



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**ANÁLISIS DEMOGRÁFICO DE *CONOPSIS*  
*LINEATA* (*SERPENTES: COLUBRIDAE*) EN EL  
PARQUE Y CORREDOR ECOTURÍSTICO “LOS  
DINAMOS”, DISTRITO FEDERAL, MÉXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**BIÓLOGO**

PRESENTA:

**LUIS FERNANDO ESTRADA HERNÁNDEZ**

DIRECTOR DE TESIS:

**DR. HIBRAIM ADÁN PÉREZ MENDOZA**

Diciembre, 2015

México, D.F.





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## **DEDICATORIA**

Con cariño para mi madre, hermanos y sobrinos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Hibraím Adán Pérez Mendoza por todo el apoyo, paciencia, enseñanzas en el campo, en lo académico y confianza en la realización de este trabajo, mi más sincera y profunda admiración.

A mi madre la señora Beatriz Hernández Baeza por todo el apoyo incondicional que siempre me ha brindado.

A mi tío José Estrada por brindarme apoyo personal en mi persona que me permitieron realizar este trabajo.

Al señor Agustín dueño de una de las parcelas en donde trabajé.

A todos mis amigos que tuvieron la oportunidad de acompañarme a los muestreos, Alberto, Ariel, Arturo, Benito, Emiliano, Susana, Tadeo y Xihunel, pero principalmente a Luis Jaramillo que fue de mucho apoyo en el trabajo de campo.

A los miembros de mi jurado: Dra. Maricela Villagrán Santa Cruz, Dra. Alicia Callejas Chavero, Dra. Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea y el M. en C. Juan Carlos Peña Becerril por sus valiosos comentarios.

A Aida (Pai) por el amor y cariño que me has demostrado.

A todos mis profesores de la Facultad por sus enseñanzas.

A todos mis amigos Chucho, Adrián, Chango y los demás de mi generación. Y a todos los miembros de club “Hoyo Funky” Andrés, Alberts, Beto, Mario Iván, Lalo, Yodi, Uva, Paola, Jara, Aaron, Emiliano y Michel que han sido parte importante de este proceso.

Y a todos aquellos que no recuerdo pero que sin duda han sido parte importante de mi formación personal y académica.

## Índice

- I. **Resumen**
- II. **Introducción**
- III. **Antecedentes**
- IV. **Objetivos**
- V. **Métodos**
  - Sitio de estudio
  - Biodiversidad en la región
  - Organismo de estudio
  - Métodos de muestreo
  - Estructura de tallas
  - Dimorfismo sexual y proporción sexual
  - Análisis de la tasa finita de crecimiento observada, tamaño poblacional, densidad poblacional, tasa de supervivencia y de recaptura
- VI. **Resultados**
  - Estructura de tallas
  - Dimorfismo sexual
  - Condición reproductora y proporción de sexos
  - Análisis de la tasa finita de crecimiento observada, tamaño poblacional, densidad poblacional, tasa de supervivencia y de recaptura
- VII. **Discusión**
  - Estructura de tallas
  - Dimorfismo sexual
  - Condición reproductora y proporción de sexos
  - Análisis de la tasa finita de crecimiento observada, tamaño poblacional, densidad poblacional, tasa de supervivencia y de recaptura
- VIII. **Conclusión**
- IX. **Consideraciones finales**
- X. **Literatura citada**

## RESUMEN

Los escamados son el grupo más numeroso dentro de los reptiles y contiene especies con los más diversos hábitat y hábitos. A pesar de que se ha estudiado mucho a los reptiles, aún existe escasez de información detallada para la mayoría de las especies, principalmente para las serpientes. La familia colubridae incluye aproximadamente el 70% de especies de serpientes (más de 1700 especies). Los estudios sobre taxonomía y la historia natural son los que predominan dentro del grupo de las serpientes, pero existen pocos trabajos de ecología de poblaciones con serpientes. La información disponible sobre la ecología de los reptiles escamosos está fuertemente sesgada hacia las especies grandes y abundantes, con atributos que facilitan su estudio científico (por ejemplo; comportamiento diurno y la ocupación de determinados tipos de hábitats). Por ello, esta tesis tiene por objetivo conocer la estructura y dinámica de una población de *Conopsis lineata* en el parque turístico “Los Dinamos” a la altura del segundo y tercer dinamo, para tratar de entender los factores que inciden sobre las tasas vitales. El muestreo se hizo en 2 sitios donde esta especie se encuentra agregada, los sitios se visitaron dejando transcurrir un lapso de dos a tres semanas (14 a 21 días aprox.) durante los años 2011 y 2012, con un periodo de inactividad de aproximadamente 5 meses por época de hibernación de las culebras (diciembre 2011 a mayo 2012). A partir de los datos obtenidos mediante el experimento de marca y recaptura se construyeron historias de captura, que resumen los datos de presencia y ausencia de los organismos a lo largo del muestreo, donde 0 significa ausencia y 1 presencia. Estas historias de captura se analizaron con el programa MARK que permite estimar diferentes parámetros mediante métodos de máxima verosimilitud. Para el análisis de la tasa finita de crecimiento poblacional, se implementaron modelos Pradel. Este procedimiento permite calcular el número de individuos que ingresaron a la población durante el estudio, lo cual se interpreta como reclutamiento y de este modo se calcula la tasa finita de crecimiento realizada como  $\lambda = N_{t+1}/N_t$ . Para la obtención del tamaño poblacional ( $N$ ), se implementaron modelos para poblaciones cerradas con verosimilitud completa, que permiten el cálculo de la probabilidad de supervivencia, la probabilidad de captura condicional y el tamaño población estimado. A partir del estimado de  $N$  se calculó la densidad poblacional como:  $D_p = N/A$ , donde  $A$  es el área de estudio. Finalmente, para obtener estimados de supervivencia ( $\phi$ ) y probabilidad de captura ( $p$ ) se implementaron modelos Cormack-Jolly-Seber (CJS) para recapturas vivas, donde los animales son capturados y liberados vivos. A partir de los muestreos realizados de agosto de 2011 a noviembre de 2012, se capturaron 105 serpientes, 51 en 2011 (49%) y 54 (51%) en 2012, el periodo anual de actividad fue de 7 a 8 meses, durante el 2011 la primera fecha de captura fue el 4 de agosto, mientras que durante el 2012, la primera fecha de captura fue el 11 de mayo. Las últimas serpientes en ser capturadas para cada año fueron el 25 de noviembre del 2011 y el 6 de noviembre del 2012. Respecto a la abundancia temporal, *Conopsis lineata* presenta un pico de actividad durante los meses de lluvia, lo que ha sido reportado como un patrón de abundancia unimodal. Más del 80% de las serpientes fueron capturadas entre los meses de agosto a octubre en los dos años de muestreo. De las 105 serpientes capturadas, fueron obtenidas 16 recapturas (identificadas a partir de las marcas, fotografías de los individuos y conteo de escamas subcaudales, ya que las marcas son menos visibles a medida que transcurre el tiempo). De los 105 individuos capturados, 53 fueron hembras

(50.4%) y 39 fueron machos (37.1%), no pudimos determinar el sexo porque eran muy pequeños (que representan el 12.3% restante). La mayoría de los individuos registrados durante este estudio fueron adultos. El dimorfismo sexual es evidente en la longitud de la cola ( $F = 15.16$ ,  $P = 0.000192$ ). Respecto al promedio del número de escamas subcaudales, para los machos fue de 67.4 ( $n = 33$ ) y para las hembras fue 60 ( $n = 41$ ). La proporción sexual de los individuos observada en la población no fue diferente a una proporción 1:1 ( $\chi^2 = 2.1304$ ,  $GL = 1$ ,  $P = 0.1444$ ). La tasa finita de crecimiento observada ( $\lambda$ ) para la población es de 0.97 (0.02), lo cual se encuentra cercano a la unidad, indicando que la población se auto-reemplaza. El estimado de tamaño poblacional es de 154 individuos. La densidad poblacional es de 0.04 individuos/m<sup>2</sup>. El análisis de supervivencia indica que la tasa mensual es relativamente alta:  $0.76 \pm 0.08$  para hembras y  $0.83 \pm 0.05$  para machos. Estos resultados implican que la supervivencia anual estimada de la población es de solamente el  $0.04 \pm 0.03$  para hembras y  $0.11 \pm 0.09$  para machos. El hecho de haber observado más individuos adultos puede deberse a los hábitos excavadoras de esta especie, ya que es de esperar que los individuos más grandes sean los que se encuentran bajo las rocas más tiempo. Generalmente la proporción de sexos de las serpientes en el nacimiento (proporción sexual primaria) no es estadísticamente diferente 1:1 y en nuestro estudio, la proporción sexual para los adultos tampoco es distinta de dicha proporción. La supervivencia mensual estimada en este estudio es alta, sin embargo al analizar la supervivencia anual es evidente que es baja (menos del 5% de la población sobrevive de un año al siguiente). Estos resultados pueden atribuirse a una alta mortalidad debido a la fragmentación del hábitat o a la depredación natural.

## INTRODUCCIÓN

Los reptiles son uno de los grupos de vertebrados que evolucionaron a partir de los anfibios, y fueron los primeros en explotar ambientes terrestres sin la necesidad de permanecer próximos a cuerpos de agua. El grupo de los reptiles tradicionalmente incluye a las tortugas (Testudines), cocodrilos (Crocodylia), escamados (Squamata; lagartijas y serpientes) y tuátaras (Rynchocephalia; aunque las aves se encuentran dentro de este clado, siendo el grupo hermano de los cocodrilianos). Los escamados son el grupo más numeroso dentro de reptiles y contiene especies con los más diversos hábitats y hábitos; y es posible encontrarlos en desiertos, el océano, y hasta el círculo polar Ártico (Bauer, 1992). Las últimas reconstrucciones filogenéticas ubican a las serpientes como un linaje inmerso en el grupo de las lagartijas. A pesar de lo mucho que se ha estudiado al grupo de los reptiles, aún existe una escasez de información detallada para la mayoría de las especies, y principalmente para las serpientes (Parker & Plummer, 1987).

Dentro de las serpientes, la familia Colubridae incluye aproximadamente el 70% de todas las especies (más de 1700 especies; Pough et al., 2001). Las especies de esta familia no poseen rastro de pelvis o de miembros traseros, todos tienen pulmón izquierdo muy reducido o ausente, la cola es raramente diferenciable del resto del cuerpo; el cráneo es simple, altamente cinético con una mandíbula inferior flexible. No poseen colmillos frontales con orificio, pero los dientes sólidos están presentes en ambas mandíbulas y en el paladar, aunque no en el premaxilar (Parker, 1977). Las culebras tienen diferentes grados de adaptación a los diferentes ambientes y condiciones climáticas en que viven y entre ellas se presentan etapas transitorias entre una especialización y otra; esta situación ha complicado el reconocimiento de grupos dentro de esta familia (Bailey, 1967), por lo que los estudios de sistemática en el grupo tienden a abordar pequeños grupos o incluso limitarse a un solo género (e.g. Alfaro & Arnold, 2001; Nagy et al., 2004; Nagy et al., 2005). Los colúbridos típicos son cazadores activos que pasan la mayoría de su tiempo en el suelo.



Se han hecho numerosos estudios con serpientes, principalmente de índole taxonómica y de historia natural, pero existen pocos trabajos de ecología de poblaciones con serpientes (e.g. Goyenechea & Flores-Villela 2002; Lopez & Giraudo 2008; Castañeda-González et al. 2011). Esta falta de información se debe a que las serpientes tienen hábitos que las hacen difíciles de estudiar en comparación con otros organismos (Dorcas & Wilson, 2009). La información disponible sobre la ecología de los reptiles escamosos está fuertemente sesgada hacia las especies grandes y abundantes, con atributos que facilitan su estudio científico (por ejemplo: comportamiento diurno y la ocupación de determinados tipos de hábitats). Así, las lagartijas y las serpientes grandes o que se agrupan en hibernáculos (e.g. *Thamnophis sirtalis*, Carpenter 1952; *Vipera berus*, Viitanen 1967; *Crotalus horridus*, Fitch 1985; *V. aspis*, Flatt et al. 1997) han alcanzado el estado de “vertebrados modelo” debido a su abundancia y facilidad de observación (Huey et al., 1983; Vitt & Pianka, 1994)

A pesar de que las serpientes y las lagartijas son parte del mismo grupo de los escamados, los estudios sobre la dinámica de las poblaciones de las serpientes, aún son descripciones muy básicas en comparación con los estudios de las lagartijas donde los estudios a largo plazo han avanzado a la fase experimental. Las diferencias que existen se pueden atribuir principalmente a cuatro factores: 1) las serpientes son a menudo poco visibles y nocturnas o crepusculares; 2) muchas serpientes tienen largos periodos de hibernación; 3) se ha reportado que las densidades poblacionales a menudo son bajas; 4) el desplazamiento y movimientos de las serpientes normalmente son irregulares, lo cual hace difícil definir los límites de una población. Estas características ofrecen un entorno complejo al investigador, debido a que deben invertir una gran cantidad de tiempo y esfuerzo. Esto se ha traducido en que existen pocas evaluaciones precisas en los procesos poblacionales de las serpientes (Parker & Plummer, 1987). Sin embargo las serpientes son un grupo que ofrece muchas alternativas para estudios ecológicos sin precedentes en otros animales (Dorcas & Wilson, 2009).

La gran diversidad de serpientes hace que sea difícil definir los procedimientos o formular estrategias que tengan aplicabilidad general en estudios de campo. Este grupo se distribuye

desde el sub-ártico hasta los trópicos, en una variedad de hábitats; terrestres, subterráneas (excavadoras), marinas y arbóreas, y con una enorme gama de tamaños, formas y estilos de vida (Fitch, 1987). La mayoría de las serpientes de las zonas templadas muestran patrones de actividad altamente estacionales (e.g. Gibbons & Semlitsch, 1982; Gregory et al., 1987). La actividad durante los meses más fríos está limitada o impedida por la temperatura del cuerpo.

La mayoría de los estudios para obtener estimados significativos de una población de serpientes, han empleado el método de marcaje y recaptura (Parker & Plummer, 1987). El marcaje individual de las serpientes, ha permitido rastrear información que revelan los patrones de crecimiento, el movimiento, la reproducción y la longevidad de las poblaciones (Fitch, 1987). Las poblaciones de serpientes se pueden diferenciar en áreas geográficas pequeñas (Kephart, 1981; Macartney, 1985), y hasta que se conozca más acerca de la estructura y dinámica de las poblaciones, parece aconsejable suponer que la mayoría de las serpientes se encuentran en sitios restringidos o pequeños (Parker & Plummer, 1987).

Dado que el crecimiento y la determinación de las tasas de mortalidad depende de los individuos recapturados después de un largo periodo desde que fueron marcados, la determinación del tamaño de la población depende de recuperar a los individuos dentro de un plazo limitado (Caughley, 1977). Esto normalmente se traduce en bajas tasas de recaptura por lo que los errores estándar de las estimaciones de una población frecuentemente son altos (Parker & Plummer, 1987).

El método más utilizado para estimar el tamaño poblacional en serpientes es el de Lincoln-Peterson que consiste en la captura y marcaje de los organismos en una población y su posterior recaptura, considerando la proporción de individuos capturados en la segunda ocasión como un estimador del tamaño poblacional al extrapolar dicha proporción al tamaño de muestra de la segunda ocasión. Sin embargo, este estimador se considera poco adecuado ya que los resultados obtenidos suelen estar sujetos a un error muy grande. Se ha propuesto que para obtener estimados relativamente precisos y que los errores típicos sean

significativos se requiere un mínimo de 10% de recapturas con respecto al tamaño de la muestra de estudio (Caughley, 1977). Sin embargo el desarrollo de nuevas técnicas de análisis como los análisis de máxima verosimilitud (Burnham & Anderson, 2002) y análisis bayesianos (Brooks et al., 2000) de los atributos demográficos y el tamaño poblacional permite la obtención de estimados más robustos.

La falta de información poblacional para la mayoría de especies de serpientes hace necesario el desarrollar estudios para conocer las tasas vitales para comprender las fluctuaciones naturales a las que están sujetas y de este modo tomar decisiones adecuadas en términos de manejo o conservación. Por ello, la presente investigación consistió en implementar un experimento de captura-marca-recaptura, para aportar información básica sobre los atributos y dinámica de una población de la serpiente *Conopsis lineata* en el el parque y corredor ecoturístico “los dinamos” Distrito Federal, México.

## ANTECEDENTES

Existen pocos estudios acerca de la ecología de las serpientes excavadoras del mundo, principalmente por la dificultad de observar a estos organismos (Semlitsch & Moran, 1984; Valdujo, et al., 2002). Sin embargo, al ser organismos pequeños, tienden a encontrarse más agrupados, facilitando así su estudio. En 2011 Castañeda-Gonzalez et al., documentaron la ecología de la población de *Conopsis biserialis* en el Eje Transvolcanico Mexicano, donde se obtuvo que la abundancia es unimodal de 8 a 9 meses con un máximo en la temporada de lluvias (junio-septiembre), que no existen diferencias significativas entre machos y hembras respecto a la estructura de tallas, masa, temperatura de cloaca y número de escamas ventrales. También se encontró que los machos tienen la cabeza, la cola y el número de escamas subcaudales más grandes que las hembras, respecto a su condición reproductora se observaron individuos neonatos, jóvenes y adultos, y una hembra preñada con cuatro embriones palpables. La proporción sexual en adultos fue cercana a 1:1. El 96 % de las serpientes encontradas fue bajo rocas con una temperatura de cloaca de 6° C mayor a la de la roca. Los datos de este estudio sugieren que *C. biserialis* tiene una dieta especializada en invertebrados (larvas de artrópodos y otros insectos) pero son insuficientes para detallar características ecológicas especializadas. Aparte de este estudio no se conocen estudios de ecología para especies del género *Conopsis*. Uno de los trabajos más importantes para el género es la revisión taxonómica que realizaron Taylor y Smith (1942), donde intentan esclarecer la identidad de los géneros *Conopsis* y *Toluca*, así como la de cada una de sus especies, concluyendo que ambos géneros eran válidos (Goyenechea, 2009). A pesar de la revisión de Taylor y Smith (1942) siguió existiendo ambigüedad al tratar de identificar ejemplares de ambos géneros. En años recientes se realizó una nueva revisión taxonómica de los géneros y se modificó su nomenclatura, quedando dentro del género *Conopsis* todas las especies que se incluían en el género *Toluca* (Goyenechea & Flores-Villela 2002).

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Conocer la estructura y dinámica de una población de *Conopsis lineata* en el parque y corredor ecoturístico “los dinamos”.

### Objetivos particulares

1. Caracterizar la estructura de tallas de la población de *C. lineata* estudiada.
2. Analizar el posible dimorfismo sexual y conocer la proporción sexual de la población.
3. Estimar el tamaño poblacional, la tasa de supervivencia y conocer la densidad poblacional de *C. lineata* en el sitio de estudio.

## MÉTODOS

### Sitio de estudio

La cuenca del río Magdalena (CRM) se localiza dentro de la Provincia fisiográfica del Eje Transvolcanico Mexicano (Fig. 1; Álvarez, 2000), al Sur-Poniente del Distrito Federal, colinda al Norte, al Oeste y una pequeña franja por el Este con la delegación Álvaro Obregón, Tlalpan, y al Noroeste con el Estado de México (Arroyo, 2005), cubre una superficie de 35 Km<sup>2</sup> entre los 19° 15' Norte 99° 17' 30'' Oeste (Jujnovsky, 2003). Es una formación de material ígneo extrusivo, producto de manifestaciones volcánicas del Terciario y Cuaternario, las rocas que componen este substrato rocoso y que predominan son las andesitas y dacitas, también se presentan tobas andesíticas y brechas (Álvarez, 2000). La altitud mínima para la cuenca es de 2500 msnm en el Norte y hacia el Suroeste se presenta un continuo ascenso alcanzando los 3810 msnm en las cumbres que se encuentran cercanas al Estado de México (Jujnovsky, 2003).

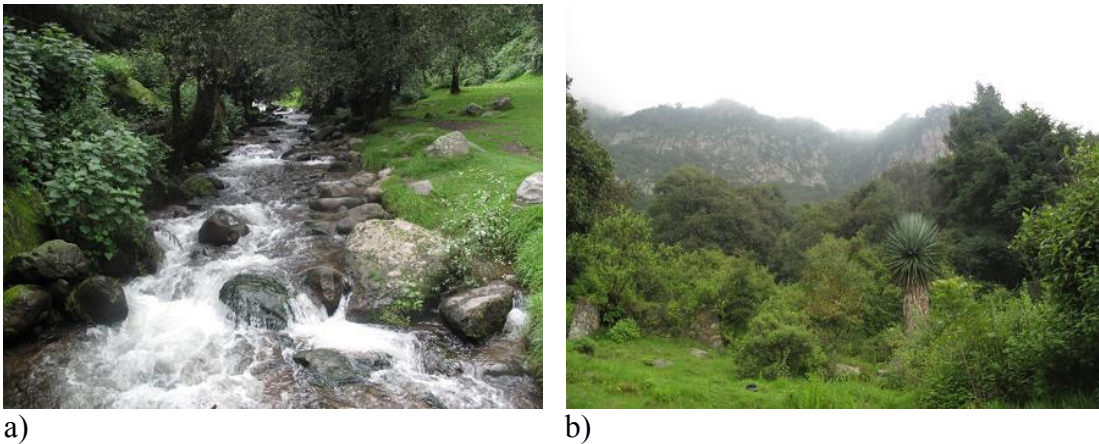


Fig. 1 a) Río Magdalena a la altura del tercer dinamo. b) Sitio de estudio; lugar abierto con rocas abundantes.

El gradiente altitudinal de la cuenca permite la presencia de dos tipos de climas: en la parte urbana y hasta 3050 msnm se presenta el clima templado subhúmedo C (w2)(w)b(i'') y en la parte más alta entre los 3100 a los 3850 msnm, se presenta el clima semifrío C (b'')(w)b(i), en ambos casos con régimen de lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal

menor al 5% (de acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por García, 2004). El verano es fresco y largo, con poca oscilación térmica (Jujnovsky, 2003).

El río Magdalena nace cerca de la Puerta del Pedregal, a 3640 m de altitud, y recorre la cañada Cieneguillas. Tiene dos afluentes por su margen izquierdo y cinco por el derecho (Nava, 2003). El relieve de la cuenca del río Magdalena, es principalmente montañoso, con cerros aislados (Álvarez, 2000). Los suelos son principalmente Andosoles que se forman a partir de materiales ricos en vidrios volcánicos, generalmente ácidos que se presentan en una topografía accidentada, su uso es esencialmente forestal. En la parte baja de la cuenca, desde la zona urbana hasta el primer Dinamo estos Andosoles son de tipo humito de textura media limosa a franca arenosa. En el segundo y tercer Dinamo hay suelos ácidos ricos con materia orgánica (Espinosa, 2005).

La CRM está comprendida en la provincia florística de las Serranías Meridionales, dentro de la región Mesoamericana de Montaña, caracterizada por la presencia de elementos holárticos principalmente en el estrato arbóreo, así como neotropicales, en los estratos arbustivo y herbáceo (Nava, 2003). Existen tres comunidades para la CRM con diferentes asociaciones vegetales: Bosque de pino (*Pinus hartwegii*), bosque de oyamel (*Abies religiosa*) y bosque mixto y de *Quercus* (*Q. laurina*, *Q. rugosa*, *Alnus jorullensis*, etc.) (Nava, 2006; Tabla 1).

Tabla 1 Distribución altitudinal de las comunidades y asociaciones vegetales de la CRM

Comunidad Vegetal	Asociación Vegetal
<i>Pinus hasrtwegii</i> (3420-3800 msnm)	<i>Muhlenbergia quadridentata-Pinus hartwegii</i> <i>Festuca tolucencis-Pinus hartwegii</i>
<i>Abies religiosa</i> (2750-3500 m snm)	<i>Abies religiosa-Senecio hartwegii</i> <i>Senecio angulifolius-Abies religiosa</i> <i>Acaena elongata-Abies religiosa</i>

Bosque mixto y de <i>Quercus</i> (2620-3370 msnm)	<i>Abies religiosa-Quercus laurina</i> <i>Quercus laurina-Quercus rugosa</i> <i>Pinus patula-Cupressus lusitanica-Alnus Jorullensis ssp. Jorullensis</i>
---	--

Particularmente se trabajó en una parcela dividida en dos predios que se encuentran a 2731 msnm (latitud 19.28 66 60°, longitud -99.26 91 30°) y 2736 msnm (latitud 19.28 63 61°, longitud -99.27 00 76°) con una superficie de 4166.59 m2 que corresponde a un pastizal inducido que se encuentra rodeado de un bosque encino-pino. Además en el sitio se llevaban a cabo actividades de agricultura y ganadería menor.

### **Biodiversidad en la región CRM**

La CRM es una zona rica en biodiversidad biológica. Se han determinado muchas especies de plantas, algas, hongos, mariposas, anfibios, reptiles, aves y mamíferos conformando así un inventario del número de especies por cada grupo (Tabla 2)

Tabla 2 Biodiversidad en el suelo de conservación de la CRM

Grupo	Núm. especies	Uso	Amenazada	Peligro	Protección
Algas	108	-	-	-	-
Hongos	74	27	4	-	-
Flora vascular	195	70	1	-	4
Lepidópteros	36	-	-	-	-
Anfibios y Reptiles	26	-	8	-	6
Aves	128	18	1	1	1
Mamíferos	40	-	2	-	2
Total	607	115	16	1	19

Existen cerca de 195 especies de plantas vasculares, de las cuales 5 se encuentran en alguna categoría de riesgo. En el río se reconocen numerosas algas, grupo que incorpora oxígeno al



sistema acuático y posibilita la presencia de otras formas de vida como macroinvertebrados y peces. Con respecto de los hongos, se conocen casi 30 especies comestibles y unas pocas tóxicas. De mariposas diurnas se tienen registradas 36 especies. Respecto a los anfibios y reptiles se conocen 17 especies, que junto con las 9 de la literatura y las colecciones científicas, suman un total de 26, 9 anfibios y 17 reptiles. En cuanto a las aves de esta zona se reconocen 128 especies, de las cuales el 77% son residentes permanentes 16% de ellas se consideran endémicas o casi endémicas para México, y 23% son migratorias de invierno o transitorias. Con respecto a los mamíferos una buena cantidad de ellos aún habita en las regiones boscosas de los alrededores de la ciudad, se han reportado 40 especies el cual 11 de ellas (25%) son endémicas de México, lo que hace de esta zona una importante área de conservación para mantener su hábitat (Cantoral et al., 2009).

### **Especie de estudio**

El género *Conopsis* se describió en 1858 (Günther, 1858) es endémico de México y se distribuye desde Chihuahua hasta Oaxaca. Estas serpientes pueden reconocerse por diversas características, entre las que destaca un surco en por lo menos 1 de los 3 últimos dientes maxilares. El género está constituido actualmente por seis especies reconocidas: *C. acuta*, *C. amphisticha*, *C. biserialis*, *C. lineata*, *C. megalodon*, y *C. nasus* (Goyenechea, 2009). Es un género de serpientes que se distribuye en diversos tipos de vegetación, desde bosques de pino y encino hasta matorrales, pero es más común encontrarlas en de pino y encino entre los 1700 y 3200 msnm. El género está compuesto por organismos de talla pequeña, aproximadamente de 300 mm de longitud hocico cloaca (LHC) y se reconoce por varias características de escamación y coloración (Goyenechea & Flores-Villela, 2002).

#### *Conopsis lineata* (Kennicott, 1859)

Es una especie de talla pequeña con una LHC promedio de 176.1 mm (100-273 mm); el cuerpo es delgado y cilíndrico, la cabeza y la cola son más estrechos que el resto del cuerpo, aunque la cabeza no está muy diferenciada del resto del cuerpo (Fig. 2). Las escamas de la cabeza son grandes y lisas; la escama internasal y las prefrontales se encuentran divididas, no cuenta con escama loreal. El conteo de hileras de escamas en los

tres tercios del cuerpo es de 17-17-17. Las escamas dorsales son lisas; el número medio de escamas ventrales es de 126 (100-140) y 33 (20-49) hileras de escamas caudales. El color de fondo de la región dorsal es café olivo, con cinco franjas delgadas de color café más oscuras que el cuerpo. La cabeza es de color café olivo. La región ventral del cuerpo es de color crema, en cada escama ventral se encuentra un punto obscuro que da la apariencia de una serie o línea de puntos a todo lo largo del vientre, aunque esta característica es muy variable, desde organismos que no presentan ningún punto hasta organismos que presentan puntos pareados (Goyenechea & Flores-Villela, 2002; 2006).



a)



b)



c)



d)

Fig. 2 *Conopsis lineata* a) Neonato b) Neonato c) Adulto d) Adulto

Esta especie habita en ambientes templados, en bosque de pino, pino-encino, encino, oyamel, matorral espinoso y bosque mesófilo, en altitudes que van de 1700 a 3100 m.s.n.m. Es una especie con actividad diurna, se le puede encontrar entre rocas amontonadas, entre

troncos caídos, o reptando entre el pasto. Su alimentación se basa en insectos. Son organismos vivíparos (Fitch, 1970), con un tamaño de camada promedio de cuatro a cinco neonatos. El ciclo básico reproductor femenino para *Conopsis lineata* es conocido, la previtelogénesis ocurre a finales de la primavera, verano y principios de otoño, la vitelogénesis durante el otoño y principios de invierno, la gestación se da a finales del invierno y primavera (Uribe et al., 1998). Tiene una amplia distribución, desde el este de Guanajuato, en la Altiplanicie Mexicana, por el centro y sur del país en el Eje Transvolcanico Mexicano y Sierra Madre del Sur, hasta el centro de Oaxaca (Fig. 3; Goyenechea & Flores-Villela, 2002; 2006).



Fig. 3 Distribución de *Conopsis lineata*. Tomado de Goyenechea y Flores 2006.

#### Distribución en el Valle de México

Distrito Federal: Delegacion Alavaro Obregón: Barranca del Muerto, Olivar de los Padres y Santa Lucia. Delegacion Azcapotzalco: Unidad el Rosario. Delegacion Benito Juárez: Colonia Noche. Delegacion Coyoacan: Ciudad Universitaria, Copilco y Coyoacan.

Delegacion Gustavo A. Madero: Unidad San Juan de Aragón. Delegacion Iztacalco: Colonia Marte y Reforma Iztaccihuatl. Delegacion Magdalena Contreras: San jeronimo y San Nicolás Totoloapan. Delegacion Miguel Hidalgo: Colonia Polanco. Delegacion Tlalpan: Ajusco y Volcán del Xitle. Delegacion Xochimilco: Arenal, Tepepan y Santa Cruz Xochitepec.

Estado de México: Ameca-meca, Cahuacán; Chapa de Mota; Chapingo; Juchitepec; Naucalpan de Juárez; Nicolás Romero; San Andrés; San Juan Teotihuacan; Texcoco y Topilejo.

Hidalgo: Calpulalpan; Guerrero; Pachuca; Real del Monte; Tlaxcala; Tecocomulco y Tulancingo (Ramírez et al., 2009).

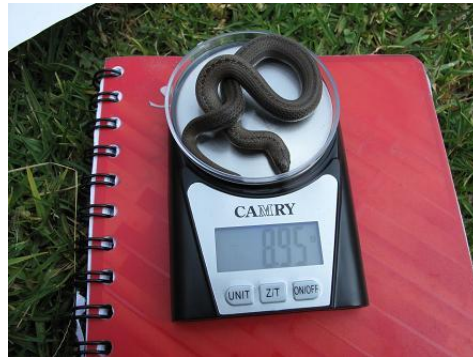
### **Métodos de muestreo**

Se realizó un estudio en la delegación Magdalena Contreras, en el parque turístico “Los Dinamos” a la altura del segundo y tercer dinamo. El muestreo se hizo en 2 sitios donde esta especie se encuentra agregada, los sitios se visitaron cada dos a tres semanas (14 a 21 días aprox.) desde agosto de 2011 y hasta noviembre de 2012, con un periodo de inactividad de aproximadamente 5 meses por época de hibernación de los organismos (diciembre 2011 a mayo 2012), reiniciando los muestreos en el mes de mayo. En cada ocasión se realizaron búsquedas de los organismos bajo rocas y otros microhábitat donde son comunes durante aproximadamente 6 horas dependiendo de las condiciones atmosféricas y el número de individuos encontrados, ya que bajo condiciones de lluvia abundante o calor excesivo los organismos reducen su actividad, haciéndolos más difícilmente observables; por otra parte, si se encontraban muchos individuos o muy pocos se continuó con el esfuerzo de captura durante un par de horas más. Una vez capturados los individuos se registraron los siguientes datos: peso (g), talla (mm) (Fig. 4), sexo (determinado con un sexador) y condición reproductora (mediante la palpación en busca de bultos que sugirieran hembras preñadas y considerando la talla de cada individuo se separaron en adultos o jóvenes). Una vez registrados los datos las serpientes fueron

marcadas por corte de escamas subcaudales en el sistema de código de Blanchard y Finster (1933). Los individuos neonatos y jóvenes de talla muy pequeña no fueron marcados ni sexados, debido a que el riesgo de producir heridas durante el proceso es muy alto, por otra parte la duración de las marcas es muy limitada dado que mudan la piel con mayor frecuencia.



a)



b)

Fig. 4 a) Individuo siendo medido con cinta métrica. b) Individuo siendo pesado en báscula de precisión.



Fig. 5 a) Esquema del código de marcaje de Blanchard y Finster (1933). b) Fotografía de la marca de un individuo de la población de estudio. Corte de escamas subcaudales (ES)

después de la cloaca se dejan las dos primeras escamas, de lado derecho las decenas de lado izquierdo las unidades (e.g. foto derecha; individuo 58).

### **Estructura de Tallas**

Los individuos muestreados en este estudio se dividieron en 3 categorías de talla en función de la longitud hocico-cloaca (LHC), ya que es una de las formas más comunes de categorizar a los reptiles, considerando que las probabilidades de mortalidad son diferentes entre individuos neonatos (entre 70 y 110 mm LHC), jóvenes (entre 111 y 169 mm LHC) y adultos (> 170 mm LHC). Esta categorización se utilizó para obtener la descripción estadística de la población, y se tomó a todos los individuos registrados en el muestreo. Esta categorización también incluyó los promedios de la longitud total (LT) y la masa (g). Una vez divididos por categoría de talla, los análisis se llevaron a cabo considerando el sexo. Por lo tanto, no se incluyó a todos los individuos registrados en el muestreo, ya que no fue posible determinar el sexo de todos los individuos. También, se excluyó a todos los animales no marcados de los análisis para determinar la probabilidad de supervivencia.

### **Dimorfismo Sexual y Proporción Sexual**

Para conocer si existen diferencias morfológicas entre machos y hembras en esta especie, se compararon mediante pruebas de  $t$  LHC, longitud de la cola (LC), LT, masa y conteo de escamas subcaudales (ES), ya que se considera que los machos tienen colas más largas y por tanto un mayor número de dichas escamas. Por otra parte, se analizó si la proporción sexual observada difería de una proporción 1:1 mediante una prueba de  $\chi^2$  cuadrada. Todas estas pruebas estadísticas fueron implementadas en el programa R (R Development Core Team, 2008).

### **Análisis de la tasa finita de crecimiento observada, tamaño poblacional, densidad poblacional, tasa de supervivencia y de recaptura**

A partir de los datos obtenidos mediante el experimento de marca y recaptura se construyeron historias de captura, que resumen los datos de presencia y ausencia de los organismos a lo largo del muestreo, donde 0 significa ausencia y 1 presencia. Estas

historias de captura se analizaron con el programa MARK que permite estimar diferentes parámetros mediante métodos de máxima verosimilitud (White & Burnham, 1999). Para el análisis de la tasa finita de crecimiento poblacional, se implementaron modelos Pradel (Pradel, 1996). Estos modelos analizan las historias de captura en sentido inverso es decir, que no se centran en determinar la probabilidad de encontrar repetidamente a un organismo previamente marcado, sino que se centran en el número de organismos que han sido capturados en la última ocasión pero que no estaban presentes en ninguna ocasión previa. Este procedimiento permite calcular el número de individuos que ingresaron a la población durante el estudio, lo cual se interpreta como reclutamiento y de este modo se calcula la tasa finita de crecimiento realizada como  $\lambda = N_{t+1}/N_t$  (Cooch & White, 2014).

Para la obtención del tamaño poblacional ( $N$ ), se implementaron modelos para poblaciones cerradas (“Closed captures”) con verosimilitud completa, que permiten el cálculo de la probabilidad de supervivencia, la probabilidad de captura condicional y el tamaño poblacional estimado ( $N$ ; Otis et al. 1978). A partir del estimado de  $N$  se calculó la densidad poblacional como:  $D_p = N/A$ , donde  $A$  es el área de estudio.

Finalmente, para obtener estimados de supervivencia ( $\phi$ ) y probabilidad de captura ( $p$ ) se implementaron modelos Cormack-Jolly-Seber (CJS) para recapturas vivas, donde los animales son capturados y liberados vivos (Lebreton et al., 1992). Este modelo nos permite hacer estimaciones para supervivencia ( $\phi$ ), y probabilidad de captura ( $p$ ) específica para cada periodo de tiempo o constantes a través del tiempo. Debido a que los hábitos entre machos y hembras suelen diferir, se analizaron los datos por sexo dentro de un mismo análisis mediante el establecimiento de grupos, así como una supervivencia igual para ambos sexos como modelo nulo.

## RESULTADOS

A partir de los muestreos realizados de agosto de 2011 a noviembre de 2012, se capturaron 105 serpientes, 51 en 2011 (49%) y 54 (51%) en 2012. El periodo anual de actividad fue de 8 meses, aunque durante el mes de diciembre sólo un individuo fue capturado. Durante el 2011 la primera fecha de captura fue el 4 de agosto, mientras que durante el 2012, la primera fecha de captura fue el 11 de mayo. Las últimas serpientes en ser capturadas para cada año fueron el 9 de diciembre de 2011 y el 6 de noviembre de 2012. Respecto a la abundancia temporal, *Conopsis lineata* presenta un pico de actividad durante los meses de lluvia, lo que ha sido reportado como un patrón de abundancia unimodal (Fig. 5; Castañeda-Gonzalez et al., 2011). Todas las serpientes fueron encontradas bajo rocas, excepto por un individuo, que fue encontrado en la hojarasca (durante una mañana con lluvia ligera), más del 80% de las serpientes fueron capturadas entre los meses de agosto a octubre en los dos años de muestreo, esto está altamente relacionado con la época de lluvias (Figura 6). Donde se tienen registrados los picos de abundancia para las serpientes excavadoras de clima templado.

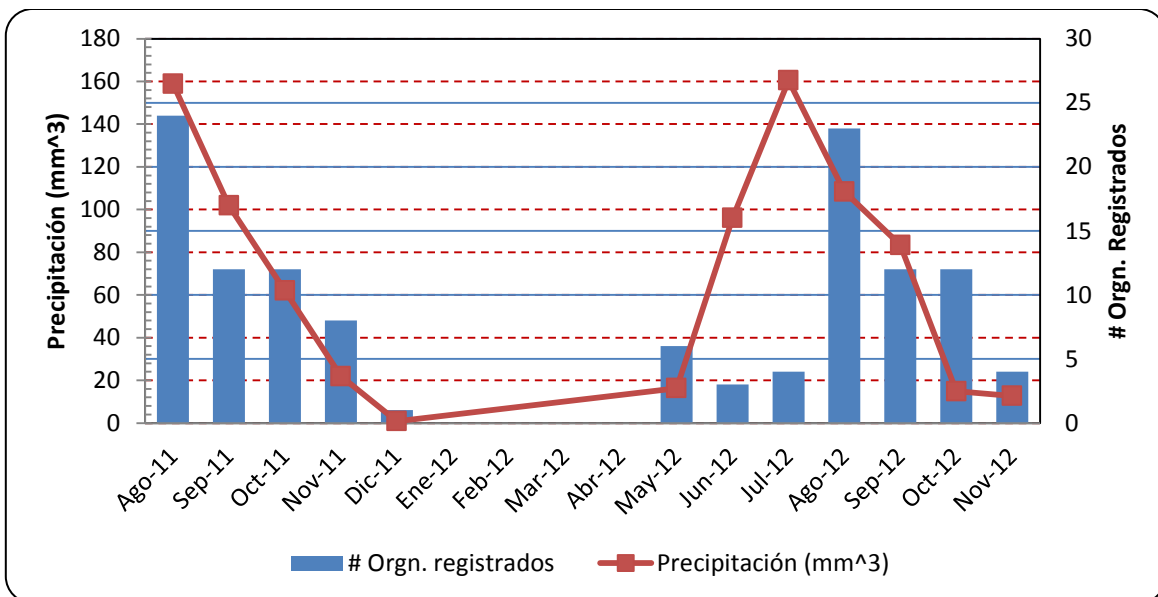


Fig. 6 Frecuencia de captura de individuos (barras azules, escala derecha) a través del periodo de muestreo y precipitación mensual (línea roja, escala izquierda) en el distrito federal en  $\text{mm}^3$ .



De las 105 serpientes capturadas, se recapturaron 16 individuos (identificadas a partir de las marcas, fotografías de los individuos y conteo de escamas subcaudales, ya que las marcas son menos visibles a medida que transcurre el tiempo). De los 105 individuos capturados, 53 fueron hembras, 42 adultas y 11 jóvenes (50.4%) y 39 fueron machos, 26 adultos y 13 jóvenes (37.1%), desafortunadamente no fue posible determinar el sexo de los 13 individuos restantes, debido a su talla (12.3%).

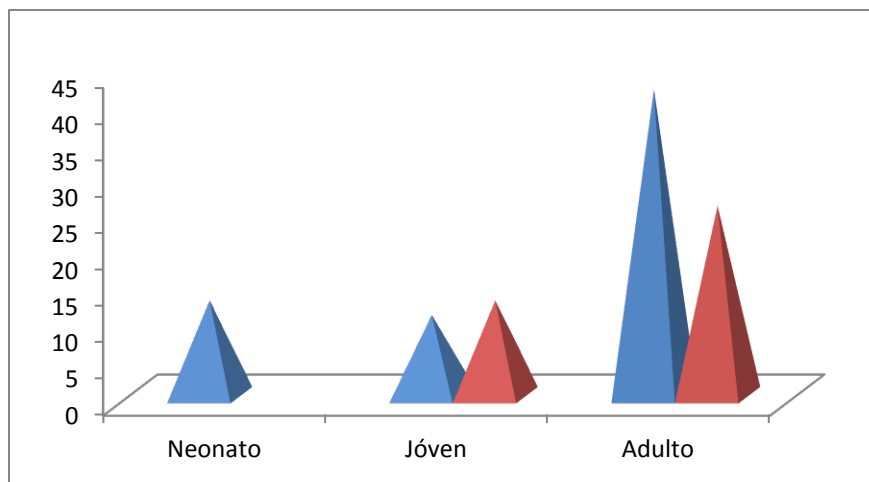


Fig. 7 Numero de organismos por sexo. En el caso de los neonatos se observa una sola pirámide que corresponde a ambos sexos debido a que no es posible diferenciar el sexo en estos organismos por su talla. Para las categorías de jóvenes y adultos, la pirámide azul corresponde a las hembras y la roja a los machos.

### Estructura de tallas

La mayoría de los individuos registrados durante este estudio fueron adultos (64.8% n= 68) y promediaron una LHC de  $197 \pm 18$  mm, las hembras adultas (n= 42)  $191 \pm 15$  mm y los machos (n= 26)  $200 \pm 19$  mm. Los individuos jóvenes (23.8% n= 25) promediaron una LHC de  $147 \pm 15$  mm, las hembras jóvenes (n= 11)  $149 \pm 14$  mm y los machos (n= 13)  $146 \pm 17$  mm y el promedio para los neonatos (11.4% n= 12) fue  $86 \pm 12$  mm. Respecto a la longitud total (LT) los adultos promediaron  $233 \pm 19$  mm, las hembras adultas  $228 \pm 22$  mm y los machos  $231 \pm 15$  mm. Los jóvenes promediaron  $175 \pm 17$  mm, las hembras jóvenes  $172 \pm 21$  mm y los machos  $183 \pm 20$  mm y el promedio para neonatos fue de  $102 \pm$

11 mm. Respecto a la masa de los organismos; solo se obtuvieron medidas para 94 individuos. La masa promedio para cada clase de talla fue la siguiente: adultos  $7.5 \pm 2.5$  g (hembras  $8.03 \pm 2.6$  g y machos  $7.2 \pm 2$ g), jóvenes  $3.6 \pm 1.1$  g (hembras  $3.8 \pm 1$  g y machos  $3.4 \pm 0.7$  g) y neonatos  $1.2 \pm 0.5$  g (Tabla 1).

Tabla 1. Se reportan los promedios por categoría de talla (A = adultos, J = jóvenes y N = neonatos) de la longitud hocico-cloaca (LHC), longitud total (LT), masa promedio (MP) para todos los individuos de la categoría, así como los valores por cada sexo. También se reportan los promedios para todos los individuos y el número de escamas subcaudales (ESC). Los valores se acompañan con sus intervalos de confianza medidos como la desviación estándar. Respecto a los tamaños de muestra, la nA = 68, nJ = 25 y nN = 12.

	LHC (mm)			LT (mm)			MP (g)			ESC		
	Total	♂	♀	Total	♂	♀	Total	♂	♀	Total	♂	♀
<b>A</b>	197 ± 18	200 ± 19	191 ± 15	233 ± 19	231 ± 15	228 ± 22	7.5 ± 2.5	7.2 ± 2	8.03 ± 2.6	---	---	---
<b>J</b>	147 ± 15	146 ± 17	149 ± 14	175 ± 17	183 ± 20	172 ± 21	3.6 ± 1.1	3.4 ± 0.7	3.8 ± 1	---	---	---
<b>N</b>	86 ± 12	---	---	102 ± 11	---	---	1.2 ± 0.5	---	---	---	---	---
<b>Total</b>	172 ± 41			204 ± 48			5.8 ± 3.2			62.6 ± 8.8	67.4 ± 8.2	59.9 ± 5.2

### **Dimorfismo Sexual**

Respecto a la comparación de tallas, masa y número de escamas subcaudales entre sexos, se obtuvieron los siguientes resultados: para la talla (LHC) los machos promediaron  $177 \pm 25$  mm ( $n = 39$ ) y las hembras promediaron  $188 \pm 29$  mm ( $n = 53$ ), ( $t = 1.97$ ,  $gl = 87.88$ ,  $p = 0.05$ ), lo cual implica que no existen diferencias significativas entre la LHC de machos y hembras. Para la LT los machos promediaron  $215 \pm 28$  mm ( $n = 39$ ) y las hembras promediaron  $220 \pm 34$  mm ( $n = 53$ ), ( $t = 0.81$ ,  $gl = 88.67$ ,  $p = 0.44$ ), lo cual muestra que en promedio las hembras son ligeramente más grandes que los machos, pero dicha diferencia no es significativa. Para la LC los machos promediaron  $38 \pm 7$  mm ( $n = 39$ ) y las hembras promediaron  $32 \pm 9$  mm ( $n = 51$ ; dos hembras fueron excluidas del análisis por tener la cola incompleta). En este rasgo, los machos tienen la cola significativamente más grandes que las hembras ( $t = -5.09$ ,  $gl = 84.35$ ,  $p = 2.13 \times 10^{-6}$ ). Respecto a la masa también se comparó entre sexos y se obtuvo que los machos promediaron  $5.8 \pm 2.4$  g ( $n = 35$ ), y las hembras promediaron  $6.9 \pm 3$  g ( $n = 47$ ), ( $t = 1.92$ ,  $gl = 79.28$ ,  $p = 0.06$ ), tampoco hay diferencias significativas. Finalmente, respecto al promedio del número de escamas subcaudales, para los machos fue de 67.4 ( $n = 33$ ) y para las hembras fue 60 ( $n = 41$ ). Este atributo está directamente ligado con la LC y también se encontraron diferencias significativas, implicando que los machos tienen mayor número de escamas subcaudales que las hembras ( $t = -4.56$ ,  $gl = 51.54$ ,  $p = 3.15 \times 10^{-5}$ ).

### **Condición reproductora y proporción de sexos**

No se encontraron hembras preñadas durante este estudio, ni se observaron conductas de apareamiento. De acuerdo con la prueba de  $\chi^2$  la proporción sexual de los individuos observada en la población no fue diferente a una proporción 1:1, al ser una proporción de 1:1.36 (39 machos y 53 hembras;  $\chi^2 = 2.13$ ,  $gl = 1$ ,  $p = 0.1444$ ).

### **Tasa finita de crecimiento, tamaño poblacional, densidad poblacional, tasa de supervivencia y recaptura**

La tasa finita de crecimiento observada ( $\lambda$ ) para la población fue de 0.97 (0.02), lo cual se encuentra cercano a la unidad, indicando que la población se auto-reemplaza. Por otro lado,

el tamaño poblacional estimado para el periodo de muestreo fue de 154 individuos (63 machos y 91 hembras), el cual es mayor al tamaño observado de 105 individuos y la diferencia se debe a que el estimado considera la detectabilidad imperfecta de los organismos en el sitio de estudio. La densidad poblacional estimada fue de 0.04 individuos/m<sup>2</sup> es decir un individuo cada 25 m<sup>2</sup>. El análisis de supervivencia indica que la tasa mensual para el periodo de estudio es relativamente alta: 0.76 ±0.08 para hembras y 0.83 ±0.05 para machos (Tabla 3). Estos resultados implican que la supervivencia anual estimada de la población es de solamente el 0.04 ±0.03 para hembras y 0.11 ±0.09 para machos, al considerar que el tamaño poblacional total se reduce un 20% mensualmente y que tienen un periodo de hibernación de aproximadamente 4 meses. La probabilidad de recaptura mensual es similar para ambos sexos 0.06 ±0.02 (Tabla 3).

Tabla 3; Supervivencia, Probabilidad de Captura y tamaño poblacional estimado por sexos, acompañados por los estimados de desviación estándar.

	♂	♀
Supervivencia ( $\phi$ )	0.83 ± 0.05	0.76 ± 0.08
Probabilidad de captura ( $p$ )	0.06 ± 0.02	0.06 ± 0.02
Tamaño Poblacional ( $N$ )	63	91

## DISCUSIÓN

### Estructura de tallas

La estructura de tallas es un atributo difícil de comparar entre o dentro de las especies, ya que es común encontrar sesgos en los muestreos (principalmente en individuos jóvenes; Parker & Plummer, 1987). La talla de los individuos en una población pocas veces da información acerca de la estructura de edades debido a la alta variabilidad en las tasas de crecimiento individual. La variación geográfica en la estructura de tallas de las poblaciones se da en algunas especies pero en otras no. Independiente de las variaciones en las tasas de crecimiento, madurez y fecundidad, en varias poblaciones de *Thamnophis sirtalis*, los adultos suelen tener tamaños corporales muy similares (Fitch, 1965). Por otro lado se ha visto que en poblaciones de *Coluber constrictor* estudiadas en ambientes húmedos (Hirth, 1966), son más grandes y tienen tasas de crecimiento más altas que los de ambientes más áridos (Hirth & King, 1968). Los agentes selectivos que llevan a las poblaciones a estos extremos son poco conocidos, pero, sin duda, se relacionan con el proceso de crecimiento y recursos alimentarios. Por ejemplo Schwaner (1985) encontró que la estructura de tallas de la población de *Notechis ater* (elapido) está estrechamente correlacionada con la talla de presas disponibles, es decir que la abundancia de organismos de cada talla se corresponde con la abundancia de las presas que pueden manejar los individuos de dichas tallas.

Los individuos más abundantes de *Conopsis lineata* en la presente investigación fueron los adultos (64.8%), seguidos de los jóvenes (23.8%) y finalmente los neonatos (11.4%). Este patrón resulta extraño, ya que en términos generales se esperaría que los neonatos sean la categoría más abundante, por lo menos durante la temporada de nacimientos (que se ha reportado es similar a otras especies vivíparas de colúbridos y viperidos de alta montaña de México, entre abril y junio; Juárez-Escamilla & Ramírez Bautista 2013). Para otra especie de este género (*C. nasus*) se han registrado tamaños de camada de 11 individuos (Juárez-Escamilla & Ramírez-Bautista 2013). Por otro lado, para *C. lineata* se tienen reportes desde dos hasta siete neonatos por camada (Greer, 1966; Uribe-Peña et al., 1999; Goyenechea, 2003; Cruz-Elizalde et al., 2010), dado el número de hembras adultas sería de esperar un mayor número de individuos de esta categoría. Sin embargo, los hábitos de esta categoría

podrían generar que sean menos fáciles de observar mediante los métodos de muestreo empleados, ya que podrían pasar más tiempo en sus galerías y buscando alimento que termoregulando. Por otra parte, el hecho de haber observado más individuos adultos puede deberse a que los individuos más grandes sean los que se encuentran bajo las rocas más tiempo, ya que un cuerpo de mayores dimensiones tarda más en obtener temperaturas operativas y por tanto debe permanecer durante más tiempo en contacto con las rocas calientes (Huey et al., 1989; Bittner et al., 2002; Maritz & Alexander, 2011).

### **Dimorfismo sexual**

Respecto a las tallas, los individuos adultos no presentaron diferencias significativas en ningún rasgo, excepto la longitud de la cola; donde los machos tienen colas ligeramente más grandes que las hembras. Esta característica es conocida en muchas especies de colúbridos y serpientes excavadoras, se cree que los machos tienen colas más grandes que las hembras ya que les sirve para acomodar los hemipenes y músculos retractiles, también se cree que la selección podría favorecer a los machos con colas más largas durante el cortejo. En tanto a las hembras las colas más cortas y anchas para el aumento de la capacidad reproductora. (King, 1989; Bonnet et al., 1998).

### **Condición reproductora y proporción sexual**

En este estudio no fue posible obtener la proporción de sexos en el nacimiento debido a que no se encontraron hembras preñadas, pero la proporción de sexos para individuos jóvenes y adultos (que se les pudo determinar el sexo) fue de 1:1.36, lo cual no es estadísticamente diferente a una proporción sexual 1:1. La teoría de proporción de sexos (Fisher, 1930) predice que, si los costos de producción tanto de machos como hembras son iguales, la selección natural los favorecerá de igual manera. Por lo que este concepto sirve como hipótesis nula en caso de que haya desviaciones en la proporción sexual de una población de interés. Generalmente la proporción de sexos de las serpientes en el nacimiento (proporción sexual primaria) no es estadísticamente diferente 1:1, con sus excepciones registradas (*Agkistrodon contortrix*: Fitch, 1960; *Elaphe quadrivirgata*: Fukada, 1969; *Notechis scutatus*: Shine & Bull, 1977; *Pituophis melanoleucus*: Gutzke et al., 1985) donde

hay un sesgo hacia los machos. Tal sesgo podría evolucionar si la producción de hembras requiere mayor gasto de energía que la producción de machos por parte de los padres (Parker & Plummer, 1987).

Contrariamente a lo observado en la proporción sexual primaria (neonatos y juvenes), la proporción sexual secundaria (adultos) a menudo se desvía de la igualdad. Estas desviaciones pueden reflejar la estructura real de la población, que en muchos casos, se asocia con rasgos conductuales diferentes entre machos y hembras (Parker & Plummer, 1987). Cuando existe mortalidad diferente en función del sexo, el resultado es una proporción sexual secundaria desequilibrada y una estructura poblacional alterada. Sin embargo, los estudios a largo plazo de una población, son los que mejor información proveen respecto a este atributo. Solo en estos casos se ha comprobado que la proporción de sexos suele ser igual en algunos años y desigual en otros años (e.g. Gregory, 1977; Plummer, 1985). Un factor que podría incidir sobre la proporción sexual es la tasa de crecimiento tanto de machos como de hembras (Feaver, 1977), dado que el crecimiento o madurez sexual rápida podría requerir mayor alimentación, por lo que el individuo correría un mayor riesgo a la depredación. Sin embargo en la mayoría de las especies en las que existe dimorfismo sexual no se ha comprobado que existan sesgos hacia el sexo con menor tamaño, por el contrario, esta característica también pudiese aumentar su supervivencia (Parker & Plummer, 1987).

Es importante conocer la biología de las especies y los muestreos deben proveer suficiente información, ya que las proporciones sexuales observadas pueden ser engañosas. Las desviaciones en la igualdad de la proporción sexual en los muestreos, pueden pasar por alto otras facetas de la historia de vida. Por ejemplo Nussbaum (1980), al no encontrar machos en un muestreo de *Ramphotyphlops braminus*, sugiere que la especie está conformado solo por hembras y que son partenogénicas (condición no conocida para serpientes).



### **Tasa finita de crecimiento, tamaño poblacional, densidad poblacional, tasa de supervivencia y recaptura**

La tasa finita de crecimiento calculada es menor a la unidad ( $0.97 \pm 0.02$ ), lo que representa que la población se encuentra en declive, sin embargo dicho declive es mínimo, ya que al ser una tasa que mide los cambios proporcionales entre periodos finitos de tiempo implicaría que la población decrece en 3% por cada intervalo de tiempo y si se considera el intervalo de confianza, nuestro resultado es prácticamente igual a la unidad. Esta tendencia es común en la mayoría de especies de reptiles con las que se han hecho estudios poblacionales (e.g, Lind et al., 2005; Rojas González et al., 2008; Pérez-Mendoza et al., 2013) y muestra que las poblaciones pueden ser bastante constantes en su número a través del tiempo.

El número total de individuos capturados en éste estudio fue de 105 serpientes (53 hembras y 39 machos). Sin embargo, el estimado del tamaño poblacional indica que la población está compuesta por 154 individuos (91 hembras y 63 machos). Esto resalta la necesidad de realizar estudios a largo plazo para conocer de forma confiable el tamaño de una población. Además deja claro que las serpientes son un grupo particularmente complicado para la estimación del tamaño poblacional, ya que a pesar de que el esfuerzo de muestreo fue mayor que en muchos estudios poblacionales con serpientes, las tasas de captura y recaptura son muy bajas, debido a los hábitos crípticos de estas especies.

La densidad poblacional observada en este estudio es de 0.04 individuos/m<sup>2</sup>. Los cambios temporales en la densidad poblacional se ven afectados por la reproducción, la mortalidad, la emigración y la inmigración. Debido a que la densidad poblacional se habrá de atribuir al éxito reproducir y a la mortalidad. Estas fluctuaciones y otras similares aparentes, se obtienen a corto plazo en los estudios de marcaje y recaptura, estos estudios sugieren que las grandes reducciones en el tamaño de la población podrían atribuírsele a la mortalidad ocasionada por la depredación, compactación del suelo o actividades antropogenicas, por lo que es más complicado conciliar grandes aumentos a la población con la típica historia de vida de las serpientes (Parker & Plummer, 1987).

La mayoría de los estudios sobre ecología de poblaciones con serpientes ocurren irremediablemente con bajas densidades poblacionales. Aparentes disminuciones uniformes que ocurren en las poblaciones, se encontraron en el transcurso de varios años en estudios de serpientes pequeñas como *Carpophis amoenus* (Clark, 1970), *Thamnophis proximus* (Clark, 1974), y *Virginia striatula* (Clark & Fleet, 1976). En cada caso los autores correlacionan esta disminución en la población con la disminución de la precipitación anual (Parker & Plummer, 1987). La humedad del suelo es muy importante en la ecología de las serpientes excavadoras pequeñas (Elick & Sealander, 1972), pero otros factores pueden estar involucrados como el cambio de uso de suelo y su compactación.

A pesar de que el pico de abundancia fue durante época de lluvias donde se encontró más del 80% de las serpientes, la mayoría de las ocasiones aparecían individuos nuevos, las recapturas encontradas normalmente fueron individuos encontrados en la ocasión inmediata anterior y la proporción de individuos encontrados por año fue casi igual (49% en 2011 y 51% en 2012) por lo que se obtuvieron bajos estimados de tasa de encuentro y supervivencia.

La supervivencia mensual estimada en este estudio es alta, sin embargo al analizar la supervivencia anual es evidente que es baja (menos del 5% de la población sobrevive de un año al siguiente). Estos resultados pueden atribuirse a una alta mortalidad debido a la fragmentación del hábitat o a la depredación natural. Sin embargo, es necesario reconocer las limitaciones del método utilizado para estimar la supervivencia, ya que a pesar de tener un poco más del 10% de recapturas (que se considera el mínimo para tener estimados adecuados), los intervalos de confianza nos indican que los estimados a pesar de ser buenos, son suficientemente grandes como para generar incertidumbre respecto a la supervivencia observada.

Uno de las deficiencias más evidentes al hacer estudios poblacionales con serpientes, es la supervivencia pre-natal, de neonatos y juvenil, debido a la falta de datos cuantitativos desde

la fertilización hasta la eclosión o nacimiento (parto), desde el nacimiento hasta la primera hibernación (en especies de clima templado) y de la hibernación hasta el primer año de vida. La supervivencia del primer año ha sido estimada por la mayoría de los autores mediante el cálculo del número total de crías producidas por las hembras en la población y la comparación de esta cifra con el número de individuos que alcanzan 1 año de edad presentes el próximo año. Es evidente que se necesitan más datos sobre las tasas de los componentes de la supervivencia temprana (Parker & Plummer, 1987).

En este estudio, no se pudo estimar la supervivencia pre-natal y de neonatos, debido a que no se encontraron hembras preñadas. Los nacimientos y/o eclosiones se pueden producir en grandes cantidades, pero suelen estar limitados por los costos asociados con la reproducción o por limitaciones morfológicas (Shine, 2005). Sin embargo, el número de neonatos observados durante el estudio nos permite saber que el reclutamiento no es un problema para la población, ya que si bien esta categoría es menos abundante que las demás, se encontraron numerosos individuos de esta clase de talla. Por otra parte, las temperaturas bajas que experimentan estos organismos durante el invierno pueden incrementar la mortalidad de las serpientes durante la hibernación (Gregory, 1982), pero se sabe poco acerca de las proporciones de mortalidad en las poblaciones de estos organismos (Parker & Plummer, 1987).

La supervivencia del primer año es baja en la mayoría de los colúbridos por lo que la variación anual de supervivencia de juveniles que se produce suele ser desconocida. La supervivencia después del primer año (post-juvenil) es mayor casi en todas las especies de serpientes respecto a la supervivencia del primer año, ya que el número de posibles depredadores y otras fuentes de mortalidad disminuyen. En colúbridos, la supervivencia juvenil es mucho más baja para especies de maduración tardía, pero es más alta en adultos de maduración temprana (Brown & Parker, 1984).

Las serpientes excavadoras son poco adecuadas para moverse grandes distancias a través de áreas abiertas, especialmente a través de sustratos artificiales que les impiden usar

madrigueras o refugios disponibles. La actividad sobre el suelo las pone en riesgo de ser depredadas por animales introducidos (como gatos) así como por taxones nativos, y también corren riesgo de desecación. Por lo tanto, las especies de serpientes excavadoras pueden ser fuertemente perjudicadas por la fragmentación del hábitat. Por eso la importancia de hacer estudios ecológicos con pequeñas serpientes excavadoras, además estas serpientes pueden ser de gran interés, sobre todo para taxones que pertenecen a linajes poco conocidos, endémicos o que habiten en zonas donde la ecología de las serpientes haya traído pocos estudios científicos (How & Shine, 1999).

En este estudio la mortalidad se le podría atribuir a diferentes factores aunque identificar las causas que realmente afectan estas serpientes sería mera especulación. Sin embargo, a partir de las observaciones realizadas durante el trabajo de campo de este estudio, es probable que la fragmentación del hábitat y la depredación sean las principales causas de mortalidad. También se debe considerar que la distribución geográfica de esta especie y para el género *Conopsis* en general se encuentra en sitios afectados por la fragmentación del hábitat causada por el hombre (bosques de pino-encino, encino-pino y encino) y muchos de estos sitios han sido completamente deforestados, generando condiciones adversas para estos organismos. Por otro lado la depredación debe tener un papel importante, ya que al ser una serpiente pequeña no venenosa, es atractiva para varios depredadores como gatos u otras especies de serpientes. Finalmente, las bajas temperaturas podrían jugar un papel importante en la mortalidad, aunque en organismos adultos, la exposición a las bajas temperaturas disminuye, ya que su capacidad para cavar túneles es suficiente para mantenerlas lejos de la superficie y por lo tanto el suelo amortigua los cambios en la temperatura.

## CONCLUSIONES

- En este estudio se reporta por primera vez la estructura y la dinámica de una población de *Conopsis lineata*.

- La estructura de tallas indica que la población está sesgada hacia adultos y entre sexos está sesgada hacia hembras.
- Existe dimorfismo sexual entre machos y hembras en la longitud de la cola y el número de escamas subcaudales, pero en ningún otro de los atributos analizados.
- El tamaño poblacional estimado fue de 154 individuos.
- La tasa finita de crecimiento fue de  $0.97 \pm 0.02$ , que es cercano a la unidad, indicando que la población se encuentra estable.
- La tasas de supervivencia estimada fue de 0.76 para hembras y 0.83 para machos
- La densidad poblacional estimada fue de  $0.04 \text{ ind/m}^2$  y es relativamente baja.

### CONSIDERACIONES FINALES

Los estudios sobre historia natural y la ecología de las serpientes se basan principalmente en estudios que se han hecho en América del Norte, Australia y Europa (e.g., Fitch, 1975; Shine, 1977; Madsen & Shine, 1993; Webb et al., 2003). Incluso a largo plazo estos estudios (de campo) e información sobre las poblaciones de serpientes, se limitan a solamente grupos de colúbridos (en su mayoría *colubrines* y *natricines*) y algunos Viperidos; y a excepción sobre estudios de reproducción y taxonomía, hay poca información o ninguna incidencia para las poblaciones de especies de las familia *Boidae*, *Aniliidae*, *Tropidophiidae*, *Bolyeriidae*, *Uropeltidae*, *Leptotyphlipidae*, *Anomalepididae*, *Typhlopidae* y *Elapidae* (excluyendo a *hydrophines* y *laticaudines*). Y a excepción de unas pocas serpientes marinas, la información de las poblaciones de serpientes tropicales es muy escasa (Parker & Plummer, 1987).

La información acerca de la ecología de las serpientes del Eje Transvolcanico Mexicano es todavía más limitada (Seigel & Collins 1993). Los estudios ecológicos de campo para estos organismos se sesgan hacia especies del norte, lo cual limita nuestro conocimiento sobre la ecología de las especies de serpientes mexicanas. La mayoría de las especies de serpientes excavadoras permanecen sin ser estudiadas ya que sus poblaciones se encuentran muy reservadas y con poca frecuencia activa (Seigel 1993; How & Shine 1999; Goodyear &

Pianka 2008). Esta tendencia ha tenido consecuencias lamentables para la planificación de estrategias de conservación; ya que las pequeñas especies excavadoras pueden estar particularmente en riesgo de perturbaciones originadas por el hombre (How & Shine, 1999).

En este momento, sigue siendo un desafío para los ecólogos que estudian reptiles, identificar adecuadamente las causas subyacentes de la estacionalidad de los fenómenos históricos y ecológicos de su ciclo de vida.

## LITERATURA CITADA

Alfaro, M. E. & Arnold, S. J. 2001. Molecular systematics and evolution of Regina and the Thamnophiine snakes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 21(3): 408-423.

Álvarez, K. 2000. Geografía de la educación ambiental: algunas propuestas de trabajo en el bosque de los dinamos, área de conservación ecológica de la delegación Magdalena Contreras. Tesis de licenciatura en Geografía, DF. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM.

Arroyo, J. 2005. Estructura urbana de la delegación Magdalena Contreras. Tesis de licenciatura en Geografía, DF. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM.

Bailey, J. R. 1967. The synthetic approach to colubrid classification. *Herpetologica* 23(2): 155-161.

Bauer, A.M. 1992. Lizards. in Reptiles and Amphibians, H.G. Cogger and R.G. Zweifel, eds. New York: Smithmark Publishers. Pp. 126-173

Bittner, T. D., King, R. B. & Kerfin, J. M. 2002. Effects of body size and melanism on the thermal biology of garter snakes (*Thamnophis sirtalis*). *Copeia* 2002(2): 477-482.

Blanchard, F. N., & Finster, E. B. 1933. A method of marking living snakes for future recognition, with a discussion of some problems and results. *Ecology*, 14(4), 334-347.

Bonnet, X., Shine, R., Naulleau, G., & Vacher-Vallas, M. 1998. Sexual dimorphism in snakes: different reproductive roles favour different body plans. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 265(1392), 179-183.

Brooks, S. P., Catchpole, E. A. & Morgan, B. J. 2000. Bayesian animal survival estimation. *Statistical Science* 15(4): 357-376.

Brown, W. S. & Parker, W. S. 1984. Growth, reproduction and demography of the racer, *Coluber constrictor Mormon*, in northern Utah, in: Vertebrate Ecology and Systematics: A Tribute to Henry S. Fitch (R. A. Seigel, L. E. Hunt, J. L. Knight, L. Malaret, and N. L. Zuschlag, eds.) *University Kansas Museum Natural History Special Publications* 10:13-40.

Burnham, K. P. & Anderson, D. R. 2002. Model selection and multimodel inference, a practical information-theoretic approach. 2nd ed Springer-Verlag New York.

Cantoral, E., Almeida, L., Cifuentes, J., León, L., Martínez, A., & Nieto, A. 2009. La biodiversidad de una cuenca en la ciudad de México. *Ciencias*, 94(094).

Carpenter, C. C. 1952. Comparative ecology of the common garter snake (*Thamnophis s. sirtalis*), the ribbon snake (*Thamnophis s. sauritus*), and Butler's garter snake (*Thamnophis butleri*) in mixed populations. *Ecological Monographs*, 236-258.

Castañeda González, O., Manjarrez, J., Goyenechea, I. & Fajardo, V. 2011. Ecology of a population of the earthsnake *Conopsis biserialis* in the Mexican transvolcanic axis. *Herpetological Conservation and Biology* 6(3): 364-371.

Caughley G. 1977. Analysis of Vertebrate Populations, John Wiley, New York.

Clark, D. R., Jr. 1970. Ecological study of the worm snake, *Carphophis vermis* (Kennicott), *University Kansas Publications Museum Natural History*. 19:85-194.

Clark, D. R., Jr. 1974. The western ribbon snake (*Thamnophis proximus*): Ecology of a Texas population, *Herpetologica* 30:372-379.

Clark, D. R., Jr., & Fleet, R. R. 1976. The rough earth snake (*Virginia striatula*): Ecology of a Texas population, *The Southwestern Naturalist*, 20:467-478.



Cooch E.G. & White G.C. 2014. Program Mark, a gente introduction. 13<sup>th</sup> ed.

Cruz-Elizalde, R., Hernández-Salinas, U., Ramírez-Bautista, A. (2010): *Conopsis lineata* (Large-nosed Earthsnake). Litter size. *Herpetological Review*. 41: 89.

Dorcas, M. E. & Wilson, J. 2009. Chapter 1. Innovatives Methods for Studies of Snake Ecology and Conservation. Pp 5-37. In *Snakes: Ecology and Conservation*, S.J. Mullin and R. A Seigel (eds). Cornell University Press, Ithaca, NY.

Elick, G. E. & Sealander, J. A. 1972. Comparative water loss in relation to habitat selection in small colubrid snakes, *American Midland Naturalist*. 88:429-439.

Espinosa, M. I. 2005. Estimación del contenido y captura de carbono en el bosque de *Pinnus hartewgii* de la cuenca del río Magdalena. México DF. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias UNAM.

Feaver, P. E. 1977. The demography of a Michigan population of *Natrix sipedon* with discussion of ophidian growth and reproduction, Ph.D. Dissertation, University of Michigan, Ann Arbor.

Fisher, R. A. 1930. *The Genetical Theory of Natural Selection*, Clarendon Press, Oxford.

Fitch, H. S. 1960. Autoecology of the copperhead, *Univ. Kans. Publ. Mus. Nat. Hist.* 13: 85-288.

Fitch, H. S. 1965. An ecological study of the garter snake, *Thamnophis sirtalis*, *University Kansas Publications Museum Natural History*. 15:493-564.

Fitch, H. S. 1970 Reproductive cycles in lizards and snakes. *University of Kansas Museum of natural History Miscellaneous Publications*. 52: 1-247.

Fitch, H. S. 1975. A demographic study of the ringneck snake (*Diadophis punctatus*) in Kansas. *University of Kansas Museum of natural History Miscellaneous Publications*. 62:1-53.

Fitch, H. S. 1985. Observations on rattle size and demography of prairie rattlesnakes (*Crotalus viridis*) and timber rattlesnakes (*Crotalus horridus*) in Kansas, *Occas. Pap. University Kansas Publications Museum Natural History*. 119:1-11.

Fitch, H. S. 1987. Collecting and life-history techniques. En Seigel, R. A., Collins, J. T. & Novak, S. S. (editores), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*. Macmillan Publishing Co. New York. Pp: 143-164.

Flatt, T., Dummermuth, S., Anholt, B. R. 1997. Mark-Recapture Estimates of *Survival* in Populations of the Asp Viper, *Vipera aspis aspis*. *Journal of Herpetology*. 31:558-564.

Fukada, H. 1969. Biological studies on the snakes. XIII. Preliminary estimate of population size in Tambabashi study area, *Buletin. Kyoto University of Education. Series B, Mathematics and Natural Science*. 36:3-9.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Base de datos climatológicos 1921-1995. Programa para la clasificación del clima. Versión Digital. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México

Gibbons, J. W. & Semlitsch, R. D. 1982. Survivorship and longevity of a long-lived vertebrate species: How long do turtles live? *Journal Animal Ecology*. 51:523-527.

- Goodyear, S. E. & Pianka E. R. 2008. Sympatric ecology of five species of fossorial snakes of fossorial snakes (Elapidae) in Western Australia. *Journal of Herpetology*. 42:279-285.
- Goyenechea, I. & Flores-Villela, O. 2002. The taxonomic status of the snake genera *Conopsis* and *Toluca* (Colubridae). *Journal of Herpetology*. 36:92-95.
- Goyenechea, I. 2003. *Conopsis lineata* (NCN). Brood size. *Herpetological Review* 34(1): 63.
- Goyenechea, I., & Flores Villela, O. A. 2006. Taxonomic summary of *Conopsis*, Gunther, 1858 (Serpentes: Colubridae).
- Goyenechea, I. 2009. Relaciones filogenéticas de las serpientes del genero *Conopsis* con base en la morfología. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 721-725.
- Greer, A.E. 1966. Viviparity and oviparity in the Snake Genera *Conopsis*, *Toluca*, *Gyalopion*, and *Ficimia*, with comments on *Tomodon* and *Helicops*. *Copeia* 2: 371-373.
- Gregory, P. T. 1977. Life-history parameters of the red-sided garter snake (*Thamnophis sirtalis parietalis*) in an estreme environment, the Interlake region of Manitoba, *Canadian Journal of Zoology*. 53:238-245.
- Gregory, P. T. 1982. Reptilian hibernation, in: *Biology of the Reptilia*, vol. 13 (C. Gans and F. H. Pough, eds.) pp. 53-154, Academic Press, New York.
- Gregory, P. T., Macartney, J. M. & Larsen, K. W. 1987. Spatial patterns and movements. En Seigel, R. A., Collins, J. T. & Novak, S. S. (editores), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*. Macmillan Publishing Co. New York. Pp: 366-395.

Günther, A. 1858. Catalogue of colubrine snakes in the collection of the British Museum. Alden & Mowbray, Alden, Oxford.

Gutzke, W. H. N., Paukstis, G. L., and McDaniel, L. L. 1985. Skewed sex ratios for adult and hatchling bullsnakes, *Pituophis melanoleucus*, in Nebraska, *Copeia* 1985:649-652.

Hirth, H. F. 1966. Weight changes and mortality of three species of snakes during hibernation. *Herpetologica*, 8-12.

Hirth, H. F., & King, A. C. 1968. Biomass densities of snakes in the cold desert of Utah. *Herpetologica*, 333-335.

Houston D. & Shine, R. 1994. Population Demography of Arafura Filesnake (Serpentes: *Acrochordidae*) in Tropical Australia. *Journal of Herpetology*. 28: 273-280.

How, R. & Shine, R. 1999. Ecological traits and conservation biology of five fossorial ‘sand-swimming’ snakes species (*Simoselaps*: Elapidae) in South-Western Australia. *Journal of Zoology*. 249:269-282.

Huey, R. B., Pianka, E. R. & Schoener, T. W. 1983. Lizard Ecology: Studies of a Model Organism. Harvard University Press, Cambridge.

Huey, R. B., Peterson, C. R., Arnold S. J. & Porter, W. P. 1989. Hot rocks and not-so-hot rocks: retreat-site selection by garter snakes and its thermal consequences. *Ecology* 70(4): 931-944

Juárez-Escamilla, J. D. & Ramírez-Bautista, A. 2013. A new record of litter size of the endemic snake *Conopsis nasus* Günther, 1858 (Ophidia, Colubridae) from Hidalgo, Mexico. *Herpetology Notes* 6: 569-570.

Jujnovsky J. 2003. Las unidades de paisaje en la cuenca alta del río Magdalena, base fundamental para la planificación ambiental. México DF. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias UNAM.

Kephart, D. G. 1981. Population ecology and population structure of *Thamnophis elegans* and *Thamnophis sirtalis*, Ph.D. Dissertation, University of Chicago.

King, R. B. 1989. Sexual dimorphism in snake tail length: sexual selection, natural selection, or morphological constraint?. *Biological Journal of the Linnean Society*, 38(2), 133-154.

Lebreton, J. D., Burnham, J. C. & Anderson, D. R. 1992. Modeling survival and testing biological hypothesis using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological Monographs*. 62:67-118.

Lind, A.J., Welsh, H. H., & Tallmon, D.A. 2005. Garter snake population dynamics from a 16 year study: considerations for ecological monitoring. *Ecological Applications* 15:294-303.

López, M. S., & Giraudo, A. R. 2008. Ecology of the snake *Philodryas patagoniensis* (Serpentes, Colubridae) from northeast Argentina. *Journal of Herpetology*, 42(3), 474-480.

Macartney, J. M. 1985. The ecology of the northern Pacific rattlesnake, *Crotalus viridis oregonus*, in British Columbia, M.S. Thesis, University of Victoria, British Columbia.

Madsen, T. & Shine, R. 1993. Phenotypic plasticity in body sizes and sexual size dimorphism in European grass snakes. *Evolution* 47:321–324.

- Maritz, B., & Alexander, G. J. 2011. Morphology, sexual dimorphism, and growth in the smallest viperid, *Bitis schneideri* (Reptilia: Squamata: Viperidae). *Journal of Herpetology*, 45(4), 457-462.
- Nagy, Z. T., Lawson, R., Joger, U. & Wink, M. 2004. Molecular systematics of racers, whipsnakes and relatives (Reptilia: Colubroidea) using mitochondrial and nuclear markers. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 42(3): 223-233.
- Nagy, Z. T., Vidal, N., Vences, M., Branch, W. R., Pauwels, O. S. G., Wink, M. & Joger, U. 2005. Molecular systematics of African colubroidea (Squamata: Serpentes). *African Biodiversity* 2005: 221-228.
- Nava, M. Z. 2003. Los bosques de la cuenca alta del río Magdalena, DF., México: un estudio de vegetación y fitodiversidad. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias UNAM.
- Nava, M. Z. 2006. Carbono almacenado como servicio ecosistémico y criterios de restauración, en el bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena. Tesis de maestría en Ciencias Biológicas México DF. Facultad de Ciencias UNAM.
- Nussbaum, R. A. 1980. The Brahminy blind snake (*Ramphotyphlops braminus*) in the Seychelles Archipelago: Distribution, variation, and further evidence for parthenogenesis, *Herpetologica* 36:215-221.
- Otis, D. L., K. P. Burnham, G. C. White, and D.R. Anderson. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monographs*, 62.)
- Parker, H. W. 1977. Snakes: a natural history. British Museum (Natural History). London. 108 pp.

Parker, W. S. & Plummer, M. V. 1987. Population ecology. En Seigel, R. A., Collins, J. T. & Novak, S. S. (editores), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*. Macmillan Publishing Co. New York. Pp: 253-301.

Pérez-Mendoza, H. A., Zúñiga-Vega, J. J., Zurita-Gutiérrez, Y. H., Fornoni, J., Solano-Zavaleta, I., Hernández-Rosas, A. L., & Molina-Moctezuma, A. 2013. Demographic importance of the life-cycle components in *Sceloporus grammicus*. *Herpetologica* 69: 411-435.

Pianka, E. R. 1983. *Evolutionary Ecology*, 3<sup>rd</sup> ed., Harper and Row, New York.

Plummer, M. V. 1985. Demography of green snakes (*Opheodrys aestivus*). *Herpetologica* 41(4): 373-381.

Pough, F. H. & Groves, J. D. 1983. Specializations of the body form and food habits of snakes, *American Zoologist*. 23:443-454.

Pough, H., Andrews, R., Cadle, J., Crump, M., Savitzky, A., Wells, K. *Herpetology*. 2001. EUA. Prentice Hall. Segunda edición. New Jersey. 612 pp.

Pradel, R. 1996. Utilization of capture-mark-recapture for the study of recruitment and population growth rate. *Biometrics*, **52**, 703-709

R Development Core Team 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Ramírez, A., Hernández, U., García, U., Leyte, A., Canseco, L. 2009. *Herpetofauna del Valle de México: Diversidad y Conservación*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, CONABIO, México.

Rojas-González, R.I., Jones, C.P., Zúñiga-Vega, J. J., & Lemos-Espinal, J. A. 2008. Demography of *Xenosaurus platyceps* (Squamata: Xenosauridae): a comparison between tropical and temperate populations. *Amphibia-Reptilia* 29: 245-256.

Schwaner, T. D. 1985. Population structure of black tiger snakes, *Notechis ater niger*, on offshore island of Australian, in: Biology of Australasian Frogs and Reptiles (G. Grigg, R. Shine and H. Ehmann, eds.) pp. 35-46, Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, New South Wales, Australia.

Semlitsch, R. D. & Moran, G. B. 1984. Ecology of the Redbelly Snake (*Storeria occipitomaculata*) Using Mesic Habitats in South Carolina. *American Midland Naturalist*. 111:33-40.

Shine, R. 1977. Habitats, Diets, and Sympatry in Snakes: a Study From Australia. *Canadian Journal of Zoology* 55:1119–1128.

Shine, R. and Bull, J. J. 1977. Skewed sex ratios in snakes, *Copeia* 1977:228-234.

Shine, R. 2005. Life-History Evolution In Reptiles, Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 36:23–46

Seigel, R. A. 1993. Summary: Future research on snakes, or how to combat “lizard envy”. Pp. 395-402 *In* snakes: Ecology and behavior Seigel, R. A. & Collins, J. A. (Eds). McGraw-Hill, New York. USA.

Seigel, R. A. & Collins, J. A. 1993. Snakes: Ecology and Behavior. McGraw-Hill, New York. USA.



Taylor, E. H. & Smith, H. M. 1942. The snakes genera *Conopsis* and *Toluca*. *Kansas University Science Bulletin* 28:325-363.

Uribe, M. C., Gonzalez-Porter, G., Palmer, B. D., & Guillette, L. J. 1998. Cyclic histological changes of the oviductal-cloacal junction in the viviparous snake *Toluca lineata*. *Journal of Morphology*, 237(2), 91-100.

Uribe-Peña, Z., Ramírez-Bautista, A. & Casas, G. 1999. Anfibios y reptiles de las serranías del Distrito Federal, México. Cuadernos del Instituto de Biología No. 32, Universidad Nacional Autónoma de México. 119 p.

Valdujo, P. H., Nogueira, C. & Martins, M. 2002. Ecology of *Bothrops newwiedi pauloensis* (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) in the Brazilian Cerrado. *Journal of Herpetology*. 36:169-176.

Vitt, L. J. & Pianka, E. R. 1994. Lizard Ecology: Historical and Experimental Perspectives. Princeton University Press.

Viitanen, P. 1967. Hibernation and seasonal movements of the viper, *Vipera berus berus* (L.), in southern Finland. In *Annales Zoologici Fennici* (pp. 472-546). Societas Zoologica Botanica Fennica Vanamo.

Webb, J. K.; Brook B. W., & Shine R. 2003. Does foraging mode influence life history traits? A comparative study of growth, maturation and survival of two species of sympatric snakes from south-eastern Australia. *Austral Ecology* 28:601–610.

White, G. & K. Burnham. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46 Supplement: 120-138.