus collaris*: influence of habitat and social organization. *Behavioral Ecology* 8(5): 506-517.
- Baird, T., A. 2004. Reproductive coloration in female collared lizards, *Crotaphytus collaris*, stimulates courtship by males. *Herpetologica* 60(3): 337-338.
- Bajer, K., Molnár, O., and Török, J. 2010. Female European green lizards (*Lacerta viridis*) prefer males with high ultraviolet throat reflectance. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 64(12): 2007-2014
- Bakker, T. y Mundwiler, B. 1994. Female mate choice and male red coloration in a natural three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) population. *Behavioral Ecology* 5(1): 74-80
- Belay, C. y Sinervo, B. 2007. Discrete genetic variation in mate choice and a condition-dependent preference function in the side-blotched lizard: implications for the formation and maintenance of coadapted gene complexes. *Behavioral Ecology* 18(2): 304-310
- Bonato, M., Evans, M. y Cherry, M. 2009. Investment in eggs is influenced by male coloration in the ostrich, *Struthio camelus*. *Animal Behaviour* 77(5): 1027-1032.

- Calsbeek, R. y Sinervo, B. 2002. Uncoupling direct and indirect components of female choice in the wild. *Evolution* 99(23): 14987-14902
- Censky, E., J. 1997. Female mate choice in the non-territorial lizard *Ameiva plei* (Teiidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 40(4): 221-225.
- Cooper, W y Burns, N. 1987. Social significance of ventrolateral coloration in the fence lizard, *Sceloporus undulatus*. *Animal Behavior* 35(2): 526-532.
- Cooper, W. y Vitt, L. 1988. Orange head coloration of the male broad-headed skink (*Eumeces laticeps*), a sexually selected social cues. *Copeia* 1: 1-6.
- Cox, R., M., Skelly, S., L. y John-Alder, H. 2005. Testosterone regulates sexually dimorphic coloration in the eastern fence lizard, *Sceloporus undulates*. *Copeia* 3: 597-608.
- Cox, R., M. y John-Alder, H. 2007. Increased mite parasitism as a cost of testosterone in male striped plateau lizards *Sceloporus virgatus*. *Functional Ecology* 21(2): 327-334.
- Cox, R., M., Zilberman, V., y John-Alder, H. 2008. Testosterone stimulates the expression of a social color signal in yarrow's spiny lizard, *Sceloporus jarrovii*. *Journal of Experimental Zoology* 309A(9): 505-514.
- Cox, R., M. 2010. Body size and sexual dimorphism. *Encyclopedia of Animal Behavior*. Elsevier pp 220-225.
- Cuadrado, M. 2002. Sistemas de apareamiento en reptiles: una revisión. *Revista Española de Herpetología*: 61-69.
- Darwin, C. 1859. *On the origin of species by means of natural selection*. J. Murray, Ed. London.
- Darwin, C. 1871. *The descent of man, and selection in relation of sex*. J. Murray, Ed. London.
- Dawkins, M., S. & Guilford, T. 1996. Sensory bias and the adaptiveness of female choice. *The American Naturalist* 148(5): 937-942.
- Fisher, R., A. 1930. *The genetical theory of natural selection*. Clarendon, Oxford.
- Fitch, H., S. 1978. Sexual size differences in the genus *Sceloporus*. *University of Kansas Sciences Bolletin* 51: 441-461.
- Fricke, C., Bretman, A., and Chapman, T. 2010. Sexual conflict. En: Westneat, D., and Fox, Charles, W. 2010. *Evolutionaty Behavioral Ecology*. Oxford University press. United State of America Pp 400-415.

- Gadsden, H., Rodríguez, F. Méndez de la Cruz, F. y Martínez, G., R. 2005. Ciclo reproductor de *Sceloporus poinsettii* Baird y Girard 1852 (Squamata: Phrynosomatidae) en el centro del desierto Chihuahuense, México. *Acta Zoológica Mexicana* 21(3): 93-107.
- Gentner, T. y Hulse, S. 2000. Female European starling preference and choice for variation in conspecific male song. *Animal Behaviour* 59(2): 443-458.
- Guillette, L., J. y Casas-Andreu, G. 1980. Fall reproductive activity in the high altitude Mexican lizard, *Sceloporus grammicus microlepidotus*. *Journal Herpetology* 14(2): 143-147.
- Hamilton, P. y Sullivan, K. 2005. Female mate attraction in ornate tree lizards, *Urosaurus ornatus*: a multivariate analysis. *Animal Behaviour* 69(1): 219-224.
- Hill, G. 1990. Female house finches prefer colourful males: sexual selection for a condition-dependent trait. *Animal Behaviour* 40(3): 563-572.
- Hill, G., E. y McGraw, K., J. 2006. *Bird coloration, function and evolution*. Volumen II. Harvard University Press. United States of America.
- Huk, T. y Winkel, W. 2008. Testing the sexy son hypothesis a research framework for empirical approaches. *Behavioral Ecology* 19(2): 456-461
- Jiménez, C., E., Ramirez, A., Marchall, J., Lizana, A., Nieto, A. 2005. Reproductive cycle of *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) from Teotihuacán México. *The Southwestern Naturalist* 50(2): 178-187.
- John-Alder, H., Cox, R., M., Haenel, G. y Smith, L. 2009. Hormones, performance and fitness: natural history and endocrine experiments on a lizard (*Sceloporus undulatus*). *Integrative and Comparative Biology* 49(4): 393-407.
- Kirkpatrick, M., Stanley, R. y Rayan, M. 2006. Mate choice rules in animals. *Animal Behaviour* 71(5): 1215-1225.
- Krebs, J. y Davies, N. 1997. *Behavioural ecology, an evolutionary approach*. Fourth edition. Blackwell Science. U.S.A.
- Kwiatkowsky, M., A. y Sullivan, B. 2002. Geographic variation in sexual selection among populations of an Iguanid lizard, *Sauromalus obesus* (=ATER). *Evolution* 56(10): 2039-2051.
- LeBas, N. R. y Marshall, J. 2000. The role of colour in signalling and male choice in the agamid lizard *Ctenophorus ornatus*. *The Royal Society* 267(1442): 445-452.

- LeBas, N., R. y Marshall, J. 2001. No evidence of female mate choice for a condition-dependent trait in the agamid lizard, *Ctenophorus ornatus*. *Behaviour* 138(8): 965-980.
- Leyte, A., Hernández, U., Chávez, E., Calzada, M., Sánchez, J., Marshall y Ramírez, A. 2005. El complejo *Sceloporus grammicus*, un grupo de lagartijas en especiación. *Sociedad Herpetologica Mexicana* 14(1): 10-17.
- Lessell, C., M. 2005. Why are males bad for females? models for the evolution of damaging male mating behavior. *The American Naturalist* 165(5): 46-63.
- Liner, E., A. 2007. A checklist of the amphibians and reptiles of México. Occasional papers of the museum of natural science. Louisiana state university, Baton Rouge 80.
- López, P., Amo, L. y Martín, J. 2006. Reliable signaling by chemical cues of male traits and health state in male lizard. *Journal of Chemical Ecology* 32(2): 473-487.
- Martín, J., Amo, L. y López, P. 2008. Parasites and health affect multiple sexual signals in male common wall lizards, *Podarcis muralis*. *Naturwissenschaften* 95(4): 293-300.
- Martín, J., y Forsman, A. 1999. Social costs and development of nuptial coloration in male *Psammotromus algirus* lizards: an experiment. *Behavior Ecology* 10(4): 396-400.
- Martín, J., y López, P. 2009a. Evolución de señales químicas en los procesos de selección sexual en reptiles. *En evolución y adaptación. 150 años después del origen de las especies*. Hernan, D. y Navarro, A. Obra propia. España.
- Martín, J. López, P. 2009b. Multiple color signals may reveal multiple messages in male Schreiber's green lizards, *Lacerta schreiberi*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 63(12): 1743-1755.
- Martín, M., V. y Cabrero, J. 2002. Selección sexual. En: *Evolución, la base de la biología*. Soler, M. España.
- Martin, P., y Bateson, P. 1986. *La medición del comportamiento*. Editorial Alianza. Madrid, España.
- Meyers, J., Irschick, D., Vanhooydonck, B. y Herrel, A. 2006. Divergent roles for multiple sexual signals in a polygynous lizard. *Functional Ecology* 20(4): 709-716.
- Morales, J., Alonso-Álvarez, C., Perez, C., Torres, R., Serafino, E. y Velando, A. 2009. Families on the spot: sexual signals influence parent-offspring interactions. *The Royal Society* 276(1666): 2477-2483.

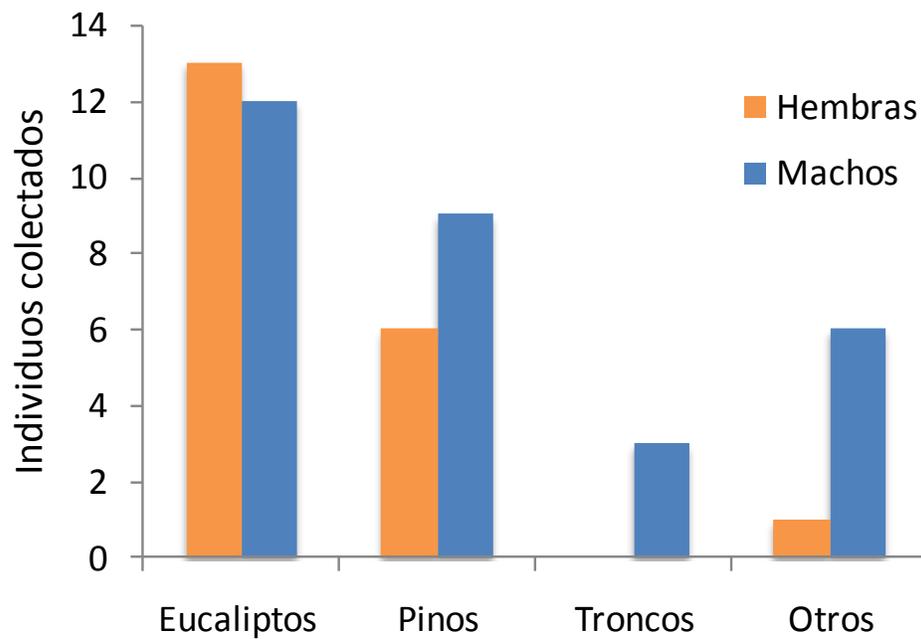
- Olsson, M. 1994(a). Nuptial coloration in the sand lizard, *Lacerta agilis*: an intra-sexually selected cue to fighting ability. *Animal Behaviour* 48(3): 607-613.
- Olsson, M. 1994(b). Why are sand lizard males (*Lacerta agilis*) not equally green?. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 35(3): 169-173
- Parker, G., A. 1979 Sexual selection and sexual conflict. In *Sexual Selection and Reproductive Competition in Insects*. Blum, M.S., Blum, N.A. eds. Academic Press pp 123-166
- Quinn, V. y Hews, D. 2010. The evolutionary decoupling of behavioral and color cues in a multicomponent signal in two *Sceloporus* lizards. *Ethology* 116(6): 509-516.
- Senar, J., C. 2006. Bird colors as intrasexual signals of aggression and dominance. En: Hill, Geoffrey, E., and McGraw, Kevin, J. 2006. *Bird Coloration, Function and evolution*. Volumen II. Harvard University Press. Unites States of America.
- Siefferman, L., Hill, G., E. y Dobson, F., S. 2005. Ornamental plumage coloration and condition are dependent on age in eastern bluebirds *Sialia sialis*. *Journal of Avian Biology* 36(5): 428-435.
- Sinervo, B. y Lively, C., M. 1996. The rock-paper-scissors game and the evolution of alternative male strategies. *Nature* 380(21): 240-243.
- Sites, J., W., J., Archie, J., W., Cole, C., J., Flores-Villela, O. (1992): A review of phylogenetic hypotheses for lizards of the genus *Sceloporus* (Phrynosomatidae): implications for ecological and evolutionary studies. *American Museum of Natural History* 213: 1-110.
- Smith, L. y John-Alder, H. 1999. Seasonal specificity of hormonal, behavioral, and coloration responses to within and between sex encounters in male lizards (*Sceloporus undulates*). *Hormones and Behavior* 36(1): 39-52.
- Smith, J., M. y Zucker, N. 1997. Do female tree lizards, *Urosaurus ornatus*, exhibit mate choice?. *Journal of Herpetology* 31(2): 179-186.
- Soler, M. 2009. *Adaptación del comportamiento: comprendiendo al animal humano*. Síntesis. Madrid España.
- Stapley, J. y Whiting, M., J. 2006. Ultraviolet signals fighting ability in a lizard. *Biology Letters* 2(2): 169-172
- Thompson, C. y Moore, M. 1991. Throat colour reliably signals status in male tree lizards, *Urosaurus ornatus*. *Animal behavior* 42(5): 745-753.
- Tokarz, R., R. 1995. Mate choice in lizards: a review. *Herpetological Monographs* 9: 17-40

- Torres, R. y Velando, A. 2003. A dynamic trait affects continuous pair assessment in the blue-footed booby, *Sula nebouxii*. *Behaviour Ecology and Sociobiology* 55(1): 65-72.
- Torres, R. y Velando, A. 2010. Color in a Long-Lived Tropical Seabird: Sexual Selection in a Life-History Context. In Regina Macedo. Editor: *Advances in The Study of Behavior*, Vol. 42, Burlington: Academic Press pp. 155-188.
- Wallace, A., R. 1889. *Darwinismo*. MacMillan. London.
- Weiss, S., L. 2002. Reproductive signals of female lizards: pattern of trait expression and male response. *Ethology* 108(9): 793-813.
- Weiss, S., L. 2006. Female-specific color is a signal of quality in the striped plateau lizard (*Sceloporus virgatus*). *Behavioral Ecology* 17(5): 726–732.
- Whiting, M., J., Nagy, K., A. y Bateman, P., W. 2003. Evolution and maintenance of social status signalling badges: experimental manipulations in lizards. In: *Lizard Social Behavior*. Ed. by Fox, S., F., McCoy, J., K. y Baird, T., A. Baltimore: Johns Hopkins University Press. pp. 47-82.
- Whiting, M., Fox, S., Connor, D., Firths D., Bennett, N. y Blomberg, S. 2006. Ultraviolet signals ultra-aggression in a lizard. *Animal Behaviour* 72(2): 353-363.
- Wolfenbarger, L. 1999. Red coloration of male northern cardinals correlates with mate quality and territory quality. *Behavioral Ecology*. 10(1): 80-90.
- Zahavi, A. 1975. Mate selection: a selection for a handicap. *Journal of Theoretical Biology* 53(1): 205-214.
- Zucker, N. 1994. Social influence on the use of a modifiable status signal. *Animal Behaviour* 48(6): 1317-1324.

## Anexos

### ANEXO 1. COLECTA DE EJEMPLARES.

Las capturas se realizaron en zonas arboladas y las lagartijas se colectaron principalmente entre las cortezas de Eucaliptos y distintas especies de Pinos; también se encontraron en menor cantidad en árboles como: Pirul, Liquidámbar, Tepozán y en una Palma. Las lagartijas colectadas en los árboles se encontraron desde, a nivel del suelo hasta una altura máxima de 2 metros. Además, encontramos lagartijas en grietas de troncos de árboles podados (tocones), así como en grietas de rocas.



## ANEXO 2. ARREGLO DE LOS ENCUENTROS

Para controlar la variación del tamaño de los machos en nuestro diseño experimental, se ordenaron de menor a mayor con base en su LHC del uno al treinta, al primer macho se le asignó vientre aumentado, al segundo disminuido y al tercero control, y así consecutivamente, lo que resultó en un total de 10 lagartijas manipuladas a un color azul aumentado, 10 manipuladas a un color azul disminuido y 10 controles. No se encontraron diferencias significativas en LHC ( $F_{2,117} = 0.391$ ,  $P 0.678$ ) o el peso de los machos entre tratamientos ( $F_{2,117} = 0.538$ ,  $P 0.585$ ).

Las hembras también fueron ordenadas de menor a mayor. De esta forma machos pequeños fueron presentados con hembras pequeñas, y los machos más grandes se presentaron ante las hembras más grandes.

**Tabla 2.** Cada hembra se enfrentó ante tres pares de machos diferentes: aumentado *versus* disminuido (aum vs dis), control *versus* aumentado (ctrl vs aum) y control *versus* disminuido (ctrl vs dis).

| Hembras | Machos                 | Hembras | Machos                 |
|---------|------------------------|---------|------------------------|
| 1       | 1 vs 2 (aum vs dis)    | 2       | 2 vs 3 (ctrl vs aum)   |
|         | 3 vs 4 (ctrl vs aum)   |         | 4 vs 5 (dis vs ctrl)   |
|         | 5 vs 6 (dis vs ctrl)   |         | 6 vs 7 (aum vs dis)    |
| 3       | 3 vs 1 (aum vs dis)    | 4       | 5 vs 3 (aum vs dis)    |
|         | 4 vs 2 (ctrl vs aum)   |         | 6 vs 4 (aum vs ctrl)   |
|         | 8 vs 6 (ctrl vs dis)   |         | 7 vs 8 (ctrl vs dis)   |
| 5       | 7 vs 5 (aum vs dis)    | 6       | 9 vs 7 (aum vs dis)    |
|         | 8 vs 9 (aum vs ctrl)   |         | 10 vs 8 (aum vs ctrl)  |
|         | 12 vs 10 (dis vs ctrl) |         | 11 vs 12 (dis vs ctrl) |
| 7       | 9 vs 10 (dis vs ctrl)  | 8       | 10 vs 11 (dism vs aum) |

|    |                         |    |                        |
|----|-------------------------|----|------------------------|
|    | 11 vs 9 (ctrl vs aum)   |    | 12 vs 13 (aum vs ctrl) |
|    | 13 vs 14 (dis vs aum)   |    | 14 vs 15 (ctrl vs dis) |
| 9  | 13 vs 11 (aum vs ctrl)  | 10 | 15 vs 13 (aum vs dis)  |
|    | 14 vs 12 (aum vs dis)   |    | 16 vs 14 (ctrl vs dis) |
|    | 15 vs 16 (ctrl vs dis)  |    | 17 vs 18 (ctrl vs aum) |
| 11 | 16 vs 17 (aum vs dis)   | 12 | 17 vs 15 (ctrl vs dis) |
|    | 18 vs 19 (dism vs ctrl) |    | 18 vs 16 (ctrl vs aum) |
|    | 20 vs 21 (aum vs ctrl)  |    | 22 vs 20 (dis vs aum)  |
| 13 | 19 vs 17 (dis vs aum)   | 14 | 19 vs 20 (aum vs cont) |
|    | 20 vs 18 (dis vs ctrl)  |    | 27 vs 25 (aum vs dis)  |
|    | 21 vs 22 (aum vs ctrl)  |    | 23 vs 24 (dis vs ctrl) |
| 15 | 22 vs 23 (aum vs dis)   | 16 | 24 vs 22 (dis vs ctrl) |
|    | 24 vs 25 (aum vs ctrl)  |    | 25 vs 23 (aum vs ctrl) |
|    | 26 vs 27 (dis vs ctrl)  |    | 29 vs 27 (dism vs aum) |
| 17 | 25 vs 26 (dis vs ctrl)  | 18 | 27 vs 25 (ctrl vs dis) |
|    | 29 vs 30 (ctrl vs aum)  |    | 28 vs 26 (ctrl vs aum) |
|    | 27 vs 28 (dis vs aum)   |    | 23 vs 21 (aum vs dis)  |
| 19 | 28 vs 29 (dis vs aum)   | 20 | 29 vs 26 (aum vs ctrl) |
|    | 30 vs 25 (dis vs ctrl)  |    | 30 vs 27 (ctrl vs dis) |
|    | 24 vs 27 (ctrl vs aum)  |    | 28 vs 25 (dis vs aum)  |

### ANEXO 3. CONDUCTAS REGISTRADAS

| conducta                          | descripción   | Observada en         |
|-----------------------------------|---|----------------------|
| Extremidades anteriores estiradas | Postura en la que la lagartija mantiene estiradas las extremidades anteriores, de esta forma muestra el pecho y una porción del vientre, mientras la cabeza permanece levantada.  | Campo y experimento  |
| Extremidades estiradas            | Postura en la que la lagartija mantiene estiradas las cuatro extremidades, de esta forma la cabeza y el tronco permanecen levantados.   | Campo y experimento  |
| Push-up                           | <p>Secuencias estereotipadas donde, la cabeza y el tronco son levantados y descendidos por medio de flexiones de las extremidades. Las flexiones se dan por:</p> <p>Flexiones de las extremidades anteriores.</p> <p>Flexiones de las 4 extremidades.</p> <p>Las flexiones pueden ser; sencillas, cuando las extremidades se estiran por completo y luego se contraen, siendo movimientos lentos; ó dobles, cuando las extremidades se estiran por completo y luego se contraen a la mitad y de nuevo se vuelven a estirar, además de ser movimientos muy rápidos (Ferguson, 1971).</p> | Campo y experimento  |
| Compresión lateral                | Postura en la que se comprime el vientre hacia afuera, y de esta forma los parches ventrales son visibles.  | Campo y experimento  |
| Arqueo de espalda                 | Postura en la que la columna vertebral es elevada formando una curvatura en la espalda.   | Campo y experimento  |
| Baile                             | Serie de movimientos utilizando cuatro patas, a manera de vaivén.   | Campo y experimento  |
| Saco lugar                        | Expansión de un pliegue de piel que se encuentra debajo de la garganta.   | Campo y experimento  |
| Vibración de cabeza               | Movimientos rápidos de la cabeza de arriba a abajo, en forma de afirmación.   | Campo y experimento  |
| Lengüetazo                        | Contacto físico con la lengua en alguna superficie.   | Campo y experimento  |
| Movimiento horizontal de cola     | Movimiento horizontal de cola en forma de ondas, la cola puede estar pega al sustrato o ligeramente elevada; el movimiento puede ser rápido o lento.  | Campo y experimento  |
| Movimiento vertical de cola       | Movimiento vertical ondulante de la cola de arriba abajo, movimiento lento.   | Campo y experimento  |
| Latigazo de cola                  | Movimiento en el cual la cola golpea violentamente el sustrato.   | Campo y experimento. |