



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS

**CARACTERIZACIÓN DE LAS MADRIGUERAS DE
Gopherus flavomarginatus EN LA LOCALIDAD TORTUGAS DE
LA RESERVA DE LA BIÓSFERA DE MAPIMÍ**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES
Y MEDIO AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS**

PRESENTA:

BIOL. JORGE LUIS BECERRA LÓPEZ



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

Bermejillo, Durango, Noviembre 2011.



CARACTERIZACIÓN DE LAS MADRIGUERAS DE *Gopherus flavomarginatus* EN LA LOCALIDAD TORTUGAS DE LA RESERVA DE LA BIÓSFERA DE MAPIMÍ.

Tesis realizada por el **Biol. Jorge Luis Becerra López** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de: **MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE DE ZONAS ÁRIDAS.**

DIRECTOR:



Dr. Bernardo López Ariza

COORDIRECTOR:



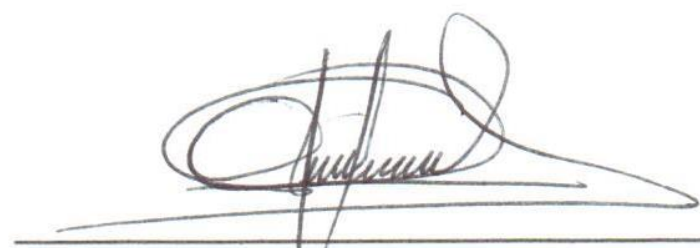
Dra. María Cristina García De La Peña

ASESOR:



Dr. José Daniel Anadón Herrera

ASESOR:



Dr. Rafael Castro Franco

A mi familia

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por la beca proporcionada para poder realizar mis estudios de maestría en la **Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo** y estancia profesional en el extranjero; a la **Coordinación de Posgrado de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo** por las facilidades otorgadas para realizar mis estudios de maestría en esta prestigiada institución y a mis **directores y asesores de tesis** por toda la ayuda proporcionada para llevar acabo este trabajo.

A la **Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)** por todas las facilidades proporcionadas para llevar a cabo este trabajo en la Reserva de la Biósfera de Mapimí.

Al **Dr. Andrés Giménez Casaldueiro y a la Universidad Miguel Hernández de Elche, España**, por permitirme haber realizado una estancia profesional en tan prestigiada institución y al personal investigador por las atenciones otorgadas.

Al personal administrativo y académico de Posgrado, así como a mis compañeros de grupo por la convivencia a lo largo de mi formación profesional.

De igual manera, quiero agradecer de manera muy especial al **M.C. Ulises Romero Méndez** por todas las aportaciones que de manera desinteresada brindó a este trabajo; a mis compañeros, amigos y a todas las personas que de manera directa o indirectamente formaron parte de mi desarrollo durante mi estancia en esta institución.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos particulares.....	4
III. ANTECEDENTES	5
3.1 Vulnerabilidad de <i>Gopherus flavomarginatus</i>	5
3.2 Importancia de la madriguera para las tortugas de desierto	6
3.3. Patrón de dispersión y densidad de madrigueras en tortugas terrestres.	6
3.4. Situación de las madrigueras con relación al hábitat.	8
3.5. Uso potencial de nicho.....	11
IV. METODOLOGÍA.....	14
4.1. Descripción del área de estudio.....	14
4.2. Caracterización del microhábitat de las madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i>	16
4.3. Análisis de datos.....	19
4.3.1. Dispersión.....	19
4.3.2. Densidad.....	20
4.3.3. Identificación de las variables que influyen en la situación de las madrigueras.....	20
4.3.4. Modelo potencial de nicho de las madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i>	21

V. RESULTADOS	23
5.1. Índice de dispersión.	24
5.2. Estimación de densidad.	24
5.3. Identificación de las variables del microhábitat que influyen en la situación de las madrigueras.	24
5.4. Modelo potencial de nicho de las madrigueras de <i>Gopherus</i> <i>flavomarginatus</i>	29
5.4.1. Identificación del grupo de elevación con mayor presencia de madrigueras.	29
5.4.2. Identificación del grupo de pendiente con mayor presencia de madrigueras.	30
5.4.3. Identificación del grupo de orientación con mayor presencia de madrigueras.	31
5.4.4. Identificación de tipo de vegetación con mayor presencia de madrigueras.	32
5.4.5. Identificación del tipo de suelo con mayor presencia de madrigueras. ...	32
5.4.6. Modelo potencial de nicho de las madrigueras de <i>Gopherus</i> <i>flavomarginatus</i>	33
VI. DISCUSIÓN.....	35
VII. CONCLUSIONES	43
VIII. RECOMENDACIONES.....	45
IX. LITERATURA	1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Gopherus flavomarginatus</i> (Tortuga del Bolsón).....	3
Figura 2. Ubicación de la localidad “Tortugas” dentro de la Reserva de la Biósfera de Mapimí (mapa proporcionado por la CONANP).....	15
Figura 3. Polígono del área de estudio con la ubicación geográfica de las madrigueras registradas.	16
Figura 4. Madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i> : (A) activa, (B) inactiva y (C) abandonada.	18
Figura 5. Cuadrantes empleados para estimar el patrón de dispersión de las madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i> . (A) cuadrantes de 500 x 500m, (B) cuadrantes de 250 x 250m y (C) cuadrantes de 125 x 125 m.....	19
Figura 6. Distribución de los centroides para la situación de las madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i> durante la estación de verano.	26
Figura 7. Correlación lineal entre la CV y la TS en las madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i>	28
Figura 8. Mapa de la Reserva de la Biósfera de Mapimí en donde se aprecia la ubicación de los puntos observados (151 madrigueras georreferenciadas) de las madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i>	33
Figura 9. Mapa de la Reserva de la Biósfera de Mapimí en donde se aprecia la ubicación de los puntos extrapolados del nicho las madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i>	34
Figura 10. Mapa de la Reserva de la Biósfera de Mapimí en donde se aprecia la densidad potencial del nicho de las madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i>	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características consideradas para establecer la situación de la madriguera.....	17
Tabla 2. Estadísticas descriptivas de las variables ancho de la madriguera (ANCHO), altura de la entrada de la madriguera (ALTO), temperatura dentro de la madriguera (TAD), temperatura fuera de la madriguera (TAF), humedad relativa dentro de la madriguera (HRD), humedad relativa fuera de la madriguera (HRF), temperatura del sustrato (TS) y PH del sustrato (PH).	23
Tabla 3. Situación interestacional de las madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i>	25
Tabla 4. Puntajes de la función canónica discriminante uno en relación a las variables analizadas.	26
Tabla 5. Análisis de varianza de un factor para las variables consideradas con relación a la situación de las madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i>	27
Tabla 6. Análisis <i>Post Hoc</i> (LSD) de la TS con relación a la situación de las madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i>	28
Tabla 7. Grupos de categorías de elevación de acuerdo con el número de madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i> presentes en cada categoría...	29
Tabla 8. Grupos de categorías de las pendientes de la ladera de acuerdo con el número de madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i> presentes en cada categoría.	30

Tabla 9. Grupos de categorías de las orientaciones de la ladera de acuerdo con el número de madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i> presentes en cada categoría.	31
Tabla 10. Grupos de categorías de tipos de suelo en los que se encontraron las madrigueras de <i>Gopherus flavomarginatus</i> :	32

LISTADO DE ABREVIACIONES

- Temperatura del sustrato (TS).
- Temperatura del aire dentro de la madriguera (TAD).
- Temperatura del aire fuera de la madriguera (TAF).
- Humedad relativa dentro de la madriguera (HRD).
- Humedad relativa fuera de la madriguera (HRF).
- PH del sustrato (PH).
- Cobertura vegetal (CV).
- Hectárea (ha).
- Regosol, gelysol, calcárico + chernozem, lubisol, yeso / textura media (RGca + CL yeso/2R).
- Slonetzchernozem, alvico, districo, solodico, ortico + curvisol, vertisol, yeso + chernozem, luvisol, yeso / textura media (SCadso + LV yeso + CL yeso/2).
- Solonet, chernozem, yeso + luvisol, vertisol, yeso + gleysol, yermosol, yeso / textura fina (SCyeso + LV yeso + GY yeso/3).

RESUMEN

CARACTERIZACIÓN DE LAS MADRIGUERAS DE *Gopherus flavomarginatus* EN LA LOCALIDAD TORTUGAS DE LA RESERVA DE LA BIÓSFERA DE MAPIMÍ

El estudio de las características del microhábitat es fundamental para establecer la base científica en el desarrollo de planes de manejo y conservación de especies vulnerables como lo es *Gopherus flavomarginatus*. Es por ello que es de suma importancia llevar a cabo una caracterización de sus madrigueras. Esto permitirá fortalecer las estrategias de conservación y manejo de la especie. En este estudio, nos planteamos caracterizar las madrigueras de *G. flavomarginatus*, partiendo de determinar el patrón de dispersión, densidad, identificar las variables del microhábitat que influyen en la situación de las madrigueras y desarrollar un modelo potencial de nicho de las madrigueras. Se estimó el patrón de dispersión con el índice de Morisita) y se utilizó un método de transectos para calcular la densidad. Se estableció la situación de las madrigueras (activas, inactivas y abandonadas), se evaluaron las variables ambientales y se elaboró un modelo de nicho potencial de las madrigueras utilizando sistemas de información geográfica. Las madrigueras presentaron una dispersión agregada y una densidad de 0.41 madrigueras/ha. La temperatura del sustrato fue quien presentó la mayor influencia respecto a la situación de las madrigueras. Probablemente la dispersión y densidad están influenciadas por la selección de microhábitats específicos. Por otra parte, el abandono de madrigueras aparentemente está siendo influido por el aumento de la temperatura del sustrato. La información generada en el mapa de nicho potencial contribuirá a la conservación y manejo de esta especie.

Palabras clave: *Gopherus flavomarginatus*, madrigueras, variables ambientales, nicho.

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF *Gopherus flavomarginatus* BURROWS IN TORTUGAS LOCALITY AT THE MAPIMI BIOSPHERE RESERVE

Studying microhabitat characteristics is essential to establish the scientific basis to develop conservation and management plans for vulnerable species like *Gopherus flavomarginatus*. That is why it is of utmost importance to carry out a characterization of their burrows. This would strengthen conservation and management strategies of this species. In this study, we characterize the burrows of *G. flavomarginatus*; we determined dispersion pattern, density, microhabitat variables that influence the burrow condition and we developed a potential niche model for burrows. We use Morisita Index to determine the dispersion pattern and a transect method for calculated the density. Burrows situation was established as follows: active, inactive and abandoned. Environmental variables were evaluated and a potential niche model for burrows (using geographic information systems) was developed. The burrows had a clumped dispersion pattern and the density was 0.41 burrows / ha. Substrate temperature had the greatest influence on the burrows. It is possible that dispersion pattern and density are influenced by the selection of specific microhabitats. On the other hand, abandonment of burrows apparently could be influenced by high substrate temperatures. Information generated from the potential niche map contributes to conservation and management of this species.

Key words: *Gopherus flavomarginatus*, burrows, environmental variables, niche.

I. INTRODUCCIÓN

El uso de hábitat en los animales silvestres está determinado por varios factores que pueden ejercer influencia en el bienestar de cada individuo. La selección de microhábitats específicos puede facilitar el acceso a recursos importantes como el alimento, el agua, las parejas y los sitios de anidación; pueden proporcionar protección contra los depredadores y las condiciones ambientales extremas, así como limitar la competencia intra e interespecífica (Lovich y Daniels, 2000). Una de las características del nicho espacial es que los animales seleccionan los microhábitats que satisfacen sus requerimientos ecológicos y que los microhábitats de alta calidad son mayormente seleccionados en comparación con los de baja calidad (Rosenzweig, 1981; Manly *et al.* 1993). La ubicación de nidos, madrigueras y otras estructuras utilizadas por los animales durante largos periodos de tiempo, representan un compromiso potencialmente costoso hacia un microhábitat particular y como consecuencia, la ubicación de estas estructuras trae consigo repercusiones fisiológicas y de historia de vida a cada especie (Hansell, 1993). De esta forma, el estudio de las características del microhábitat es fundamental para establecer los recursos bióticos y abióticos que necesita una especie vulnerable para sobrevivir y con base en esto poder desarrollar planes efectivos de manejo y conservación (Morrison *et al.*, 1992). Un claro ejemplo de una especie vulnerable es la tortuga del Bolsón *Gopherus flavomarginatus* la cual es la especie menos conocida del norte de América dentro de las tortugas de este género (Aguirre *et al.*, 1984).

Los individuos adultos de *G. flavomarginatus* pasan alrededor de un 99% dentro de sus madrigueras (tortugas inactivas) y permanecen solo el 1% de su vida fuera de sus madrigueras (tortugas activas), ya sea para termorregular (asoleo) o para alimentarse a lo largo de senderos bien establecidos cerca de la madriguera; la época de actividad para esta especie corresponde a la estación de verano (Adest *et al.*, 1989).

La situación de las madrigueras puede ser clasificada en tres categorías de acuerdo a las condiciones externas de estas estructuras; activa (existen indicios de presencia de tortugas en actividad), inactiva (no existen indicios de presencia de tortugas en actividad “la tortuga puede estar dentro de la madriguera o no”) y abandonadas (la madriguera no presenta tortugas activas ni inactivas) (Cox *et al.*, 1987).

Debido a que *G. flavomarginatus* (ver Figura 1) permanece gran parte de su vida dentro de las madrigueras, es de suma importancia llevar a cabo una caracterización de las mismas analizando su patrón de dispersión, la densidad por hectárea y la influencia de las variables ambientales, ecológicas y geofísicas para su establecimiento. Esta información permitirá elaborar un modelo predictivo de distribución potencial con base en el nicho ecológico de las madrigueras con el cual se puedan ubicar y proteger zonas de alta concentración de estas estructuras dentro de la Reserva de la Biosfera de Mapimí. Estas acciones fortalecerán las estrategias de conservación y manejo que actualmente se están llevando a cabo en beneficio de esta especie.



Figura 1. *Gopherus flavomarginatus* (Tortuga del Bolsón).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Caracterizar las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus* en la localidad Tortugas en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, Durango, México.

2.2. Objetivos particulares

- Determinar el patrón de dispersión que presentan las madrigueras de *G. flavomarginatus* en la localidad Tortugas.
- Estimar la densidad de madrigueras de *G. flavomarginatus* en la localidad Tortugas.
- Identificar las variables del microhábitat que influyen en la situación de las madrigueras de *G. flavomarginatus*.
- Desarrollar un modelo potencial de nicho de las madrigueras de *G. flavomarginatus*.

III. ANTECEDENTES

3.1 Vulnerabilidad de *Gopherus flavomarginatus*

Actualmente, los cambios en la estructura de la vegetación han ocasionado que esta especie este modificando su área de distribución encontrándose ahora confinada a la zona centro del desierto Chihuahuense mexicano mostrando una distribución de puntos discontinuos con colonias esporádicas incluso dentro de estos puntos (Morafka *et al.*, 1982). En la actualidad está limitada a los 50,000 km² del Bolsón de Mapimí en el sureste de Chihuahua, suroeste de Coahuila y noreste de Durango. Sin embargo, la especie ocupa únicamente 6,000 km² de esta región (Lemos-Espinal y Smith 2007). A su vez, en los últimos años se ha registrado que la disminución de las poblaciones de *G. flavomarginatus* está directamente relacionada con la depredación humana, la pérdida y fragmentación del hábitat, el sobrepastoreo y la colecta de individuos (USFWS, 1978; Adest *et al.*, 1989; Aguirre-León, 1995). Debido a su distribución geográfica restringida y a los impactos negativos ya mencionados, desde 1978 la tortuga del Bolsón está incluida en la Norma Oficial Mexicana (059-2010) (SEMARNAT, 2010) y en la ley de especies en peligro de extinción de los Estados Unidos de Norteamérica (U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS), 1978) como “en peligro de extinción”. Asimismo, se encuentra en la Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en la categoría de “vulnerable” (Van Dijk y Flores-Villela, 2007) y en el Apéndice I (“en peligro de extinción”) de la Convención sobre el

Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2010).

3.2 Importancia de la madriguera para las tortugas de desierto

Uno de los aspectos más importantes en la ecología de las tortugas de desierto son sus madrigueras. Se han realizado diversos estudios en los que se ha caracterizado el hábitat y microhábitat de las madrigueras de algunas especies del género *Gopherus*, asociando la calidad del hábitat con la presencia de madrigueras, estructura y densidad de la vegetación. (Medica *et al.*, 1980; Franz, 1986; Nagy y Medica, 1986; Witz *et al.* 1991; Lovich y Daniels, 2000; Smith *et al.*, 2005). Sin embargo, aunque es un factor esencial para la supervivencia del género *Gopherus* (Zimmerman *et al.*, 1994) poco se sabe acerca de la importante función del micro-ambiente que desempeñan las madrigueras en la historia de vida, comportamiento y ecología de este género y de otras especies (Walde *et al.*, 2009).

3.3. Patrón de dispersión y densidad de madrigueras en tortugas terrestres.

Con frecuencia las madrigueras de *G. agassizii* se encuentran ubicadas bajo arbustos en microhábitats específicos, tales como ecotonos de vegetación (Burge, 1977; Baxter, 1988). Por otra parte, la USFWS (U.S. Fish and Wildlife Service) (1990) comenta que para las poblaciones de *G. polyphemus* que habitan el suroeste de Alabama, las características de su microhábitat son: la presencia de suelos arenosos con buen drenaje, una cobertura herbácea abundante y arbustos generalmente dispersos que permiten la entrada de luz solar al suelo. Las características de microhábitat

reportadas por la USFWS (2008) para *G. agassizii* en el desierto de Mojave y Sonora consisten en abanicos aluviales y planicies con vegetación dominante de gobernadora (*Larrea tridentata*) o de *Coleogyne ramosissima*, yucas (*Yucca brevifolia*) e incluso juníperos (*Juniperus sp.*) en las altas elevaciones y chamizo (*Atriplex sp.*) en elevaciones bajas. En general, esta especie prefiere el hábitat de la gobernadora con alta diversidad y cobertura de especies perennes y una alta producción de plantas efímeras, las cuales comprenden su dieta principal (Esque, 1994; Jennings, 1997; Avery, 1998). De esta manera, la selección del hábitat ayuda a explicar el patrón de dispersión agregado que presenta esta especie ya que la agregación espacial en tortugas del desierto está altamente influenciada por la calidad del hábitat, disponibilidad de alimento y las interacciones sociales (Duda *et al.*, 2002). Esto también les permite a los individuos obtener una mejor condición física, ya que se ha documentado que en madrigueras que presentan un tipo de dispersión agregado, las hembras son más grandes en comparación con hembras que se encuentran en madrigueras que presentan un tipo de dispersión aislado (McRae *et al.*, 1981; Douglass, 1990; Diemer, 1992).

Lovich (2000), en trabajo realizado con *G. agassizii*, menciona que el patrón de dispersión de esta especie en su área de estudio no fue al azar, lo que coincide con resultados obtenidos por otros investigadores al asociar la presencia de madrigueras del género *Gopherus* con ciertos atributos del medio ambiente. Por otra parte, Baxter (1988) en trabajo realizado en Twentynine Palms, California, encontró que a nivel de paisaje, la distribución de las madrigueras de *G. agassizii* no fue estadísticamente diferente del

patrón de dispersión al azar. Sin embargo, la abundancia de madrigueras difirió entre seis conjuntos de plantas lo cual refleja tanto la no aleatoriedad de los conjuntos de plantas en el paisaje como la selección de la especie por ciertos conjuntos, en particular, a lo largo de ecotonos. En el mismo lugar (cerca de Twentynine Palms), Duda (1998) encontró que las madrigueras de *G. agassizii* fueron estadísticamente diferentes del patrón de dispersión al azar, con lo que sugiere que la distribución en el área es agregada. Aguirre *et al.* (1984), comentan que en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, el patrón de dispersión de las madrigueras de *G. flavomarginatus* es agregado, lo cual podría representar una organización espacial.

La densidad poblacional de las tortugas de desierto es compleja y puede verse afectada por varios factores como el alimento, la disponibilidad de agua, la depredación y el reclutamiento (Breninger *et al.*, 1994). Morafka *et al.* (1981) mencionan que las densidades de *G. flavomarginatus* pueden variar dependiendo del tipo de sustrato, la pendiente, la vegetación y factores de depredación humana. Asimismo, estos mismos autores reportan que la estructura de la población de *G. flavomarginatus* es muy parecida a las estructuras de las otras especies del género.

3.4. Situación de las madrigueras con relación al hábitat.

La pérdida o abandono de madrigueras puede tener importantes consecuencias biológicas que pueden afectar a las poblaciones de tortugas del género *Gopherus* debido al gasto energético que representa el buscar o crear nuevas madrigueras (la energía invertida en esta actividad podría ser enfocada en el crecimiento y la reproducción), (Woodbury y Hardy, 1948;

Bailey *et al.*, 1995; Aresco, 1998; Rautenstrauch *et al.*, 1998). Es por ello, que las tortugas de este género deben llevar a cabo la selección de sitios idóneos que maximicen la estabilidad y longevidad de las madrigueras (Duda *et al.*, 2002).

Trabajos realizados en el desierto de Mojave, argumentan que el número de madrigueras utilizado por un individuo de *G. agassizii* varía según el sexo, la ubicación, la estación y entre años, que van de uno a 20 (Burge, 1978; Bulova, 1994 y 1997; Duda *et al.*, 1999). Asimismo, se ha documentado que en Baker County, Georgia, USA; los machos de *G. polyphemus* usan un promedio de 10 madrigueras por año y las hembras de esta misma especie usan cinco madrigueras por año (Eubanks *et al.*, 2003). Esto sugiere que los individuos que se encuentran en hábitats relativamente prístinos mantienen sus madrigueras durante décadas (Guyer y Hermann, 1997). Por otra parte, Aresco y Guyer (1999) comentan que cambios en la cobertura vegetal alrededor de la madriguera de las tortugas *G. polyphemus* pueden dar como resultado el abandono de éstas en ciertos hábitats, sin embargo, los resultados indican que algunas madrigueras pueden permanecer inactivas por varias semanas, meses o estaciones, pero pueden ser reocupadas por la misma tortuga u otra diferente. Estos movimientos de *G. polyphemus* entre madrigueras bajo condiciones de vegetación favorables, pueden ocurrir en respuesta a cambios en el forraje, interacciones sociales o ambas. Sin embargo, el abandono permanente parece ocurrir en respuesta a las condiciones de un hábitat desfavorable. En el hábitat de plantaciones de pino, las madrigueras de *G. polyphemus* se encuentran más comúnmente en áreas abiertas con poca cobertura vegetal

(Hallinan, 1923; Auffenberg y Franz, 1982; Boglioli *et al.*, 2000; Hermann *et al.*, 2002). Asimismo, Ashton *et al.* (2008) comentan que *G. polyphemus* responde a la estructura del hábitat debido a que la densidad de las madrigueras activas fue más alta en espacios abiertos creados por los frecuentes incendios y que presentan una menor cobertura de pinos.

Hardin (2006), en trabajo realizado con *G. polyphemus* en Cabo Sable, Florida, encontró una densidad significativamente menor de madrigueras activas y una densidad de madrigueras abandonadas significativamente mayor en 2001 en comparación con 1979 y 1990, pero la densidad total de las madrigueras no difirió significativamente con el tiempo. Registraron un 76% de declive de madrigueras activas durante un periodo de 11 años (1990 a 2001), lo cual puede ser atribuido a que en el área de estudio hubo una disminución en el número de individuos de *G. polyphemus* o un declive en la actividad de las tortugas. Concluyeron que la información registrada en el 2001 sugiere que la mortalidad es la mejor explicación en el declive de las madrigueras activas. Por otra parte, Aresco y Guyer (1999) comentan que en el sur de Alabama *G. polyphemus* abandonó sus madrigueras en una tasa de 22% por año, encontrando una correlación positiva significativa entre las madrigueras activas, la densidad de la vegetación y el área basal de las plantas cercanas. Esto es evidencia de que en sitios con disturbios las tortugas fácilmente abandonarán sus madrigueras para emigrar a áreas con mejores características a medida que cambian las condiciones (Aresco y Guyer, 1999; Guyer y Hermann, 1997).

Bury *et al.* (1988), compararon el número de madrigueras activas por hectárea en seis localidades ubicadas dentro del Bolsón de Mapimí

(Chihuahua, Coahuila y Durango). En Chihuahua se registraron datos para tres localidades: Cerros Emilio con 0.44 y 0.16, ejido Emiliano Zapata con 0.00 madrigueras y Rancho Las Esperanzas con 0.20 madrigueras activas por hectárea. En la localidad del Socorro, Coahuila, se registraron 0.12 y en la Reserva de la Biosfera de Mapimí 0.50 madrigueras activas por hectárea. Aguirre *et al.* (1984) y Bury *et al.* (1988), comentan que las madrigueras en el área de estudio de Mapimí parecen estar relacionadas con la vegetación de tipo matorral (*Larrea tridentata* y *Prosopis glandulosa*) y pastizal (*Hilaria mutica*).

Lieberman y Morafka (1988), mencionan que las madrigueras de *G. flavomarginatus* están ausentes de las partes más altas de las pendientes donde la inclinación es de más de 2.5 o 3 grados, o cuando los sustratos son rocosos o consisten en más del 25 % de grava. Los suelos con tamaño del grano intermedio, drenaje y pendiente parecen tener la mayor cantidad de madrigueras de tortugas. Por otra parte, Appleton (1978), Auffenberg y Franz (1978) y Barbault y Halffter (1981) mencionan que *G. flavomarginatus* prefiere pendientes poco inclinadas (0.5% a 2%), suelo de textura fina (en promedio 48% arenoso y 32% limo con grava y arcilla cada una comprendiendo 10% del total) y un matorral esclerófilo mixto y pastizal.

3.5. Uso potencial de nicho

Los parámetros ecológicos proporcionan información sobre los factores relacionados con la presencia o ausencia de las especies (Ortega *et al.*, 2000). Asimismo, cualquier especie presenta dos niveles de distribución: la “macrodistribución” o distribución geográfica, la cual representa los límites

geográficos hasta donde se extienden las especies, y la “microdistribución” o distribución ecológica o selección de hábitat que determina las condiciones ambientales donde se encuentra (Billings, 1968). El estudio de los patrones de distribución en poblaciones, permite comprender los factores que determinan la presencia o ausencia de determinadas especies en algún ecosistema en particular y proporciona la posibilidad de crear hipótesis sobre los mecanismos biológicos que contribuyen al ordenamiento espacial de los individuos en su ambiente (Greig, 1979). En las últimas décadas ha incrementado el interés en el modelado de las relaciones entre las especies y su hábitat (Seoane y Bustamante, 2001). González y Romero (En prensa) comentan que en la elaboración de modelos predictivos a escala regional, el modelo de extrapolación tiene una precisión del 87% según el análisis de concordancia de capa. Sin embargo, la información que ofrecen los modelos predictivos de alguna especie en particular puede verse inferida por varios posibles escenarios: que un organismo cuya selección de hábitat se pretende modelar muestre una dinámica poblacional en la que hay efectos ecológicos de fuente-sumidero, que un área adecuada podría estar vacía si aún no hubiera sido colonizada o si la población existente se hubiera extinguido por causas naturales o provocadas por el hombre (Dias, 1996). Asimismo, puede haber interacciones entre especies (p. ej. depredación y competencia) que hagan que un hábitat adecuado no este ocupado (Lawton y Woodroffe, 1991). Baskaran *et al.* (2006), con base en el análisis de los lugares documentados de madrigueras de *G. polyphemus* en Fort Benning, Georgia, analizaron las asociaciones de madrigueras con la cobertura vegetal, suelo y topografía mediante regresión logística binaria. Partiendo de

este análisis generaron un mapa de probabilidad para la ocurrencia de madrigueras de *G. polyphemus* en cinco condados de Fort Benning. Los resultados mostraron que la información sobre cobertura vegetal, suelos, topografía y la distancia de los arroyos y caminos puede ser utilizada para predecir madrigueras de tortugas del género *Gopherus*. De igual manera, Breninger *et al.* (1994) mencionan que el hábitat de las tortugas de tierra en Florida se asocia con la cobertura vegetal. Asimismo, Aguirre *et al.* (1979) menciona que la asociación aparentemente obligatoria de *G. flavomarginatus* con el pastizal de toboso (*H. mutica*), puede ser el resultado de una dependencia directa aunque parcial del pasto como alimento. De manera secundaria tanto el pasto como la tortuga pueden tener un sustrato, elevación y requerimientos climáticos similares.

No es raro que las especies aparezcan distribuidas de forma agregada, puesto que los individuos establecidos en un área pueden ejercer un efecto de atracción hacia nuevos colonizadores o condicionar la dispersión de los descendientes, de forma que la probabilidad de encontrar a una especie en un lugar podría no ser independiente de la probabilidad de encontrarla en lugares vecinos (Legendre y Troussellier, 1988; Augustin *et al.* 1996). Asimismo, Lieberman y Morafka (1988), mencionan que debido a que la distribución de *G. flavomarginatus* se ajusta a un patrón geográfico simple, es factible predecir un patrón de distribución ecológico.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Descripción del área de estudio.

La localidad Tortugas (ver Figura 2) se encuentra en el centro-sur del polígono de la Reserva de la Biósfera de Mapimí (RBM) (26°00', 26°10'N y 104°10', 103°20'O), la cual cuenta con una superficie aproximada de 342,388 ha y se ubica dentro de la región conocida como Bolsón de Mapimí. La Reserva abarca parte de los municipios de Tlahualilo y Mapimí en el Estado de Durango, Jiménez en Chihuahua y Sierra Mojada en Coahuila. Se localiza a una altitud de 1000 y 1200 msnm en las partes bajas, alcanzando 2000 m los cerros más altos, con numerosos relieves de origen volcánico o calcáreo además de ciertas zonas de acumulación de arena que conforman dunas (DOF, 2000; Ramírez *et al.* 2005). La temperatura promedio anual es de 25.5°C y predomina un clima desértico semicálido con lluvias de verano (junio a septiembre), con un promedio de precipitación de 145.88mm (1993-2003). La vegetación predominante son los matorrales rosetófilo, micrófilo y la vegetación halófila y gipsófila. Los suelos predominantes son del tipo yermosol, regosol, xerosol, litosol, solonchack y fluvisol (García y Martínez, 2004).

Las especies de fauna que se pueden encontrar son: tortuga del Bolsón (*Gopherus flavomarginatus*), tortuga de fango de Durango (*Kinosternon durangoense*), víbora de cascabel (*Crotalus scutulatus*, *C. atrox*, *C. lepidus* y *C. molossus*), coyote (*Canis latrans*), zorrita norteña (*Vulpes macrotis*), pecarí de collar (*Tayassu tajacu*), tejón (*Taxidea taxus*), correcaminos (*Geococcyx californianus*), falso camaleón (*Phrynosoma*

modestum, *P. cornutum*), venado bura (*Odocoileus hemionus*), liebre (*Lepus californicus*), paloma (*Columbina inca*, *Zenaida macroura*), codorniz (*Callipepla squamata*), cuervo (*Corvus corax*), gato montés (*Lynx rufus*), entre otros.

Demográficamente, la RBM se compone de un total de 18 comunidades en las que habitan un total de 353 personas. La tenencia de la tierra se compone de un total de 11 ejidos y 4 propiedades privadas (García y Martínez, 2004).

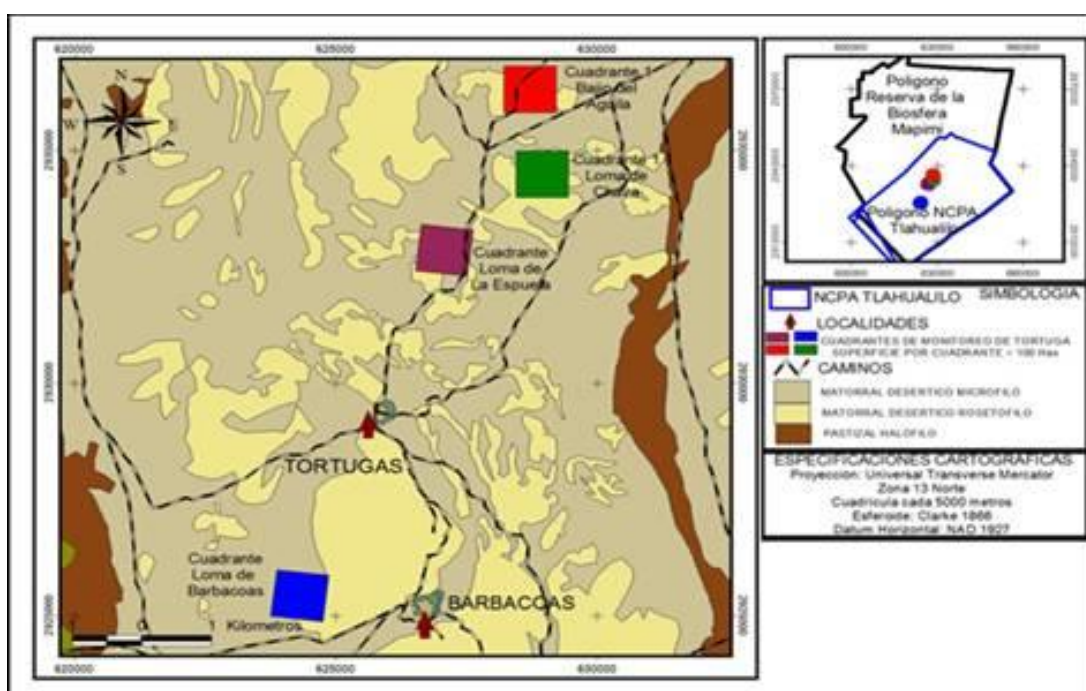


Figura 2. Ubicación de la localidad “Tortugas” dentro de la Reserva de la Biósfera de Mapimí (mapa proporcionado por la CONANP).

4.2. Caracterización del microhábitat de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus*.

Se estableció 1 Km² en el área que presentó la mayor cantidad de madrigueras y de tortugas activas (ver Figura 3), el cual fue dividido en franjas de 100 metros de ancho orientadas hacia el norte con lo que se obtuvo un total de 10 franjas de 1 km de longitud. En cada franja se colocaron banderas (de diferentes colores y con una altura de tres metros) a los 500 y 1000 metros de distancia, con la finalidad de que sirvieran de orientación al momento de realizar el monitoreo (Aguirre-León y González-Trápaga, 2008) (información proporcionada por Comisión Nacional de Áreas naturales Protegidas, CONANP).

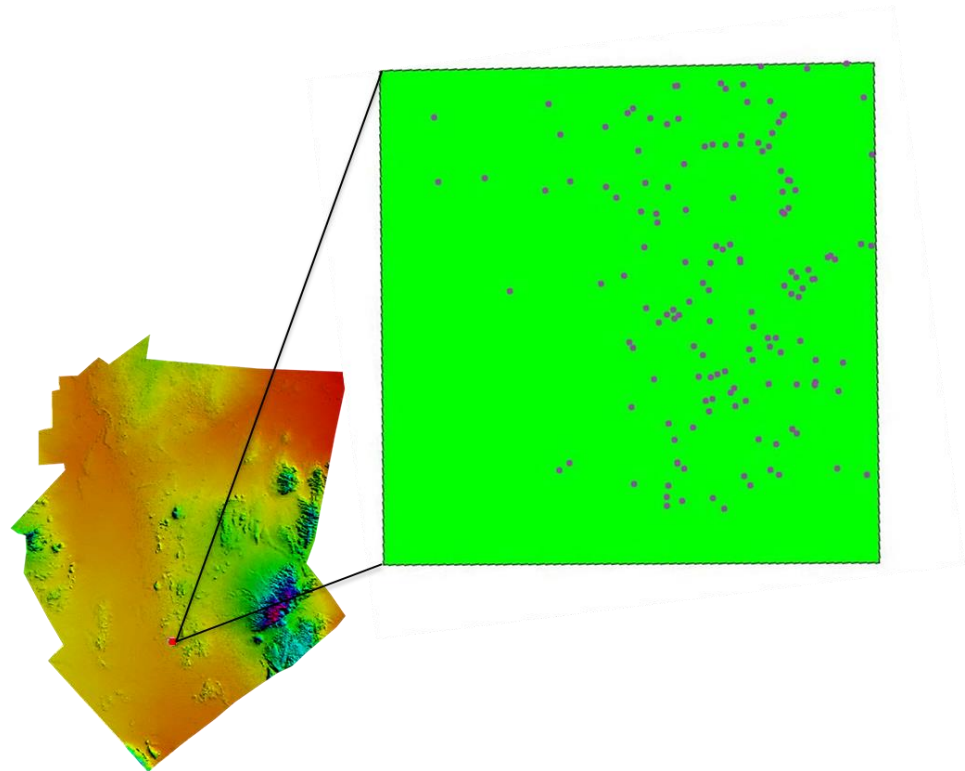


Figura 3. Polígono del área de estudio con la ubicación geográfica de las madrigueras registradas.

Una vez establecido el cuadro de 1 km² y con la finalidad de encontrar el mayor número de madrigueras, se realizó un barrido de cada franja por un equipo de 7-10 personas, las cuales se distribuyeron en una franja de 100 metros de ancho realizando el recorrido de norte a sur hasta llegar a la orilla de la franja. La siguiente franja se recorrió de sur a norte y se continuó de esta manera hasta concluir las 10 franjas del cuadrante. Durante el barrido del cuadrante se registró la ubicación de las madrigueras encontradas (coordenadas UTM mediante un GPS).

El monitoreo de madrigueras se realizó en cada una de las cuatro estaciones del año 2010. Se registró la situación de la madriguera (activa, inactiva o abandonada) según Auffenberg y Franz (1982) y Cox *et al.* (1987) (ver Tabla 1 y Figura 4).

Tabla 1. Características consideradas para establecer la situación de la madriguera.

Madriguera Activa	Madriguera Inactiva	Madriguera Abandonada
Muestra huellas de las patas o de la parte inferior (plastrón) de la tortuga en el túnel de acceso y en el suelo del montículo circundante. Este suelo está suelto, poco compactado. La apariencia en general es que la madriguera está mantenida.	No se aprecian huellas de tortuga, la apariencia del suelo del montículo y de la entrada de la madriguera es compactado, o de escaso uso reciente de la madriguera.	Muestra acumulación de objetos como ramas, pasto, telarañas, en la entrada y una clara compactación del suelo del montículo.



Figura 4. Madrigueras de *Gopherus flavomarginatus*: (A) activa, (B) inactiva y (C) abandonada.

A 30 cm de profundidad de la entrada de cada madriguera se midió el ancho (A), la altura (AL) y el pH (tiras de papel) del sustrato, así como la temperatura del aire dentro (TAD), la humedad relativa dentro (HRD) (higrotermómetro) y la temperatura del sustrato dentro (TS) (termómetro láser para superficies). Asimismo, se caracterizó el microhábitat de la superficie de cada madriguera en un radio de 3 m; se registró la temperatura del aire fuera (TAF), la humedad relativa fuera (HRF) (a una distancia de 30 cm de altura como máximo) y se determinó la cobertura vegetal (CV) general empleando la formula de la elipse.

Empleando sistemas de información geográfica se llevó a cabo el análisis de variables geofísicas de elevación, pendiente y orientación de la ladera así como de variables ambientales de edafología (RGca + CL yeso/2R, SCadso + LV yeso + CL yeso/2 y SCyeso + LV yeso + GY yeso/3) y uso de suelo y vegetación (matorral subinerme) para la elaboración del modelo de nicho potencial de las madrigueras de *G. flavomarginatus*.

4.3. Análisis de datos.

4.3.1. Dispersión.

Se analizó el índice de dispersión a partir de las madrigueras localizadas elaborando un mapa del área de estudio mediante el programa Arc View 3.3. A partir de este mapa, se trazaron cuatro cuadrantes de 500 x 500m, 16 cuadrantes de 250 x 250m y 64 cuadrantes de 125 x 125 m. Se registró el número de madrigueras para cada uno de los cuadrantes trazados (ver Figura 5) y se determinó el índice estandarizado de dispersión de Morisita empleando el programa Ecological Methodology (Krebs, 2000). Este mismo procedimiento fue empleado para estimar el índice de dispersión sólo para las madrigueras activas (tomando como referencia la estación de verano).

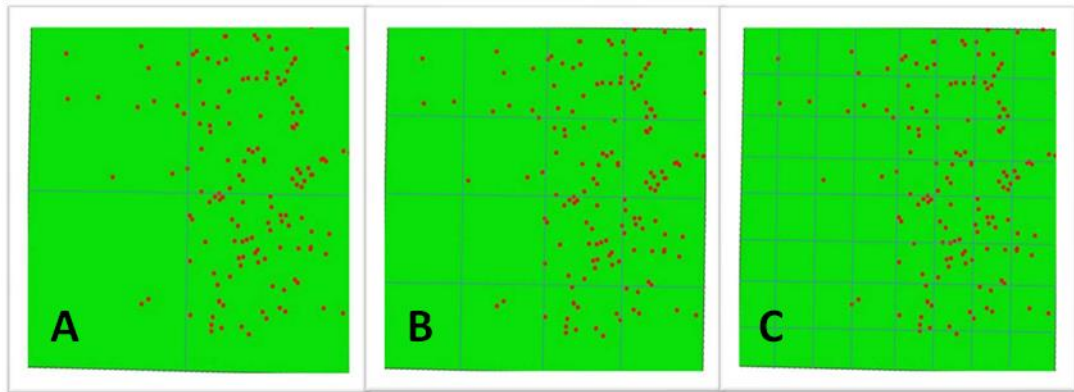


Figura 5. Cuadrantes empleados para estimar el patrón de dispersión de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus*. (A) cuadrantes de 500 x 500m, (B) cuadrantes de 250 x 250m y (C) cuadrantes de 125 x 125 m

4.3.2. Densidad.

Para estimar la densidad de las madrigueras, sin considerar su situación, se utilizó el mismo mapa generado anteriormente para la estimar la dispersión y se trazaron de manera aleatoria 30 transectos de 20 m de ancho por 1000 m de largo empleando el método de transectos en banda por observación directa (Ebherhardt, 1968). La densidad fue calculada mediante la fórmula propuesta por Ralph (1981) para cada transecto. Este mismo procedimiento fue empleado para estimar la densidad considerando solo las madrigueras activas (N = 26). Se tomó como referencia solo la estación de verano.

$$D = n / 2wL / 10000$$

D = densidad.

n = Número de individuos observados.

W = Mitad del ancho de la banda.

L = Largo del transecto.

Una vez calculada la densidad para cada transecto, se calculó el promedio de densidad por hectárea. El mismo proceso fue realizado para calcular la densidad únicamente de las madrigueras activas.

4.3.3. Identificación de las variables que influyen en la situación de las madrigueras.

Se aplicó una prueba de Ji-cuadrada (χ^2) mediante tablas de contingencia para la situación de las madrigueras (activas, inactivas y

abandonadas) con respecto a la estación del año, con la finalidad de identificar la estación que presentó el mayor porcentaje de madrigueras activas de una muestra aleatoria de 61 madrigueras obtenida empleando el tamaño de muestra para variables discretas (Krebs, 1999).

A la estación que presentó el mayor porcentaje de madrigueras activas se le aplicó un análisis discriminante para determinar las variables que segregan o diferencian los tres tipos de situación de las madrigueras. Para llevar a cabo este análisis fue necesario transformar los datos continuos (A, AL, PH, TAD, HRD, TS, TAF y HRF) mediante la fórmula Logarítmica ($X' = \text{LOG}_{10}(X + 1)$) y la CV (proporciones) mediante la fórmula del Arcoseno ($X' = \text{Arcoseno } \sqrt{X}$), (Zar, 1999).

A la variable que presentó mayor influencia (TS) en la situación de las madrigueras se le realizó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba *Post Hoc* (LSD) con la finalidad de identificar diferencias significativas entre ellas. Finalmente, se realizó un análisis de correlación y regresión lineal con la finalidad de cuantificar la relación entre las variables TS y CV respecto a la situación de las madrigueras.

Todos los análisis estadísticos se consideraron significativos con $P \leq 0.05$ utilizando el programa SPSS Ver.18.

4.3.4. Modelo potencial de nicho de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus*.

Se llevó a cabo el modelo de extrapolación empleando los programas ArcView 3.3 y Global Mapper 10, 151 puntos geográficos (madrigueras)

fueron analizados empleando mapas de elevación 1:50,000 tipo raster. De igual manera, fueron utilizados mapas de edafología, uso de suelo y vegetación 1:250000. A los datos obtenidos se les realizó un análisis de frecuencias con la finalidad de identificar grupos en cada una de las variables (elevación, pendiente y orientación de la ladera, edafología y uso de suelo y vegetación). Se realizó un análisis Ji-cuadrada para cada una de las variables con la finalidad de encontrar diferencias significativas entre esos grupos o rangos para cada variable y determinar las preferencias entre los rangos. Una vez identificados los grupos, empleando el programa Arcview 3.3, se interceptaron las coberturas (rangos de tolerancia) de elevación, pendiente y orientación de la ladera, edafología y uso de suelo y vegetación, con los cuales se generaron micrositios de nicho para cada variable a través de los datos extrapolados. Una vez obtenidos los puntos extrapolados o micrositios de nicho, se utilizó la técnica de “calculate density” con un radio de un kilómetro, un tipo de densidad Kernel y la unidad de área utilizada fue en kilómetros. La cobertura generada se modificó de micrositios de nicho a un modelo potencial de nicho de las madrigueras de *G. flavomarginatus* que se estableció según la probabilidad frecuencial basada en la densidad. Los tres tipos de madrigueras (activas, inactivas y abandonadas) fueron considerados en este análisis para identificar sitios potenciales de presencia.

V. RESULTADOS

Se localizaron 151 madrigueras en la localidad Tortugas. En la Tabla 2, se muestran las estadísticas descriptivas de las variables consideradas para la caracterización de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus*.

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de las variables ancho de la madriguera (ANCHO), altura de la entrada de la madriguera (ALTO), temperatura dentro de la madriguera (TAD), temperatura fuera de la madriguera (TAF), humedad relativa dentro de la madriguera (HRD), humedad relativa fuera de la madriguera (HRF), temperatura del sustrato (TS) y pH del sustrato (PH).

		N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Mínimo	Máximo
ANCHO	Abandonadas	28	23.7536	11.19079	2.11486	12.00	60.00
	Activas	26	30.7308	12.79237	2.50879	14.00	61.00
	Inactivas	7	24.7143	8.63548	3.26390	13.00	38.00
	Total	61	26.8377	11.98040	1.53393	12.00	61.00
ALTO	Abandonadas	28	15.1071	8.12103	1.53473	1.00	46.00
	Activas	26	21.8846	14.02092	2.74973	6.00	75.00
	Inactivas	7	19.5714	7.13809	2.69795	9.00	30.00
	Total	61	18.5082	11.27626	1.44378	1.00	75.00
TAD	Abandonadas	28	33.4750	5.14577	.97246	20.60	43.80
	Activas	26	33.7492	7.80949	1.53157	15.50	48.10
	Inactivas	7	34.9286	6.86093	2.59319	22.00	40.50
	Total	61	33.7587	6.49860	.83206	15.50	48.10
TAF	Abandonadas	28	33.4536	4.94941	.93535	21.00	42.20
	Activas	26	33.4035	7.51012	1.47285	14.80	44.00
	Inactivas	7	34.9000	7.15588	2.70467	22.20	41.90
	Total	61	33.5982	6.31418	.80845	14.80	44.00
HRD	Abandonadas	28	34.5571	14.37903	2.71738	19.00	75.00
	Activas	26	29.4923	7.29207	1.43009	19.00	51.40
	Inactivas	7	30.6571	8.19367	3.09692	20.50	41.50
	Total	61	31.9508	11.30905	1.44798	19.00	75.00
HRF	Abandonadas	28	22.3036	5.07036	.95821	15.30	38.00
	Activas	26	21.4885	6.37767	1.25076	14.00	37.10
	Inactivas	7	20.6857	5.91592	2.23601	13.40	28.80
	Total	61	21.7705	5.68514	.72791	13.40	38.00
TS	Abandonadas	28	31.1071	5.24467	.99115	20.00	43.00
	Activas	26	28.0000	4.72440	.92653	18.00	37.00
	Inactivas	7	27.0000	3.82971	1.44749	24.00	35.00
	Total	61	29.3115	5.10079	.65309	18.00	43.00
PH	Abandonadas	28	6.9821	.28810	.05445	6.00	8.00
	Activas	26	7.0769	.57779	.11331	6.00	8.00
	Inactivas	7	7.0000	.00000	.00000	7.00	7.00
	Total	61	7.0246	.42255	.05410	6.00	8.00

5.1. Índice de dispersión.

De acuerdo al índice de dispersión estandarizado de Morisita, se determinó un patrón de dispersión agregado para el conjunto de 151 madrigueras (activas, inactivas y abandonadas): $125 \times 125 \text{ m} = 0.50$, $250 \times 250 \text{ m} = 0.52$ y $500 \times 500 \text{ m} = 0.60$. De igual forma las madrigueras activas ($N = 26$) presentaron este mismo patrón de dispersión $125 \times 125 \text{ m} = 0.50$, $250 \times 250 \text{ m} = 0.51$ y $500 \times 500 \text{ m} = 0.60$; (Krebs, 1999).

5.2. Estimación de densidad.

La estimación de la densidad fue de 1.75 madrigueras/hectárea para la localidad Tortugas. Considerando solo madrigueras activas, la densidad fue de 0.41 madrigueras/hectárea.

5.3. Identificación de las variables del microhábitat que influyen en la situación de las madrigueras.

La situación de actividad de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus* presentó una diferencia altamente significativa ($\chi^2 = 52.00$, g. l. = 6, $P = 0.000$) al ser comparadas de manera interestacional. El mayor porcentaje de madrigueras activas se registró en la estación de verano (42.6%), mientras que en invierno no se encontraron madrigueras activas. Ver Tabla 3.

Tabla 3. Situación interestacional de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus*.

	Estaciones del Año				
		Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Situación	Abandonada	49.2%	47.5%	45.9%	47.1%
	Activa	0.0%	24.6%	42.6%	8.2%
	Inactiva	50.8%	27.9%	11.5%	45.9%

Las funciones discriminantes uno ($\Lambda = .599$, $\chi^2 = 27.715$, g. l. = 18, $P = 0.067$; $N = 61$) y dos ($\Lambda = 0.931$, $\chi^2 = 3.888$, g. l. = 8, $P = 0.867$; $N = 61$), no fueron estadísticamente significativas. Aunque la primera función discriminante no resultó significativa, el análisis de auto valores indica que esta función explica el 88.3% de la variabilidad total del fenómeno.

Como se muestra en la Tabla 4, altos puntajes en la función discriminante uno estuvieron asociados con la TS, ALT, HRD y HRF con relación a la situación de la madriguera. En la Figura 6 se muestra la distribución de los centroides de las madrigueras abandonadas (0.786), activas (-0.624) e inactivas (-0.825).

Tabla 4. Puntajes de la función canónica discriminante uno con relación a las variables analizadas.

Variable	Función
TS	459*
ALT	-.422*
HRD	.243*
HRF	.168*
A	-.356
CV	.136
TAF	.017
TAD	-.007
PH	-.104

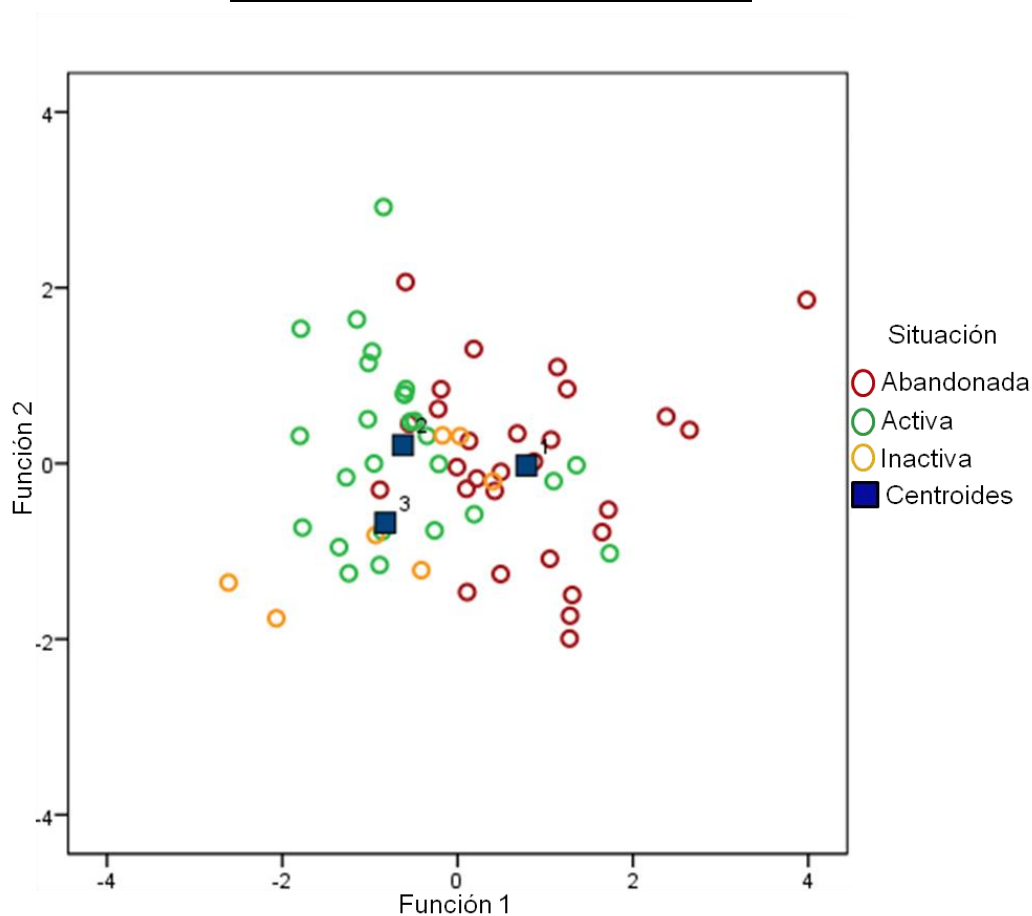


Figura 6. Distribución de los centroides para la situación de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus* durante la estación de verano.

El análisis univariado mostró que solamente la TS fue estadísticamente significativa con relación a la situación de las madrigueras ($F = 3.410$, g. l.= 2, 58; $P = .040$). Ver tabla 5.

Tabla 5. Análisis de varianza de un factor para las variables consideradas con relación a la situación de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus*.

Variables	Lambda de Wilks	F	g.l.1	g.l.2	P
TS	.895	3.410	2	58	.040
TAD	.996	.118	2	58	.889
TAF	.994	.174	2	58	.841
HRD	.966	1.012	2	58	.370
HRF	.984	.480	2	58	.621
PH	.992	.239	2	58	.788
CV	.979	.632	2	58	.535
A	.909	2.918	2	58	.062
ALT	.909	2.912	2	58	.062

De acuerdo con el análisis *Post Hoc* (LSD) de la temperatura del sustrato, las madrigueras en situación activa (media = 28°C) e inactivas (media = 27°C) mostraron diferencias con respecto a la situación de madrigueras abandonadas (media = 31°C). Ver Tabla 6.

Tabla 6. Análisis *Post Hoc* (LSD) de la TS con relación a la situación de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus*.

Situación de la madriguera	N	Situación	Significancia	Diferencia entre Medias
Abandonada	28	Activa	0.023	3.107
		Inactiva	0.050	4.107
Activa	26	Abandonada	0.023	-3.107
		Inactiva	0.633	1.000
Inactiva	7	Abandonada	0.050	-4.107
		Activa	0.633	-1.000

Se observó una relación inversamente proporcional entre la CV y la TS ($y = -0.0755x + 31.117$), es decir, a mayor cobertura vegetal menor temperatura del sustrato. Sin embargo el valor de la correlación fue bajo ($R = 0.088$), Ver Figura 7.

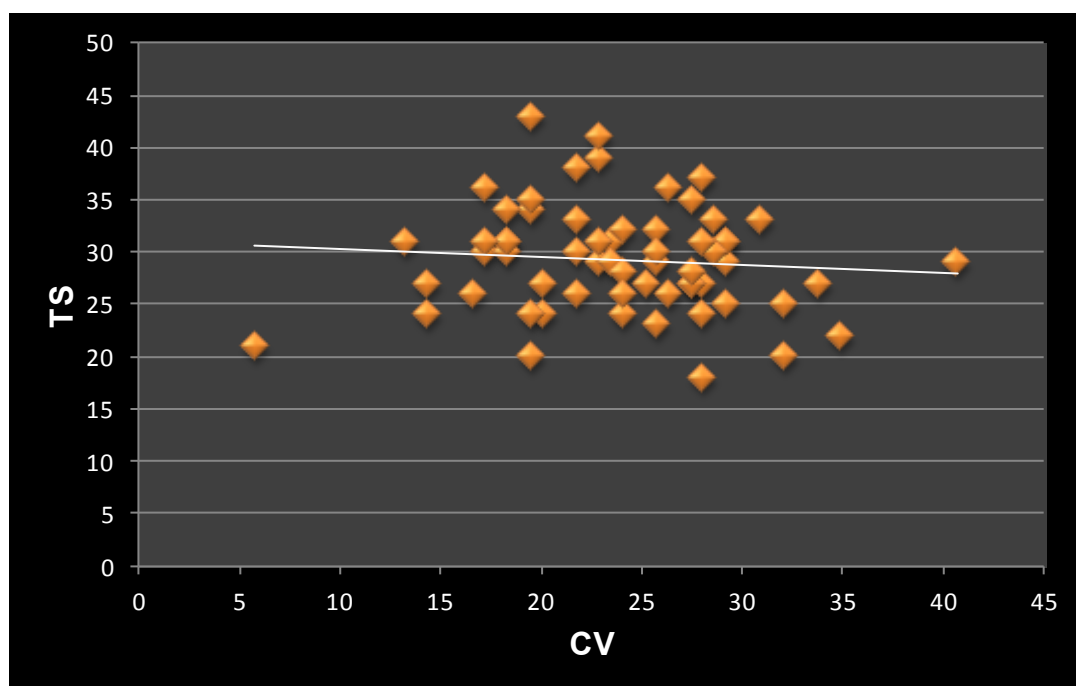


Figura 7. Correlación lineal entre la CV y la TS en las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus*.

5.4. Modelo potencial de nicho de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus*.

5.4.1. Identificación del grupo de elevación con mayor presencia de madrigueras.

De acuerdo con el análisis de frecuencia se clasificaron tres grupos (dos grupos menores a 10 madrigueras por categoría de elevación y un grupo mayor a 10) tomando como referencia el número de madrigueras por dato de elevación (ver Tabla 7).

Tabla 7. Grupos de categorías de elevación de acuerdo con el número de madrigueras de *Gopherus flavomarginatus* presentes en cada categoría.

Grupos	Metros sobre nivel del mar	Frecuencia	Porcentaje
1	1130.00	4	2.6
	1131.00	5	3.3
	1132.00	7	4.6
	1133.00	9	6.0
2	1134.00	19	12.6
	1135.00	30	19.9
	1136.00	18	11.9
	1137.00	31	20.5
	1138.00	21	13.9
3	1139.00	6	4.0
	1140.00	1	.7
	Total	151	100.0

Se observó una diferencia altamente significativa en cuanto a la frecuencia de madrigueras entre grupos ($\chi^2 = 143.735$, g. l. = 2, $P = .000$). Las elevaciones que corresponden al grupo dos registraron el mayor número

de madrigueras (n = 119), seguido por el grupo uno (n = 25) y finalmente el grupo tres (n = 7).

5.4.2. Identificación del grupo de pendiente con mayor presencia de madrigueras.

De acuerdo con el análisis de frecuencia las pendientes se clasificaron en dos grupos; para llevar a cabo la separación de los grupos se consideró el grado de inclinación de la pendiente de la ladera en donde empieza el declive constante de presencia de madrigueras (ver Tabla 8).

Tabla 8. Grupos de categorías de las pendientes de la ladera de acuerdo con el número de madrigueras de *Gopherus flavomarginatus* presentes en cada categoría.

Grupos	Grados de la pendiente	Frecuencia	Porcentaje
1	.00	32	21.2
	.36	20	13.2
	.51	2	1.3
	.81	7	4.6
	1.03	46	30.5
	1.09	8	5.3
	1.15	13	8.6
	1.31	9	6.0
2	1.45	7	4.6
	1.50	3	2.0
	1.54	2	1.3
	1.81	1	.7
	2.21	1	.7
	Total	151	100.0

Se registró una diferencia altamente significativa en cuanto a la frecuencia de madrigueras entre grupos ($\chi^2 = 100.192$, g. l. = 1, P = .000). Las pendientes que corresponden al grupo uno registraron el mayor número de madrigueras (n = 137) en comparación con el grupo dos (n = 14).

5.4.3. Identificación del grupo de orientación con mayor presencia de madrigueras.

De acuerdo con el análisis de frecuencia, las orientaciones se clasificaron en dos grupos; para llevar a cabo la separación de los grupos se consideró el grado de orientación de la ladera en donde empieza el declive constante de presencia de madrigueras (ver Tabla 9).

Tabla 9. Grupos de categorías de las orientaciones de la ladera de acuerdo con el número de madrigueras de *Gopherus flavomarginatus* presentes en cada categoría.

Grupos	Orientación	Frecuencia	Porcentaje
1	.00	32	21.2
	198.44	2	1.3
	206.57	2	1.3
	225.00	29	19.2
	239.04	2	1.3
	243.44	11	7.3
	251.57	3	2.0
	258.69	8	5.3
	270.00	50	33.1
2	278.13	1	.7
	281.31	1	.7
	288.43	2	1.3
	300.96	1	.7
	305.54	1	.7
	315.00	6	4.0
	Total	151	100.0

Se observó diferencia altamente significativa en cuanto a la frecuencia de madrigueras entre grupos ($\chi^2 = 106.815$, g. l. = 1, $P = .000$). Las orientaciones que corresponden al grupo uno registraron el mayor número de madrigueras ($n = 139$) en comparación con el grupo dos ($n = 12$).

5.4.4. Identificación de tipo de vegetación con mayor presencia de madrigueras.

La totalidad de las madrigueras (151) se encontraron dentro del tipo de vegetación de matorral subinerme.

5.4.5. Identificación del tipo de suelo con mayor presencia de madrigueras.

De acuerdo al análisis de frecuencia las madrigueras se distribuyeron en tres tipos de suelo (ver Tabla 10).

Tabla 10. Grupos de categorías de tipos de suelo en los que se encontraron las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus*:

Grupos	Tipos de suelo	Frecuencia	Porcentaje
1	RGca + CL yeso/2R	2	1.3
2	SCadso + LV yeso + CL yeso/2	139	92.1
3	SCyeso + LV yeso + GY yeso/3	10	6.6
	Total	151	100.0

Se registró una diferencia altamente significativa en cuanto a la frecuencia de madrigueras entre grupos ($\chi^2 = 234.927$, g. l. = 2, $P = .000$). El grupo dos registró el mayor número de madrigueras ($n = 139$), seguido por el grupo tres ($n = 10$) y finalmente el grupo uno ($n = 2$).

5.4.6. Modelo potencial de nicho de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus*.

A partir de los puntos observados de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus* (Fig. 8) se generó un mapa con la extrapolación del nicho (Figura 9), obteniendo como resultado final un mapa con la densidad del nicho potencial dentro de la Reserva de la Biosfera de Mapimí (Fig. 10).

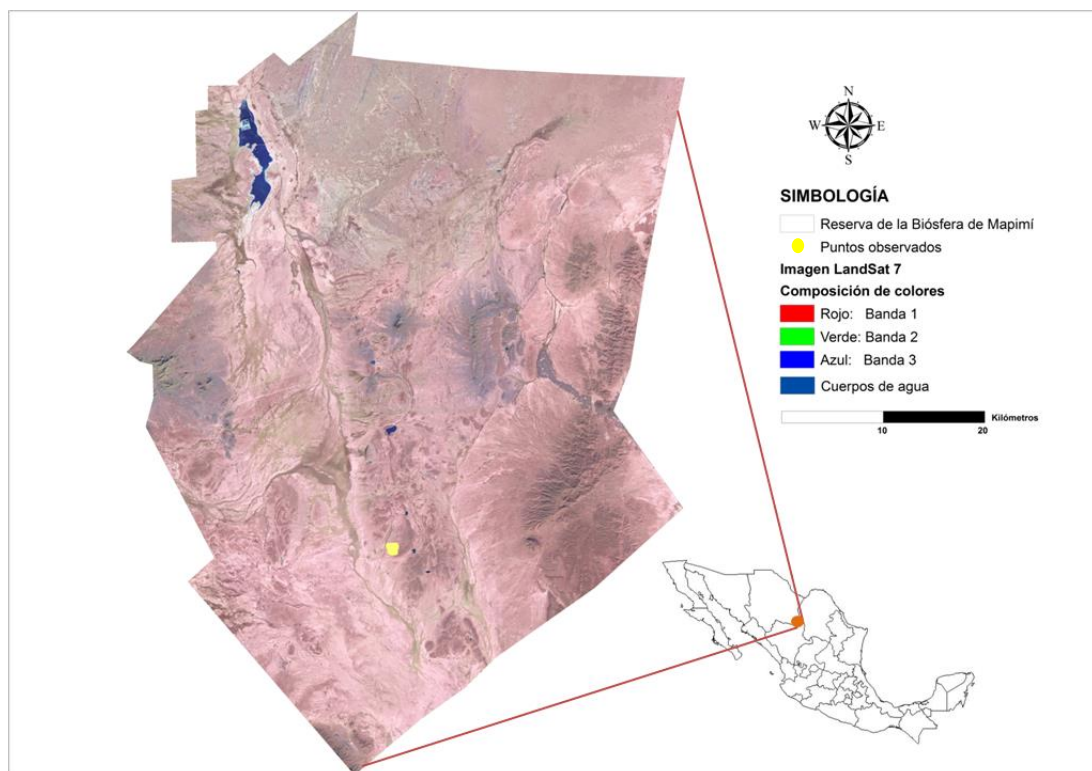


Figura 8. Mapa de la Reserva de la Biósfera de Mapimí en donde se aprecia la ubicación de los puntos observados (151 madrigueras georreferenciadas) de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus*.

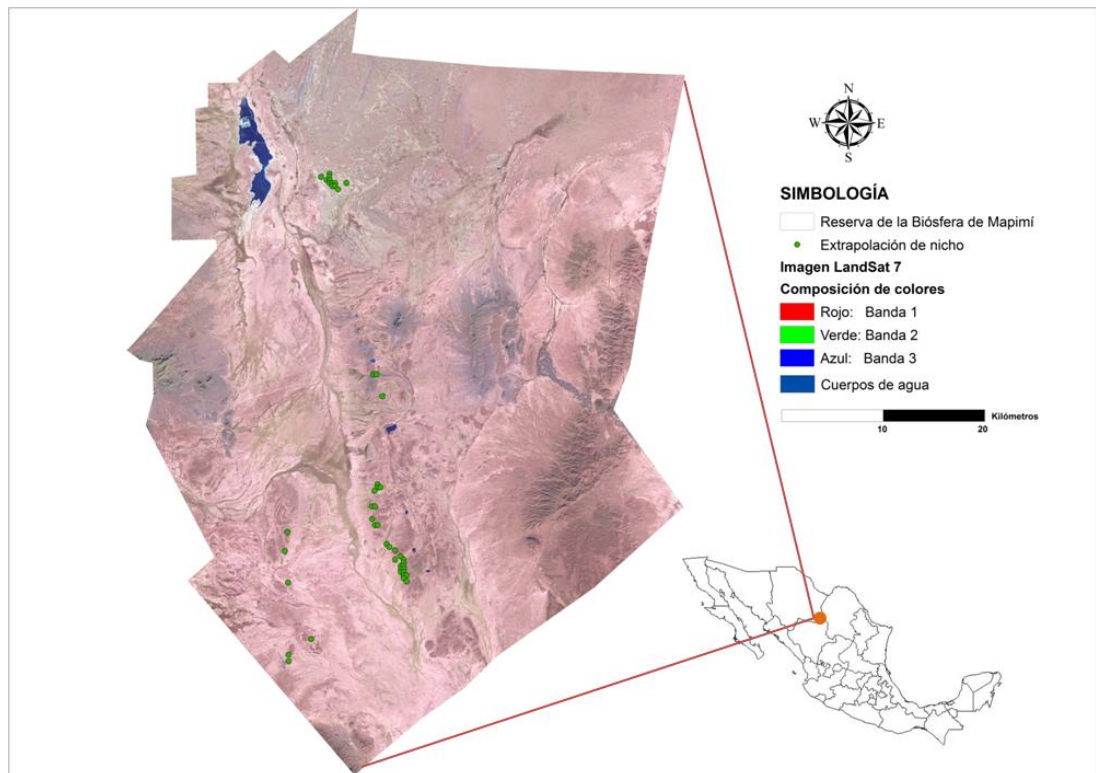


Figura 9. Mapa de la Reserva de la Biósfera de Mapimí en donde se aprecia la ubicación de los puntos extrapolados del nicho de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus*.

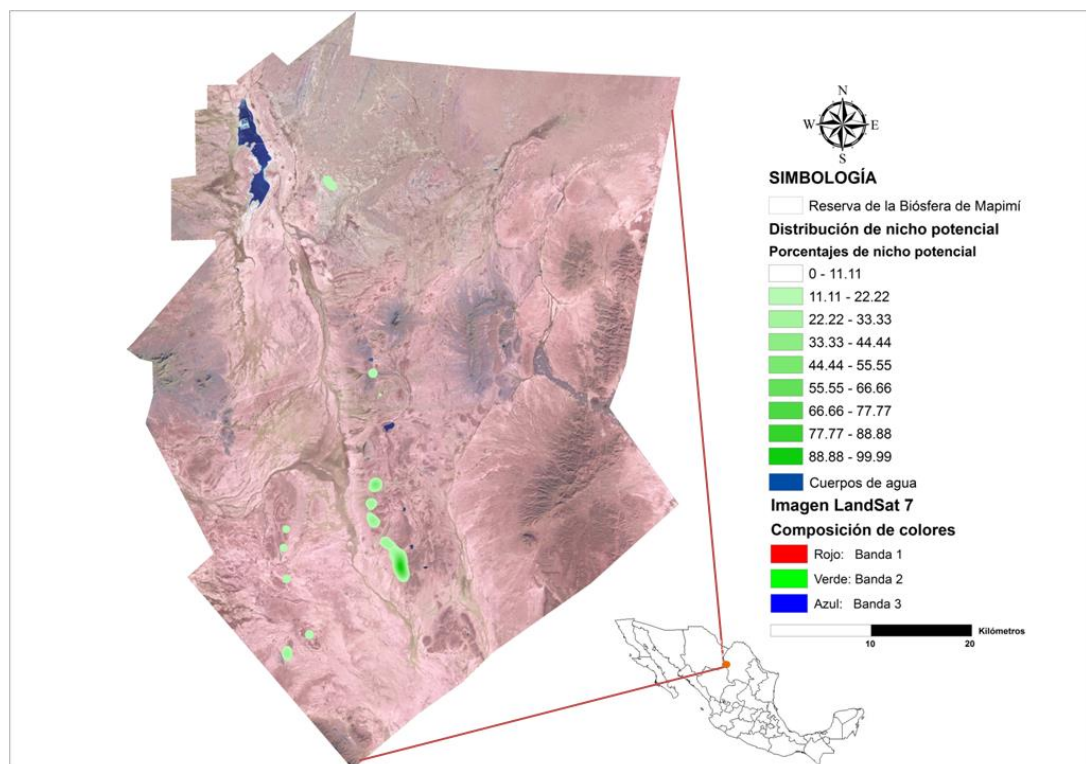


Figura 10. Mapa de la Reserva de la Biósfera de Mapimí en donde se aprecia la densidad potencial del nicho de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus*.

VI. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que en el área de estudio las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus* presentan un tipo de dispersión agregado, lo que coincide con lo documentado por Aguirre *et al.* (1984), quienes reportan un tipo de dispersión similar para las madrigueras de esta especie en la Reserva de la Biosfera de Mapimí. De acuerdo con los datos obtenidos en la presente investigación, el tipo de dispersión observado en la localidad Tortugas probablemente está influenciado por la selección de microhábitats específicos tanto en factores ambientales (tipo de vegetación, cobertura vegetal y tipo del sustrato) como en factores geofísicos (elevación, pendiente de la ladera y orientación de la ladera). Asimismo, diferentes autores asocian la agregación espacial con la selección de microhábitats específicos para diferentes especies del género *Gopherus* (McRae *et al.*, 1981; Baxter, 1988; Douglass, 1990; USFWS, 1990; Diemer, 1992; Esque, 1994; Burge, 1977; Jennings, 1997; Avery, 1998; Duda, 1998; Lovich, 2000; Duda *et al.*, 2002 y USFWS, 2008). Por otra parte, Aresco y Guyer (1999) comentan que los cambios en la cobertura vegetal alrededor de la madriguera de las tortugas *G. polyphemus* pueden dar como resultado el abandono de éstas en ciertos hábitats. En la localidad Tortugas durante la estación de mayor actividad (verano), se registró un 45.9% de madrigueras abandonadas, 42.6% activas y 11.5% inactivas, estimándose una densidad de 1.75 madrigueras/ha (considerando las tres situaciones de las madrigueras) y una densidad de 0.41 madrigueras activas/ha. En el Bolsón de Mapimí Bury *et al.* (1988) reportaron una densidad de 0.44 y 0.16 en Cerros Emilio, 0.00 para el ejido Emiliano Zapata y 0.20 para el Rancho Las

Esperanzas; para la localidad del Socorro registraron una densidad de 0.12; mientras que para la Reserva de la Biosfera de Mapimí, reportaron una densidad de 0.50 madrigueras activas por hectárea. Podemos apreciar una similitud con la densidad reportada para la Reserva de la Biósfera de Mapimí (0.50 madrigueras activas/ha) y la densidad registrada en este estudio para la localidad Tortugas (0.41 madrigueras activas/ha). Aguirre *et al.* (1984) y Bury *et al.* (1988) comentan que las madrigueras en el área de estudio de Mapimí parecen estar relacionadas con la vegetación de tipo matorral (*Larrea tridentata* y *Prosopis glandulosa*) y pastizal (*Hilaria mutica*).

De acuerdo con los resultados obtenidos en la localidad Tortugas, la temperatura del sustrato fue significativamente distinta con relación a la situación de las madrigueras, en donde las madrigueras en situación activa (media = 28°C) e inactivas (media = 27°C) mostraron diferencias con respecto a la situación de madrigueras abandonadas (media = 31°C). Ver Tabla 6.

Es posible que las variaciones en la cobertura vegetal alrededor de las madrigueras influyan en la temperatura interna de estas estructuras, lo que se ve reflejado en el abandono de las mismas. Asimismo, Hallinan (1923), Auffenberg y Franz (1982), Aresco y Guyer (1999), Boglioli *et al.* (2000), Hermann *et al.* (2002) y Ashton, *et al.* (2008) han reportado que para otras especies del género *Gopherus* el abandono permanente de madrigueras parece ocurrir en respuesta a las condiciones de un hábitat desfavorable. Esto es evidencia de que las tortugas en sitios con disturbios fácilmente abandonarán sus madrigueras para emigrar a áreas con mejores características a medida que cambian las condiciones (Guyer y Hermann,

1997; Aresco y Guyer, 1999). Con base en lo ya señalado, podemos proponer que las madrigueras activas de las especie *G. flavomarginatus* pueden ser un indicador de la calidad del hábitat en esta región.

Según Ortega *et al.* (2000) los parámetros ecológicos proporcionan información sobre los factores causales de la presencia o ausencia de las especies. Asimismo, el estudio de los patrones de distribución en poblaciones, permite comprender los factores que determinan la presencia o ausencia de determinadas especies en algún ecosistema en particular y proporciona la posibilidad de crear hipótesis sobre los mecanismos biológicos que contribuyen al ordenamiento espacial de los individuos en su ambiente (Greig, 1979). Partiendo de este fundamento y con base en los resultados obtenidos, el tipo de dispersión agregado que presentan las madrigueras de *G. flavomarginatus* en la localidad Tortugas probablemente puede estar asociado con el requerimiento de factores específicos tanto ambientales como geofísicos.

En el área de estudio las madrigueras de *G. flavomarginatus* se encontraron en un 16.5 % en elevaciones que van de los 1130 a 1133 msnm, un 78 % de madrigueras distribuidas en elevaciones que van de los 1134 a 1138 msnm, mientras que para las elevaciones que van de los 1139 a 1140 se registró un 4.7%. Por otra parte, un 90.7% de las madrigueras se encontraron distribuidas en pendientes que van de 0.00 a 1.31 grados de inclinación mientras que un 9.3% de las madrigueras se encontraron en pendientes de 1.45 a 2.21. Asimismo, un 92% de las madrigueras se distribuyeron en laderas orientadas hacia el Norte (32 madrigueras) y Suroeste (107 madrigueras) (0.00 a 270 grados) y un 8% fueron encontradas

en laderas orientadas hacia el Noroeste (7 madrigueras) (278.13 a 315 grados). De igual forma un 92.1% de las madrigueras se encontraron en el tipo de suelo SCadso + LV yeso + CL yeso/2, un 6.6% en SCyeso + LV yeso + GY yeso/3 y un 1.3% en RGca + CL yeso/2R. El tipo de vegetación fue subinerme para la totalidad de las madrigueras. Lieberman y Morafka (1988) documentaron que los suelos con tamaño del grano intermedio, drenaje y pendiente parecen tener la mayor cantidad de madrigueras de *G. flavomarginatus* las cuales están ausentes de las partes más altas donde la inclinación de las pendientes es de más de 2.5 o 3 grados. Por otra parte, Barbault y Halffter (1981), comentan que la frecuencia de madrigueras de *G. flavomarginatus* generalmente se incrementa con el aumento de la inclinación de la pendiente hasta 2.5 o 3%. Asimismo, Appleton (1978), Auffenberg y Franz (1978) mencionan que *G. flavomarginatus* prefiere pendientes poco inclinadas (0.5% a 2%), suelo de textura fina (en promedio 48% arenoso y 32% limo con grava y arcilla cada una comprendiendo 10% del total) y un matorral esclerófilo mixto y pastizal. Respecto a la orientación geográfica de las madrigueras, Barbault y Halffter (1981), reportaron que la apertura de las madrigueras de *G. flavomarginatus* presentan una preferencia direccional hacia el Noreste, lo que sugiere que esta preferencia promueve una ventaja térmica. Asimismo, Burgue (1978) citado en Barbault y Halffter (1981), menciona que una ventaja térmica relacionada con la orientación hacia el Norte y Noreste ha sido también observada en madrigueras de *G. agassizii*.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, muestran similitudes con lo reportado por los autores ya mencionados, en donde la selección de

tipo de suelo, elevación, inclinación de la pendiente y orientación de la ladera aparentemente son factores determinantes para la presencia o ausencia de madrigueras. De acuerdo con lo observado en el área de estudio, la preferencia de *G. flavomarginatus* para construir sus madrigueras en orientaciones de la ladera con dirección Suroeste, presumiblemente está asociado con los escurrimientos pluviales (arroyos), los cuales presentan una dirección que va de Este a Oeste y lo cual probablemente disminuye la posibilidad de inundación de las madrigueras en temporada de lluvia. Asimismo, esta preferencia posiblemente puede estar siendo influenciada por ventajas térmicas de la estructura, tomando como referencia que la preferencia por laderas con orientación Suroeste ofrecen a las madrigueras una mayor exposición al sol durante el ocaso, lo cual, probablemente favorece su termorregulación.

Tomando como referencia parámetros ecológicos como en este caso el patrón de dispersión agregado que presenta *G. flavomarginatus* en el área de estudio, podemos dar una posible explicación sobre los factores relacionados con la presencia o ausencia de las madrigueras, ya que los individuos de esta especie en el área de estudio y en otras localidades de la Reserva de la Biosfera de Mapimí, según lo reportado por los autores mencionados, están presentando una selección específica por tipo de suelo, elevación, inclinación de la pendiente y orientación de la ladera, esta última, aparentemente relacionada con aspectos de termorregulación. Esto nos proporciona información sobre la selección de hábitat para el establecimiento de estas estructuras.

La generación de un modelo de nicho potencial (con base en el modelo de extrapolación propuesto por González y Romero (En prensa) exclusivo para la Reserva de la Biósfera de Mapimí nos limita a trabajar con un número restringido de variables por el tamaño relativamente reducido del área. Es por ello que con base en los resultados obtenidos en el presente estudio (requerimientos específicos de *G. flavomarginatus* para construir sus madrigueras en el área de estudio) y a lo documentado por diferentes autores, fue posible elaborar un modelo de nicho potencial de las madrigueras de *G. flavomarginatus* para la Reserva de la Biósfera de Mapimí, basado en los requerimientos específicos de las variables ambientales (vegetación y tipo de suelo) y geofísicas (elevación, pendiente y orientación de la ladera). El modelo nos muestra zonas de un radio de un kilómetro con características ambientales y geofísicas similares a las registradas en el área de estudio. Estas zonas se clasifican por densidades que van de 0 a 99%, asumiendo que las zonas con un 99% de densidad son las áreas que mayor similitud presentan respecto al área de estudio, considerando las variables ambientales y geofísicas ya mencionadas.

En visitas posteriores a las zonas de alta densidad representadas en el modelo de nicho potencial se han encontrado similitudes con respecto al área de estudio, así como también, se ha observado la presencia de madrigueras de *G. flavomarginatus*. En cambio, en algunas otras zonas en donde el modelo indica que pertenecen a áreas de alta densidad, se han encontrado sitios impactados por presencia de ganado bovino así como una disminución en madrigueras observadas.

Los resultados obtenidos en las áreas representadas como de alta densidad (en el modelo potencial de nicho) y en donde se han observado madrigueras, sustentan lo documentado por Lieberman y Morafka (1988), Legendre y Troussellier (1988), Augustin *et al.* (1996) y Baskaran *et al.* (2006) quienes mencionan que debido a que la distribución de *G. flavomarginatus* se ajusta a un patrón geográfico simple, es factible predecir un patrón de distribución ecológico. Por otra parte, González y Romero (En prensa) mencionan que el modelo de extrapolación, a una escala regional, posee una precisión del 87% según el análisis de concordancia de capa. Esta información nos da una referencia acerca de la confiabilidad con la que se trabajó en la elaboración del mapa potencial de nicho para las madrigueras de *G. flavomarginatus* en la Reserva de la Biósfera de Mapimí (tomando como referencia variables ambientales y geofísicas). Sin embargo, las áreas representadas en el modelo de nicho potencial como de alta densidad y en donde se observó presencia de ganado bovino y una disminución en madrigueras observadas, puede estar siendo inferido por lo comentado por Dias, (1996), quien menciona que los modelos predictivos de alguna especie en particular pueden verse inferidos por varios posibles escenarios: que un organismo cuya selección de hábitat se pretende modelar muestre una dinámica poblacional en la que hay efectos ecológicos de fuente-sumidero, que un área adecuada podría estar vacía si aún no hubiera sido colonizada o si la población existente se hubiera extinguido por causas naturales o provocadas por el hombre.

Es necesario llevar a cabo una evaluación del modelo de nicho potencial en la Reserva de la Biósfera de Mapimí con la finalidad de obtener

un porcentaje de confiabilidad del modelo a nivel local. Asimismo, considerando que el modelo realizado solo abarca un cierto rango de elevación, pendiente, orientación de la ladera, tipo de suelo, vegetación y uso de suelo, se propone llevar a cabo este mismo procedimiento en polígonos en donde la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) a registrado una abundancia considerable de madrigueras y en donde las condiciones ambientales y geofísicas varían en comparación a las características registradas en este trabajo. Esto permitirá generar un modelo o mapa potencial de nicho con un rango mayor dentro de la Reserva de la Biosfera de Mapimí.

Por otra parte, se sugiere que se lleve a cabo una evaluación de las zonas representadas en el modelo de nicho potencial como áreas de alta densidad de madrigueras de *G. flavomarginatus* y sean consideradas (si la situación del área lo amerita) como áreas de protección especial dentro de la reserva de la Biosfera de Mapimí.

VII. CONCLUSIONES

Se concluye que en la localidad Tortugas de la Reserva de la Biósfera de Mapimí las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus* presentaron un patrón de dispersión agregado.

La estimación de la densidad fue de 1.75 madrigueras/hectárea para la localidad Tortugas. Considerando solo madrigueras activas, la densidad fue de 0.41 madrigueras/hectárea.

El mayor porcentaje de madrigueras activas se registró en la estación de verano (42.6%), mientras que el porcentaje más bajo de madrigueras activas correspondió a la estación de invierno.

La variable ambiental que presentó mayor influencia en la situación de las madrigueras (activas, inactivas y abandonadas) fue la temperatura del sustrato (TS), encontrándose una relación inversamente proporcional entre la cobertura vegetal (CV) y la temperatura del sustrato (TS), es decir, a mayor cobertura vegetal menor temperatura del sustrato.

Se obtuvo un modelo potencial de nicho de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus* con base en la selección de rangos específicos de las variables geofísicas (elevación, pendiente de la ladera y orientación de la ladera) y ambientales (tipo de suelo y vegetación y uso de suelo).

Se encontró que la mayor densidad de micrositios de nicho se ubican en los puntos potenciales situados al sur de la reserva de la Biósfera de Mapimí.

El modelo potencial de nicho generado a partir de este estudio, puede ser empleado para identificar áreas con condiciones similares a las registradas en el polígono de la localidad tortugas.

En localidades con condiciones prístinas, las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus* pueden ser un indicador del cambio climático a nivel regional.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que las áreas presentadas como de alta densidad, las cuales son áreas con características ambientales y geofísicas idóneas para las madrigueras de *G. flavomarginatus* en el modelo potencial de nicho en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, sean objeto de un monitoreo y/o vigilancia especial dentro de la reserva.

De acuerdo al trabajo realizado en campo durante la presente investigación, se considera que basarse únicamente en las características externas de las madrigueras (método de Auffenberg y Franz, 1982 y Cox *et al.* 1987) para determinar su situación (activa, inactiva y abandonada) puede ser altamente subjetivo, sobre todo cuando no se tiene la experiencia suficiente para su diferenciación. Nosotros sugerimos que además de determinar la situación de la madriguera de *Gopherus flavomarginatus* con base en sus características externas, se introduzca una videocámara. Esto permitirá evaluar la precisión del método empleado en esta investigación para determinar la situación de las madrigueras y nos brindara más alternativas para futuros trabajos en donde sea necesario conocer la situación de estas estructuras.

IX. LITERATURA

- Adest, G. A., G. Aguirre-Léon, D. J. Morafka y J. V. Jarchow. 1989. Bolson tortoise (*Gopherus flavomarginatus*) conservation: I. Life history. *Vida Silvestre Neotropical* 2(1): 7-13.
- Aguirre, G., Adest, G., Recht, M. y Morafka, D. 1979. Preliminary investigations of movements, thermoregulation, population structure and diet of the Bolson Tortoise, *Gopherus flavomarginatus*, in the Mapimi Biosphere Reserve, Durango, Mexico. In *Desert Tortoise Council Symposium Proceedings*, 1979: 149-165.
- Aguirre, G., G. A. Adest y D. J. Morafka. 1984. Home range and movement patterns of the Bolson Tortoise, *Gopherus flavomarginatus*. *Acta Zool. Mex. (n.s.)* 1:1-28.
- Aguirre-León, G. 1995. Conservation of the Bolson tortoise, *Gopherus flavomarginatus*. *Proc. N. American Tortoise Conference. Publ. Soc. Herpetol. Mex. No. 2*: 6-9.
- Aguirre-León, G., y R. González-Trápaga. 2008. Guía de Procedimientos Para el Registro de Información de la Tortuga *Gopherus flavomarginatus*. Curso de Capacitación Para el Monitoreo de Tortuga del desierto y sus Madrigueras. Instituto de Ecología, A.C. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Appleton, A. B. 1978. Bolson tortoises (*Gopherus flavomarginatus* Legler) at The Research Ranch. Pages 164-174 in *Proceedings 3rd Desert Tortoise Council Symposium*. Desert Tortoise Council, Beaumont, California.
- Aresco, M. J. 1998. Growth and Burrow Abandonment of the Gopher Tortoise, *Gopherus polyphemus*, in Slash Pine Plantations of Southern Alabama. Thesis, Auburn University, Auburn, Alabama, USA.
- Aresco, M. J. y C. Guyer. 1999. Burrow abandonment by Gopher Tortoises in slash pine plantations of the Conecuh National Forest. *Journal of Wildlife Management* 63:26–35.
- Ashton, K. G., B. M. Engelhardt y B. S. Brancifort. 2008. Gopher Tortoise (*Gopherus polyphemus*) Abundance and Distribution after Prescribed Fire Reintroduction to Florida Scrub and Sandhill at Archbold Biological Station. *Journal of Herpetology* Vol. 42 (3): 523–529.
- Auffenberg, W. y Franz, R. (1978d): *Gopherus flavomarginatus*. *Catalog. Amer. Amphib. Rept.*, 214: 1-2.
- Auffenberg, W. y R. Franz. 1982. The status and distribution of the gopher tortoise (*Gopherus polyphemus*). En: *North American Tortoises*:

Conservation and Ecology, p. 95-126. Bury, R.B., Ed., U.S. Fish and Wildlife Service, Wildlife Research Report #12.

- Auffenberg, W. y R. Franz. 1982. The status and distribution of the Gopher Tortoise (*Gopherus polyphemus*). In R. B. Bury (ed.), North American Tortoises: Conservation and Ecology, pp. 95–126. U. S. Fish and Wildlife Service, Wildlife Research Report 12, Washington, DC.
- Augustin, N. H., M. A. Muggleston y S. T. Buckland. 1996. An Autologistic Model for the Spatial Distribution of Wildlife. *Journal of Applied Ecology* 33:339-347.
- Avery, H.W. 1998. Nutritional ecology of the desert tortoise (*Gopherus agassizii*) in relation to cattle grazing in the Mojave Desert. PhD. Dissertation. University of California, Los Angeles.
- Bailey, S. J., C. R. Schwalbe y C. H. Lowe. 1995. Hibernaculum use by a population of desert tortoises (*Gopherus agassizii*) in the Sonoran Desert. *Journal of Herpetology*, 29 (3):361-369.
- Barbault, R. y G. Halffter (Eds). 1981. Ecology of the Chihuahuan Desert organization of some vertebrate communities. Mexico, D.F. Instituto de Ecología, 8:167.
- Baskaran, L. M., V. H. Dale y R. A. Efroymson. 2006. Habitat Modeling Within a Regional Context: An Example Using Gopher Tortoise. *The American Midland Naturalist*, 155(2):335-351.
- Baxter, R.J. 1988. Spatial distribution of desert tortoises (*Gopherus agassizii*) at Twentynine Palms, California: implications for relocations. En: Szoro, R.C., Severson, K.E., y Patton, D.R. (Eds). *Management of Amphibians, Reptiles, and Small Mammals in North America*. USDA Tech. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-166, pp. 180-189.
- Billings, W. D. 1968. Las plantas y el ecosistema, Serie Fundamentos de la Botánica. Herrero. México D. F. 168 p.
- Boglioli, M. D., W. K. Michener y C. Guyer. 2000. Habitat selection and modification by the Gopher Tortoise, *Gopherus polyphemus*, in Georgia longleaf pine forest. *Chelonian Conservation and Biology* 3:699–705.
- Breninger, D. R., P. A. Schmalser y C. R. Hinkle. 1994. *Gopherus* Tortoises (*Gopherus polyphemus*) densities in coastal scrub and slash pine flatwoods in Florida. *Journal of Herpetology*, 28: 60-65.
- Bulova, S.J. 1994. Patterns of burrow use by desert tortoises: gender differences and seasonal trends. *Herpetol. Monog.* 8:133-143.
- Bulova, S.J. 1997. Conspecific cues influence burrow choice by desert tortoises (*Gopherus agassizii*). *Copeia*, 802-810.

- Burge, B. L. 1978. Physical characteristics and patterns of utilization of cover sites used by *Gopherus agassizii* in southern Nevada, p. 80–111. In: Proceedings of the 1978 Symposium of the Desert Tortoise Council. M. Trotter (ed.). Desert Tortoise Council, Inc., San Diego, California.
- Burge, B.L. 1977. Daily and seasonal behavior, and areas utilized by the desert tortoise *Gopherus agassizii* in southern Nevada. In: Proceedings of the Desert Tortoise Council 1977 Symposium, pp 59-94.
- Bury, R. B., D. J. Morafka y C. J. McCoy. 1988. Part I. Distribution, abundance, and status of the Bolson tortoise. Pages 5-30 in D. J. Morafka and C. J. McCoy (eds.), The ecogeography of the Mexican Bolson tortoise (*Gopherus flavomarginatus*): derivation of its endangered status and recommendations for its conservation. Annals Carnegie Museum 57:1-72.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). En vigor a partir del 24 de junio de 2010 (<http://www.cites.org> consultado el 11 de abril de 2011).
- Cox, J., D. Inkley y R. Kautz. 1987: Ecology and Habitat Protection Needs of Gopher Tortoise (*Gopherus polyphemus*) Populations Found on Lands Slated for Large-scale Development in Florida. Florida Game and Fresh Water Fish Commission Nongame Wildlife Program Technical Report #4.
- Dias, P.C. 1996. Sources and Sniks in Population Biology. Trends in Ecology and Evolution 11:326-330.
- Diemer, J. 1992. Home range and movements of the tortoise *Gopherus polyphemus* in Northern Florida. Journal of Herpetology 26:158–165.
- DOF. 2000. Diario Oficial de la Federación: Decreto por el cual se declara como área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región denominada Mapimí del 17 de noviembre de 2000.
- Douglass, J. F. 1990. Patterns of mate-seeking and aggression in a southern Florida population of the gopher tortoise, *Gopherus polyphemus*. Proceedings from the Annual Meeting of the Desert Tortoise Council, 1986.
- Duda, J. J., A. J. Krzysik y J. E. Freilich. 1999. Effects of drought on desert tortoise movement and activity. Journal of Wildlife Management, 63:1181–1192.
- Duda, J.J. 1998. Home range, burrow use, and activity patterns of the desert tortoise (*Gopherus agassizii*) in the south-central Mojave Desert. Master's Thesis, Wayne State University.

- Duda, J. J., A. J. Krzysik y J. M. Meloche. 2002. Spatial Organization of Desert Tortoises and their Burrows at a Landscape Scale. *Chelonian Conservation and Biology*, 4(2):387–397.
- Eberhardt, L.L. 1968. Transect methods for populations studies. *Journal of Wildlife Management*, 42(1) : 1:31. U.S.A.
- Esque, T.C. 1994. Diet and diet selection of the desert tortoise (*Gopherus agassizii*) in the northeastern Mojave Desert. Master's Thesis. Colorado State University, Fort Collins.
- Eubanks, J. O., W. K. Michener y C. Guyer. 2003. Patterns of Movement and Burrow use in a Population of Gopher Tortoises (*Gopherus polyphemus*). *Herpetologica*, 59:311-321.
- Franz, R. 1986a. The Florida gopher frog and the Florida pine snake as burrow associates of the gopher tortoise in northern Florida. In: *The Gopher Tortoise and Its Community. Proceedings of the 5th Annual Meeting of the Gopher Tortoise Council*, p. 16-20. Jackson, D.R., Bryant, R.J., Eds, Florida State Museum, Gainesville.
- Franz, R. 1986b. *Gopherus polyphemus* (Gopher tortoise) burrow commensals. *Herp. Rev.*, 17: 64-65.
- García, G. I. y Martínez, J. G. 2004. Caracterización de la Reserva de la Biosfera Mapimí Mediante el uso de sistemas de información geográfica. *Memorias del IV Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas*. Universidad Autónoma de Chihuahua-Universidad de Sonora. 369-377 pp.
- González-Zamora, A. y Romero-Méndez U. 1012(En revisión). Distribución Geográfica del Nicho de Axinphyllum. *Revista Chilena de Historia Natural*. Código RCHN 11-97.
- Greig, H. P. 1979. The use of random and contiguous quadrants in the study of the structure of plant communities. *Annals of Botany*, 16: 293-316.
- Guyer, C. y S. M. Hermann. 1997. Patterns of size and longevity of Gopher Tortoise (*Gopherus polyphemus*) burrows: Implications for the longleaf pine Ecosystem. *Chelonian Conservation and Biology*, 2:507–513.
- Hallinan, T. 1923. Observations made in Duval County, northern Florida, on the Gopher Tortoise (*Gopherus polyphemus*). *Copeia*, 1923:11–20.
- Hansell, M. H. 1993. The ecological impact of animal nests and burrows. *Functional Ecol.*, 7:5-12.
- Hardin, W. J., F. J. Mazzotti y K. G. Rice. 2006. Changes in Abundance of Gopher Tortoise Burrows at Cape Sable, Florida. *Southeastern Naturalist*, 5(2):277–284.

- Hermann, S. M., C. Guyer, J. H. Waddle y M. G. Nelms. 2002. Sampling on private property to evaluate population status and effects of land use practices on the Gopher Tortoise, *Gopherus polyphemus*. *Biological Conservation*, 108:289–298.
- Jennings, W.B. 1997. Habitat use and food preferences of the desert tortoise, *Gopherus agassizii*, in the western Mojave and impacts of off-road vehicles. Pages 42-45 in J. Van Abbema (ed.), *Proceedings of the International Conference on Conservation, Restoration, and management of Tortoises and Turtles*. New York Turtle and Tortoise Society, New York.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology*. 2da ed. Ed. Benjamin Cummings. U.S.A.
- Krebs, C. J. 2000. *Programs for Ecological Methodology*. 2da ed. Exeter Software.
- Lawton, J. H. y Woodroffe, G. L. 1991. Habitat and Distribution of Water Voles: Why Are There Gaps in a Species' Range? *Journal of Animal Ecology*, 60: 79-91.
- Legendre, P. y M. Troussellier. 1988. Aquatic Heterotrophic Bacteria: Modelling in the Present of Spatial Autocorrelation. *Limnology and Oceanography*, 33: 1055-1067.
- Lemos-Espinal, J. y B. Smith. 2007. Anfibios y reptiles de la porción Oeste del estado de Coahuila. Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final SN IB-CONABIO proyecto No. CE002 México D. F.
- Lieberman, S. S. y D. J. Morafka. 1988. Part II. Ecological distribution of the Bolson tortoise. Pages 31-46 in D. J. Morafka and C. J. McCoy (eds.) *The ecogeography of the Mexican Bolson tortoise (*Gopherus flavomarginatus*): derivation of its endangered status and recommendations for its conservation*. *Annals Carnegie Museum*, 57(1):1-72.
- Lovich, E. y R. Daniels. 2000. Environmental Characteristics of Desert Tortoise (*Gopherus agassizii*) Burrow Locations in an Altered Industrial Landscape. *Chelonian Conservation and Biology*, 3(4):714–721.
- Manly, B. F. J., I. L. McDonald y D. L. Thomas. 1993. *Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies*. Chapman and Hall, London, United Kingdom.
- McRae, W. A., J. L. Landers y J. A. Garner. 1981. Movement patterns and home range of the gopher tortoise. *American Midland Naturalist*, 106:165–179.
- Medica, P. A., R. B. Bury y R. A. Luckenbach, 1980. Drinking and the construction of water catchments by the desert tortoise, *Gopherus agassizii*, in the Mojave Desert. *Herpetologica*, 36:301-304.

- Morafka, D. J. 1982. The status and distribution of the Bolson Tortoise, *Gopherus flavomarginatus*. En R. B. Bury (ed.), North American Turtles: Conservation and Ecology, pp. 71-94. Wildlife Research Report 12, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.
- Morafka, D. J. 1988. Historical biogeography of the Bolson Tortoise. En D. J. Morafka and C. J. McCoy (eds.), The Ecogeography of the Mexican Bolson Tortoise (*Gopherus flavomarginatus*): Derivation of its endangered status and recommendations for its conservation, pp. 47-72. Annals of Carnegie Museum 57, Article 1.
- Morafka, D. J., G. A. Adest, G. Aguirre y M. Recht. 1981. The ecology Of the Bolson Tortoise *Gopherus flavomarginatus*. En: Barbault, R. y G. Halffter (eds.), Ecology of the Chihuahuan Desert. Instituto de Ecología A.C México, D.F. 35-78 pp.
- Moreno, C. E. 2001. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Textos Universitarios. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 49p.
- Morrison, M. L., B. G. Marcot y R. W. Mannan. 1992. Wildlife – habitat relationship: Concepts and applications. University of Wisconsin Press, Madison, WI. 364 pp.
- Nagy, K.A. y P. A. Medica. 1986. Physiological ecology of desert tortoises in southern Nevada. Herpetologica, 42:73-92.
- Ortega, C. E. y E. Ecurra 2000. Distribución espacial en el hábitat de *Mammillaria pectinifera* y *M. carnea* en el valle de Zapotitlán Salinas, Puebla, México. Cactáceas y Suculentas Mexicanas Tomo XLV Año, 45 (1): 4-14.
- Ralph, C. J. 1981. Terminology used in estimating numbers of birds. In: Ralph, C. John; Scott, J. Michael, editors. Estimating numbers of terrestrial birds. Studies in Avian Biology, 6: 577- 578.
- Ramírez-Carballo, H., I. García-Gutiérrez y J.G Martínez-Rodríguez. 2005. Caracterización Participativa De Agostaderos Degradados En Un Predio De La Reserva De La Biosfera Mapimí. Memorias del II Simposio Internacional de Manejo de Pastizales. INIFAP-Gobierno del Estado de Zacatecas-Zacatecas A.C. 274-280 pp.
- Rautenstrauch, K. R., A. L. H., Rager y D. L. Rakestraw. 1998. Winter behavior of desert tortoises in southcentral Nevada. J. Wildl. Mgmt, 62:98-104.
- Rosenzweig, M. L. 1981. A theory of habitat selection. Ecology, 62:327-335.
- SEMARNAT. 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010 (Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista

- de especies en riesgo). Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010. México. 77 pp.
- Seoane, J. y J. Bustamante. 2001. Modelos Predictivos de la Distribución de Especies: Una Revisión de sus Limitaciones. *Ecología*, 15: 9 – 21.
- Smith, R. B., T. D. Tuberville, A. L. Chambers, K. M. Herpich y J. E. Berish. 2005. Gopher tortoise burrow surveys: External characteristics, burrow cameras, and truth. *Applied Herpetology*, 2: 161-170.
- Turner, F.B., P. Hayden, B. L. Burge y J. B. Roberson. 1986. Egg production by the desert tortoise (*Gopherus agassizii*) in California. *Herpetologica*, 42:93-104.
- USFWS (United States Fish and Wildlife Service). 1978. Endangered and threatened wildlife and plants. Proposed Endangered Status for the Bolson Tortoise. Federal Register, 43(187): 43692-43693.
- USFWS (United States Fish and Wildlife Service). 1990. Gopher tortoise (*Gopherus polyphemus*) recovery plan. Prepared by Wendell A. Neal, U.S. Fish and Wildlife Service, Jackson, MI. 28 pp.
- USFWS (United States Fish and Wildlife Service). 2008. Draft Revised Recovery Plan for the Mojave Population of the Desert Tortoise. http://www.fws.gov/nevada/desert%5Ftortoise/documents/recovery_plan/DraftRevRP_Mojave_Desert_Tortoise.pdf. Accessed 4/15/2011.
- Van Dijk, P.P. y O. Flores-Villela. 2007. *Gopherus flavomarginatus*. In: IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.2. <www.iucnredlist.org>. Descargado el 10 de marzo del 2011.
- Walde A. D., A. M. Walde, D. K. Delaney y L. L. Pater. 2009. Burrows of Desert Tortoises (*Gopherus agassizii*) as Thermal Refugia for Horned Larks (*Eremophila alpestris*) in the Mojave Desert. *The Southwestern Naturalist*, 54(4):375–381.
- Witz, B.W., D. S. Wilson y M. D. Palmer. 1991. Distribution of *Gopherus polyphemus* and its vertebrate symbionts in three burrow categories. *Amer. Midl. Nat.*, 126: 152-158.
- Woodbury, A. M. y R. Hardy. 1948. Studies of the desert tortoise, *Gopherus agassizii*. *Ecol. Monogr.*, 18:145-200.
- Zar, J. H. Biostatistical Analysis, Fourth edition. 1999. Prentice Hall. Inc.
- Zimmerman, L. C., M. P. O'Connor, S. J., Bulova, J. R. Spotila, S. J. Kemp y C. J. Salice. 1994. Thermal ecology of desert tortoises in the eastern Mojave Desert: seasonal patterns of operative and body temperatures, and microhabitat utilization. *Herpetol. Monogr.*, 8:45-59.