



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**EVALUACIÓN DEL PERFIL CONDUCTUAL EN RESPUESTA A
CAMBIOS AMBIENTALES Y SU RELACIÓN CON LA INMUNIDAD
INNATA EN *Aspidoscelis costata costata* (SQUAMATA:TEIIDAE)**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

BIÓL. CARLOS ALEJANDRO RANGEL PATIÑO

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca Estado de México, Enero de 2014



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**EVALUACIÓN DEL PERFIL CONDUCTUAL EN RESPUESTA A
CAMBIOS AMBIENTALES Y SU RELACIÓN CON LA INMUNIDAD
INNATA EN *Aspidoscelis costata costata* (SQUAMATA:TEIIDAE)**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

BIÓL. CARLOS ALEJANDRO RANGEL PATIÑO

COMITÉ DE TUTORES

Dra. María de Lourdes Ruiz Gómez. Tutor académico

Dr. Oswaldo Hernández Gallegos. Tutor adjunto

Dra. Gisela Granados González. Tutor adjunto

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca Estado de México, Enero de 2014

DEDICATORIA

Para Diana, Balder y para ti nuevo retoño, ustedes son la fuente de motivación de mi vida, este logro es fruto de su paciencia, amor y apoyo que me han brindado, muchas gracias por todo, los amouskis peluskis.

Vamos por la siguiente meta juntos.

Para mi mamá Irma Patiño Vieyra quien siempre me ha apoyado en mi vida personal y profesional. No existen palabras para poder expresar mi admiración y gratitud hacia ti.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia quisiera agradecer a la Dra. María de Lourdes Ruiz Gómez por ser una tutora, amiga y banda max a lo largo de todo este tiempo. Asimismo por haberme enseñado una área de la biología que desconocía completamente y que ahora se ha vuelto una pasión para mi. Gracias jefa por todo tu apoyo y por las enseñanzas, eres sin duda un ejemplo a seguir.

Al Dr. Oswaldo Hernández Gallegos por compartir su conocimiento y brindar apoyo a quien más lo necesita. Gracias por su amistad, apoyo, por sus consejos y por seguir demostrándome lo fascinante que es la herpetología. Gracias por todo.

A la Dra. Gisela Granados González por su amistad y la ayuda brindada a lo largo de todo este tiempo. Muchas gracias por tus consejos, por tu tiempo y por tu apoyo. Muchísimas gracias.

Dr. Carlos A. Mastachi Loza, mi más profundo agradecimiento por todo el tiempo que me brindaste, por tu ayuda, por ser una persona muy profesional y al mismo tiempo digna de admirar. Muchas gracias por todo, sin duda ayudaste enormemente a enriquecer este trabajo y te estoy enormemente agradecido.

Un especial agradecimiento a la Dra. Carla García Morales por su valioso tiempo y sus comentarios los cuales mejoraron ampliamente el presente estudio. Asimismo al Dr. Hermilo Sánchez Sánchez y la Dra. Mónica Garduño Paz por su apoyo incondicional, así como sus valiosas enseñanzas las cuales ayudaron a la realización del trabajo.

A mis colegas y grandes amigos de toda la vida a Jair, Juan y Orlando, gracias por su amistad y por su ayuda tanto en el ámbito personal como en el profesional. Espero que sigamos cosechando triunfos juntos a lo largo de nuestras carreras, saben que yo soy su amigo fiel.

A Axel, muchas gracias por tu amistad y por tu ayuda en la realización de este trabajo. Sabes que eres parte de la banda y sabes que cuentas conmigo para lo que necesites.

A Liliana por tu valiosa ayuda en la realización de este trabajo sin ti no hubiese terminado nunca. Muchas gracias por tu tiempo, amistad y conocimiento.

A Ingrid, muchas gracias por tu amistad, por todo tu apoyo y por tus sabios consejos.

Al Centro de Investigación en Vertebrados Unidad Capultitlán, así como todo su personal por abrirme las puertas para poder realizar mis experimentos conductuales en sus instalaciones, mil gracias.

Gracias a David López por su ayuda en la realización de mis esquemas del terrario, te estoy muy agradecido.

Gracias al CONACYT por la beca otorgada para la realización del presente estudio y al PROMEP por el financiamiento otorgado (PROMEP/103.5/10/4368).

.....behavioural flexibility is critical for organismal survival in a warming world: behaviour can buffer the negative consequences of warming, or it can enhance the benefits of warming.

Raymond B. Huey, 2009.

ÍNDICE

Resumen	1
Abstract	3
I. Introducción	5
I.I Perfil conductual.....	5
I.II Flexibilidad conductual.....	6
I.III Perfil conductual y su relación con el ambiente.....	9
I.IV Inmunidad innata en vertebrados.....	10
I.V Inmunidad innata y su relación con los perfiles conductuales.....	12
I.VI Generalidades de <i>Aspidoscelis costata costata</i>	14
II. Justificación	16
III. Hipótesis	17
IV. Objetivos	18
V. Método	19
V.I. Área de estudio.....	19
V.II. Individuos.....	20
V.III Perfil conductual y cambios ambientales.....	20
V.III.I. Evaluación de la fase de aprendizaje.....	21
V.III.II Cambios ambientales.....	21
V.IV Inmunidad innata.....	23
V.V Estabilidad ambiental.....	24
V.VI Análisis estadísticos.....	25
VI. Resultados	26
VI.I. Perfil conductual y respuesta a cambios ambientales.....	26
VI.I.I. Exploración del ambiente y fase de aprendizaje.....	26
VI.I.I.I. Comparación entre sexos.....	26
VI.I.I.II. Comparación dentro de los sexos.....	27

VI.I.II. Primer y segundo cambio ambiental.....	27
VI.I.II.I. Comparación entre sexos.....	27
VI.I.II.II. Comparación dentro de los sexos.....	27
VI.I.IV. Regreso del alimento al brazo de entrenamiento.....	28
VI.I.IV.I. Comparación entre sexos.....	28
VI.I.IV.II. Comparación dentro de los sexos.....	28
VI.I.V. Tercer cambio: respuesta ante un objeto novedoso.....	28
VI.I.V.I. Comparación entre sexos.....	28
VI.I.V.II. Comparación dentro de los sexos.....	29
VI.I.VI. Proporción de individuos flexibles y rutinarios.....	31
VI.I.VII. Diferencias entre individuos reactivos y proactivos ante la reubicación del alimento.....	33
VI.I.VIII. Exploración de un ambiente y objeto novedoso.....	34
VI.II. Estabilidad ambiental en la localidad el Zapote, Tonicico.....	35
VI.III. Inmunidad innata.....	40
VII. Discusión.....	41
VII.I. Respuesta conductual ante la reubicación de alimento, en un ambiente nuevo y ante la presencia de un objeto novedoso.....	41
VII.II. Proporción de individuos reactivos y proactivos y su respuesta ante distintos escenarios.....	43
VII.III. Perfiles conductuales y su relación con el ambiente.....	47
VII.IV. Inmunidad Innata y su relación con los perfiles conductuales.....	50
VIII. Conclusiones.....	55
IX. Perspectivas de estudio.....	56
X. Literatura citada.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Juvenil de <i>Aspidoscelis costata costata</i>	15
Figura 2. Mapa de la localidad El Zapote en Tonatico Estado de México.....	19
Figura 3. Terrario para la evaluación del perfil conductual.....	22
Figura 4. Curva de la función seno de cuatro parámetros.....	25
Figura 5. Diagrama de caja de la comparación de los tiempos en salir del área de termorregulación entre hembras y machos de <i>Aspidoscelis costata costata</i> ante la presencia de un objeto novedoso.....	29
Figura 6. Diagrama de caja de la comparación de los tiempos en salir del área de termorregulación en hembras de <i>Aspidoscelis costata costata</i> durante el primer experimento y el tercer cambio.....	30
Figura 7. . Diagrama de caja de la comparación de los tiempos en salir del área de termorregulación en hembras de <i>Aspidoscelis costata costata</i> durante la fase de aprendizaje y el tercer cambio.....	30
Figura 8. . Diagrama de caja que muestra la comparación de los tiempos en encontrar y consumir el alimento entre individuos proactivos y reactivos de <i>Aspidoscelis costata costata</i> durante el primer cambio y tercer cambio de la fase de experimentos.....	34
Figura 9. . Diagrama de caja de la comparación de los tiempos en salir del área de termorregulación entre individuos proactivos y reactivos de <i>Aspidoscelis costata costata</i> durante el primer experimento y el tercer cambio.....	34
Figura 10. Temperaturas máximas registradas para la localidad El Zapote, Tonatico Estado de México.....	35
Figura 11. Temperaturas mínimas registradas para la localidad El Zapote, Tonatico Estado de México	36
Figura 12. Precipitación registrada para la localidad El Zapote, Tonatico Estado de México.....	36
Figura 13. Evapotranspiración registrada para la localidad El Zapote, Tonatico Estado de México	37
Figura 14. Comparación de temperatura mínima y máxima registrada para la localidad El Zapote, Tonatico Estado de México	37
Figura 15. Tendencias del análisis de Mann-Kendall para las variables climáticas de temperatura, precipitación y evapotranspiración.....	39
Figura 16. Leucocitos de <i>Aspidoscelis costata costata</i>	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Respuestas conductuales que presentaron los individuos de <i>Aspidoscelis costata costata</i> en los distintos escenarios a los que fueron expuestos.	32
Cuadro 2. Valores obtenidos de la fórmula seno de cuatro parámetros para las 4 variables analizadas.	38
Cuadro 3. Valores obtenidos del análisis de tendencias de Mann-Kendall para temperaturas mayores a 30°C, temperaturas mínimas menores a 5°C, precipitaciones mayores a 30mm y menores a 5mm, evapotranspiraciones mayores a 7mm.	39
Cuadro 4. Frecuencias y proporciones de los distintos grupos sanguíneos identificados en individuos de <i>Aspidoscelis costata costata</i>	40

RESUMEN

Varios estudios han demostrado la presencia de diferencias individuales en la conducta, las cuales están asociadas al grado en el que ésta es guiada por un estímulo ambiental. En general, se han registrado dos patrones; por un lado los individuos reactivos prestan atención a las características del ambiente, adaptando su conducta a los cambios y desempeñándose mejor en ambientes inestables. Por otro lado, los individuos proactivos presentan conductas más rígidas o rutinarias siendo más exitosos en ambientes estables o altamente predecibles. Aunado a ello, se ha registrado que la inmunidad innata de los individuos está relacionada con su tipo de respuesta conductual, en donde los individuos reactivos tienden a presentar un menor perfil leucocitario. Por lo tanto, en una población, la cantidad de individuos proactivos y reactivos presentes dependerá entre otras cosas, de la estabilidad del ambiente donde la inmunidad estará relacionada con los tipos de respuesta conductual de los individuos. En este estudio, machos y hembras adultos de la lagartija *Aspidoscelis costata costata* fueron evaluados individualmente bajo dos cambios ambientales: reubicación del alimento y respuesta ante un objeto novedoso. De manera general, no se observaron diferencias significativas entre sexos en el tiempo en aprender a encontrar alimento (aprendizaje) (hembras= 6.3 ± 0.761 ; machos= 7.4 ± 1.45 ; $W= 20.0$, $p= 0.24$), reubicación del alimento en el primer cambio (hembras= 663.92 ± 316.86 ; machos= 505.72 ± 326.82 ; $W= -13.5$, $p= 0.43$), o el segundo cambio (hembras= 572.07 ± 345.84 ; machos= 603.72 ± 314.72 ; $W= 8.5$, $p= 0.63$). Sin embargo, las hembras fueron menos afectadas ante la presencia de un objeto novedoso (hembras= 168.84 ± 222.76 ; machos= 366.27 ± 295.92 ; $W= 35.0$, $p= 0.04$). Por otro lado, se registró un mayor número de individuos reactivos en la población ($X^2= 6.0$, $p= 0.01$, $gl=1$). Asimismo, se registraron diferencias en los tiempos en encontrar y consumir el alimento la primera vez que éste fue reubicado, donde los individuos proactivos tardaron más tiempo en encontrarlo, sin embargo ante la presencia de un objeto novedoso, los individuos reactivos tardaron más tiempo en llevar a cabo esta tarea. Se determinó que existe una variación climática en la zona

de estudio, donde variables como la temperatura, precipitación y evaporación se han comportado de forma inestable en los últimos 30 años. Por lo anterior se sugiere que la estabilidad del ambiente es un factor que ejerce una fuerte presión sobre la conducta individual, lo que podría demandar una mayor habilidad cognitiva que permita a los individuos enfrentar los cambios ambientales. Los resultados obtenidos en relación con la inmunidad innata sugieren una relación de ésta con la capacidad de los individuos para controlar las situaciones de estrés ejercidas por el ambiente; sin embargo, es necesario llevar a cabo estudios dirigidos a esclarecer esta relación.

ABSTRACT

Several studies indicate the presence of individual differences in behavior, where such differences could be related to the way individual behavior is guided by environmental stimuli. Two behavioral profiles have been widely described: on one hand, reactive individuals pay attention to the environment and readily adjust their behavior to the changes, flourishing in unstable environments. On the other hand, proactive individuals show a more rigid, routine-like behavior and are successful in predictable environments. Similarly, differences in innate immunity are correlated with the type of behavioural response, where reactive individuals are more susceptible to show a lower leukocyte profile. This suggests that the frequency of proactive and reactive individuals within a population could depend on the stability of the environment, and the immunity will be determined by the behavioural response of individuals. In the present study, adult individuals of the whiptail lizard *Aspidoscelis costata costata* were assessed in different behavioural settings: relocating food from a previously learned location and response to a novel object. No differences were seen between sexes in learning (females= $6,3 \pm 0,761$; males= $7,4 \pm 1,452$; $W= 20,0$, $p= 0,242929$), finding relocated food in the first change (females= $663,923 \pm 316,862$; males= $505,727 \pm 326,827$; $W= -13,5$, $p= 0,439149$) and the second change (females= $572,077 \pm 345,84$; males= $603,727 \pm 314,721$; $W= 8,5$, $p= 0,638895$). However, in the presence of a novel object, females were less affected by the stimuli (females= $168,846 \pm 222,762$; males= $366,273 \pm 295,921$; $W= 35,0$, $p= 0,0444092$). Overall, there were more reactive individuals in the population ($X^2= 6,000$, $p= 0,0143$, $gl=1$) and they found the food quicker than proactive individuals the first time it was relocated. In presence of the novel object, proactive ignored the novel object, reaching the food earlier than reactive individuals. We also found that the environmental variables (temperature, precipitation and evaporation) in the study area are fluctuating; hence, we suggest that the environment plays an important role in the expression of individual behavior, and depending on the situation, it could demand a major ability of the individuals to cope with the environment. It also seems that innate immunity could

depend on the individual capability to cope with stressful situations present in the current environment; however, it would be important to carry out studies that can help to elucidate this.

I. INTRODUCCIÓN

I.1 Perfil conductual

En varios grupos de vertebrados se han registrado diferencias individuales en rasgos conductuales tales como intrepidez, exploración, sociabilidad o agresividad, a los que se ha denominado con varios términos incluyendo personalidad (Rodríguez-Prieto *et al.*, 2010), temperamento (Réale *et al.*, 2007) perfil conductual (Groothuis y Carere, 2005), síndromes de la conducta (Sih *et al.*, 2004), coping styles o estilos de afrontamiento (Koolhaas *et al.*, 1999), entre otros. Tales diferencias se refieren al conjunto de respuestas fisiológicas y conductuales las cuales son consistentes a través del tiempo y son características de un grupo de individuos (Koolhaas *et al.*, 1999).

Rúale y colaboradores (2007) han propuesto que cada rasgo del perfil conductual individual se debe dividir y especificar de acuerdo a su papel ecológico, y han descrito cinco categorías: (1) intrepidez-timidez, que es la reacción de un individuo hacia cualquier situación de riesgo, pero no a nuevas situaciones; (2) exploración-escape, la cual se refiere a la reacción de un individuo hacia nuevos escenarios, que incluye la conducta hacia nuevos hábitats, nuevos alimentos u objetos novedosos; (3) la actividad, que consiste en el nivel general de actividad de un individuo, y dado que este rasgo de la conducta puede confundirse con la exploración o con la intrepidez, se sugiere que la actividad sea medida en situaciones de bajo riesgo y en ambientes no novedosos; (4) la agresividad que se refiere a la reacción agonista hacia conespecíficos y (5) la sociabilidad, que es la reacción de un individuo a la presencia o ausencia de conespecíficos, ya que los individuos sociales tienden a buscar la presencia de otros individuos.

Las diferencias individuales en los perfiles conductuales varían dentro de un continuo con dos extremos representados como tendencias o patrones. Por una parte se encuentran los individuos denominados proactivos, cuya respuesta conductual está caracterizada principalmente por altos niveles de agresividad, una

respuesta fight-flight, y por ser intrépidos. Por otro lado, los individuos reactivos se caracterizan conductualmente por ser menos agresivos y más tímidos (Koolhaas *et al.*, 1999; Ruiz-Gómez *et al.*, 2011). Asimismo, se ha observado que los individuos proactivos y reactivos difieren en la forma en la que perciben los cambios del ambiente, ya que el tipo de respuesta se relaciona con algunas diferencias en la organización cerebral (Coppens *et al.*, 2010). Por un lado, los individuos proactivos forman y siguen rutinas y no perciben cambios en el ambiente; mientras que los individuos reactivos presentan una mayor flexibilidad conductual y son capaces de percibir cualquier cambio en el ambiente (Ruiz-Gómez *et al.*, 2011). Aunado a ello, varios estudios consideran parámetros neuroendocrinos como parte de un mecanismo causal de las diferencias individuales en la conducta; por ejemplo, se considera que los individuos tímidos se caracterizan por una alta actividad del eje hipotalámico-pituitario-adrenal (HPA) (Coppens *et al.*, 2010), mientras que los proactivos responden a través de una baja actividad del eje HPA y altos niveles de testosterona (Koolhaas *et al.*, 1999).

Asimismo se ha establecido que las diferencias individuales tienen bases genéticas; por ejemplo, diversos estudios en aves demuestran que el nivel de exploración es hereditario (Verbeek *et al.*, 1994; Dingemanse *et al.*, 2004) donde distintas presiones de selección (disponibilidad de sitios de anidación o alimentación) variables a lo largo del tiempo parecen ayudar a mantener la variación genética de los individuos (Dingemanse *et al.*, 2004). Adicionalmente, la variación genética permite mantener la dinámica de las poblaciones pudiendo ser evolutivamente estable (Sih *et al.*, 2004), ya que los extremos de las poblaciones muestran distintos niveles de adecuación dependiendo de las condiciones ambientales (Koolhaas *et al.*, 2010).

I.II Flexibilidad conductual

La flexibilidad conductual puede ser considerada como una característica fundamental de las diferencias entre los individuos proactivos y reactivos, la cual se define como la capacidad de un individuo de responder directamente y ajustar

su conducta al ambiente en el cual se encuentra (Coppens *et al.*, 2010), desarrollando nuevas respuestas ante un estímulo novedoso o alterando respuestas existentes ante un estímulo familiar (Leal y Powell, 2011). La flexibilidad conductual al parecer está asociada al grado en el cual la conducta es guiada por un estímulo ambiental. El impacto de este estímulo está determinado por la habilidad del organismo de dominar la situación, mientras existen organismos los cuales prestan atención a los estímulos ambientales y rápidamente adaptan su conducta a esos cambios, otros muestran conductas más rígidas de tipo rutinarias (Wolf *et al.*, 2008).

Existen registros que sugieren que los individuos que presentan una mayor flexibilidad conductual se aclimatan más rápido a ambientes altamente fluctuantes, novedosos y/o impredecibles (Benus *et al.*, 1991; Koolhaas *et al.*, 1999; Verbeek *et al.*, 1994; Coppens *et al.*, 2010; Wright *et al.*, 2010; Rymer *et al.*, 2013), debido a que emplean la información disponible en el ambiente de manera detallada, mientras que los individuos caracterizados por una conducta de tipo rutinaria requieren más tiempo para reaccionar a los cambios a los que están expuestos ya que actúan principalmente haciendo uso de su experiencia previa, la cual puede ser útil cuando se requieran respuestas rápidas, pero puede resultar incorrecta para la toma de decisiones (Verbeek *et al.*, 1994; Coppens *et al.*, 2010).

Las diferencias individuales y poblacionales en la flexibilidad conductual surgen a través de las diferencias en las condiciones ambientales previas individuales (experiencia), diferencias en el componente genético y con la interacción de ambos factores (Dingemans y Wolf, 2013). Fisiológicamente, se ha registrado que el eje HPA juega un papel importante en la caracterización de los estilos de afrontamiento (Koolhaas *et al.*, 1999); sin embargo, recientemente distintos estudios indican que la red neuronal compuesta por corteza prefrontal (CPF), el núcleo accumbens y su aporte dopaminérgico y serotoninérgico están asociados con la flexibilidad conductual de los individuos (Coppens *et al.*, 2010). De manera particular se ha observado que el CPF está involucrado en el óptimo

forrajeo y en la toma de decisiones (Matsushima *et al.*, 2008). Varios estudios han registrado este tipo de diferencias individuales en la flexibilidad conductual en varios grupos de vertebrados tales como mamíferos (Benus *et al.*, 1991; Bolhuis *et al.*, 2004), aves (Verbeek *et al.*, 1994) y peces (Ruiz-Gómez *et al.*, 2011).

De manera particular en lacertilios se ha registrado la capacidad de los individuos para ajustar su conducta al resolver de distintas tareas motrices (Leal y Powell 2011), y cambiar su modo de forrajeo dependiendo de la abundancia de alimento y/o el grado de degradación del hábitat (degradado y no degradado) (Blumroeder *et al.*, 2012). Sin embargo, son escasos los estudios realizados en este grupo de vertebrados que señalen la reactividad de los individuos ante distintos cambios en su ambiente (*i.e.* diferencias individuales en la flexibilidad conductual).

En un trabajo realizado en ratas se demostró que los individuos, sin importar el nivel de agresividad que presentaban, tomaban el mismo tiempo para aprender las distintas tareas a las cuales fueron sometidos; sin embargo, una vez que alcanzaban cierto criterio de aprendizaje, fueron expuestos a varios cambios ambientales donde los individuos agresivos no respondieron a estos cambios, mientras que los individuos menos agresivos se vieron altamente influenciados por las nuevas condiciones. Los autores sugieren que al exponer a los organismos a un ambiente novedoso, los individuos agresivos atacan con la intención de “dominar” la situación en la que se encuentran y tienden a formar rutinas, prestando poca o nula atención al ambiente. Los individuos que presentan este tipo de conducta tienden a desempeñarse mejor dentro de colonias, mientras que los individuos con mayor flexibilidad conductual se verán favorecidos durante migraciones, siendo los primeros en establecer una colonia, aunque posteriormente serán desplazados por los individuos más agresivos (Benus *et al.*, 1991).

Verbeek y colaboradores (1994) realizaron un estudio en el ave *Parus major* en donde indican que los individuos pueden diferir en su reacción a una nueva

situación y en las formas de obtener información del ambiente. Bajo este esquema, los individuos que pasan más tiempo explorando un ambiente novedoso permanecen alerta a cualquier estímulo dentro de un ambiente familiar, mientras que los individuos que pasan menos tiempo explorando en un ambiente nuevo tienden a disminuir su atención tomando una conducta más rígida o rutinaria.

I.III Perfil conductual y su relación con el ambiente

Ningún organismo vivo experimenta un ambiente totalmente estable, especialmente si vive más de un año, como sucede con la mayoría de los vertebrados (Wingfield y Kitaysky, 2002). Es por ello que la forma en que se comporta el ambiente es un factor importante para la sobrevivencia de los organismos ya que pueden estar altamente adaptados a experimentar cambios ambientales predecibles como la estacionalidad; sin embargo, pueden llegar a ser más vulnerables a eventos extremos impredecibles. Uno de los aspectos más afectados por el cambio climático y que tiene una gran influencia en los organismos es la estabilidad del ambiente; es decir, cambios impredecibles que pueden tener un impacto en las respuestas fisiológicas y conductuales de los individuos (Wingfield *et al.*, 2011). Algunos estudios indican que las condiciones actuales del ambiente son altamente fluctuantes, lo cual se observa a partir de las modificaciones significativas en el estado del clima que persisten por un periodo prolongado. Actualmente, las condiciones climáticas están cambiando, lo que propicia primaveras tempranas, inviernos más cortos, o cambios en las temporadas de lluvias o secas (Wingfield *et al.*, 2011). Adicionalmente, los cambios ambientales inducidos por el hombre como la fragmentación del hábitat, sobrepastoreo, contaminación, etc., exponen a las especies a condiciones novedosas e impredecibles, las cuales son capaces de poner a prueba los límites de su capacidad de sobrevivencia (Rymer *et al.*, 2013).

La inestabilidad del ambiente ocurre a distintas tasas, por lo que el cambio climático es una variable constante en la vida terrestre (Rymer *et al.*, 2013). Los organismos han desarrollado distintas estrategias para poder hacer frente a las

fluctuaciones ambientales; dependiendo de la rapidez del cambio, los individuos pueden reaccionar de dos formas: 1) cuando el cambio es muy lento; es decir, cuando transcurre a lo largo de varias generaciones, los individuos pueden responder a los cambios a través de la adaptación evolutiva (Hoffman y Sgro, 2011); y 2) cuando el cambio es muy rápido y ocurre dentro del período de vida del individuo, éste puede responder mediante plasticidad fenotípica (West-Eberhard 1989). La plasticidad fenotípica de los individuos presenta la capacidad de poder adaptar su conducta a las condiciones prevalentes; es decir, responder a través de una mayor flexibilidad conductual. Se ha registrado que los ambientes complejos deben demandar una mayor habilidad cognitiva y perceptual, ya que las especies que viven bajo este tipo de circunstancias deberán responder más rápidamente a los cambios ambientales (Bond *et al.*, 2007). Por ejemplo, en truchas los individuos caracterizados por un bajo nivel de cortisol ajustaron su conducta más rápidamente a las nuevas condiciones ambientales a las que fueron expuestos (Ruiz-Gómez *et al.*, 2011)

I.IV Inmunidad innata en vertebrados

Distintas estrategias de defensa empleadas por el sistema inmune han sido categorizadas principalmente en dos tipos, la respuesta inmune adquirida y la respuesta inmune innata. Se cree que la parte innata ha evolucionado antes que la parte adaptativa, y está caracterizada por un conjunto de respuestas no específicas que actúan rápidamente como primer mecanismo de defensa contra patógenos y parásitos (Zimmerman *et al.*, 2009; Roitt *et al.*, 2008; Ferronato *et al.*, 2009; French *et al.*, 2008), mientras que la respuesta inmune adquirida puede requerir algunos días o semanas para poder activarse.

Los principales componentes de la inmunidad innata son una variedad de moléculas y células entre las que se destacan las células fagocíticas (neutrófilos, macrófagos), linfocitos, monocitos, eosinófilos, basófilos y heterófilos, así como las citocinas que están encargadas de regular y coordinar muchas de las actividades de la inmunidad innata (Roitt *et al.*, 2008). La función que lleva a cabo cada una de

las distintas células involucradas en este tipo de respuesta inmune varía dependiendo del grupo taxonómico al que se refiera. En reptiles se ha observado que los monocitos y macrófagos son células fagocíticas que procesan y presentan antígenos además, la actividad fagocítica puede estar regulada por la temperatura de los individuos.

Los linfocitos son células redondeadas de tamaño variable (5-10 μm), el citoplasma es escaso, homogéneo y generalmente carece de vacuolas y gránulos; el núcleo es de morfología circular y se encuentra situado centralmente. Los reptiles presentan los dos tipos de linfocitos B y T, y las respuestas inmunológicas están influenciadas por el ambiente pudiendo suprimir o inhibir el sistema inmune a bajas temperaturas (Martínez-Silvestre *et al.*, 2011). Asimismo, se ha registrado en reptiles que la disminución de linfocitos en la sangre está ocasionada por enfermedades asociadas con la inmunosupresión, el estrés y la malnutrición crónica (Campbell 1998).

En reptiles, los heterófilos son funcionalmente equivalentes a los neutrófilos en mamíferos; son células redondeadas, grandes, por lo general tienen los gránulos citoplasmáticos refrigerantes fusiformes, el núcleo es excéntrico y de forma redondeada a oval (Martínez-Silvestre *et al.*, 2011). Este tipo de células ayudan a contrarrestar la invasión microbiana; asimismo, están involucrados en la respuesta inflamatoria. El incremento en el número de heterófilos en la sangre se encuentra asociado a enfermedades inflamatorias, de tipo infecciosas y al exceso de glucocorticoides (Martínez-Silvestre *et al.*, 2011).

Los basófilos contienen inmunoglobulinas en su superficie y al ser activados por un antígeno degradan y liberan histamina (Zimmerman *et al.*, 2009). Los eosinófilos son células de 11-17 μm , redondas, con gránulos citoplasmáticos y el núcleo es de forma variable (redondo a ligeramente elongado) (Martínez-Silvestre *et al.*, 2011). La función que llevan a cabo los eosinófilos en reptiles no es bien conocida; sin embargo, en otros grupos de vertebrados se sabe que son los

encargados de neutralizar las infecciones parasitarias produciendo radicales de peróxido (Coico *et al.*, 2003).

Las variaciones en las respuestas inmunes han sido definidas desde un punto de vista evolutivo, en el cual se propone que el mecanismo de variaciones estacionales en el sistema inmune puede separarse en dos grupos: variaciones intrínsecas, *i. e.* ajustadas evolutivamente por un largo periodo de tiempo y variaciones fenotípicamente plásticas e impulsadas ambientalmente (Kortet y Vainikka 2008). Sin embargo, se han propuesto dos hipótesis que explican los mecanismos por los cuales existen variaciones en el sistema inmune, la primera indica que los individuos se han adaptado para incrementar su sobrevivencia durante la temporada de invierno, mientras que la segunda postula los costos de un posible trueque entre la inmunidad con algunas características de historia de vida como la reproducción (Martin *et al.*, 2007).

I.V Inmunidad innata y su relación con los perfiles conductuales

Los perfiles conductuales no solo se caracterizan por sus diferencias conductuales sino también por sus diferencias fisiológicas y neurológicas expresadas mediante la actividad del eje hipotalámico-pituitario-adrenal (HPA), en donde los individuos caracterizados por una respuesta conductual reactiva tienden a responder con altos niveles de corticosterona ante situaciones de estrés (Koolhaas 2008). Por lo tanto, debido a que existe una estrecha relación entre el papel que juega el eje HPA y el sistema nervioso simpático con el sistema inmune, es posible que se presenten diferencias en la inmunología de los individuos.

A pesar de que estudios sobre la relación entre la conducta y la inmunidad son escasos, algunos trabajos realizados en cerdos han mostrado diferencias en la inmunidad celular de los individuos, donde los individuos reactivos presentan una menor inmunidad celular, pero una mayor inmunidad humoral (Bolhuis *et al.*, 2003). Se sugiere que los individuos distribuidos en los extremos del perfil conductual están caracterizados por un balance diferente entre las distintas

células T, cuya expresión está a su vez controlada por el eje HPA: altos niveles de glucocorticoides pueden cambiar las proporciones entre los linfocitos Th1 y Th2, propiciando una alta vulnerabilidad a distintas enfermedades infecciosas entre ellas la periodontitis (Koolhaas, 2008).

Asimismo, existen registros que indican que los individuos proactivos, principalmente machos dominantes que presentan dificultades en mantener su estatus social, presentan tendencias de sufrir hipertensión y taquiarritmia debido a su alta actividad simpática (Koolhaas *et al.*, 1999). De forma similar, se ha registrado que en condiciones de baja disponibilidad de alimento los individuos proactivos están propensos a presentar úlceras en el estómago (Driscoll y Kugler, 1984), mientras que los individuos reactivos tienden a acumular grasa para contrarrestar los efectos de esta escasez energética; sin embargo, de no emplear esta grasa, presentan un riesgo en desarrollar diabetes tipo II, hipertensión ó enfermedades cardiovasculares (Korte *et al.*, 2005).

French y colaboradores (2008) sugieren que una forma para medir la inmunidad innata de los individuos es emplear la proporción de leucocitos heterófilos con respecto a los linfocitos (H/L) donde los heterófilos son parte de la respuesta inmune innata y los linfocitos son parte del sistema inmune adquirido, por lo que altos niveles de heterófilos pueden representar una mejor inmunidad innata (Quillfeldt *et al.*, 2008). Los niveles de corticosterona en la sangre están regulados por la actividad del eje HPA (Koolhaas *et al.*, 1999), los cuales pueden ser evaluados a través de la proporción H/L (Davis *et al.*, 2008; Quillfeldt *et al.*, 2008), dado que la presencia de esta hormona redistribuye los linfocitos de la sangre hacia otros tejidos, disminuyendo la cantidad que circula en la sangre, y al mismo tiempo estimula el influjo de heterófilos desde la médula ósea hacia el torrente sanguíneo (Dhabhar, 2002; Bishop *et al.*, 1968). La alta actividad del eje HPA de los individuos reactivos puede propiciar un incremento en los niveles de heterófilos en la sangre, mientras que en el caso de los individuos proactivos la baja actividad de este eje estará representada por una baja inmunidad innata, *i.e.*

altos niveles de linfocitos en la sangre. Asimismo, el conteo total de leucocitos (TLC por sus siglas en inglés) puede ser empleado para medir la inmunidad innata, éste método incluye el conteo de heterófilos, eosinófilos, basófilos, monocitos y linfocitos.

I.VI Generalidades de *Aspidoscelis costata costata*

La lagartija *Aspidoscelis costata costata* se distribuye en la cuenca alta del Río Balsas al suroeste del Estado de México, norte de Guerrero, Morelos, oeste de Puebla y en Tlaxcala (Duellman y Zweifel 1962; Maslin y Secoy 1986; Rodríguez-Romero *et al.*, 2003). Es ovípara, habita principalmente en el suelo en áreas abiertas de selva baja caducifolia, selva baja subperennifolia espinosa y selva mediana subcaducifolia (Castro-Franco y Bustos, 2003). Se puede reconocer fácilmente por su cuerpo largo y delgado, al igual que su cola. Muestra escamas granulares sobre el dorso y lados, ocho filas de escamas ventrales rectangulares, son lagartijas rayadas con cabeza triangular. Esta especie presenta un modo de forrajeo activo característico de la familia Teiidae, en el que emplea movimientos con la lengua mientras forrajea para reconocer y detectar las presas antes de atacarlas (Menezes *et al.*, 2006). Dentro de la zona de estudio, en la localidad el Zapote las hembras alcanzan una madurez sexual a los 68 mm de longitud hocico-cloaca (LHC) (Aguilar-Moreno, 2009), mientras que los machos a los 67 mm de acuerdo a estudios histológicos gonadales (Granados-González *et al.*, 2013). Asimismo, se ha registrado que la especie presenta una reproducción estacional que incluye el final de la estación de sequía y principios de la estación lluviosa (López-Moreno, 2011), además las hembras presentan asincronía ovárica (Hernández-Hernández, 2010). En términos de su conducta, se ha registrado que las crías de esta especie presentan consistencia en su personalidad a través de distintos contextos, la cual está relacionada con la fecha de eclosión, siendo los individuos tardíos los que presentan una mayor flexibilidad conductual (Heredia-Morales, 2012).



Figura 1. *Aspidoscelis costata costata* de la localidad de El Zapote en el municipio de Tonalico, Estado de México (Abril de 2012).

II. JUSTIFICACIÓN

Estudios poblacionales en reptiles son de gran importancia para la conservación de estos vertebrados en el medio natural, donde distintos trabajos se han enfocado en las consecuencias que representa el cambio climático y de forma más puntual el incremento de la temperatura ambiental sobre estos organismos. Sin embargo, son pocos los estudios que abordan como las variaciones climáticas afectan su conducta. Es por ello que estudios como este, son de vital importancia ya que ayudarán a comprender cómo la respuesta conductual de los individuos está influenciada por las condiciones ambientales.

III. HIPÓTESIS

- La proporción de individuos proactivos y reactivos de la lagartija *Aspidoscelis costata costata* estará relacionada con las características del ambiente (estabilidad) que presente la localidad de El Zapote, en el municipio de Tonalico, Estado de México. Si el ambiente se comporta de manera estable se espera mayor proporción de individuos proactivos, mientras que si se comporta de forma inestable se espera una mayor proporción de individuos reactivos.
- Si la inmunidad innata está relacionada con el tipo de respuesta conductual de *Aspidoscelis costata costata*, los individuos reactivos presentarán una menor proporción de linfocitos, mientras que la proporción de linfocitos será mayor en los proactivos.

IV. OBJETIVOS

General

- Evaluar el perfil conductual en respuesta a cambios ambientales y su relación con la inmunidad innata en *Aspidoscelis costata costata*.

Específicos

- Determinar los tipos de respuesta conductual que presentan los individuos de *Aspidoscelis costata costata* ante la reubicación de alimento y la presencia de un objeto novedoso.
- Evaluar la estabilidad ambiental de la localidad de El Zapote durante un periodo de 30 años.
- Evaluar si existe una relación entre la estabilidad ambiental con la proporción de individuos proactivos y reactivos de *Aspidoscelis costata costata*.
- Evaluar la inmunidad innata de los individuos de *Aspidoscelis costata costata*.
- Evaluar la relación entre los tipos de respuesta conductual y la inmunidad innata de los individuos de *Aspidoscelis costata costata*.

V. MÉTODO

V.I. ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Tonatico se encuentra a una altitud entre los 1500 y los 1600 msnm, está ubicado al sur del Estado de México entre las coordenadas 99° 37' oeste y 18° 45' norte. La zona de estudio se localiza en Tonatico, en la localidad llamada el Zapote. El clima predominante del área de estudio es semicálido subhúmedo, con abundantes lluvias en verano y una temperatura media anual de 28 °C (INEGI, 2001). En la zona de estudio se presenta una estacionalidad marcada especialmente en la precipitación.



Figura 2. Mapa de la localidad El Zapote en Tonatico Estado de México.

V.II. Individuos

Se realizaron visitas mensuales a la localidad de El Zapote en los meses de mayo a agosto de 2011 y 2012 donde se capturaron individuos adultos de *Aspidoscelis costata costata* mediante el uso de una trampa de malla de alambre. A cada individuo se le registró la longitud hocico-cloaca (LHC), fecha y hora de captura. Posteriormente, los individuos fueron transportados a la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México, en donde se mantuvieron individualmente en terrarios de plástico (47cm x 30 cm x 30 cm) provistos con lámparas de luz natural y de calor. Asimismo, fueron alimentados con larvas de tenebrio, proporcionándoles 6 larvas por día y agua *ad libitum* por un periodo de al menos 5 días previos a los experimentos. Durante este periodo fueron monitoreados para vigilar su estado de salud y alimentación.

V.III. Perfil conductual y respuesta a cambios ambientales

La arena donde se llevaron a cabo los experimentos de evaluación del perfil conductual (figura 3) consistió en un terrario de 45 cm de alto, que comprende cuatro áreas: a) el área de termorregulación (AT) la cual presenta una lámpara de calor y una compuerta que se retira al inicio de cada experimento, en esta área se colocó cada individuo durante 20 minutos antes de cada prueba para que termorregulara y así tuviera un desempeño correcto durante las pruebas, b) el área abierta y c) dos brazos del terrario, los cuales presentan dos pestañas (15cm x 45cm) por brazo. El terrario se construyó de policarbonato opaco con la finalidad de evitar cualquier perturbación o alteración proveniente del medio externo, como sustrato se colocó peat moss húmedo distribuido en todo el terrario. Aunado a ello, el terrario estaba provisto de tres cajas petri de vidrio, una en cada brazo y una en el centro del área abierta las cuales se utilizaron para colocar el alimento (2 larvas de tenebrio) en cada comida. Todos los individuos presentaron una temperatura promedio de 38°C antes de salir del área de termorregulación, que es la temperatura óptima para *Aspidoscelis costata costata* en Tonatico, Estado de México (Rubio-Blanco, 2011).

V.III.I Evaluación de la fase de aprendizaje

Durante la primera fase del experimento se entrenó a los individuos a encontrar y consumir el alimento, el cual fue colocado en un brazo del terrario. Para esta fase los individuos fueron sometidos a tres comidas distribuidas dentro del periodo de actividad de esta especie (8:00-16:00 hrs; Rubio-Blanco, 2011), en donde se les permitió explorar y consumir el alimento por un periodo de 20 minutos. Al finalizar cada comida, cada individuo se regresó a su terrario y se eliminaron rastros de alimento que no hubieran sido consumidos. Cada individuo tuvo un periodo de descanso de al menos una hora entre cada comida antes de ser evaluados nuevamente. Para determinar que el individuo había aprendido a encontrar alimento dentro del terrario y así poder realizar los cambios ambientales, se consideró que debía consumir el alimento en 5 de 6 comidas seguidas sin error. Cabe señalar que en las pruebas en las que el individuo no salió del área de termorregulación durante los 20 minutos que se le permitió forrajear, no se consideraron para análisis subsecuentes.

V.III.II Cambios ambientales

El primer cambio al cual se expusieron los individuos consistió en cambiar el alimento al brazo opuesto del brazo de aprendizaje (a la mitad de los individuos se les asignó el brazo izquierdo y a la otra mitad el brazo derecho durante la fase de aprendizaje). El segundo cambio consistió en colocar el alimento en la caja petri que se localizaba en el centro del área abierta. Posterior a este cambio, se realizaron dos comidas en donde el alimento fue regresado al brazo del terrario en donde los individuos fueron entrenados inicialmente. El tercer cambio consistió en colocar el alimento en el brazo en donde fueron entrenados pero se colocó una pelota roja de plástico de 25 cm de diámetro en el centro del área abierta. Al igual que en la fase de aprendizaje, se dejaron 20 minutos en el área de termorregulación y se permitieron 20 minutos de forrajeo.

Todas las pruebas fueron grabadas mediante una videocámara de alta definición, al evaluar los videos se registraron los siguientes parámetros: tiempo en el cual el individuo fue colocado en el AT, tiempo en que se retiró la compuerta del AT (T0), tiempo en que el individuo salió del AT (T1), tiempo que le tomó encontrar y consumir el alimento (T2), número de veces que el individuo se encontró en cada una de las partes del terrario y la primera trayectoria que realizó al salir por primera vez del AT durante cada prueba.

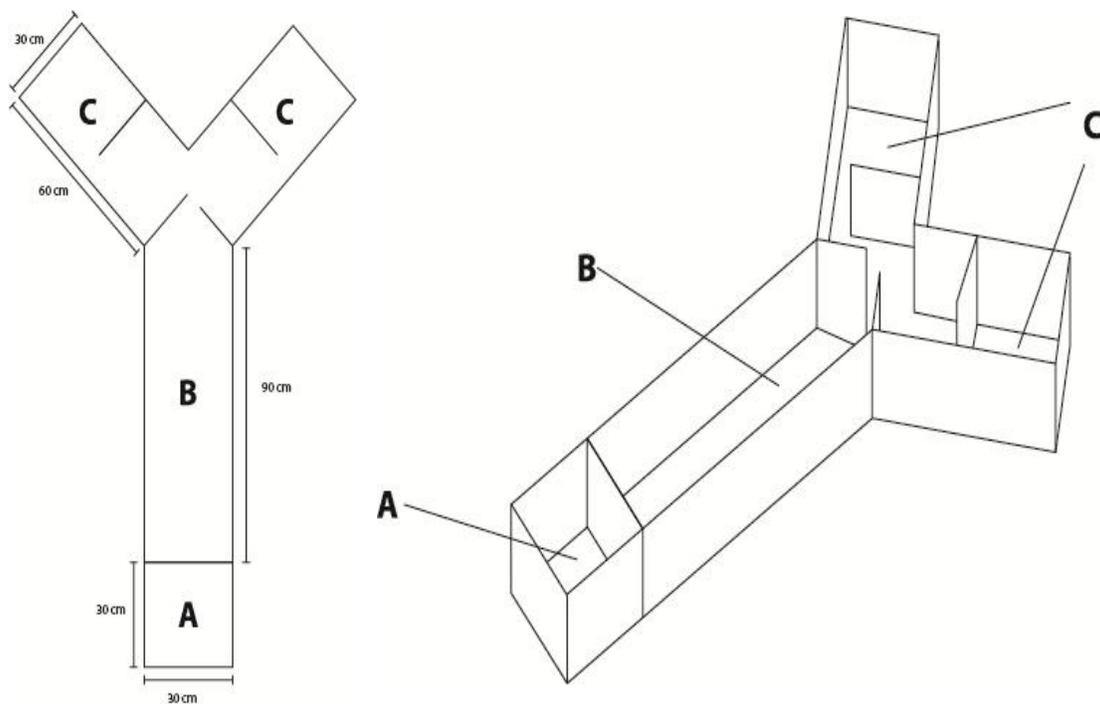


Figura 3. Terrario donde fueron realizados los experimentos de la evaluación del perfil conductual y su respuesta a cambios ambientales. A) área de termorregulación, B) área abierta y C) brazos del terrario, los cuales contenían una caja petri donde se colocó el alimento al inicio de cada experimento.

El tipo de respuesta conductual que presentaron los individuos de *Aspidoscelis costata costata* se determinó mediante la consistencia manifestada por cada individuo en cuanto a su reacción ante los diferentes escenarios a los cuales fueron expuestos. Altos niveles de intrepidez ante situaciones novedosas

así como no encontrar el alimento una vez que este fue reubicado son características de una respuesta conductual rígida, por lo tanto aquellos individuos que no encontraron el alimento y que se mostraron intrépidos ante una situación y un objeto novedosos fueron catalogados como individuos proactivos. A diferencia de los proactivos, los individuos categorizados como reactivos son aquellos quienes encontraron y consumieron el alimento reubicado y que además, tardaron más tiempo en salir del área de termorregulación ante las situaciones novedosas a las que se expusieron.

V.IV Inmunidad Innata

Una vez finalizadas todas las pruebas de perfil conductual, se tomó una muestra de sangre de la vena caudal cada individuo con la que se realizó un frotis. La toma de muestra duró menos de un minuto por individuo y no se observaron signos de estrés en los individuos después de la toma de muestra. Los frotis se dejaron secar a temperatura ambiente, posteriormente se tiñeron empleando colorante de Wright, se lavaron con agua destilada y se dejaron secar nuevamente a temperatura ambiente. Para el análisis de los leucocitos se tomaron en cuenta las siguientes características: se determinó la reacción a la tinción del núcleo y citoplasma, se identificó la coloración de tinción de los gránulos en heterófilos eosinófilos y basófilos y en los agranulares linfocitos y monocitos. Posteriormente para determinar la inmunidad innata se registró la relación del número de leucocitos heterófilos: linfocitos (H/L) así como mediante la identificación y conteo de células sanguíneas en cada muestra (French *et al.*, 2008). Para el recuento de los leucocitos se contaron 100 células con el objetivo de 40x y la proporción de cada tipo celular fue calculado basado en el número de células de ese tipo divididas por el número total de leucocitos registrados en la muestra.

V.V. Estabilidad ambiental

Para determinar las condiciones ambientales del sitio de estudio, se empleó la base de datos del Climate Computing Project (CLICOM), la cual contiene datos diarios de todas las estaciones meteorológicas activas e inactivas del país controladas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), a través del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Asimismo, debido a que la Organización Meteorológica Mundial (OMM) recomienda un periodo de 30 años como mínimo para realizar un análisis de dichas variables, con el propósito de estudiar la variabilidad climática, se realizó un filtrado de datos el cual consistió en extraer las estaciones meteorológicas comprendidas dentro del área de estudio. Para éstas, se obtuvieron los datos diarios de variables relacionadas con la biología de la especie: precipitación (P), temperatura máxima (T_{max}), temperatura mínima (T_{min}) y evapotranspiración (ET). Finalmente se seleccionaron las estaciones que tuvieran más de 30 años de registros y posteriormente se realizaron ajustes con una función seno de cuatro parámetros el cuál permite distinguir el desplazamiento y la amplitud de las variables analizadas por un período de tiempo. En este caso los datos fueron analizados en períodos de 10 años con un intervalo de 5 años entre cada período (1980-1990, 1985-1995, 1990-2000, 1995-2005 y 2000-2008). El ajuste presenta la siguiente fórmula:

$$f(x) = y_0 + a * \text{sen} \left(2 * \pi * \frac{x}{b} + c \right)$$

donde, " y_0 " es el punto de inflexión, " a " es la amplitud de la curva, " x " es el día del año en días julianos " b " es el período de tiempo fijado en 365 por los días del año y " c " es la fase la cual da una idea del desplazamiento horizontal de la senoide. El ajuste y las gráficas se realizaron en el programa SIGMAPLOT 11.0.

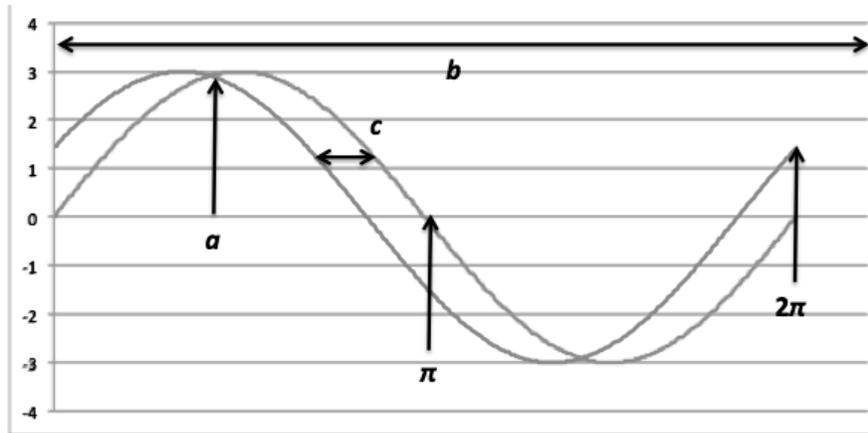


Figura 4. Curva de la función seno de cuatro parámetros empleada para evaluar el comportamiento de la temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación y evapotranspiración por un período de 30 años.

Posteriormente, para evaluar la existencia de tendencias en las variables climáticas analizadas se aplicó el análisis de tendencias de Mann-Kendall (Sen, 1968), para ello se sumaron de manera anual el número de días que presentaron temperaturas por debajo de los 5°C y superiores a los 30°C, precipitaciones mayores a 30mm y menores a 5mm y evapotranspiración mayor a los 7mm.

V.VI ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para evaluar entre sexos el número de comidas que les tomó a los individuos en encontrar y consumir el alimento (fase de aprendizaje), se empleó una prueba de U de Mann-Whitney, debido que los datos no presentaron una distribución normal (Shapiro-Wilk < 0.05). Para determinar la proporción de individuos proactivos y reactivos en la población, se empleó una prueba de Chi cuadrada (χ^2). Posteriormente se realizó un análisis de supervivencia (Wilcoxon) para datos con censores, el cual permitió determinar las diferencias entre sexos así como entre los individuos reactivos y proactivos en encontrar el alimento en las distintas pruebas y los tiempos en salir del área de termorregulación en el primer experimento y ante la presencia de un objeto novedoso. Finalmente para evaluar si existían diferencias en la proporción de linfocitos/heterófilos se empleó una t- de Student. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico Minitab versión 16.0 con un nivel de significancia de 0.05.

VI. RESULTADOS

VI.I Perfil conductual y respuesta a cambios ambientales

VI.I.I Exploración del ambiente novedoso y fase de aprendizaje

VI.I.I.I. Comparación entre sexos

Durante el periodo de muestreo fueron capturados 36 individuos adultos de *Aspidoscelis costata costata*; sin embargo, solo 13 hembras y 11 machos completaron las fase de aprendizaje y por consiguiente fueron expuestos a los cambios ambientales. La primera ocasión que fueron expuestos al terrario experimental no se registraron diferencias significativas entre hembras y machos en el tiempo en consumir el alimento (Media en segundos \pm error estandar; hembras= 706.15 \pm 131.08; machos= 879.45 \pm 159.71; W= 1.54, gl=1, p= 0.21), ni en salir del área de termorregulación (hembras= 471.15 \pm 132.20; machos= 406.18 \pm 118.22; W= 0,0, gl= 1, p= 1.00). No se observaron diferencias en el tiempo que permanecieron en el área de termorregulación (hembras= 983.84 \pm 108.15; machos= 938.27 \pm 122.34; W= -9.0, p= 0.62), ni en el área abierta del terrario (hembras= 58.23 \pm 30.29; machos= 81.54 \pm 50.66; W= 9.0, p= 0.62) durante la primera prueba.

En cuanto a la fase de aprendizaje, los resultados indican que no existieron diferencias significativas en cuanto al número de comidas que les tomó a los individuos en aprender a encontrar y consumir el alimento (hembras= 6.3 \pm 0.76; machos= 7.4 \pm 1.45; W= 20.0, p= 0.24), ni en el tiempo que les tomó en encontrar y consumir el alimento durante el proceso de aprendizaje (hembras= 465.69 \pm 76.14; machos= 491.18 \pm 152.36; W= 8.5, p= 0.64). De igual forma, no se registraron diferencias significativas en el tiempo en salir del área de termorregulación durante la fase de aprendizaje (hembras= 212.23 \pm 78.80; machos= 235.36 \pm 111.36; W= 6.0, p= 0.74).

VI.I.I.II. Comparación dentro de los sexos

Los resultados indican que no hay diferencias entre las hembras en el tiempo en salir del área de termorregulación durante el primer experimento (1er) ni durante la fase de aprendizaje (APR) (1er = 471.15 ± 285.85 ; APR = 212.23 ± 78.80 ; $W = -15.5$, $p = 0.44$), ni entre el tiempo que les tomó en encontrar y consumir el alimento durante el primer experimento y la fase de aprendizaje (1er = 706.15 ± 282.01 ; APR = 465.69 ± 76.14 ; $W = -30.5$, $p = 0.12$).

No se registraron diferencias significativas en los machos en cuanto a los tiempos en comer entre el primer experimento y la fase de aprendizaje (APR = 491.18 ± 152.36 ; 1er = 879.45 ± 333.83 ; $W = -29.5$, $p = 0.052$). Asimismo, no se registraron diferencias al comparar los tiempos en salir del área de termorregulación durante el primer experimento y la fase de aprendizaje (1er = 406.18 ± 263.42 ; APR = 235.36 ± 111.36 ; $W = 10.5$, $p = 0.51$).

VI.I.II. Primer y segundo cambio ambiental

VI.I.II.I. Comparación entre sexos

En cuanto a los cambios a los que fueron sometidos los individuos de *A. costata costata*, no se encontraron diferencias significativas en el tiempo en encontrar el alimento en el primer (hembras = 663.92 ± 149.37 ; machos = 505.72 ± 148.33 ; $W = 0.64$, $gl = 1$, $p = 0.42$), ni el segundo cambio (hembras = 571.30 ± 161.49 ; machos = 603.72 ± 142.84 ; $W = 0.34$, $gl = 1$, $p = 0.55$).

VI.I.II.II. Comparación dentro de los sexos

En hembras no se registraron diferencias significativas entre el tiempo en comer durante la fase de aprendizaje y el cambio 1 (CA1) (APR = 465.69 ± 76.14 ; CA1 = 663.92 ± 316.86 ; $W = -0.5$, $p = 1.0$). De igual forma no se registraron diferencias entre el tiempo en comer durante la fase de aprendizaje y el cambio 2 (CA2) (APR = 465.69 ± 76.14 ; CA2 = 572.07 ± 345.84 ; $W = -6.5$, $p = 0.75$).

Asimismo, en machos no se registraron diferencias en los tiempos en comer entre la fase de aprendizaje y el cambio 1 (APR= 491.18 ± 152.36 ; CA1= 505.72 ± 326.82 ; W= 9.5, p= 0.55), ni para el segundo cambio (APR= 491.18 ± 152.36 ; CA2= 603.72 ± 314.72 ; W= -4.5, p= 0.79)

VI.I.IV. Regreso del alimento al brazo de entrenamiento

VI.I.IV.I Comparación entre sexos

No se registraron diferencias significativas en consumir el alimento una vez que se regresó el alimento al brazo de aprendizaje (R1) (hembras= 411.84 ± 120.12 ; machos= 368.63 ± 125.37 ; W= 0.06, gl= 1 p= 0.79). De igual forma la segunda vez que se regresó el alimento al brazo de aprendizaje (R2) no se registraron diferencias entre sexos (hembras= 626.76 ± 159.15 ; machos= 621.0 ± 146.87 ; W= 0.00, gl=1, p= 0.92).

VI.I.IV.II Comparación dentro de los sexos

En hembras no se registraron diferencias al comparar los tiempos en encontrar y consumir el alimento entre la fase de aprendizaje y R1 (APR= 465.69 ± 76.14 ; R1= 411.84 ± 261.73 ; W= -23.5, p=0.23), ni para R2 (APR= 465.69 ± 76.14 ; R2= 626.79 ± 337.60 ; W= -3.5, p= 0.87).

Del mismo modo, no se registraron diferencias en los machos al comparar los tiempos en comer durante la fase de aprendizaje y R1 (APR= 491.18 ± 152.36 ; R1= 368.63 ± 279.36 ; W= 23.5, p= 0.13), ni en R2 (APR= 491.18 ± 152.36 ; R2= 621.0 ± 323.60 ; W= -7.5, p= 0.64).

VI.I.V. Tercer cambio: respuesta ante un objeto novedoso

VI.I.V.I. Comparación entre sexos

Se registraron diferencias en el tiempo en salir del área de termorregulación ante la presencia de un objeto novedoso, donde las hembras salieron más rápido

durante esta prueba (hembras= 168.84 ± 102.84 ; machos= 366.27 ± 133.48 ; $W= 4.2$, $gl= 1$, $p= 0.04$) (Fig. 5). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el tiempo en consumir el alimento (hembras= 413.15 ± 129.11 ; machos= 644.36 ± 150.38 ; $W= 2.75$, $gl=1$, $p= 0.09$). De igual forma, no se registraron diferencias en cuanto al tiempo que pasaron en el área de termorregulación (hembras= 950.84 ± 113.43 ; machos= 960.90 ± 118.62 ; $W= -0,5$, $p= 1.0$) ni en el área abierta del terrario (hembras= 65.15 ± 27.93 ; machos= 66.18 ± 35.90 ; $W= 0.0$, $p= 0.97$).

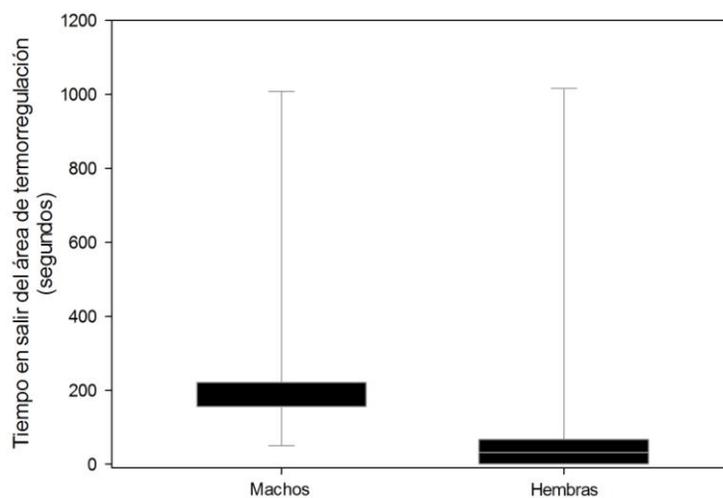


Figura 5. Diagrama de caja en la que se muestra la comparación de los tiempos en salir del área de termorregulación entre machos y hembras de *Aspidoscelis costata costata* ante la presencia de un objeto novedoso.

VI.I.V.II. Comparación dentro de los sexos

No se registraron diferencias entre hembras en cuanto al tiempo en comer en el primer experimento y ante la presencia del objeto novedoso (CA3) ($1er= 706.15 \pm 282.01$; CA3= 413.15 ± 280.34 ; $W= -30.5$, $p= 0.12$). Asimismo, no se registraron diferencias al comparar los tiempos en encontrar y consumir el alimento durante la fase de aprendizaje y el cambio 3 (CA3) ($APR= 465.69 \pm 76.14$; CA3= 413.15 ± 280.34 ; $W= -23.5$, $p= 0.23$). Sin embargo, al comparar los tiempos en salir en el primer experimento y el tercer cambio, se registró un menor tiempo en salir ante la presencia del objeto novedoso ($1er= 471.15 \pm 285.85$;

CA3= 168.84 ± 222.76 ; $W=-53.0$, $p= 0.006$) (Fig. 6). Así mismo se registraron diferencias al comparar los tiempos en salir del área de termorregulación entre la fase de aprendizaje y el tercer cambio, tomándoles menos tiempo en salir en esta última (APR= 212.23 ± 78.80 ; CA3= 168.84 ± 222.76 ; $W= -53.5$, $p= 0.006$) (Fig. 7).

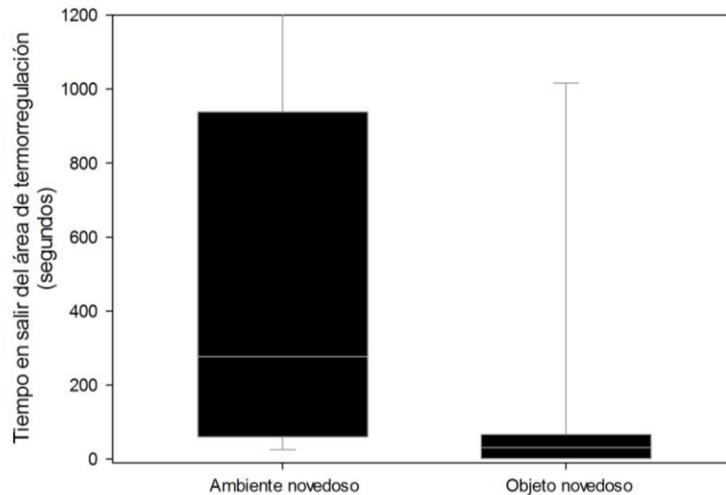


Figura 6. Diagrama de caja en la que se muestra la comparación de los tiempos en salir del área de termorregulación en hembras de *Aspidoscelis costata costata* ante la presencia de un ambiente y objeto novedoso.

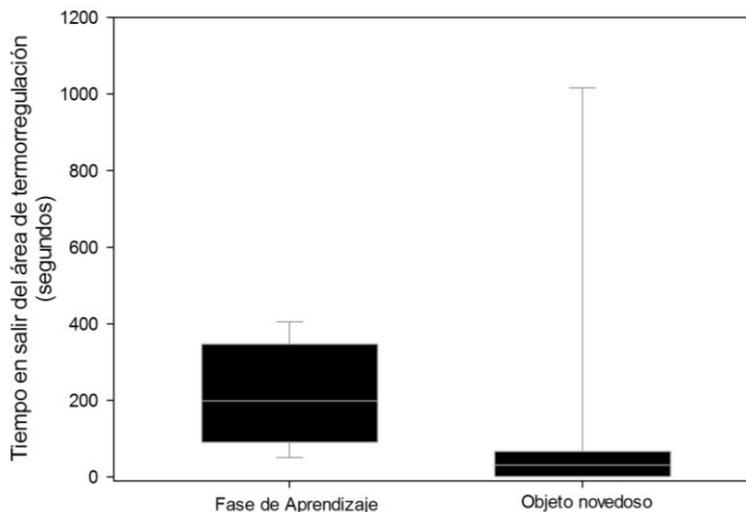


Figura 7. Diagrama de caja en la que se muestra la comparación de los tiempos en salir del área de termorregulación en hembras de *Aspidoscelis costata costata* durante la fase de aprendizaje y ante la presencia de un objeto novedoso.

En machos no se registraron diferencias con respecto al tiempo en comer en el primer experimento y ante la presencia de un objeto novedoso ($1er=879.45 \pm 333.83$; $CA3= 644.36 \pm 328.74$; $W= 12.5$, $p= 0.39$), ni al comparar los tiempos en comer durante la fase de aprendizaje y ante la presencia de un objeto novedoso ($APR= 491.18 \pm 152.36$; $CA3= 644.36 \pm 328.74$; $W= -7.5$, $p= 0.64$). De igual forma al comparar los tiempos en salir entre el primer experimento y el tercer cambio no se observaron diferencias significativas ($1er= 406.18 \pm 263.42$; $CA3= 366.27 \pm 295.92$; $W= -6.5$, $p= 0.69$), ni al comparar los tiempos de salida en la fase de aprendizaje y el tercer cambio ($APR= 235.36 \pm 111.36$; $CA3= 366.27 \pm 295.92$; $W= 0.5$, $p= 1.0$).

VI.I.VI. Proporción de individuos flexibles y rutinarios

Al analizar la consistencia que presentaron los individuos a través de los distintos escenarios a los que se expusieron (Cuadro 1), se registró un mayor número de individuos reactivos de *Aspidoscelis costata costata* ($X^2= 6.00$, $gl=1$, $p= 0.01$) en la población. Entre machos, también se registraron un mayor número de individuos reactivos ($X^2= 4.45$, $gl=1$, $p=0.03$), mientras que en hembras la proporción de individuos proactivos y reactivos fue similar ($X^2= 1.92$, $gl=1$, $p=0.16$).

Cuadro 1. Respuestas conductuales que presentaron los individuos de *Aspidoscelis costata costata* ante los distintos cambios ambientales. E=Encontraron el alimento y lo consumieron, NE=No encontraron el alimento ni lo consumieron, A= afectados por el ambiente u objeto novedoso, NA=No afectados por el ambiente u objeto novedoso, 1er=1er experimento, CA1=primer cambio, CA2=segundo cambio, R1=primer regreso del alimento al brazo de aprendizaje después del CA1, R2=segundo regreso del alimento al brazo de aprendizaje después del CA1, TSCA3=tiempo en salir en el cambio 3, TCCA3=tiempo en comer en el cambio 3.

SEXO	CA1	CA2	R1	R2	TCCA3	TS1er	TSCA3	RESPUESTA
H	E	E	NE	E	NE	NA	NA	R
H	E	E	E	NE	E	A	NA	R
H	E	E	E	E	NE	A	NA	R
H	E	NE	E	E	E	NA	NA	R
H	E	NE	NE	E	NE	A	A	R
H	E	E	E	NE	NE	A	NA	R
H	E	NE	E	E	E	A	A	R
H	NE	E	E	E	E	A	NA	R
H	NE	NE	E	NE	E	A	A	R
H	E	NE	NE	NE	NE	NA	NA	P
H	NE	NE	NE	E	NE	NA	NA	P
H	NE	NE	E	NE	NE	NA	NA	P
H	NE	E	E	NE	NE	NA	NA	P
M	E	E	NE	NE	E	NA	A	R
M	NE	E	E	E	NE	A	NA	R
M	E	NE	E	NE	NE	NA	A	R
M	E	NE	E	E	E	A	NA	R
M	E	NE	E	E	NE	A	NA	R
M	NE	NE	E	E	NE	A	A	R
M	E	NE	NE	NE	E	NA	A	R
M	NE	E	E	NE	E	A	A	R
M	NE	NE	NE	E	E	NA	NA	R
M	NE	NE	NE	NE	E	NA	NA	P
M	NE	E	E	NE	NE	NA	NA	P

VI.I.VII Diferencias entre individuos reactivos y proactivos ante la reubicación del alimento

Los análisis de sobrevivencia con censores indican que no existieron diferencias significativas entre individuos proactivos y reactivos en cuanto al tiempo en encontrar el alimento en el primer experimento (Reactivos= 826.38 ± 108.48 ; Proactivos= 663.16 ± 243.68 ; $W= 0.51$, $gl= 1$, $p= 0.47$), con el alimento en el centro del área abierta del terrario (Reactivos= 575.55 ± 116.41 ; Proactivos= 618 ± 274.39 ; $W= 0.06$, $gl= 1$, $p=0.80$), o el primer (Reactivos= 386.83 ± 104.88 ; Proactivos= 407.66 ± 145.45 ; $W= 0.20$, $gl= 1$, $p=0.65$) y segundo (Reactivos= 551.5 ± 117.36 ; Proactivos= 842 ± 253.47 ; $W= 1.39$, $gl= 1$, $p= 0.23$) regreso del alimento al brazo de entrenamiento. Sin embargo, se registraron diferencias en los tiempos en encontrar y consumir el alimento cuando éste se encontraba en el brazo opuesto al de entrenamiento, donde los individuos proactivos tardaron más tiempo en encontrar el alimento reubicado (Reactivos= 442.44 ± 106.55 ; Proactivos= 1038.33 ± 208.71 ; $W= 4.71$, $gl= 1$, $p= 0.03$). En cuanto al tiempo en consumir el alimento ante la presencia de un objeto novedoso, los individuos reactivos fueron quienes les tomó más tiempo en llevar a cabo esta prueba (Reactivos= 646.88 ± 116.57 ; Proactivos= 135.83 ± 43.33 ; $W= 4.74$, $gl= 1$, $p= 0.02$) (Fig. 8).

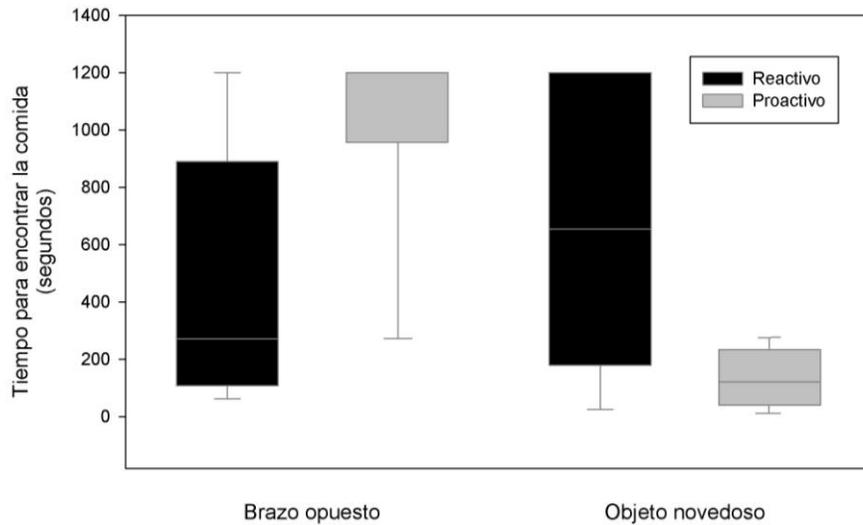


Figura 8. Diagrama de caja en la que se muestra la comparación de los tiempos en encontrar y consumir el alimento entre individuos proactivos y reactivos de *Aspidoscelis costata costata* con el alimento en el brazo opuesto al brazo de entrenamiento y ante la presencia de un objeto novedoso.

VI.I.VIII. Exploración de un ambiente y objeto novedoso

No se registraron diferencias en los tiempos en salir del área de termorregulación en un ambiente novedoso (Reactivos= 498.77 ± 98.80 ; Proactivos= 269.16 ± 186.63 ; $W= 3.10$, $gl= 1$, $p= 0.07$) ni ante un objeto novedoso (Reactivos= 328.05 ± 106.45 ; Proactivos= 53.16 ± 26.35 ; $W= 1.09$, $gl=1$, $p=0.29$) (Fig. 9).

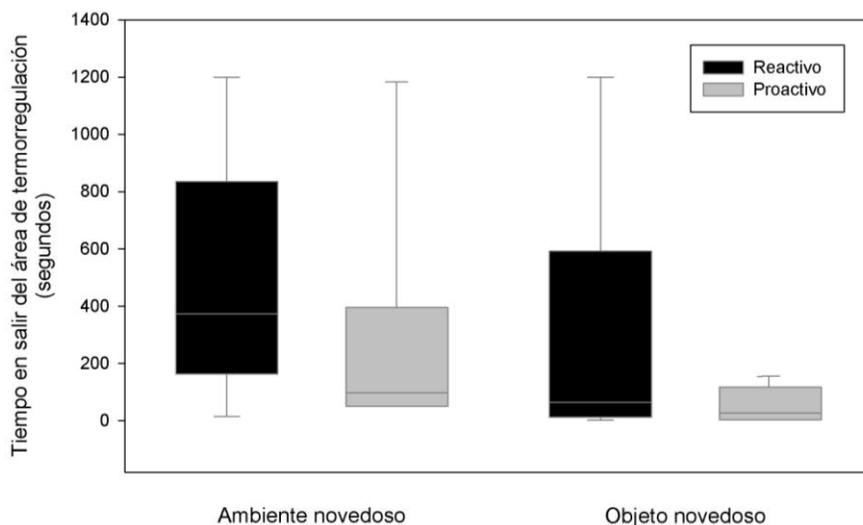


Figura 9. Diagrama de caja en la que se muestra la comparación de los tiempos en salir del área de termorregulación entre individuos proactivos y reactivos de *Aspidoscelis costata costata* ante la presencia de un ambiente y objeto novedoso.

VI.II. Estabilidad ambiental en la localidad el Zapote, Tonicaco

Se seleccionaron 6 estaciones meteorológicas aledañas a la zona de estudio, de las cuales sólo la estación número 15270 ubicada en Mayuca ($18^{\circ}50'47.32''N$ y $99^{\circ}46'44.94''O$) a 18 km al noroeste de la zona de estudio, presentó un mayor número de registros para las variables analizadas, los cuales comprendieron desde 1980 a 2008.

Se observó que la Temperatura máxima (T_{max}) alcanzó una media de $28.5^{\circ}C$ en secas y de $24.5^{\circ}C$ en lluvias durante el periodo 2000-2008 a diferencia del periodo 1980-1990 en el que la T_{max} media fue de $26.8^{\circ}C$ en secas y $23.8^{\circ}C$ en lluvias (Fig. 10); lo cual indica un incremento de la media diaria de $2^{\circ}C$ en secas y de casi $1^{\circ}C$ en lluvias. Dicho resultado se refleja en los resultados de los parámetros y_0 y a de las ecuaciones de los ajustes realizados (Cuadro 2). En contraste los parámetros y_0 y a de la temperatura mínima (Cuadro 2) reflejan que ésta ha disminuido de forma considerable durante los últimos 30 años ($6^{\circ}C$) (Fig. 11). De igual forma se registraron cambios en la precipitación (P) (Fig. 12) y en la evapotranspiración (ET) (Fig. 13) (Cuadro 2).

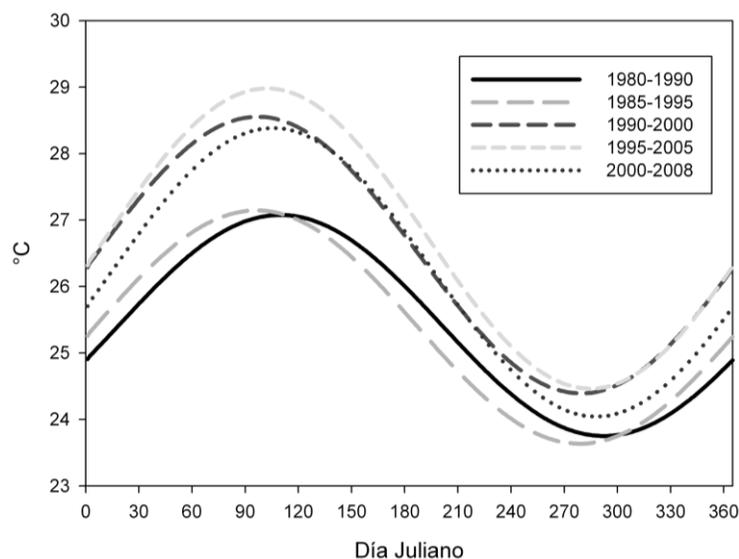


Figura 10. Temperatura máxima registrada en la zona de estudio durante el período de 1980 a 2008.

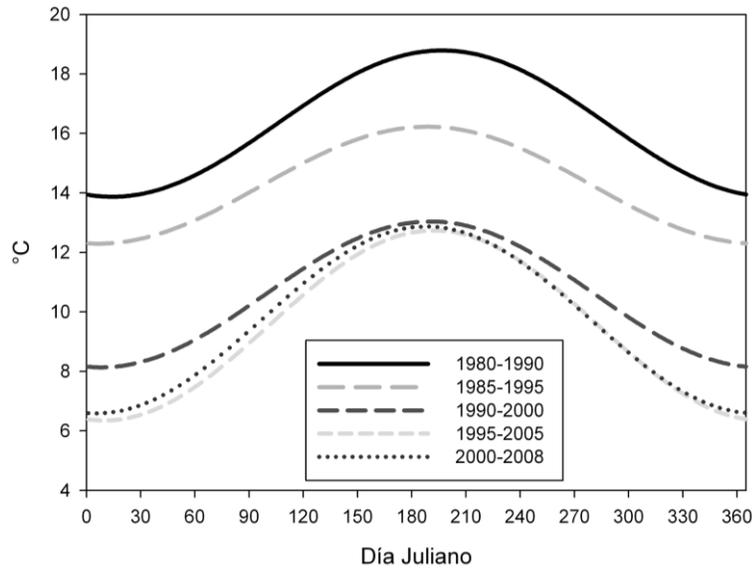


Figura 11. Temperatura mínima registrada en la zona de estudio durante el período de 1980 a 2008.

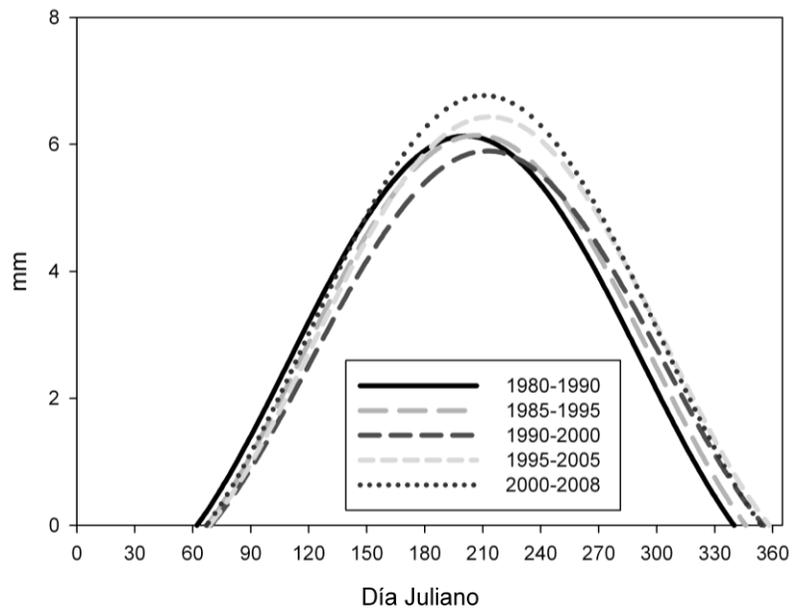


Figura 12. Precipitación registrada en la zona de estudio durante el período de 1980 a 2008.

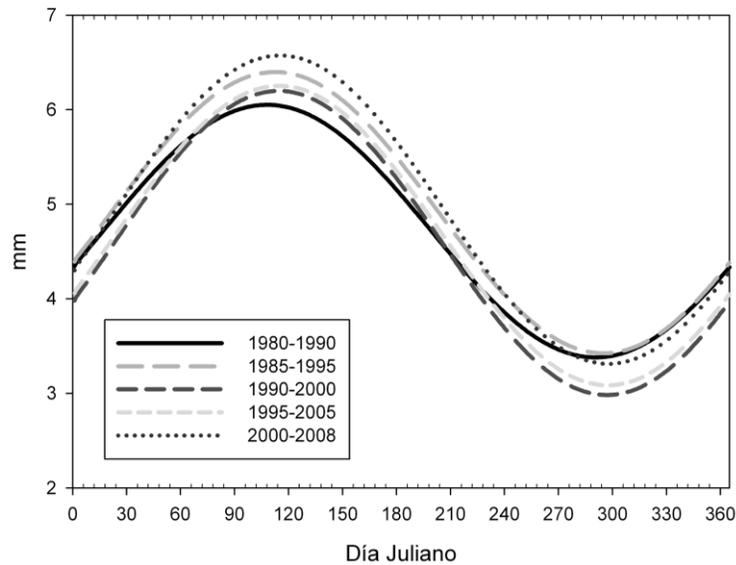


Figura 13. Evapotranspiración registrada en la zona de estudio durante el período de 1980 a 2008.

Al comparar la T_{max} y la T_{min} (Fig. 14) se observa un incremento en las oscilaciones térmicas diarias. Al principio del periodo analizado (1980-1990) la oscilación diaria durante secas era de 10°C y 8°C en lluvias, sin embargo al final del periodo analizado (2000-2008) estas fluctúan entre 21° en secas y 11°C en lluvias. Esto se puede observar gracias al parámetro a de los ajustes para T_{max} y T_{min} (Cuadro 2).

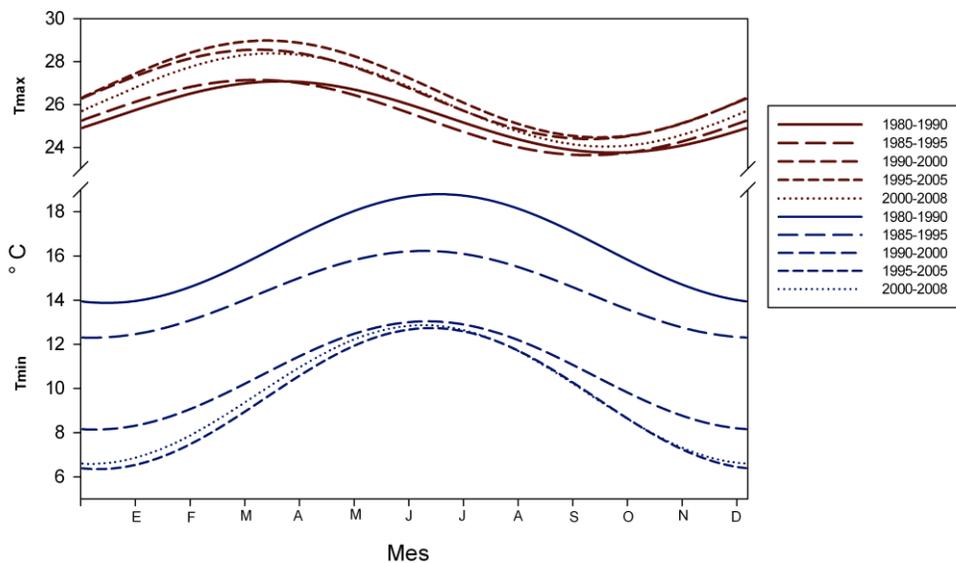


Figura 14. Comparación de la temperatura mínima y máxima registrada en la zona de estudio durante el periodo de 1980 a 2008.

Es importante señalar que las cuatro variables analizadas han sufrido un desfase de entre 6 y 10 días en la ocurrencia de sus puntos máximos y mínimos durante el año, lo cual se hace constar por el parámetro *c* de los ajustes sinusoidales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores obtenidos de la fórmula seno de cuatro parámetros para cada una de las variables analizadas en la zona de estudio durante el período de 1980 a 2008.

Temperatura máxima				
	<i>y0</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
1980//1990	25.42	1.66	365	346.41
1985//1995	25.39	1.75	365	360.05
1990//2000	26.47	2.08	365	359.28
1995//2005	26.72	2.26	365	354.05
2000//2008	26.21	2.17	365	350.72
Temperatura mínima				
	<i>y0</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
1980//1990	16.33	2.46	365	259.42
1985//1995	14.26	1.97	365	267.74
1990//2000	10.59	2.45	365	266.04
1995//2005	9.55	3.19	365	264.10
2000//2008	9.73	3.14	365	268.27
Precipitación				
	<i>y0</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
1980//1990	2.59	3.54	365	255.18
1985//1995	2.60	3.54	365	249.42
1990//2000	2.58	3.32	365	243.96
1995//2005	2.85	3.58	365	242.76
2000//2008	2.98	3.80	365	245.60
Evapotranspiración				
	<i>y0</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
1980//1990	4.72	1.34	365	348.15
1985//1995	4.91	1.49	365	343.83
1990//2000	4.59	1.61	365	341.91
1995//2005	4.67	1.58	365	341.54
2000//2008	4.94	1.63	365	341.03

El análisis de Mann-Kendall indica que la frecuencia de ocurrencia de las *Tmax* mayores de 30°C, las *Tmin* menores de 5°C y la *ET* mayor a 7mm ha venido en aumento durante los últimos años (Cuadro 3), siendo las *Tmax* mayores de

30°C y las T_{min} menores de 5°C las que han tenido un mayor incremento en su frecuencia a partir de 1992 (Fig. 15). Las T_{max} mayores de 30°C han incrementado a razón de un día por cada año transcurrido y las T_{min} menores de 5°C un día cada dos años.

Adicionalmente, el análisis indica una modificación en el comportamiento de la precipitación, lo anterior en consecuencia de la disminución de eventos con precipitaciones menores a 5mm y un incremento de eventos con precipitaciones mayores a los 30mm (Cuadro 3), lo que sugiere prolongados periodos de sequía y un mayor riesgo de inundaciones.

Cuadro 3. Valores obtenidos del análisis de tendencias de Mann-Kendall para temperaturas mayores a 30°C, temperaturas mínimas menores a 5°C, precipitaciones mayores a 30mm y menores a 5mm, evapotranspiraciones mayores a 7mm, así como el número de eventos registrados desde 1980 a 2008.

	Estadístico	ASE	Valor de p	Pendiente	Intervalos de confianza 95%	
					Inferior	Superior
$T_{max}>30^{\circ}\text{C}$	148	50.53	0	1	0.4	2.03
Precipitación>30mm	87	50.04	0	0.10	0	0.21
$T_{min}<5^{\circ}\text{C}$	141	47.88	0	0.43	0	0.86
Evap>7mm	55	50.59	0	0.81	-0.67	2.14
Nº eventos	-11	50.57	0	-0.09	-0.68	0.81
Precipitación<5mm	-15	50.49	0	-0.05	-0.68	0.44

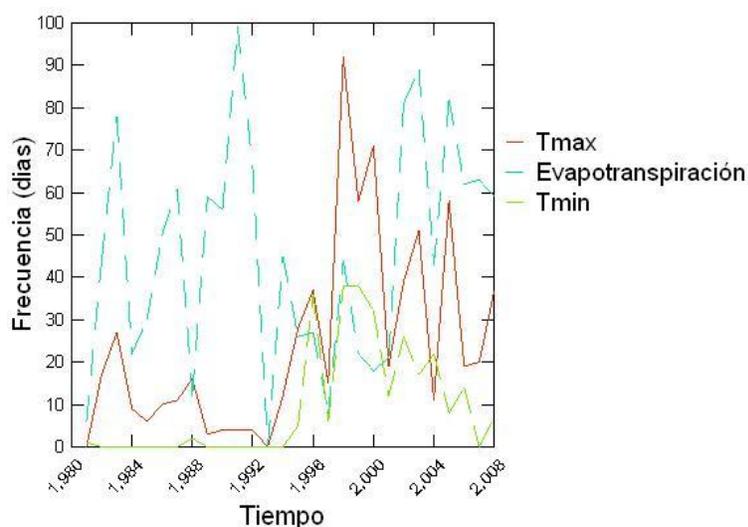


Figura 15. Tendencias de volver a registrar temperaturas mayores a 30°C, temperaturas mínimas menores a 5°C y evapotranspiraciones mayores a 7mm en la zona de estudio.

VI.III. Inmunidad innata

Se obtuvieron muestras de sangre de 36 individuos; sin embargo, debido a que las muestras presentaban grandes cantidades de células que impedían su diferenciación y conteo, sólo se pudieron examinar muestras correspondientes a 6 individuos (2 hembras y 4 machos), de las cuales se identificaron los distintos tipos celulares sanguíneos, sus frecuencias y proporciones (Cuadro 4).

Cuadro 4. Frecuencias y proporciones de los distintos grupos sanguíneos identificados en individuos de *Aspidoscelis costata costata*, donde RC= respuesta conductual, R=reactivo, P=proactivo, H= hembras, M= machos, Lin=Linfocitos, Mon=Monocitos, Het=Heterófilos, Eos=Eosinófilos y Bas=Basófilos, P.=Proporción

Sexo	RC	Lin	Mon	Het	Eos	Bas	P.Lin	P.Mon	P.Het	P.Eos	P.Bas	P.H/L
H	R	66	8	25	0	1	0.66	0.08	0.25	0	0.01	0.38
M	R	85	0	15	0	0	0.85	0	0.15	0	0	0.18
M	R	91	0	8	1	0	0.91	0	0.08	0.01	0	0.09
M	R	81	7	10	2	0	0.81	0.07	0.1	0.02	0	0.12
M	P	87	3	9	1	0	0.87	0.03	0.09	0.01	0	0.1
H	P	58	3	39	0	0	0.58	0.03	0.39	0	0	0.67

Al comparar la proporción de linfocitos y heterófilos, se registró un mayor número de linfocitos que de heterófilos en los individuos de *Aspidoscelis costata costata* (linfocitos= 78.0 ± 13.69 ; heterófilos= 17.66 ± 12.79 ; $t=8.27$, $p=0.00$). En general, se registró una proporción 6/1 de linfocitos con respecto a los heterófilos.

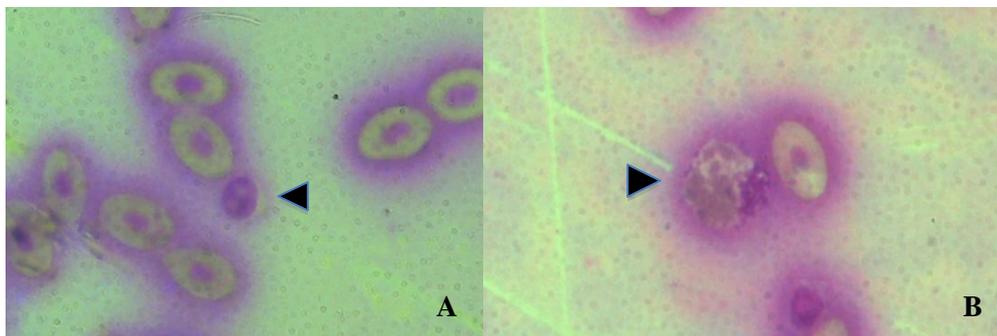


Figura 16. Leucocitos de *Aspidoscelis costata costata*: A) Linfocito (40x) y B) Heterófilo (40x).

VII. DISCUSIÓN

VII.I. Respuesta conductual ante la reubicación de alimento, en un ambiente nuevo y ante la presencia de objeto novedoso

La flexibilidad conductual es la capacidad de los individuos de poder cambiar y ajustar su conducta a las condiciones actuales a las que están expuestos. En este trabajo, la flexibilidad conductual fue evaluada al exponer a individuos de la lagartija *Aspidoscelis costata costata* a distintas situaciones como el cambio de ubicación del alimento, posterior a una fase de aprendizaje. Durante el entrenamiento o aprendizaje, los individuos exploraron un ambiente novedoso por primera vez y aprendieron a encontrar y consumir alimento en una ubicación determinada dentro del terrario. Durante la fase de aprendizaje no se observaron diferencias entre hembras y machos en el número de experimentos necesarios para aprender. En este sentido algunos estudios registran que los machos presentan una mayor capacidad de aprendizaje (Range *et al.*, 2006) y memorización (Frick y Gresack, 2003) al ser comparados con hembras de la misma especie.

En *Aspidoscelis costata costata*, no se encontraron diferencias entre hembras y machos en los tiempos en encontrar y consumir el alimento cuando éste se regresó al brazo de aprendizaje. Lo anterior puede deberse a que ésta parece ser una tarea que requiere un rápido ajuste de las experiencias previas; por lo tanto, es posible que a los individuos de esta especie les tome más tiempo ajustarse, ya que el responder de forma positiva parece ser un proceso que requiere de una mayor capacidad cognitiva para que los individuos respondan más rápido a este estímulo (Bond *et al.*, 2007). El hecho de que en otros grupos animales se observaron diferencias marcadas en los tiempos en encontrar el alimento una vez que este fue regresado al brazo de entrenamiento, opuesto a lo observado en *Aspidoscelis costata costata*, puede deberse a que los individuos sujetos a los estudios en otros grupos animales provienen de líneas de selección artificial previamente establecidas (Ruiz-Gómez *et al.*, 2011, Bolhuis *et al.*, 2004,

Verbeek *et al.*, 1994, Benus *et al.*, 1991), lo que puede acentuar las respuestas conductuales.

La respuesta que los individuos presentaron ante la presencia de un objeto novedoso es uno de los principales indicadores de la flexibilidad conductual ya que refleja el grado al cual el ambiente afecta la conducta individual de los organismos. Durante esta fase se registraron diferencias significativas entre hembras y machos de *Aspidoscelis costata costata* en los tiempos en salir del área de termorregulación, ya que las hembras fueron quienes se mostraron menos afectadas por este nuevo estímulo. Esta respuesta puede deberse a que entre hembras también se registró un mayor número de individuos proactivos. Entre las respuestas más sobresalientes de los individuos proactivos se encuentran la intrepidez y la exploración, las cuales se refieren a la reacción de los individuos ante situaciones de riesgo y hacia situaciones novedosas respectivamente (Ráele *et al.*, 2007; Coppens *et al.*, 2010). Adicionalmente, distintos estudios en peces y ratones registran que las hembras exhiben una mayor preferencia por lo novedoso y se inclinan más por la exploración, así como una mayor intrepidez (Ray y Hansen, 2004; Øverli *et al.*, 2006; Frick y Gresack, 2003), lo que les permite explorar ambientes que presenten algún nivel de riesgo. Estas diferencias entre sexos pueden estar relacionadas con la actividad del eje hipotalámico-pituitario-gonadal (HPG) el cual puede constituir un mecanismo fisiológico que modula las respuestas conductuales entre hembras y machos (Øverli *et al.*, 2006; Koolhaas *et al.*, 2010).

Por otra parte, Frick y Gresack (2003) en un estudio realizado en ratones registran que las hembras, a diferencia de los machos, prestan menos atención a objetos novedosos en su ambiente, y al parecer los individuos de *Aspidoscelis costata costata* no son la excepción ya que en el caso de particular de las hembras se observó que salieron más rápido del área de termorregulación ante la presencia de un objeto novedoso, a diferencia de las demás pruebas a las que se expusieron. Estos resultados permiten dilucidar varios aspectos de la conducta en

hembras: en primera instancia refleja altos niveles de intrepidez y exploración ante objetos y situaciones novedosas, así como una habituación más rápida a los ambientes a los que se ha expuesto como lo registrado en hembras de peces y ratones (Øverli *et al.*, 2006; Frick y Gresack, 2003).

Asimismo, se ha registrado que las crías de *Aspidoscelis costata costata* presentan una relación en los niveles de intrepidez a través de distintos contextos (Heredia-Morales, 2012). Los resultados observados en el presente estudio en relación a los niveles de intrepidez expresados por parte de los individuos adultos ante la presencia de un objeto novedoso, pueden sugerir que los aspectos de la conducta de los individuos aquí estudiados podrían mantenerse a lo largo de su ontogenia.

VII.II. Proporción de individuos reactivos y proactivos y su respuesta ante distintos escenarios

Como se ha mencionado, el perfil conductual de los individuos es consistente a través del tiempo y en diferentes contextos o situaciones, bajo esta premisa se determinaron los dos tipos de respuesta conductual registrada en otros grupos de vertebrados: proactivos y reactivos (Cuadro 1). En estudios similares donde se han empleado individuos seleccionados previamente por alguna característica (Ruiz-Gómez *et al.*, 2011, Bolhuis *et al.*, 2004, Verbeek *et al.*, 1994, Benus *et al.*, 1991), las respuestas de éstos son claras tanto para individuos reactivos como proactivos. Por ejemplo, en ratones seleccionados por su agresividad, los individuos proactivos (los más agresivos) mostraron una conducta rígida para cada una de las pruebas (Benus *et al.*, 1991); mientras que en truchas seleccionadas por sus diferencias en niveles de cortisol en respuesta al estrés, los individuos proactivos no encontraron el alimento cuando éste se cambió de ubicación (Ruiz-Gómez *et al.*, 2011). En el presente estudio, no se observaron diferencias claras entre los individuos reactivos o proactivos como se ha registrado previamente en otros grupos animales (Cuadro 1), por lo que se utilizó la consistencia que éstos manifestaron durante todos los cambios. Lo anterior puede

deberse a que éste estudio se llevó a cabo en individuos que fueron capturados en campo y evaluados poco tiempo después de permanecer en cautiverio y se sugiere que el empleo de este tipo de organismos refleja el espectro completo de la conducta individual, mientras que los estudios que se realizan con individuos seleccionados artificialmente reflejan sólo los extremos de su conducta; es decir, no existen fenotipos intermedios debido a la manipulación previa (Koolhaas *et al.*, 2010).

El resultado más sobresaliente de este estudio es que se registró un mayor número de individuos reactivos dentro de la población de *Aspidoscelis costata costata* en Tonatico, Estado de México. Esta observación puede ser consecuencia de distintos factores; entre ellos el tipo de forrajeo de la especie (amplio/activo), donde los individuos se caracterizan por mostrar un amplio desplazamiento en busca de recursos, exponiendo a los individuos a distintos escenarios cada vez que salgan en busca de estos. Como lo indican Clark y Ehlinger (1978), los individuos que presenten este tipo de patrones de actividad en busca de recursos son los que están mejor adaptados a ambientes fluctuantes, donde la demanda de habilidades cognitivas es mayor porque los individuos deben de estar preparados para buscar otras soluciones a los problemas a los que se enfrentan (Bond *et al.*, 2007). Si bien la densidad de depredadores de *Aspidoscelis costata costata* no ha sido evaluada en el área de estudio, también podría contribuir a la baja frecuencia de individuos proactivos en la población, debido a que en poblaciones donde la densidad de depredadores es alta, los individuos que presentan una conducta proactiva se encontrarán en alto riesgo (Carter *et al.*, 2010; Dingemanse y Wolf, 2013), ya que les toma más tiempo reaccionar ante la presencia de depredadores potenciales (Jones y Godin, 2010) e incluso tienden a ser los más depredados (Bell y Sih, 2007).

El hecho de no haber encontrado diferencias significativas entre individuos reactivos y proactivos en salir del área de termorregulación así como en encontrar y consumir el alimento en un ambiente novedoso puede indicar una adaptación de

los individuos de *Aspidoscelis costata costata* a este tipo de situaciones. Como se mencionó, el tipo de forrajeo de la especie sin duda juega un papel importante en las características conductuales de *Aspidoscelis costata costata* ya que obliga a los individuos a tener un mayor desplazamiento dentro del hábitat y por consiguiente, enfrentarse a situaciones potencialmente peligrosas, como una mayor probabilidad de encuentros con depredadores y con situaciones novedosas.

Por otro lado, el hecho de enfrentar a los estresores abióticos y evitar los eventos extremos también puede ayudar a predecir el tipo de conducta de los individuos en una población. Los resultados obtenidos en el presente estudio concernientes a la variación climática sugieren que El Zapote en Tonalico se considera como un ambiente inestable, por lo que nuevas situaciones dentro del hábitat, dependientes del clima, estarán presentes de manera constante, aunque impredecible, por lo que los individuos deben habituarse rápidamente a tales condiciones (Réale *et al.*, 2007). Aunado a ello, las respuestas de los individuos ante los cambios a los que fueron sometidos durante las pruebas conductuales puede representar su capacidad de adaptación a condiciones ambientales variables. Este resultado es notable para la especie ya que se ha registrado que el cambio climático afecta a los organismos en todos los biomas y ecosistemas, y para enfrentar estos cambios las especies deberán adaptarse a nuevos ambientes, ajustando su conducta a los desafíos a los cuales se ven expuestos (Sinervo *et al.*, 2010), por lo que se puede sugerir que *Aspidoscelis costata costata* es una especie que tiene la capacidad conductual para hacer frente a los cambios ambientales derivados del cambio climático global. Lo anterior principalmente debido a que las variables climáticas analizadas en este estudio (temperatura, precipitación y evaporación) tienen influencia directa en la disponibilidad de alimento, la presencia de depredadores y en la temporada de reproducción de la especie, así como aspectos de su termorregulación. En relación los aspectos reproductivos de la especie, se ha observado que la temporada de reproducción de *Aspidoscelis costata costata* está determinada por las características micro-ambientales de anidación (López-Moreno, 2011), que tienen influencia directa en

el fenotipo (López-Moreno, 2011) y en la conducta de las crías (Heredia-Morales, 2012).

Los resultados encontrados en el presente estudio, entre los que destacan altos niveles de intrepidez y exploración en ambientes y ante objetos novedosos, al igual que las observaciones registradas en crías por Heredia-Morales (2012), sugieren que *Aspidoscelis costata costata* se caracteriza por ser altamente intrépida ante distintos escenarios; sin embargo, las diferencias conductuales se basan principalmente en la respuesta individual a distintos estímulos ambientales, característica que permite discernir entre individuos proactivos y reactivos (Koolhaas *et al.*, 2010).

El hecho de observar diferencias significativas en los tiempos en encontrar y consumir el alimento al cambiarlo de posición, donde los individuos proactivos tomaron más tiempo para realizar esta tarea, puede deberse a que durante la fase de aprendizaje estos individuos desarrollaron y siguieron una rutina la cual, como se ha observado en otras especies, es difícil de romper ya que los individuos proactivos se caracterizan por responder basados en su experiencia y hábitos (Coppens *et al.*, 2010; Verbeek *et al.*, 1994). Aunado a esto, de manera general la presencia de un objeto novedoso parece no tener un efecto significativo en la conducta de los individuos de *Aspidoscelis costata costata*, ya que los individuos proactivos y reactivos salieron en tiempos similares del área de termorregulación. Sin embargo, lo anterior no necesariamente implica que el objeto haya pasado inadvertido por los individuos reactivos, ya que a pesar de las similitudes en los tiempos en salir del área de termorregulación, estos tardaron más tiempo en encontrar y consumir el alimento. Lo anterior puede indicar que los individuos reactivos pasaron más tiempo examinando el ambiente como consecuencia de la presencia de un objeto novedoso, ya que tienden a caracterizarse por una gran exploración del ambiente, donde sus respuestas pueden depender de las pistas disponibles a su alrededor (Koolhaas *et al.* 2010; Verbeek *et al.*, 1994; Benus *et al.*, 1991; Ruiz-Gómez *et al.*, 2011). En este sentido, se ha determinado que ante

una mínima modificación en el ambiente, los individuos reactivos pasan más tiempo adquiriendo nueva información que les permita desempeñarse de mejor forma en ambientes inestables o impredecibles en sus condiciones (Coppens *et al.*, 2010).

VII. III. Perfiles conductuales y su relación con el ambiente

Los eventos extremos se han incrementado en frecuencia e intensidad con el paso de los años, y la zona de estudio no es la excepción ya que en los últimos 30 años se registró un incremento en la temperatura máxima de dos grados en los meses de lluvias y secas, mientras que las temperaturas mínimas han disminuido cerca de 7°C durante el invierno, por su parte la evapotranspiración y la precipitación han aumentado de una manera similar. Aunque las fluctuaciones en el ambiente podrían parecer mínimas, existen registros los cuales indican que un cambio (por mínimo que sea) en las variables climáticas, puede provocar un incremento en los eventos extremos (inundaciones, sequías, tormentas, olas de calor y frío). Por ejemplo, el aumento en la temperatura puede provocar serias olas de calor (Meehl *et al.*, 2000) y una mayor precipitación (Gordon *et al.*, 1992), mientras que una disminución en la temperatura propicia el incremento de granizadas y tormentas eléctricas (Dessens, 1995). En general los resultados registrados en el presente estudio presentan una gran similitud con los encontrados por Alexander y colaboradores (2006) quienes analizaron los cambios climáticos a nivel mundial, y registraron un incremento en la temperatura máxima, una drástica disminución en las temperaturas mínimas, amplias oscilaciones día/noche de estas variables, así como un incremento en la precipitación, sugiriendo un mundo más frío y más húmedo. Esta similitud entre los resultados en conjunto con los resultados de los análisis de tendencias, indican que la inestabilidad climática en el área de estudio se ha mantenido con el tiempo y al parecer será persistente en años subsecuentes.

La inestabilidad térmica registrada en la zona de estudio puede presentar distintos efectos sobre la biología de *Aspidoscelis costata costata*, principalmente

por las oscilaciones de la temperatura en el transcurso del día pueden tener un efecto considerable en su horario de actividad (8-16hrs, Rubio-Blanco, 2011), en primera instancia por las bajas temperaturas en la mañana ya que la primera toma de calor puede ser la más importante para la especie (Rubio-Blanco, 2011), mientras que las elevadas temperaturas por la tarde podrían restringir el tiempo que puede estar en las áreas abiertas. Adicionalmente, los individuos de esta especie son propensos a sufrir un sobrecalentamiento, en especial las crías debido a su baja eficiencia de termorregulación (Rubio-Blanco, 2011), por lo que es necesario que tenga la capacidad de adecuarse a estas condiciones de estrés térmico a través de una buena conducta de termorregulación (Huey y Tewsksbury, 2009) ya que de no hacerlo puede presentar serios efectos en su adecuación (Wingfield *et al.*, 2011). La conducta flexible que presenta esta especie desde etapas tempranas del desarrollo, puede permitir hacer frente a estas adversidades ya que el éxito en la sobrevivencia de los individuos ectotermos en condiciones donde existe un estrés térmico depende de su habilidad de cambiar y ajustar su conducta de termorregulación (Kearney *et al.*, 2009). Adicionalmente, cambios en la temperatura pueden potenciar su conducta flexible ya que existen reportes los cuales indican que las variaciones en la temperatura máxima ambiental afectan los niveles de actividad y agresividad (Biro *et al.*, 2010), por lo que el ser conductualmente flexible puede propiciar un mayor éxito reproductor bajo condiciones de inestabilidad térmica (Betini y Norris, 2012).

Por otra parte, la disminución de la precipitación y el incremento en la temperatura que a su vez genera un incremento en la evapotranspiración implica una desecación más rápida del suelo de la zona de estudio, lo cual puede actuar como un factor que determine el éxito de eclosión de los huevos de *Aspidoscelis costata costata*, ya que se ha registrado que las bajas tasas de humedad en el suelo pueden afectar la elección de los sitios de anidación (Benítez-Dolores, 2011). En contraste, el incremento en eventos de precipitación mayores a 30 mm también podría afectar el éxito de eclosión debido a que altas tasas de humedad del suelo pueden propiciar un mayor riesgo de infección para los huevos (Malvaez-

Estrada, en proceso), mientras que las oscilaciones térmicas pueden comprometer el éxito de eclosión en temperaturas mayores a los 31°C (López-Moreno, 2011). Por lo que de mantenerse esta inestabilidad en estos parámetros climáticos, la especie se vería obligada a buscar nuevos sitios de anidación para resguardar la integridad de sus huevos, explotando nuevos sitios gracias a su facilidad de desempeñarse en ambientes novedosos al ser individuos reactivos (Korte *et al.*, 2005). Adicionalmente, se ha reportado que los sitios de anidación de *Aspidoscelis costata costata* ubicados debajo de las rocas son los idóneos para la incubación de los huevos (Flores-Santín, 2010; Benítez-Dolores, 2011); sin embargo, el efecto de la inestabilidad climática sobre la biología reproductora de *Aspidoscelis costata costata* sugiere que ésta podría ovopositar en sitios diferentes a los reportados (Benítez-Dolores 2011 y Flores-Santín, 2010), sitios que les puedan proporcionar las características ambientales adecuadas.

Por otro lado, las modificaciones en la frecuencia de los eventos de precipitación así como el desplazamiento de la temporada de lluvias, puede propiciar un desplazamiento y/o modificación en la disponibilidad de alimento, ya que la presencia y abundancia de presas está determinada por las variables climáticas, principalmente la precipitación y temperatura (Maury, 1995; Visser *et al.*, 2006). Distintos estudios sugieren que la densidad de las presas es importante debido a que en condiciones de baja disponibilidad de alimento los individuos pueden optar por reaccionar de forma proactiva para competir por el recurso (Dingemans *et al.*, 2004; Groothuis y Carere, 2005; Dingemans y Wolf, 2013), mientras que en temporada donde el alimento es abundante, esta intrepidez-agresividad puede representar un incremento en la mortalidad para los individuos (Dingemans *et al.*, 2004). Si bien la dieta de *Aspidoscelis costata costata* de tipo especialista (Muñoz-Manzano, 2010), puede tener un efecto negativo en su adecuación, ya que la sincronización entre la disponibilidad del alimento y la temporada de eclosión son cruciales para la sobrevivencia de las crías (Visser *et al.*, 2006). Sin embargo, la especie podría amortiguar estos efectos de escasez de alimento optimizando su forrajeo; es decir, seleccionando el alimento que le brinde

una mayor cantidad energética a largo plazo (Matsushima *et al.*, 2008), característica reportada en individuos que presentan una mayor flexibilidad conductual (Coppens *et al.*, 2010). En este sentido parece que *Aspidoscelis costata costata* tiene la capacidad de elegir su alimento dependiendo de las condiciones bióticas y abióticas (disponibilidad de alimento y estacionalidad) (Muñoz-Manzano, 2010).

Finalmente, la persistencia en la inestabilidad de las condiciones ambientales a lo largo del tiempo para la población de *Aspidoscelis costata costata* en la localidad de El Zapote, puede propiciar a que el fenotipo reactivo se mantenga como el de mayor frecuencia dentro de la población debido a que es el mejor adaptado en este tipo de ambiente (Koolhaas *et al.*, 2010; Coppens *et al.*, 2010; Korte *et al.*, 2005; Verbeek *et al.*, 1994; Benus *et al.*, 1991; Bolhuis *et al.*, 2004). Adicionalmente, si persiste esta inestabilidad climática y el hecho de que el ambiente presenta efectos sobre la conducta de los individuos a largo (condiciones ambientales en etapas tempranas del desarrollo del individuo) y corto plazo (condiciones ambientales actuales) (Dingemanse y Wolf, 2013), es de esperarse que la flexibilidad conductual sea una respuesta también persistente ya que los individuos que optan por una respuesta flexible en etapas tempranas del desarrollo, tendrán altas tendencias a ser flexibles en etapas más tardías (Wolf *et al.*, 2008).

VII.IV. Inmunidad innata y su relación con los perfiles conductuales

El eje hipotalámico-pituitario-adrenal (HPA) es un sistema fisiológico complejo, que permite regular las funciones conductuales y fisiológicas en respuesta a distintos estresores (Sapolsky *et al.*, 2000). La actividad de este eje se refleja en los niveles de corticosterona en la sangre, y esta a su vez afecta los niveles leucocitarios de los individuos, disminuyendo los niveles de linfocitos e incrementando los heterófilos por lo que es un indicador cuantitativo de la respuesta inmune y de los niveles de estrés (Harmon, 1998; Davis *et al.*, 2008; Quillfeldt *et al.*, 2008). La frecuencia de estos tipos celulares así como el perfil

leucocitario puede variar entre especies (Zimmerman *et al.*, 2009; Stacy *et al.*, 2011). *Aspidoscelis costata costata* presentó en promedio un 78% de linfocitos del total de leucocitos, mientras que el porcentaje de heterófilos fue de 17.6%, frecuencias que están dentro de las registradas para reptiles (70-80% de linfocitos y 15-40% de heterófilos) (Sykes y Klaphake, 2008; Martínez-Silvestre *et al.*, 2011; Stacy *et al.*, 2011). Adicionalmente, este patrón se puede interpretar como baja actividad de la corticosterona y por consiguiente bajos niveles de estrés (Quillfeldt *et al.*, 2008).

Los niveles leucocitarios reportados por Troiano y colaboradores (2008) en *Tupinambis merianae* indican una similitud en cuanto a las frecuencias de leucocitos en los individuos de *Aspidoscelis costata costata*, en primera instancia los linfocitos, seguido por los heterófilos y los eosinófilos, los cuales son los principales grupos celulares involucrados en las respuestas inmunes de los reptiles (Davis *et al.*, 2008). Asimismo en *Tupinambis merianae* se registraron fluctuaciones en los niveles de linfocitos, los cuales se asociaron a la estacionalidad del ambiente (Troiano *et al.*, 2008), lo cual puede sugerir que en el caso de *Aspidoscelis costata costata* es posible que la variación en el número de células sanguíneas observadas en este estudio esté relacionada con las variables climáticas y a la temporada de reproducción, más que a la estacionalidad como tal, debido a que existen registros los cuales indican que las fluctuaciones del perfil leucocitario de los individuos están más relacionadas con la temperatura del ambiente así como con su estado reproductivo (Moore y Jessop, 2003; Kortet y Vainikka, 2008).

Davis y colaboradores (2008) mencionan que las proporciones de H/L pueden ser interpretadas como una respuesta inmune de los individuos o como los niveles de estrés que estos presentan. En este sentido, los niveles de linfocitos representan una alta inmunidad adquirida, mientras que los niveles de heterófilos registrados sugieren una baja inmunidad innata en los individuos de *Aspidoscelis costata costata*. Esta baja inmunidad innata puede tener un efecto directo en el

desarrollo embrionario de la especie ya que las variaciones de la temperatura así como la humedad, pueden incrementar el riesgo de infección de los huevos (Malvaez-Estrada, en proceso). Existen registros los cuales indican que es necesario disponer de una respuesta inmune innata que pueda compensar los efectos de una posible infección, hasta que la respuesta inmune adquirida se desarrolle lo suficiente para montar una respuesta eficiente contra estos patógenos (Dalmo, 2005); sin embargo, los resultados registrados en este estudio pueden sugerir que la especie tome otras estrategias, por ejemplo una gran cantidad de proteínas con capacidad antimicrobiana como la lizosima (Malvaez-Estrada, en proceso) para contrarrestar la baja inmunidad innata de los individuos.

Las diferencias en las variaciones de las proporciones H/L pueden estar asociadas a distintos factores ecológicos y biológicos (Davis *et al.*, 2008; Moore y Jessop, 2003), dentro de estos factores se ha reportado diferencias entre sexos de la misma especie (Moore y Jessop, 2003; Martínez-Silvestre *et al.*, 2011), en este caso las hembras de *Aspidoscelis costata costata* presentan un mayor número de heterófilos que los machos, lo cual puede sugerir que esta especie puede optar por una mejor inversión reproductiva debido a que en hembras existen trueques entre la respuesta inmune y el esfuerzo reproductor donde las hembras que optan por una mejor respuesta inmune disminuyen el número de folículos (French *et al.*, 2007; Ruiz *et al.*, 2011). Con base a lo anterior, se sugiere que las hembras de *Aspidoscelis costata costata* también pueden presentar este “trueque”, ya que la especie presenta el tamaño de nidada más grande registrada para el género (Pérez-Almazán, 2007). Adicionalmente, estos altos niveles de heterófilos en las hembras pueden ser interpretados como un índice de estrés, el cual puede presentar un efecto en la conducta de las crías, donde los hijos de madres con niveles más altos de estrés presentan una alta filopatría a su área natal (Moore y Jessop, 2003), lo cual puede generar una competencia madre-hijo por los recursos. Sin embargo, el escaso nivel de solapamiento del ámbito hogareño reportado para *Aspidoscelis costata costata* (Aguilar-Moreno, 2009) sugiere que el estrés de las hembras podría no afectar los niveles de desplazamiento de los

individuos, si no que pueden promover sus niveles de exploración como sucede en los pinzones cebra (Martins *et al.*, 2007).

Se ha reportado que distintos factores ambientales pueden actuar como factores estresantes para las especies como la privación de agua o alimento (French *et al.*, 2007), ambientes novedosos (Wingfield *et al.*, 2013), temperatura (Kearney *et al.*, 2009), estacionalidad (Kortet y Vainikka, 2008), entre otros. De acuerdo con los resultados de estabilidad ambiental del presente estudio, estos factores estresantes se encuentran presentes en el Zapote lo cual puede propiciar altos niveles de estrés para los individuos; sin embargo, la baja proporción H/L sugiere que la conducta de la especie le permite amortiguar estos efectos estresantes lo que puede indicar una adaptación a las condiciones ambientales ya que se requiere una adaptación morfológica, fisiológica y conductual por parte de los individuos para amortiguar los efectos de los cambios ambientales (Wingfield, 2013). De forma particular, la baja disponibilidad del alimento así como la baja condición de los individuos pueden estar asociados con altos niveles de estrés (Moore y Jessop, 2003; French *et al.*, 2007; Davis *et al.*, 2008), bajo este aspecto la conducta de *Aspidoscelis costata costata* le permite amortiguar escasez de alimento, optimizando su forrajeo y evitando la liberación de corticosterona ante los estímulos estresantes, situación que puede ser corroborada por sus bajos niveles de estrés.

Los altos niveles de intrepidez de *Aspidoscelis costata costata*, así como su capacidad de invadir nuevos ambientes, pueden exponer a los individuos a enfrentarse con peligros potenciales y en consecuencia la presencia de heridas (ya sean causadas por depredadores o competidores), así como un mayor riesgo de infección (Korte *et al.*, 2005). Sin embargo, los altos niveles de linfocitos, representados como una mayor inmunidad adquirida, pueden equilibrar esta situación debido a que este tipo de inmunidad está comprendida por células T y por la inmunidad humoral (Zimmerman *et al.*, 2009), esta última ha sido reportada como la principal respuesta inmune de los individuos reactivos (Korte *et al.*, 2005).

Dado que los resultados indican un mayor número de individuos reactivos de *Aspidoscelis costata costata* en la población de Tonatico Estado de México, se esperaría por lo tanto, que los valores de linfocitos sean menores a los registrados, esto con base a que este tipo de respuesta conductual se caracteriza por una alta actividad del eje HPA, llevando la liberación de corticosterona lo que en consecuencia reduciría el número de linfocitos en la sangre. Asimismo se ha descrito que la corticosterona juega un papel importante en la expresión de la conducta reactiva, donde altos niveles de cortisol promueven una conducta inmóvil ante un estresor o un depredador, así como un efecto en las latencias de enfrentar un ambiente novedoso (Koolhaas *et al.*, 1999), por lo que un análisis de corticosterona en la sangre ayudará a esclarecer el hecho de que los individuos de *Aspidoscelis costata costata* presentan valores normales de linfocitos aún cuando expresan una conducta de tipo reactiva.

VIII. CONCLUSIONES

- El perfil conductual de los individuos de *Aspidoscelis costata costata* está determinado primordialmente por altos niveles de flexibilidad conductual, así como exploración en situaciones novedosas y cambiantes.
- El ambiente que habita *Aspidoscelis costata costata* en Tonatico, Estado de México se ha comportado de forma inestable en los últimos 30 años, lo que sugiere que puede estar actuando como una fuerte presión de selección para los individuos que lo habitan, ya que aquéllos que no sean capaces de afrontar las demandas cognitivas y fisiológicas, a través de modificaciones en su conducta, pueden sufrir severas repercusiones en su adecuación.
- La conducta de *Aspidoscelis costata costata* está regulada por las características ambientales en las que se encuentra, puesto que un ambiente inestable como el de Tonatico, propicia la generación de nuevos escenarios a los que los individuos reactivos pueden hacer frente de forma más eficiente debido a su alta sensibilidad a estos cambios, mientras que los proactivos los ignoran y tienden a seguir rutinas. Lo anterior nos lleva a sugerir que existe una alta relación entre la inestabilidad del ambiente y los tipos de respuesta conductuales encontrados en *Aspidoscelis costata costata* como lo sugieren estudios previos en otras especies.
- La relación entre la conducta y los niveles leucocitarios de *Aspidoscelis costata costata* parecen estar asociados primordialmente en las bases fisiológicas que modulan la conducta de los individuos. La actividad del eje HPA así como los corticosteroides actúan en conjunto para determinar las respuestas conductuales e inmunitarias en respuesta al estrés.

IX. PERSPECTIVAS DE ESTUDIO

Las diferencias en la conducta individual son una parte fundamental para entender la ecología de las especies; sin embargo, los registros de este tipo de estudios en especies silvestres es muy escaso. Por lo anterior, es de suma importancia continuar con este tipo de estudios, en especial en un mundo tan cambiante como el que hoy vivimos. Si bien, en el presente estudio se evaluó la relación que existe entre la conducta y variables abióticas, es importante evaluar otro tipo factores que puedan afectar la conducta de la especie como la densidad de depredadores, así como las especies que se encuentren en simpatria con *Aspidoscelis costata costata*. Adicionalmente, el llevar a cabo un estudio en el que se registren los niveles de corticosteroides en los individuos de *Aspidoscelis costata costata* será de gran importancia ya que permitirá elucidar la respuesta fisiológica de la especie a los cambios ambientales. Los resultados del presente estudio referentes a la inmunidad indican que la especie presenta una alta respuesta inmune adquirida; sin embargo es necesario realizar un estudio en el cual el tamaño de muestra sea más grande y de ser posible se lleve a cabo en crías, ya que de presentar una baja respuesta inmune innata como se muestra en los resultados, puede tener un efecto negativo sobre la sobrevivencia de las crías en especial si éstas presentan un potencial riesgo de infección en primera instancia durante el desarrollo embrionario y debido a su forrajeo de tipo activo.

Los resultados de este estudio fueron preparados para su publicación. Se redactó el artículo “Behavioral flexibility and climatic variation in the lizard *Aspidoscelis costata costata*” que fue enviado a la revista Behavioral Ecology (factor de impacto de 3.216). Este journal fue elegido ya que aborda los procesos ecológicos y evolutivos para explicar la presencia y significancia de los patrones conductuales así como el uso de procesos conductuales para predecir patrones ecológicos.

X. LITERATURA CITADA

Aguilar-Moreno M. (2009). Evaluación del dimorfismo sexual y del ámbito hogareño en *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae) en Tonatico, Estado de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México.

Alexander L. V., Zhang X., Peterson T. C., Caesar J., Gleason B., Klein A. M. G., Haylock M., Collins D., Trewin B., Rahimzadeh F., Tagipour A., Rupa Kumar, K., Revadekar J., Griffiths G., Vincent L., Stephenson D. B., Burn J., Aguilar E., Brunet M., Taylor M., New M., Zhai P., Rusticucci M. y Vazquez-Aguirre J. L. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*. 111.

Bell A. M. y Sih A. (2007). Exposure to predation generates personality in threespined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). *Ecol Lett*. 10:828–34.

Benítez-Dolores E. (2011). Selección de nidos de anidación en relación a la temperatura y humedad por *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México.

Benus R. F., Bohus B. Koolhaas J. M. y Van Oortmensen G. A. (1991). Heritable variation for aggression as a reflection of individual coping strategies. *Experientia*. 47: 1008-19.

Betini G. S. y Norris R.D. (2012). The relationship between personality and plasticity in tree swallow aggression and the consequences for reproductive success. *Animal behavior*. 83: 137-143.

Biro, P. A., Beckmann, C. y Stamps, J. A. 2010. Small within-day increases in temperature affects boldness and alters personality in coral reef fish. *Proceedings of the Royal Society B*. 277:71-77.

Bishop C.R., Athens J.W., Boggs D.R., Warner H.R., Cartwrig G. y Wintrobe M.M. (1968). Leukokinetic Studies 13. A non-steady-state kinetic evaluation of mechanism of cortisone-induced granulocytosis. *Journal of Clinical Investigation*. 47: 249-260.

Blumroeder J., Eccard J. A. y Blaum N. (2012). Behaviorual flexibility in foraging mode of the spotted sand lizard (*Pedioplanis l. lineocellata*) seems to buffer negative impacts of savanna degradation. *Journal of arid environments*. 77: 148-152.

Bolhuis, J.E., Parmentier, H.K., Schouten, W.G., Schrama, J.W. y Wiegant, V.M., (2003). Effects of housing and individual coping characteristics on immune responses of pigs. *Physiol. Behav.* 79, 289–296.

Bolhuis J. E., Schouten W. G. P., Leeuw J. A. D., Schrama J. W. y Wiegant V. M. (2004). Individual coping characteristics, rearing conditions and behavioural flexibility in pigs. *Behav. Brain Res.* 152: 351-360.

Bond A. B., Kamil A. C. y Balda R. P. (2007). Serial reversal learning and the evolution of behavioural flexibility in three species of North American corvids *Gymnorhinus cyanocephalus*, *Nucifraga columbiana*, *Aphelocoma californica*). *Journal of comparative psychology*. 121 (4): 372-379.

Campbell T. (1998). Interpretation of the reptilian blood profile. *Exotic Pet Practice*. 3:33-36.

Carter A. J., Goldizen A. W. y Tromp S. A. (2010). Agamas exhibit behavioral syndromes: bolder males bask and feed more but may suffer higher predation. *Behavioral Ecology*. 21(3):655-661.

Castro-Franco R. y Bustos M.G. (2003). Lagartijas de Morelos, México: distribución, hábitat y conservación, *Acta Zool. Méx.*, 88:123-142.

Clark A. B. y Ehlinger T. J. (1987). Pattern and adaptation in individual behavioural differences. En *Perspectives in Ethology*. Vol 7: Alternatives (Ed. Por P. P. G. Bateson y P.H. Klopfer), Plenum Press. New York. 1-47 pp.

Coico R., Sunshine G. y Benjamin E. (2003). *Immunology, A short course*. Wiley-Liss Publications. Hoboken, New Jersey.

Coppens C. M., de Boer S. F. y Koolhaas J. M. (2010). Coping styles and behavioural flexibility: towards underlying mechanisms. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 365: 4021-4028.

Dhabhar F.S. (2002). A hassle a day may keep the doctor away: stress and the augmentation of immune function. *Integrative and Comparative Biology*. 42: 556-564.

Dalmo R.A. (2005). Ontogeny of the fish immune system. *Fish and Shellfish Immunology* 19: 395-396.

Davis A. K., Maney D. L. y Maerz J. C. (2008). The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists. *Functional ecology*. 22: 760-772.

Dessens J. (1995). Severe convection weather in the context of a nighttime global warming. *Geophys. Res. Lett.* 22: 1241–1244.

Dingemanse N. J., Both C., Drent P. J. y Tinbergen J. M. (2004). Fitness consequences of avian personalities in a fluctuating environment. *Proc. R. Soc. Lond. B*. 271: 847-852.

Dingemanse N. J. y Wolf M. (2013). Between-individual differences in behavioural plasticity within populations: causes and consequences. *Animal behaviour*. 85: 1031-1039.

Driscoll P. y Kugler P. (1984). Genetic and histological aspects of stomach lesions induced by systemic injection of phenylbutazone in the rat. *Experientia*. 40:967–9.

Duellman, W. E. y R. G. Zweifel. (1962). A synopsis of the lizards of the *sexlineatus* group (genus *Cnemidophorus*). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 123 (3), 155-210

Ferronato B. O., Merchant M. E., Marques T. S. y Verdade L., M. (2009). Characterization of innate immune activity in *Phrynops geoffroanus* (Testudines: Chelidae). *Zoologia* 26 (4): 747-752.

Flores-Santin J. (2010). Descripción ecológica de los sitios de anidación de *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae) en Tonatico Estado de México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México.

French S. S., Johnston G. I. H. y Moore M. C. (2007). Immune activity suppresses reproduction in food-limited female tree lizards (*Urosaurus ornatus*). *Funct Ecol* 21:1115–1122.

French S. S., Fokidis H. B. y Moore M. C. (2008). Variation in stress and innate immunity in the tree lizard (*Urosaurus ornatus*) across an Urban-rural gradient. *Physiol. B*. 178: 997-1005.

Frick K. M. y Gresack J. E. (2003). Sex differences in the behavioral response to spatial and object novelty in adult C57BL/6 mice. *Behavioral Neuroscience*. 117 (6): 1283-1291.

Gordon H.B., Whetton P.H., Pittock A.B., Fowler A.M. y Haylock M.R. (1992). Simulated changes in daily rainfall intensity due to the enhanced green-house effect: Implications for extreme rainfall events. *Climate Dynam.* 8: 83–102.

Granados-González G., Rheubert J. L., Villagrán-SantaCruz M., González-Herrera M. E., Dávila-Cedillo J. V., Gribbins K. M. y Hernández-Gallegos O. (2013). Male

reproductive cycle in *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae) from Tonatico, Estado de México, México. Acta Zoologica (Stockholm).

Groothuis T. G. y Carere C. (2005). Avian personalities: characterization and epigenesis. Neurosci. Biobehav. Rev. 29: 137-150.

Harmon B.G. (1998). Avian heterophils in inflammation and disease resistance. Poult Sci 77:972–977.

Hernández-Hernández, L. (2010). Ciclo reproductor de *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae) en Tonatico, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. México.

Heredia-Morales R. A. (2012). Personalidad en crías de *Aspidoscelis costata costata* (SQUAMATA: TEIIDAE). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México.

Hoffman, A.A. y Sgrò, C.M. (2011). Climate change and evolutionary adaptation. Nature. 470, 479–485.

Huey, R.B. & Tewksbury, J. J. (2009). Can behavior douse the fire of climate warming? Proceedings of the National Academy of Sciences. 106:3647-3648

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2005). Síntesis de Información Geográfica del Estado de México. México. 139 p.

Jones K. A. y Godin J. G. J. (2010). Are fast explorers slow reactors? Linking personality type and anti-predator behavior. Proc. R. Soc. B. 277: 625-632.

Kearney M., Shine R. y Porter W. P. (2009). The potential of behavioral thermoregulation to buffer cold-blooded animals against climate warming. PNAS. 106 (10): 3835-3840.

Koolhaas J. M., de Boer S. F., Coppens C. M. y Buwalda B. (2010). Neuroendocrinology of coping styles: Towards understanding the biology of individual variation. *Frontiers in Neuroendocrinology*. 31: 307-321

Koolhaas J. M. (2008). Coping styles and immunity in animals: making sense of individual variation. *Brain, behavior and immunity*. 22: 662-667

Koolhaas J. M., Korte S. M., de Boer S. F., Van Der Vegt B. J., van Reenen C.G., Hopster H., de Jong I .C., Ruis M. A. W., Blokhuis H. J. (1999). Coping styles in animals: current status in behavior and stress-physiology. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 23: 925-935.

Korte S. M., Koolhaas J. M., Wingfield J. C. y McEwen B. S. (2005). The Darwinian concept of stress: benefits of allostasis and costs of allostatic load and the trade-offs in health and disease. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 29: 3-38

Kortet R. y Vainikka A. (2008). Seasonality of Innate Immunity; Evolutionary aspects and latest updates. In: *New research on Innate Immunity*. Nova Science publishers. Pp. 14-45.

Leal M. y Powell B. J. (2011). Behavioural flexibility and problem solving in a tropical lizard. *Biology letters, Animal Behaviour*.

López-Moreno A. E. (2011). Efecto de la temperatura de incubación sobre el fenotipo de *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México.

Malvaez-Estrada J. R. (En proceso). Estudio de las propiedades antimicrobianas en huevos de *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México.

Martin II. L. B., Weil Z. M. y Nelson R. J. (2007). Seasonal changes in vertebrate immune activity: mediation by physiological trade-offs. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 363: 321-339.

Martins T. L. F., Roberts M. L., Giblin I., Huxham R. y Evans M. R. (2007). Speed of exploration and risk taking behavior are linked to corticosterone titres in zebra finches. *Hormones and behavior*. 52: 445-453.

Martínez-Silvestre A., Lavín S. y Cuenca R. (2011). Hematología y citología sanguínea en reptiles. *Clin. Vet. Peq. Anim.* 31 (3): 131-141.

Maslin, T. P. y D. M. Secoy. 1986. A checklist of the lizard genus *Cnemidophorus* (Teiidae). Museo de la Universidad de Colorado. Boulder, Colorado.

Matsushima, T., Kawamori, A. & Bem-Sojka, T. (2008). Neuro-economics in chicks: foraging choices based on amount, delay and cost. *Brain Res. Bull.* 76: 245–252.

Maury M. E. (1995). Diet composition of the greater earless lizard (*Cophosaurus texanus*) in central Chihuahua desert. *Journal of Herpetology*. 29:266-272.

Meehl GA, Karl T, Easterling DR, Changon S, Pielke Jr R., Changnon D., Evans J., Groisman P. Y., Knutson T. R., Knukel K. E., Mearns L. O., Parmesan C., Pulwarty R., Root T., Sylves T., Whetton P. Y Zwiers F. (2000). An introduction to trends in extreme weather and climate events: Observations, socioeconomic impacts, and model projection. *Bull. Am. Meteorolog. Soc.* 81: 413–416.

Menezes V. A., Amaral V. C., Sluys M. V. y Rocha C. F. D. (2006). Diet and foraging of the endemic lizard *Cnemidophorus littoralis* (SQUAMATA, TEIIDAE) in the Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ. *Braz. J. Biol.* 66 (3): 803-807.

Moore I.T. y Jessop T.S. (2003). Stress, reproduction, and adrenocortical modulation in amphibians and reptiles. *Horm Behav* 43:39–47

Muñoz-Manzano J. A. (2010). Dieta de *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae) en el sur del Estado de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México.

Øverli Ø., Sørensen C. y Nilsson G. E. (2006). Behavioral indicators of stress-coping style in rainbow trout: Do males and females react differently to novelty? *Physiology & Behavior* 87: 506-512.

Pérez-Almazán C. (2007). Algunas características de historia de vida y su relación con la altitud en *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México.

Quillfeldt P., Ruiz G., Rivera M. A. y Masello J. F. (2008). Variability in leucocyte profiles in thin-billed prions *Pachiptyla belcheri*. *Comparative Biochemistry and Physiology A* 150: 26-35.

Range F., Bugnyar C., Schläg K. y Kotrschal K. (2006). Individual and sex differences in learning abilities of ravens. *Behavioural Processes*. 73: 100-106.

Ray, J., y Hansen, S. (2004). Temperament in the rat: Sex differences and hormonal influences on harm avoidance and novelty seeking. *Behavioral Neuroscience*, 118, 488-497.

Réale D., Reader S. M., Sol D., McDougall P. T. y Dingemanse N. J. (2007). Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 82:291-318.

Rodríguez-Prieto I., Martín J. y Fernández-Juricic E. (2010). Individual variation in behavioural plasticity: direct and indirect effects of boldness, exploration and sociability on habituation to predators in lizards. *Proceedings of the Royal Society*. doi:10.1098/rspb.2010.1194.

Rodríguez-Romero, F., Hernández-Gallegos O. y L. López-González. (2003). *Aspidoscelis costata costata*. Geographic Distribution. *Herpetological Review*, 34, 383

Roitt I., Burton D., Martín S. y Delves P. (2008). Inmunología fundamentos. Editorial Médica Panamericana. 10ª edición.

Rubio-Blanco, T. 2011. Termorregulación y actividad de *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México. México.

Ruiz M., Wang D., Reinke B. A., Demas G. E. y Martins E. P. (2011). Trade-offs between reproductive coloration and innate immunity in a natural population of female sagebrush lizards, *Sceloporus graciosus*. *Herpetological Journal*. 21: 131-134.

Ruiz-Gómez M. D. L., Huntingford F. A., Overli O, Per-Ove T. y Höglund E. (2011) Response to environmental change in rainbow trout selected for divergent stress coping styles. *Physiology and behavior*.

Rymer T. L., Pillay N. y Schradin C. (2013). Extinction or survival? Behavioral flexibility in response to environmental change in the African striped mouse *Rhabdomys*. *Sustainability*. 5, 163-186.

Sapolsky R.M., Romero L.M. y Munck A.U. (2000). How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions. *Endocr Rev* 21:55–89

Sen T. (1968). Estimates of regression coefficient based on Kendall's tau. *J. Am. Stat. ss.* 63(324), p. 1379-1389.

Sih A., Bell. A. y Johnson J. C. (2004). Behavioural syndromes: an ecological and evolutionary overview. *Trends Ecol. Evol.* 19: 372-378.

Sinervo, B., Méndez-De-La-Cruz, F., Miles, D. B., Heulin, B., Bastiaans, E., Villagrán-Santa Cruz, M., Lara-Resendiz, R., Martínez-Méndez, N., Calderón-Espinosa, M. L., Meza-Lázaro, R. N., Gadsden, H., Avila, L. J., Morando, M., De

La Riva, I. J., Sepulveda, P. V., Rocha, C. F. D., Ibargüengoytía, N., Puntriano, C. A., Massot, M., Lepetz, V., Oksanen, T. A., Chapple, D. G., Bauer, A. M., Branch, W. R., Clobert, J. y Sites, J. W. (2010). Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. *Science*. 328, 894-899.

Stacy N. I., Alleman A. R. y Sayler K. A. (2011). Diagnostic hematology of reptiles. *Clin Lab Med* 31: 87–108.

Sykes J. M. y Klaphake E. (2008). Reptile hematology. *Vet Clin Exot Anim* 11:481–500.

Troiano, J. C., E. G. Gould, y Gould I. (2008). Hematological reference intervals in argentine lizard *Tupinambis merianae* (Sauria—Teiidae). *Comparative Clinical Pathology* 17: 93-97.

Verbeek M. E. M., Drent P. J. y Wiepkema P. R. (1994). Consistent individual differences in early exploratory behavior of male great tits. *Animal behavior*. 48: 1113-1121.

Visser M. E., Holleman L. J. M. y Giennap P. (2006). Shifts in Caterpillar mass phenology due to climate change and its impact on the breeding biology of an insectivorous bird. *Oecologia*. 147: 164-172.

West-Eberhard, M.J. (1989). Phenotypic plasticity and the origins of diversity. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 20, 249–278.

Wingfield J. y Kitaysky A. (2002). Endocrine responses to unpredictable environmental events: Stress or anti-stress hormones? *Integ. And comp. biol.* 42: 600-609.

Wingfield J., Kelley J. P. y Angelier F. (2011). What are extreme environmental conditions and how do organisms cope with them? *Current zoology*. 57(3): 363-374.

Wingfield J. C. (2013). The comparative biology of environmental stress: behavioural endocrinology and variation in ability to cope with novel, changing environments. *Animal behavior*. 85: 1127-1133.

Wolf M., van Doorn G. S. y Weissing F. J. (2008). Evolutionary emergence of responsive and unresponsive personalities. *PNAS*. 150: 15825-15830.

Wright T. F., Eberhard J. R., Hobson E. A., Avery M. L. y Russello M. A. (2010). Behavioural flexibility and species invasions. The adaptive flexibility hypothesis. *Ethology, Ecology & Evolution*. 22: 393-404.

Zimmerman L. M., Vogel L. A. y Bowden R. M. (2009). Understanding the vertebrate immune system: insights from the reptilian perspective. *The Journal of experimental Biology*. 213: 661-671.

Submission Confirmation

Thank you for submitting your manuscript to *Behavioral Ecology*.

Manuscript ID: BEHECO-2014-0014

Title: BEHAVIOURAL FLEXIBILITY AND CLIMATIC VARIATION IN THE LIZARD
Aspidoscelis costata costata

Authors: RANGEL-PATIÑO, CARLOS ALEJANDRO
HERNANDEZ-GALLEGOS, OSWALDO
MASTACHI-LOZA, CARLOS ALBERTO
GRANADOS GONZALEZ, GISELA
RUIZ-GOMEZ, MARIA

Date Submitted: 09-Jan-2014

 Print  Return to Dashboard

ScholarOne Manuscripts™ v4.14 (patent #7,257,767 and #7,263,655). © ScholarOne, Inc., 2013. All Rights Reserved.
ScholarOne Manuscripts is a trademark of ScholarOne, Inc. ScholarOne is a registered trademark of ScholarOne, Inc.

 Follow ScholarOne on Twitter

[Terms and Conditions of Use](#) - [ScholarOne Privacy Policy](#) - [Get Help Now](#)