



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**ELECCIÓN FEMENINA SOBRE LOS
MORFOTIPOS DE LOS MACHOS DE
Sceloporus grammicus (Sauria:
Phrynosomatidae)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

Rubén Darío Pérez García

Director de tesis:

Dr. Hibraim Adán Pérez Mendoza

Los Reyes Iztacala, Edo. de México, 2018





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.

**A mi familia.
Papá, mamá, hermanos y abuelitos.
Sin ustedes nada sería posible.**

“Tener fe significa no querer saber la verdad.”

-Friedrich Nietzsche

Agradecimientos

Académicos.

Agradezco principalmente a mi tutor de tesis, el Dr. Hibraim por todo el conocimiento transmitido, el apoyo y dedicación para la elaboración de este trabajo y la paciencia durante este proceso.

A mis revisores:

Dra. Patricia Ramírez Bastida

Mtro. Felipe Correa Sánchez

Mtra. Sandra Fabiola Arias Balderas

Mtra. Beatriz Rubio Morales

Por las observaciones en mi escrito, fue de mucha ayuda para finalizar este trabajo.

Agradezco a los profesores que a lo largo de la carrera transmitieron todo el conocimiento necesario para mi formación académica.

Agradecimientos Personales.

Agradezco a mi abuelita Anita, quién ha sido un pilar muy importante durante mi educación y mi vida. Sin ella no sería quién hasta ahora soy.

A mi abuelito José, quien al igual que el resto de mi familia me ha apoyado durante mi vida y el proceso de mi educación así como las enseñanzas de vida que me ha dado.

A mi madre “nna”, quién me ha apoyado en todas mis decisiones y durante toda mi vida y que ha permanecido en ella siempre ante cualquier circunstancia. A quien le debo la vida misma.

A mi padre que a pesar de las circunstancias ha permanecido y me ha apoyado durante toda mi vida. Quien me ha enseñado tanto sobre la vida.

A mis hermanos Ana y Allan, por escucharme cuando pueden y compartir parte de su vida con la mía.

A Allan por el apoyo y por las lecciones de vida que me ha dado, por ser un hermano ejemplar.

A mis abuelitos Elena y Humberto, por formar parte de mi educación en la infancia.

A mis tíos Cony, Ángel, por el apoyo y cariño.

A mis tíos Erick, Julio, Nico, Metz, Beto, Tino, Pedro por su apoyo y por su tiempo compartido.

A mis amigos de la carrera Ángel, Brasil, Isabel, Itzel, Martín, Gerardo con quienes compartí experiencias únicas e inolvidables y de quienes he aprendido mucho.

A mis amigos desde siempre, William por el conocimiento compartido y motivación para seguir queriendo aprender, a David, por contar con su amistad durante mucho tiempo.

A Karen por enseñarme a amar a alguien, por compartir su tiempo con el mío y por la motivación para hacer lo que me gusta.

Índice

Resumen	1
Introducción	2
Estrategias condicionales	3
Estrategias mixtas.....	3
Estrategias alternativas	4
Objetivos	7
Objetivo General.....	7
Objetivos Particulares.....	7
Materiales y métodos	8
Zona de estudio	8
Especie de estudio.....	9
Diseño experimental.....	10
Resultados	13
Discusión	18
Área de los parches ventrales.....	18
Coloración de la garganta.....	19
Desaparición de morfotipos	21
Conclusión	24
Literatura citada	25

Resumen

La elección de pareja en muchas especies animales está comúnmente relacionada con señales visuales que por lo general los machos muestran para atraer a las hembras. En el caso de las lagartijas de la especie *Sceloporus grammicus* los machos tienen diferentes coloraciones en la garganta (azul, anaranjado, amarillo y combinación de estos colores). En este estudio se evaluó la elección por parte de las hembras de los diferentes morfotipos presentes en esta especie. Se capturaron y se llevaron a laboratorio 40 ejemplares, 26 hembras y 14 machos. Se expusieron en una arena tres diferentes morfotipos a cada una de las hembras, cambiando a todas las combinaciones posibles entre estos, tomando un registro de aceptación o rechazo videograbando los encuentros y tomando en cuenta con cual macho pasaba más tiempo la hembra y las conductas presentes. Además se tomaron medidas de la cola y longitud hocico cloaca (LHC), peso y área de parches ventrales y de la garganta para utilizarlos como covariables en el análisis de resultados. Se obtuvo que el área de los parches ventrales resultó significativa ($Z=2.196$, $P=0.03$ y $GI= 190$), lo cual nos dice que a mayor tamaño de los parches, más probabilidad hay de ser elegidos por las hembras. Por otra parte se encontró diferencia significativa entre morfotipos NA/AZ y AM, mostrando preferencia por el morfotipo AM siendo éste el menos abundante en la población.

Introducción

En el libro de la evolución de las especies, Darwin diferenció la selección sexual de la selección natural, aunque hoy día reconocemos la selección sexual como un caso más dentro de la selección natural (Carranza, 1994). Si consideramos la selección natural como el conjunto de fuerzas responsables del predominio de unos genes frente a otros a lo largo del tiempo, la selección sexual sería un subconjunto de esas fuerzas, identificable por ir asociado a las estrategias propias de cada sexo. La selección sexual es por tanto un conjunto de fuerzas selectivas que actúan de modo diferente en machos y hembras y provocan las diferencias entre los sexos dentro de una misma especie (Carranza, 1994; Ginnobili, 2011). Por lo tanto, la selección sexual involucra costos muy grandes principalmente para los machos (en la mayoría de las especies), debido a la inversión asociada con los caracteres sexuales secundarios y la producción de señales para ser elegidos por las hembras, la competencia intrasexual y a la alta vulnerabilidad ante depredadores. Por otro lado, la diferencia en el tamaño de los gametos entre machos y hembras hace que las hembras de la mayoría de las especies sean selectivas durante el proceso reproductivo, ya que la inversión en la producción y en algunos casos el cuidado de la descendencia es mucho mayor en este sexo (Dugatkin, 2014).

Los estudios sobre selección sexual, analizan cómo y por qué la selección favorece a cada fenotipo (Gross, 1996). Como resultado de esta selección, pueden surgir variaciones fenotípicas definidas, las cuales han sido nombradas como morfotipos (Gross, 1996). En el contexto de la teoría de juegos, la diversidad fenotípica se ha caracterizado en tres diferentes tipos de estrategias: estrategias condicionales, estrategias mixtas y estrategias alternativas (Taborsky, *et al.* 2008).

En el contexto de estrategias y tácticas reproductivas alternativas, Taborsky y colaboradores (2008), mencionan la diferencia entre “estrategia” y “táctica”. Estos dos términos hacen referencia a lo mismo pero a diferente nivel, es decir, la

estrategia como las acciones en un momento en la historia de vida orilladas a la reproducción en este caso, y la táctica se refiere a un rasgo o conjunto de rasgos que cumplen una función particular, que con mayor frecuencia implica rasgos conductuales (Taborsky, *et al.* 2008).

Estrategias condicionales

La estrategia condicional se basa en la utilización de las condiciones de los machos para elegir una táctica con la que pueda tener una mayor aptitud biológica. Entre estas tácticas está la utilizada por algunos escarabajos del género *Onthophagus*, dependiendo de su tamaño corporal y del desarrollo de su cuerno optarán por luchar por las hembras o la búsqueda furtiva de cópulas. Otra táctica común es cuándo los machos imitan a las hembras fenotípicamente (color, talla o comportamiento) para poder tener acceso a territorios más grandes y con ello a los recursos que hay dentro de éstos, incluyendo a las hembras que se encuentran bajo el control de algún macho dominante.

Estrategias mixtas

En contexto con la teoría de juegos, es posible que existan estrategias mixtas en este comportamiento. Si la selección dependiente de la frecuencia puede dar lugar a la igualdad de adecuaciones entre fenotipos alternativos, es teóricamente posible que un mecanismo evolucione con los individuos que expresen la mezcla apropiada como tácticas alternativas. Aunque no hay ningún caso documentado de una estrategia reproductiva mixta dentro de un sexo, se ha sugerido que podría existir dentro del comportamiento relacionado a la selección sexual en especies que han mostrado polimorfismo. Tal demostración requeriría pruebas no sólo de la igualdad de adecuaciones y selección dependiente de la frecuencia, sino de un monomorfismo genético entre los individuos y una producción puramente probabilística de tácticas alternativas. Las sugerencias anteriores de estrategias mixtas no han sido apoyadas por trabajos recientes o han sido mal clasificados.

Estrategias alternativas

Hablamos de estrategias reproductivas alternativas cuando, competidores intrasexuales conespecíficos encuentran soluciones diferentes a la competencia reproductiva (Taborsky, *et al.*, 2008).

El concepto de las estrategias reproductivas alternativas se refiere a diferentes formas de obtener fertilizaciones, tanto en machos como en hembras. En su uso más común, este término se refiere a los rasgos seleccionados de cada individuo para maximizar la aptitud biológica de dos o más formas alternativas en el contexto intraespecífico y la competencia reproductiva intrasexual (Gross, 1991). Los fenotipos alternativos se caracterizan por una distribución discontinua de rasgos evolucionados hacia el mismo extremo funcional (Taborsky *et al.*, 2008). El polimorfismo genético es característico de las estrategias alternativas reproductivas, estas estrategias tienen eficacias iguales dadas por selección dependiente de la frecuencia (Gross, 1996).

Muchas especies exhiben polimorfismo de color asociado con las estrategias reproductivas alternativas masculinas, incluyendo machos territoriales y "machos satélite", los cuales tienen características muy parecidas a las hembras, morfológicamente y en comportamiento. La existencia y persistencia de varios morfotipos en una misma población es un desafío en la teoría de la evolución, porque una sola estrategia debe llevar a la existencia de menos morfotipos ya que tienen exactamente la misma aptitud biológica o una ventaja en su adecuación debida a la selección dependiente de la frecuencia (Gross, 1991).

Los sistemas de apareamiento guardan una relación estrecha con la selección sexual y el tipo de estrategias utilizadas para la obtención de cópulas. Como se ha mencionado, esto va a depender de las diferentes estrategias utilizadas por los individuos, por ejemplo, en el comportamiento de custodia, donde un macho persigue a la hembra a lo largo del área de campeo de esta, lo hace monógamo.

La poligamia es el sistema que más ha sido reportado en reptiles, los cuales se reproducen con el mayor número posible de individuos del sexo opuesto (Cuadrado, 2002). Los machos que protegen territorios grandes tienen restringida esa área para otros machos pero no para las hembras, esto ocasiona poligamia en muchos casos, entre los registrados están los de las lagartijas *Lyolaemus* spp. (Manzur y Fuentes, 1979), *Urosaurus ornatus* (Mc'Closkey, Deslippe, Szpak, y Baia, 1987), *Uta stansburiana* (Doughty-Doughty, Sinervo y Burghardt, 1994; Cuadrado, 2002) y *Sceloporus grammicus* (Stamps, 1983). Además, en las tres últimas especies se ha reportado la presencia de tácticas alternativas, los machos tienen polimorfismo de color en la garganta; anaranjado, azul y amarillo (Van Denburgh, 1922; Sinervo y Lively, 1996) y difiere el comportamiento en cada morfotipo. El comportamiento diferencial entre morfotipos ha sido descrito por Sinervo y Lively para *Uta stansburiana*; los machos con gargantas anaranjadas son agresivos y defienden grandes territorios. Los machos con garganta azul oscuro son menos agresivos y defienden territorios más pequeños. Los machos con prominentes rayas amarillas en sus gargantas son "satélite" y no defienden territorios (las hembras receptivas también tienen gargantas con rayas amarillas, (Sinervo y Lively, 1996). Hay periodos en los que uno de los morfotipos es más abundante, pero la cantidad de cada uno de los morfotipos tiene un efecto sobre la adecuación del otro, intensificando o relajando la selección sobre ellos, llevando a fluctuaciones cíclicas en la frecuencia de cada morfotipo. Los machos anaranjados al ser agresivos no dejan entrar a su territorio a los individuos con los otros morfotipos, esto les favorece porque solo ellos se reproducen con las hembras dentro de su territorio y desplaza a los de garganta azul. Los de líneas amarillas, al parecer hembras, pasan desapercibidos por los machos de garganta anaranjada y obtienen cópulas dentro de sus territorios, esto hace que se incremente el número de individuos de este color. Los individuos de garganta azul al ser menos agresivos trabajan en equipo y así obtienen cópulas desplazando a los de líneas amarillas y aumentando nuevamente el número de individuos de este color de garganta. Las señales desde el entorno social actual deben ser utilizadas por las hembras para elegir a un

compañero que maximice el futuro éxito reproductivo de la progenie, dado el entorno social de la próxima generación (Sinervo y Zamudio 2001).

Lo anterior ha sido llamado como el juego de “piedra, papel o tijeras” por Sinervo y Lively (1996), y mencionan que debido a este juego hay diferentes periodos de abundancia de los distintos morfotipos de *U. stansburiana*, y se esperaría que ocurriera algo similar en *Sceloporus grammicus*, debido a que también tiene polimorfismo en el color de la garganta. Sin embargo, en estudios recientes se ha observado que la proporción de individuos de los diferentes morfotipos ha sido similar en los últimos seis años (Pérez-Mendoza, com. pers. y Canales-Gordillo, 2016). Por lo tanto, es de suponerse que la selección dependiente de la frecuencia no es el principal mecanismo para la prevalencia de los diferentes morfotipos en esta especie o al menos en estos sitios de estudio, por lo que la selección sexual podría tener un papel muy importante en el predominio de algún morfotipo. Es por todo lo anterior que se vuelve necesario evaluar los mecanismos que mantienen el polimorfismo y las proporciones de cada una de estas estrategias alternativas.

Objetivos

Objetivo General.

- Evaluar la elección femenina sobre los diferentes morfotipos de machos de *Sceloporus grammicus* de una población de Alfajayucan, Hidalgo.

Objetivos Particulares.

- Tomar medidas de LHC, masa, área de los parches ventrales y de la coloración de la garganta y analizar si existe relación entre éstos atributos.
- Analizar la elección de morfotipos en condiciones controladas.

Materiales y métodos.

Zona de estudio

Alfajayucan se localiza al sureste del estado de Hidalgo. Su región geográfica está considerada dentro del Altiplano, se encuentra sobre la carretera México-Tulancingo-Tuxpan, vía Pirámides, también se puede llegar por la ciudad de Pachuca ya que solamente lo separan 38 kilómetros. Se encuentra a $20^{\circ} 01' 47.59''$ de latitud norte y a $98^{\circ} 31' 35.31''$ de longitud oeste (Figura 1), del meridiano de Greenwich, y a una altura de 2604 metros sobre el nivel del mar. El clima es frío, con una temperatura media anual de 13° a 15° C. Los periodos de heladas se presentan durante los meses de enero a marzo y las temporadas de lluvias entre mayo y septiembre, con una precipitación pluvial de 500 a 800 mm (Instituto nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2002).

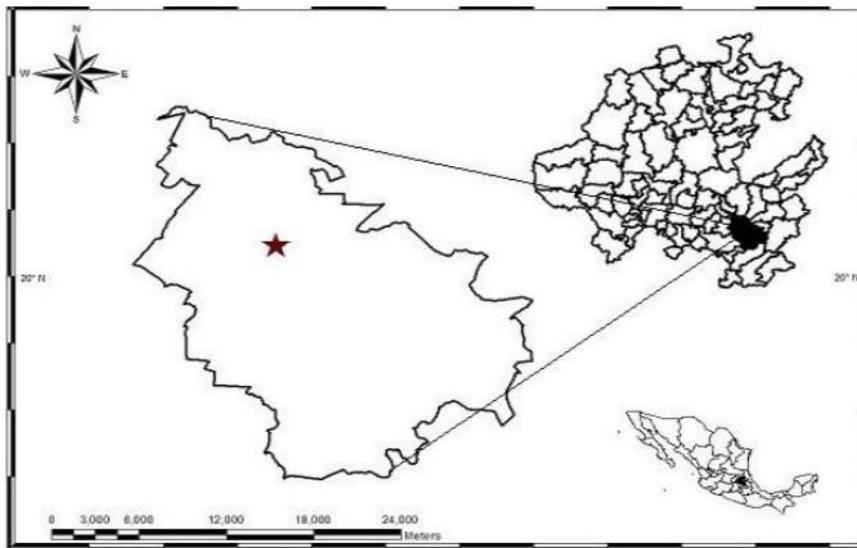


Figura 1. Mapa de la zona de estudio; Alfajayucan, Hidalgo.

Se capturó en el mismo sitio de estudio utilizado por Pérez-Mendoza en 2013 y Canales-Gordillo en 2015. Hay cultivo de maíz, trigo y maguey (*Agave salmiana*) donde habitan éstas lagartijas.

Especie de estudio.

Sceloporus grammicus es una lagartija abundante en el Valle de México, de tamaño relativamente pequeño, la LHC media es de 48.9 ± 3.5 mm y cola de 57.0 ± 4.6 mm (Ramírez-Bautista, *et al.*, 2009). Su cuerpo está cubierto de pequeñas escamas, que en el dorso son de color variable, grises cafés o casi negras (Vázquez y Quintero 2005), con una franja transversal de color crema en la región frontal; los machos presentan unos parches de color azul cielo o azul intenso (metálico), presentando dos líneas negras en la parte media del vientre. Los parches en la región ventral de las hembras van de color pajizo a anaranjado (Ramírez-Bautista, *et al.*, 2009). El macho tiene polimorfismo en la coloración de la garganta, presenta coloración anaranjada, azul, amarillo o combinación de éstas. Las hembras tienen coloración crema, amarillo o hasta anaranjado (Figura 2).

Habita en las montañas de ambientes templados, en bosques de pino, encino, pino-encino y en vegetación de tipo xerófilo, así como en zonas con presencia humana, ya sean rurales o urbanas, se le observa con frecuencia en las bardas de casas abandonadas, árboles y arbustos de los jardines.



Figura 2. Macho de *Sceloporus grammicus* con morfotipo amarillo/azul.

Diseño experimental.

Se capturaron un total de 40 organismos; 26 hembras y 14 machos en Singuilucan, Hidalgo en el mes de noviembre del año 2015, ya que aún se encuentran dentro de la época reproductiva, y fueron transportados al laboratorio para realizar las pruebas necesarias.

Se colocaron en recipientes individuales numerados para evitar el contacto entre ellos y llevar un control de los individuos a utilizar en los experimentos.

Cabe señalar que no se tomaron en cuenta organismos sin cola o con la cola incompleta ya que se sabe que esto podría influir en la elección de la hembra (Fox *et al.*, 1990).

Para poder llevar a cabo los experimentos de elección se construyó una arena de 1 m de largo, 40 cm de ancho y 50 cm de alto con divisiones, en donde se presentaron combinaciones de tres machos a una hembra (Argaez, 2011). Tres divisiones aisladas por los lados con cartoncillo negro evitando así contacto físico y visual entre los machos y una división de cristal transparente y cartoncillo negro que se removía para cada encuentro entre la hembra y los machos, permitiendo solo contacto visual entre ellos (Figura 3).

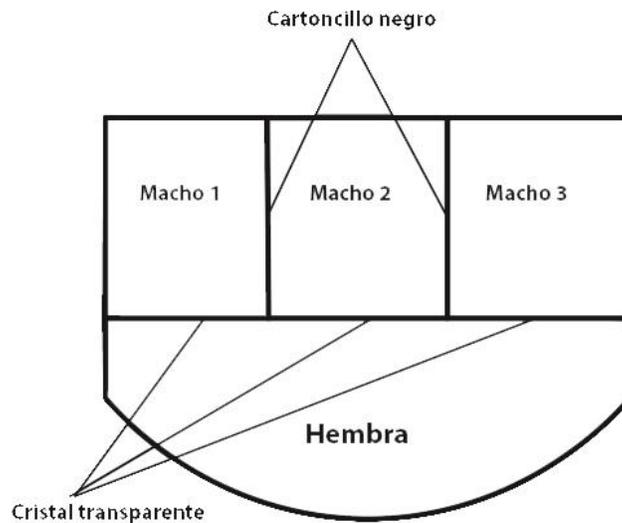


Figura 3. Esquema del diseño de la arena donde se llevaron a cabo los encuentros.

Una vez construida la arena, se colocó una lámpara para proporcionar calor a la arena a 95 cm de altura para tener una temperatura de 29.5° C y no a más de 35° C que es el intervalo que se tiene registrado para la especie y los individuos estuvieran activos durante los encuentros (Wynne, 1995).

Se colocó musgo molido como sustrato, cambiándolo para cada encuentro y lavando la arena para evitar la posible influencia de señales químicas (hormonas u otros compuestos volátiles) en el comportamiento de los siguientes individuos a utilizarse en el experimento. Se colocaron los organismos en la arena y dejaron aclimatar durante 10 minutos antes de presentar a los machos con la hembra. Después de transcurrido el tiempo de aclimatación se presentaron los machos a las hembras y se grabó durante alrededor de 40 minutos a los organismos con una cámara Canon t3i para evitar la modificación del comportamiento debido a interacción humana y así tener registrado su comportamiento y la elección que tuvieron las hembras. Esto se realizó en un horario matutino para que pudieran estar activos los organismos.

Tras haber realizado las grabaciones, éstas fueron revisadas para determinar la elección que tuvo la hembra durante el encuentro determinando esto por el mayor tiempo que pasaron las hembras cerca de algún macho específico o alguna conducta que pudieran haber tenido relacionada al cortejo ya reportadas anteriormente por otros trabajos.



Figura 4. Se muestra un encuentro entre los machos y la hembra.

Se expuso a cada una de las hembras a diferentes combinaciones de tres morfotipos diferentes de machos, con el fin de incrementar el número de ensayos y tener réplicas independientes sobre cada ensayo.

Para evaluar la influencia del área de coloración de la garganta, área de los parches ventrales, LHC y masa se analizaron los datos con el programa R, utilizando modelos lineales generalizados con distribución binomial y se utilizó una función de enlace logit. Y para evaluar la preferencia por los diferentes morfotipos se realizó una ANOVA, ya que los datos no difirieron de la normalidad después de realizar una prueba de Shapiro-Wilk. Para el análisis de la relación entre la talla de los individuos con el área de los parches ventrales y coloración de la garganta se utilizó un modelo lineal simple.

Resultados.

Se capturaron un total de 40 organismos; 26 hembras y 14 machos. Un total de 8 organismos con morfotipo azul, cinco con morfotipo anaranjado/azul y solo un individuo con morfotipo amarillo de los cuales únicamente se utilizaron cinco con morfotipo azul y una LHC de 45.5, 46.33, 48.61, 51.78 y 53 mm y masas de 2.9, 3.4, 3.9, 5.3 y 4.7 g respectivamente; dos con morfotipo anaranjado/azul con una LHC de 47.03 y 53 mm y masas de 3 y 5.5 g respectivamente y se utilizó el único amarillo capturado para todas las pruebas que tuvo una LHC de 52.99 mm y masa de 4.8 g (Figura 4). Para esta elección de organismos se tomó en cuenta la condición de estos ya que presentaban colas completas y se mostraban activos durante el experimento así como la talla y masa, tratando de tener organismos con características (talla y masa) similares de los diferentes morfotipos además de no haber perdido la cola.

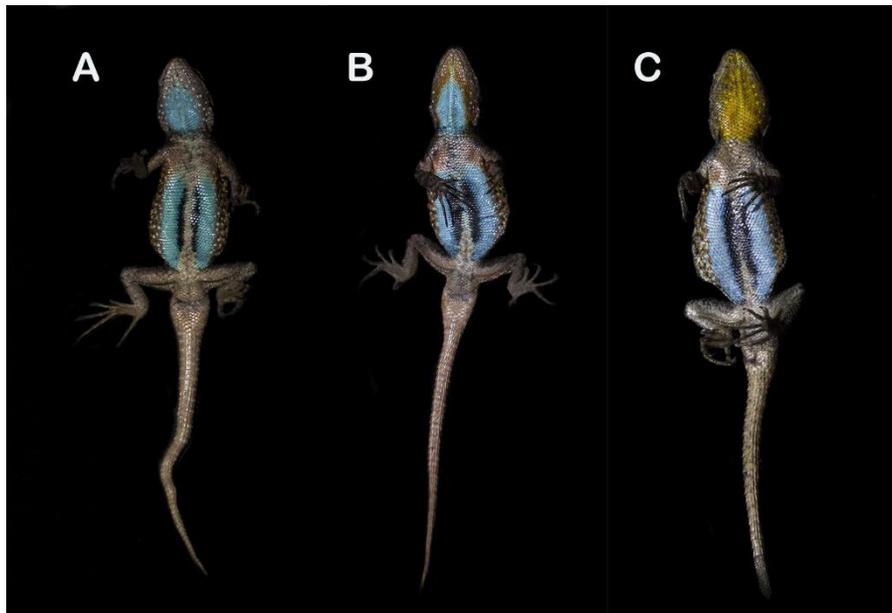


Figura 5. Se muestran los diferentes morfotipos capturados. A) Morfotipo Azul, B) Morfotipo Anaranjado/Azul y C) Morfotipo Amarillo.

El macho con menor área de los parches ventrales fue de 0.96 cm², que tenía morfotipo azul y el de mayor área tuvo 2.15 cm² que fue el de morfotipo amarillo. El área de la coloración de la garganta estuvo entre 0.44 a 1.20 cm². El morfotipo con menor área fue azul y el mayor amarillo. De las hembras capturadas solo se utilizaron para las pruebas a 19. La talla osciló entre los 38.48 hasta 52.65 mm y la masa de 2.4 a 5.3 g.

Se realizaron cuatro combinaciones diferentes: azul, anaranjado/azul, amarillo; anaranjado/azul, azul, azul; azul, azul, amarillo; anaranjado/azul, anaranjado/azul, amarillo; sometiendo a cada una de las hembras a éstos tratamientos (omitiendo algunos encuentros por las condiciones en las que se encontraban éstas como comportamiento relacionado con estrés o no se mostrara interacción con los machos), teniendo un total de 57 pruebas individuales.

Tabla 1. Se muestran las combinaciones de coloración de los machos para los encuentros con las hembras.

Combinaciones realizadas para los encuentros.			
Azul	Anaranjado/Azul	Azul	Anaranjado/azul
Anaranjado/Azul	Azul	Azul	Anaranjado/azul
Amarillo	Azul	Amarillo	Amarillo

A partir de las pruebas realizadas para conocer si los diferentes factores evaluados guardan alguna relación con la elección por parte de las hembras, encontramos que el área de los parches ventrales resultó significativa ($Z = 2.196$, $P = 0.03$ y $GI = 190$) indicándonos que entre más grandes sean los parches, más probabilidad hay de ser elegidos por las hembras. Por otra parte se encontró diferencia entre morfotipos AN/AZ y AM, mostrando preferencia por el morfotipo AM.

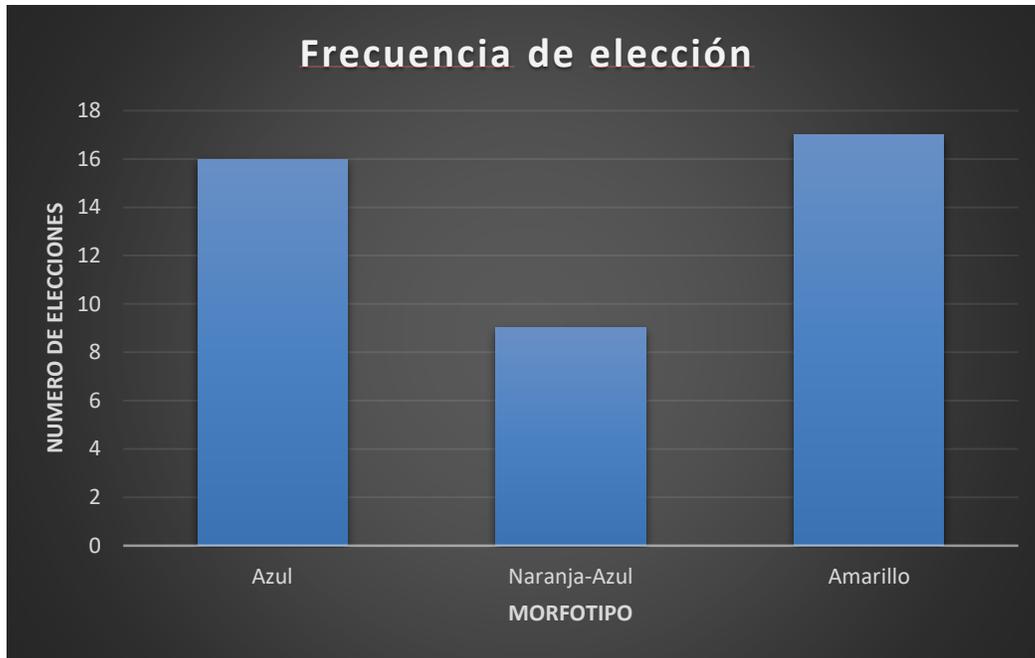
El resto de los análisis realizados (área de la coloración de la garganta, LHC, masa) no resultaron significativos para la elección de los machos (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Se muestran los valores del análisis de la selección en función de las diferentes variables medidas teniendo como significativa el área de los parches ventrales.

Elección en función	Z	GL	P
Área de los parches ventrales cm ²	2.20	190	0.03
Masa	0.353	178	0.7238
LHC	0.518	190	0.604
Área azul de la garganta	0.132	142	0.8947
Área anaranjada de la garganta	1.412	62	0.158

Tabla 3. Se muestran los resultados de los análisis estadísticos para la relación del área de la coloración de la garganta y de los parches ventrales con la LHC en la que se muestra relación positiva entre la LHC y el área de los parches ventrales.

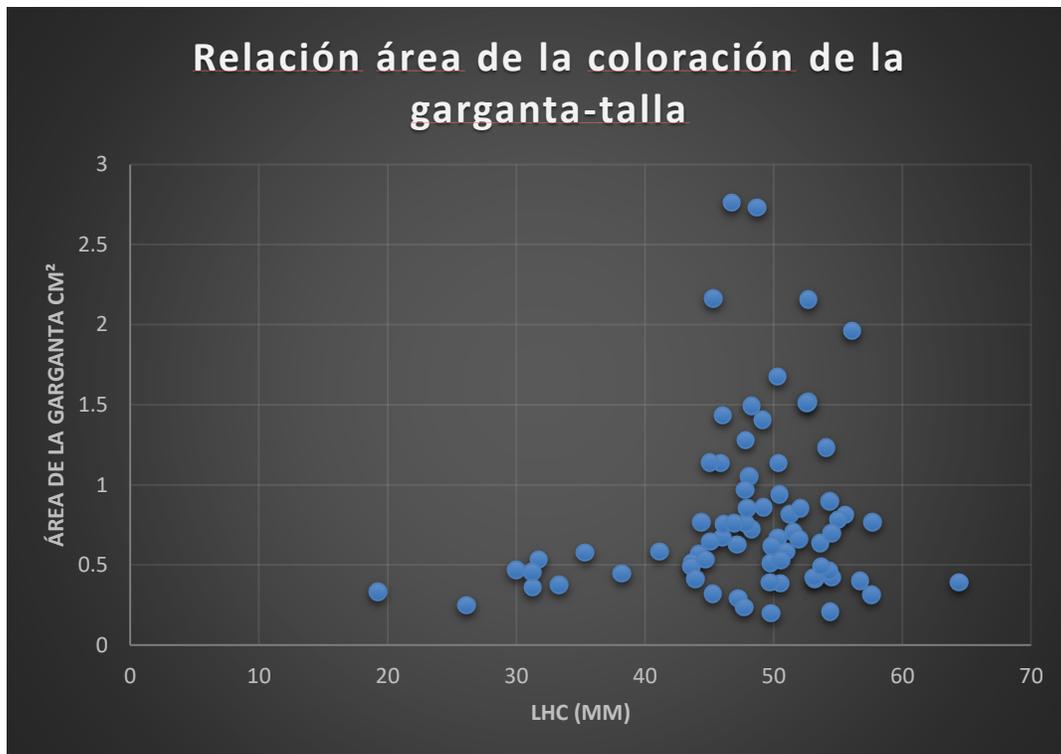
Relación con la LHC			
cm ²	Z	GL	P
Área azul de la garganta	15.86	142	<2e-16
Área anaranjada de la garganta	3.51E+14	62	<2e-16
Área de los parches ventrales	9.062	190	< 2e-16



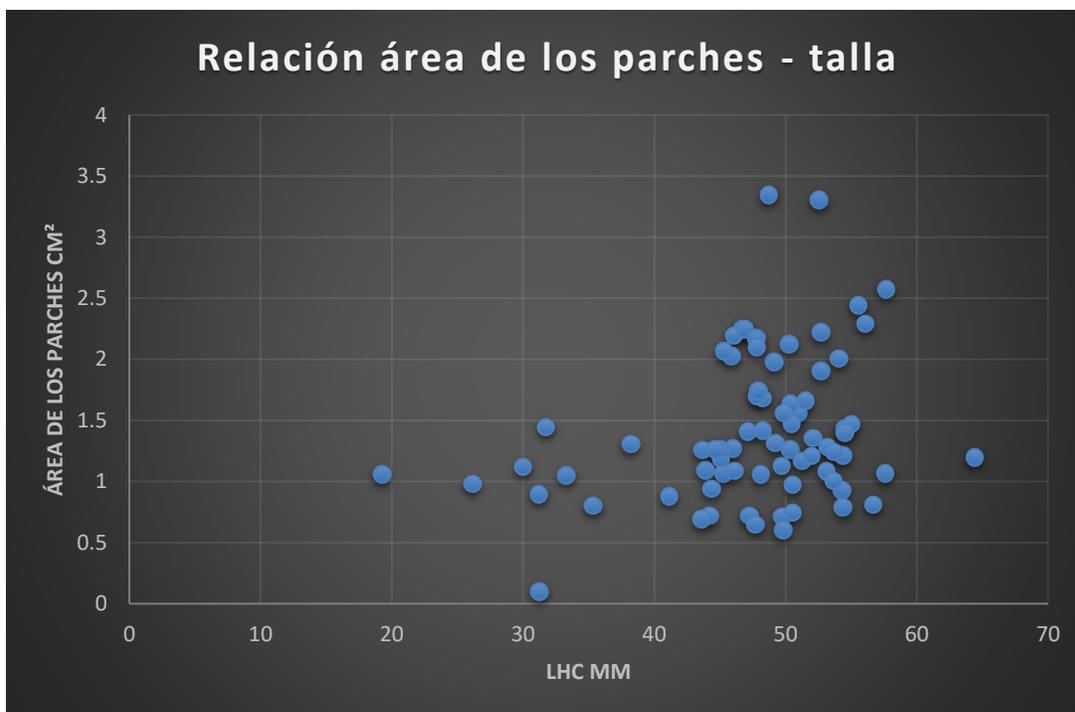
Gráfica 1. Se muestran las frecuencias de elección según el morfotipo.

Tabla 4. Se muestra la diferencia por la elección de las hembras con respecto al morfotipo y la preferencia. En la que se observa que hubo diferencia significativa ente la elección del morfotipo amarillo con respecto del anaranjado/azul.

Elección en función del morfotipo				
	SD	Medias		Pr(> t)
AM	0.48	0.35	AZ – AM	0.099
AZ	0.40	0.20	AN/AZ - AM	0.0183
AZ – AM	0.35	0.14	AN/AZ - AZ	0.6611



Gráfica 2. Relación del área de la coloración de la garganta-talla.



Gráfica 3. Se muestra la relación del área de los parches ventrales contra la talla. Se observa la relación positiva entre el tamaño de los parches ventrales y la talla.

Discusión.

Área de los parches ventrales.

El área de los parches ventrales resultó significativa para la elección de las hembras, esto está asociado positivamente con la talla de cada macho, es decir, entre más grande sea el macho, más grande será el parche ventral. Argaez en 2011 reporta la importancia de los parches en la elección del macho, dando a elegir a las hembras machos con parches que fueron aumentados o disminuidos de brillo. También reporta que las hembras realizaron más despliegues frente a machos que tenían un área de parche ventral más grande. Esto nos podría sugerir que las hembras tienen preferencia por machos más grandes cuando en realidad es de manera indirecta, ya que, como nuestros resultados nos indican, eligen a machos con parches más grandes, independientemente de la talla. Los parches ventrales han sido considerados como una señal importante para diferentes especies de lagartijas en diferentes contextos, ya sea para mostrar estatus social y agresividad ante otros machos o reconocimiento intrasexual (Cooper y Burns, 1987; Sinervo y Lively 1996; Zamudio y Sinervo 2000; Bastiaans *et al.*, 2013). Según el estudio realizado por Cooper y Burns, en 1987, al invertir la coloración de los parches ventrales entre hembras y machos de *Sceloporus undulatus*, los individuos tenían una respuesta contraria a la que normalmente presentan ante cada sexo, es decir, un macho cortejaba a otro macho al que se le pintaron los parches de blanco simulando la coloración de una hembra. El resultado de estos estudios junto con los nuestros nos indican que los parches ventrales juegan un papel muy importante, no solo para el estatus social, sino también para la elección de pareja.

Se podría pensar que las hembras se benefician directamente de la elección de individuos con parches ventrales más grandes, ya que al mismo tiempo eligen a individuos de mayor talla debido a la relación positiva que existe entre éstas en los machos de *S. grammicus*, ya que podrían proporcionarle un mayor territorio, recursos y protección, y la progenie también se vería beneficiada al heredar estos

atributos que les facilitarían la obtención de pareja, en este caso los parches ventrales, por lo observado con otras especies de la familia. Por otro lado, el reproducirse con machos grandes y con morfotipos agresivos podría representar un gran costo para las hembras debido a que, generalmente, estos machos también son agresivos durante la cópula y podrían causar heridas que tengan efectos sobre su adecuación.

Coloración de la garganta.

Se sabe que la coloración de la garganta es un atributo importante para la elección de pareja y que, según la coloración, tienen diferentes comportamientos según la especie y la población en el complejo *grammicus* (Bastiaans *et al.*, 2013). También se sabe que las hembras son capaces de distinguir entre coloración de la garganta e incluso distinguir a los machos con coloración que no está presente en la población y mostrarán preferencia por los machos con morfotipos locales (Bastiaans *et al.* 2014). Al analizar los datos obtenidos para la coloración de la garganta y tomando como referencia el supuesto de piedra papel o tijeras (o suponiendo que pasa algo similar que con *Uta*), se obtuvieron resultados consistentes con la selección dependiente de la frecuencia (Sinervo y Calsbeek, 2006), ya que las hembras también mostraron preferencia por individuos con coloración amarilla de la garganta seguida por azul y dejando al final a la combinación anaranjado/azul, mostrando preferencia por el morfotipo menos frecuente dentro de la población (Canales, 2016). Aunque contrario a los resultados obtenidos para la relación entre los parches ventrales y la talla, los individuos con coloración amarilla tienen menor talla en promedio que los otros morfotipos existentes en la población, lo que refuerza lo arrojado en el análisis de los datos sobre la este atributo, la preferencia por la talla de los individuos no es significativa. Por otra parte se esperaría que, de acuerdo con lo dicho sobre la talla de los individuos, eligieran, aunque indirectamente, a individuos más grandes y por lo tanto con diferente morfotipo como individuos con la garganta azul o anaranjada y dejar al final al morfotipo amarillo que es el más pequeño. En este trabajo se utilizó solo un individuo con morfotipo amarillo, el cual fue el más grande de los utilizados para

el estudio, aun así nuestros resultados nos indican que uno de los atributos que toman en cuenta las hembras para la elección de pareja es la coloración de la garganta descartando la posibilidad de que haya sido por la talla debido a que en las pruebas se utilizaron individuos con similar talla para minimizar el sesgo que pudiera haber hacia este atributo y no al morfotipo. El segundo morfotipo más elegido fue el azul, el cual es el más abundante en la población y el de mayor talla (Monter, 2016) y por lo tanto, mayores parches ventrales. Se sugiere que la elección del morfotipo azul no está dada por el color de la garganta o está dada en menor frecuencia, y que se da principalmente por el tamaño de los parches ventrales o por el acceso a las hembras en los territorios defendidos por este morfotipo, de aquí que se considere que tiene relación el color del morfotipo con el tamaño del territorio. Se ha observado en *Sceloporus undulatus* la preferencia de la hembra por diversos rasgos en los machos de esta especie, entre ellas preferían a individuos con mayor masa y coloración de la garganta más anchas, aunque no se toma en cuenta la coloración sino sólo el tamaño, esto nos indica que las hembras muestran interés por diferentes rasgos, en este caso la condición de la coloración de la garganta (Swierk, *et al.* 2012).

El sistema de apareamiento juega un papel muy importante en la obtención de cópulas y está muy relacionado con las estrategias utilizadas para que los organismos puedan reproducirse. Como se sabe, los machos de *Sceloporus grammicus* son organismos poligínicos, a lo que podría atribuirse que haya mayor abundancia de organismos azules, ya que al ser los organismos más grandes y agresivos, tienen territorios de mayor tamaño y acceso a las hembras que se encuentran campeando en estos y con las que se reproducen independientemente de la elección que pudiera tener la hembra. Los morfotipos restantes al tener acceso restringido a estos territorios obtienen menos cópulas y así menos descendientes que posiblemente hereden su morfotipo.

Sinervo y Lively en 1996, describen el juego de piedra, papel o tijeras para *Utah stansburiana*, la cual también presenta polimorfismo en la coloración de la garganta en los machos (azul, anaranjado y amarillo). Este ciclo ocurre todo el

tiempo en *U. stansburiana*, pero en *Sceloporus grammicus* parece no estar actuando este ciclo. En *S. grammicus* el morfotipo anaranjado no es el más grande, según lo reportado por Monter (2016) y Canales (2016); los machos con morfotipo azul son más grandes, por lo tanto, según nuestros resultados, tienen parches ventrales con mayor área y serían más elegidos por las hembras, esto concuerda con la mayor cantidad de individuos azules encontrados en la población (Canales, 2016).

Desaparición de morfotipos

En esta población parece estar actuando selección direccional como consecuencia del polimorfismo de los machos de la especie estudiada. La proporción de individuos de los diferentes morfotipos presentes en la población podría llevar a la desaparición del morfotipo amarillo que es el menos abundante; por al menos los últimos seis años (Pérez-Mendoza, com. pers.), lo que podría ocasionar especiación mórfica como ha pasado con otras especies como *U. stansburiana* (Corl *et al.*, 2010). Según lo estudiado en *U. stansburiana*, los morfotipos que se han perdido en las poblaciones dimórficas y monomórficas han sido los de los machos satélite lo que es más probable en la población que estudiamos debido a que no se ha registrado un incremento en la abundancia de individuos con morfotipo amarillo y a la aparente ausencia del juego de “piedra, papel o tijeras”. Al perder uno o más morfotipos, los restantes pueden cambiar su morfología, por ejemplo incrementando su talla y así generar una sub especie o una nueva especie. Como prueba de esto en *U. stansburiana* las sub especies encontradas son de poblaciones mono o dimórficas lo que sugiere que después de la pérdida de un morfotipo divergieron hasta tener características diferentes y probablemente después llevar a un aislamiento pre-cigótico dado por la preferencia de las hembras a cierto rasgo que posiblemente ya no esté presente en esa nueva población. Sin embargo hasta ahora en la población estudiada sigue estando presente el morfotipo amarillo y consideramos que podría desaparecer si las tendencias observadas continúan.

Como otras especies de la familia Phrynosomatidae, se esperaría que hubiera un juego de “piedra, papel o tijeras” en ésta, lo que no se ha observado en esta población y que nos indica que *S. grammicus* utiliza otra estrategia o estrategias asociadas a la coloración de la garganta así como en otras especies de la familia, en las cuales se describen otros mecanismos y diferencias en la abundancia de cada morfotipo así como del comportamiento de estos. Por ejemplo, en *U. stansburiana*, como ya se había dicho, varía determinado tiempo el número de individuos de cada morfotipo y el morfotipo con mayor talla es el anaranjado y el de menor talla es el amarillo (Sinervo y Lively 1996), en *S. horridus horridus* el azul es el más grande y se encuentran en similar abundancia con el morfotipo amarillo mientras que el anaranjado es escaso (Bustos-Zagal *et al.*, 2014), o en *Urosaurus ornatus*, que es la especie con mayor parecido a la estudiada en este trabajo, donde los individuos con garganta azul son los machos dominantes y los machos anaranjados toman el lugar de los amarillos en *S. grammicus*, siendo los parecidos a las hembras y aprovechando esto para no ser atacados por machos con morfotipo azul (Carpenter, 1995). Estos estudios junto con el nuestro, apoyan la hipótesis de que el juego “piedra, papel o tijeras” no es una estrategia general para lagartijas que presentan polimorfismo de color en la garganta, ya que no se ha descrito para otra especie diferente a *U. stansburiana*. De acuerdo con Wiens (2000), quien reporta que hay un desacoplamiento en la evolución de la morfología visual y el comportamiento de visualización en las lagartijas de la familia Phrynosomatidae y lo observado en este trabajo, se sugiere que la estrategia no depende sólo del polimorfismo, sino de otros factores propios de cada especie o población de lagartijas de ésta familia.

Sería recomendable aumentar el tamaño de muestra y hacer algunas réplicas en las arenas ya que al solo utilizar un individuo con morfotipo amarillo y ser de los individuos más grandes, podría resultar confuso entender la preferencia de las hembras por este morfotipo, aun cuando en las pruebas estadísticas fue removida la talla para evaluar la preferencia de la hembra por las áreas de los parches ventrales y de la coloración de la garganta.

Se sugiere continuar con la investigación tomando en cuenta otras poblaciones de *Sceloporus grammicus* para conocer si hay otros factores que influyen en las estrategias de selección de pareja y en la prevalencia de los diferentes morfotipos aun cuando alguno sea escaso, o conocer si ya se ha dado la desaparición del morfotipo menos abundante en alguna población.

Conclusión.

Se obtuvieron resultados significativos en la elección en función del tamaño de los parches ventrales y en la coloración de la garganta, siendo estos los atributos que influyen en la elección de la pareja en las hembras de *Sceloporus grammicus*. El color de garganta que tuvo mayor preferencia fue el amarillo, el azul y el menos elegido fue la combinación azul-anaranjado. El análisis de la relación de la talla contra el área de los parches ventrales y contra el área de coloración de la garganta resultó significativo, lo que nos indica que ambas áreas se incrementan con la talla del individuo y con esto que son seleccionados los individuos con morfotipo azul puesto que son los más grandes en la población.

Literatura citada.

Argaez, V., (2011). Preferencias femeninas por la coloración ventral de los machos en la lagartija del mezquite *Sceloporus grammicus microlepidotus*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Bastiaans, E., Bastiaans, M., Morinaga G., Castañeda J., Marshall J., Bane, B., Méndez, F. y Sinervo, B. (2014). Female Preference for Sympatric vs. Allopatric Male Throat Color Morphs in the Mesquite Lizard (*Sceloporus grammicus*) Species Complex. PLoS ONE 9(4): e93197. doi:10.1371/journal.pone.0093197

Bastiaans, E., Morinaga, G., Castañeda, J., Marshall, J. and Sinervo, B. (2013). Male aggression varies throat color in 2 distinct populations of the mesquite lizard. Behavioral Ecology. 24(4):968-981 pp.

Bustos-Zagal, M., Castro-Franco, R., Manjarrez, J. y Fajardo, V. (2014). Variación morfológica asociada a los patrones de color de la garganta, en lagartijas *Sceloporus horridus horridus* (Sauria: Phrynosomatidae). Acta Zoológica Mexicana. 30(2): 357-368 pp.

Calsbeek, R. ~~y~~ Sinervo, B. (2002). Uncoupling direct and indirect components of female choice in the wild. Evolution. 99(23):14987-14902pp.

Canales, B. (2016). Adecuación diferencial en los morfotipos de los machos en una población de *Sceloporus grammicus* (Sauria: Phrynosomatidae), una especie con polimorfismo. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Carpenter, G. (1995). The ontogeny of a variable social badge: Throat color development in tree lizards (*Urosaurus ornatus*). Journal of Herpetology. 29(1): 7-13 pp.

Carranza, J. (1994). Etología: Introducción a la ciencia del comportamiento. Sistemas de apareamiento y selección sexual. Universidad de Extremadura. Extremadura, España. 404 pp.

Cooper, W. y Burns, N. (1987). Social significance of ventrolateral coloration in the fence lizard, *Sceloporus undulatus*. *Animal Behaviour*. 35(2): 526-532 pp.

Corl, A., Davis, A., Kuchta, S., y Barry, S. (2010). Selective loss of polymorphic mating types is associated with rapid phenotypic evolution during morphic speciation. *PNAS*. 107(9): 4254–4259 pp.

Cuadrado, M. (2002). Sistemas de apareamiento en reptiles: una revisión. *Revista Española de Herpetología*. 65:61-69 pp.

Doughty, P., Sinervo, B. and Burghardt, G. (1994). Sex-biased dispersal in a polygynous lizard, *Uta stansburiana*. *Animal Behaviour*. 47:227-229 pp.

Dugatkin, A. (2014). Sexual Selection. En *Principles of Animal Behavior*. United States of America: W. W. Norton & Company. 198-232 pp.

Fox, S., Heger, N., Delay, L. (1990). Social cost of tail loss in *Uta stansburiana*: lizard tails as status-signalling badges. *Animal Behaviour* 39:549-554 pp.

Ginobbili, S. (2011). Selección artificial, selección sexual, selección natural. *Metatheoria* 2(1): 61-78 pp.

Gross, M. R. (1991). Evolution of alternative reproductive strategies: Frequency-dependent sexual selection in male bluegill sunfish. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B Biological Sciences* 332: 59-66 pp.

Gross, M. R. (1996). Alternative reproductive strategies and tactics: diversity within sexes. *Trends in Ecology and Evolution* 11: 92-98 pp.

Instituto nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (2002) Enciclopedia de los Municipios de México. Recuperado de <http://intranet.e-hidalgo.gob.mx/enciclomuni/municipios/13057a.htm>

Manzur, M.I. y Fuentes, E. R. (1979). Polygyny and agonistic behavior of the treedwelling lizard *Liolaemus tenuis* (Iguanidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 6: 23-28 pp.

Mc'Closkey, R. T., Deslippe, R.J., Szpak, C. P. & Baia, K. A. (1990). Ecological correlates of the variable mating system of an iguanid lizard. *Oikos*, 59, 63-69 pp.

Monter, M. (2016). Variación morfológica asociada con los patrones de coloración de la garganta y los parches ventrales en la lagartija del mezquite *Sceloporus grammicus*, en el Municipio de Alfajayucan, Hidalgo. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Ramírez-Bautista, A., Hernández-Salinas, U., García-Vázquez, U., Leyte-Manrique, A. y Canseco-Márquez, L. (2009). Herpetofauna del Valle de México: Diversidad y Conservación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. CONABIO. México. 213 pp.

Sinervo, B. and Calsbeek, R. (2006). The developmental, physiological, neural and genetical causes and consequences of frequency-dependent selection in the wild. *Annual review of ecology, evolution and systematics.* 37:581-610 pp.

Sinervo, B. and Lively, C. M. (1996). The rock-paper-scissors game and the evolution of alternative males strategies. *Nature* 380: 240-243 pp.

Sinervo, B. and Zamudio K. (2001). *The evolution of alternative reproductive strategies, fitness differential, heritability, and genetic correlation between the sexes.* *Journal of Heredity*, 92: 198-205 pp.

Stamps, J. A. (1983). Sexual selection, sexual dimorphism, and territoriality. En: *Lizard ecology: studies of a model organism* (eds R. B. Huey, R. Pianka & T.W. Schoener), Harvard University Press, Cambridge, MA. 169-204 pp.

Swierk, L., Ridgway, M. y Langkilde, T. (2012). Female lizards discriminate between potential reproductive partners using multiple male traits when territory cues are absent. *Behav Ecol Sociobiol.* 66:1033-1043 PP.

Taborsky, M., Oliveira, R. F. y Brockmann H. J. (2008). *Alternative Reproductive Tactics: An Integrative Approach.* The evolution of alternative reproductive tactics: concepts and questions. 1-21 pp. Cambridge: Cambridge University Press.

Van Denburgh, J. (1922). *The reptiles of western North America. Volume 1. Lizards.* Occ. Pap. Calif. Acad. Sci. 10:1-611 pp.

Vázquez, J. y Quintero, G., (2005). *Anfibios y Reptiles de Aguascalientes.* CONABIO. México. 318 pp.

Wiens, J. (2000). Decoupled evolution of display morphology and display behavior in phrynosomatid lizards. *Biological Journal of the Linnean Society.* 70: 587-612 pp.

Wynne, R. (1995). *Lizards in captivity.* T.F.H. Publications. U.S.A. 189 pp.

Zamudio, K. y Sinervo, B. (2000). Polygyny, mate-guarding, and posthumous fertilization as alternative male mating strategies. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 97:14427-14432 pp.