



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD OAXACA

---

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y  
APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES

(PATRONES Y PROCESOS DE LA BIODIVERSIDAD DEL  
NEOTRÓPICO)

EFFECTO DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN ALGUNOS  
PARÁMETROS DEMOGRÁFICOS DE *SCELOPORUS*  
*SPINOSUS* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE), EN EL  
MONUMENTO NATURAL YAGUL, TLACOLULA, OAXACA

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:  
CARLOS AUGUSTO TORRES BARRAGÁN

DIRECTORES DE TESIS:

Dr. Aurelio Ramírez  
Bautista

Dr. Emilio Martínez  
Ramírez

SANTA CRUZ XOXOCOTLÁN, OAXACA, JUNIO 2015



# INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

## SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

### ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 03 del mes de junio del 2015 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: "Efecto del Cambio de Uso de Suelo en Algunos Parámetros Demográficos de *Sceloporus spinosus* (Squamata: Phrynosomatidae), en el Monumento Natural Yagul, Tlacolula, Oaxaca".

Presentada por el alumno:

Torres	Barragán	Carlos Augusto
Apellido paterno	materno	nombre(s)

Con registro: 

A	1	3	0	0	0	3
---	---	---	---	---	---	---

aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

#### LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dr. Emilio Martínez Ramírez

Dr. Aurelio Ramírez Bautista

Dr. Miguel Ángel Briones Salas

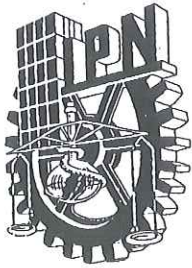
M. en C. Gladys Isabel Manzanero Medina

M. en C. Matías Martínez Coronel



#### PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. José Rodolfo Martínez y Cárdenas




**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESION DE DERECHOS**

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 03 del mes de junio del año 2015, el (la) que suscribe Carlos Augusto Torres Barragán alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro A130003, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Emilio Martínez Ramírez y Dr. Aurelio Ramírez Bautista y cede los derechos del trabajo titulado: "Efecto del Cambio de Uso de Suelo en Algunos Parámetros Demográficos de *Sceloporus spinosus* (Squamata: Phrynosomatidae), en el Monumento Natural Yagul, Tlacolula, Oaxaca", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: [posgradoax@ipn.mx](mailto:posgradoax@ipn.mx) ó [cat\\_b007@hotmail.com](mailto:cat_b007@hotmail.com) Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

  
Carlos Augusto Torres Barragán



## ÍNDICE

RESUMEN	
ABSTRACT	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
III. OBJETIVOS	5
IV. ÁREA DE ESTUDIO	6
4.1.1 Ubicación	6
4.1.2 Importancia	6
4.1.3 Geología y Fisiografía	8
4.1.4 Geomorfología y Suelos	9
4.1.5 Hidrología	9
4.1.6 Clima	9
4.1.7 Población	10
4.1.8 Tipo de Vegetación y Uso de Suelo	10
4.1.9 Fauna	12
V. ESPECIE DE ESTUDIO	13
VI. MATERIAL Y MÉTODOS	14
6.1 Sitios de Muestreo	14
6.2 Registro de Datos en Campo	15
6.3 Análisis de Datos	17
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
7.1 Características de la Vegetación de ZC y CS	22
7.2 Análisis Morfológico	24
7.3 Estructura Poblacional	28
7.4 Uso de Sustrato	34
7.5 Proporción de Sexos (PS)	39
7.6 Tasa de Crecimiento Corporal (TC)	42
7.7 Relación de Masa Corporal (MC) y Longitud Hocico Cloaca (LHC)	53
7.8 Biomasa	57
7.9 Parámetros Poblacionales	62
7.10 Correlaciones con Variables Ambientales	68
VIII. CONCLUSIONES	72
LITERATURA CITADA	74
ANEXOS	80

## RESUMEN

Para obtener información sobre el efecto del uso del suelo presente en el Monumento Natural Yagul (MNY) en algunos parámetros poblacionales, se estudió a la lagartija espinosa (*Sceloporus spinosus*) mediante captura-marcaje-recaptura, en dos parcelas con una extensión de una hectárea cada una y con diferente uso de suelo. La primera parcela se ubicó en una zona con selva baja caducifolia (SBC), que es destinada a la conservación (ZC); la segunda se ubicó en una zona fragmentada destinada a la agricultura (CS). CS y ZC presentaron diferencias notables en estructura y composición vegetal. En CS se registró una cobertura del dosel (CD) de 1%, suelo desnudo (SD) en un 76% y una densidad arbórea (DA) de 8 ind/ha con mayor abundancia de mezquites (*Prosopis laevigata*) y pirul (*Schinus molle*); ZC presentó una CD de 83%, SD de 8% y una DA de 697 ind/ha con mayor abundancia de nopal arborescente (*Opuntia pilifera*), garambullo (*Myrtillocactus schenckii*) y Mezquite (*Prosopis laevigata*). Se detectó que bajo estas condiciones ambientales, los parámetros poblacionales de *Sceloporus spinosus* mostraron diferencias entre los sitios de estudio (ZC y CS). El análisis morfológico demostró la presencia de dos subespecies (*Sceloporus spinosus apicalis* y *S. s. caeruleopunctatus*); en CS el 68% de la abundancia fue de *S. s. apicalis* y el 32% fue de *S. s. caeruleopunctatus*, mientras que en ZC el 96% fue de *S. s. apicalis*. En ZC se registró reclutamiento de crías únicamente en julio-diciembre, para jóvenes en noviembre-abril y para adultos el mayor reclutamiento fue en marzo-mayo; en CS el reclutamiento en crías fue únicamente en agosto-enero, para jóvenes fue en octubre-marzo y para adultos el mayor reclutamiento fue en marzo-mayo que además es la temporada de reproducción de la especie en MNY. La proporción de sexos en ZC mostró mayor número de machos por cada hembra y en CS fue similar a la proporción 1:1. La tasa de crecimiento corporal (TC) en CS fue mayor para crías y jóvenes y en otoño para todas las clases de edad; mientras en ZC la TC fue mayor en adultos con una longitud hocico-cloaca (LHC) de 70 – 90 mm y en primavera para todas las clases de edad. La TC más baja en ambos sitios se registró en adultos con una LHC mayor de 90 mm. Los parámetros demográficos revelaron menor tasa de supervivencia y mayor densidad poblacional (292 ind/ha) en CS que en ZC (196 ind/ha). Al evaluar los parámetros poblacionales por subespecie, se demuestra que los fragmentos de SBC son el único hábitat para *S. s. apicalis*, puesto que no se distribuye en zonas cercanas con mayor degradación y zonas urbanas, donde *S. s. caeruleopunctatus* es abundante. Al igual que *S. s. apicalis*, existen muchas especies que dependen de la permanencia y la conectividad de estos fragmentos de SBC en el MNY.

## ABSTRACT

This research showed information about the effect of land use in the Natural Yagul Monument (MNY) in some population parameters of spiny lizard (*Sceloporus spinosus*). Populations of MNY was studied by capture-mark-recapture method on two plots with one hectare each one and different land use. The first plot was located in an area with dry forest (SBC), which is the conservation area (ZC) of MNY; the second was located in a fragmented area for agriculture (CS). CS and ZC showed significant differences in structure and plant composition. In CS coverage canopy (CD) was 1%, bare soil (SD) 76% and tree density (DA) 8 ind/ha with greater abundance of *Prosopis laevigata* and *Schinus molle*; ZC presented a CD of 83%, 8% SD and DA of 697 ind/ha with greater abundance of *Opuntia pilifera*, *Myrtillocactus schenckii* and *Prosopis laevigata*. With these environmental conditions, the population parameters of *Sceloporus spinosus* showed differences between sites (ZC and CS). Morphological analysis revealed the presence of two subspecies (*Sceloporus spinosus caeruleopunctatus* and *S. s. apicalis*); in CS 68% of individuals belong to *S. s. apicalis* and 32% to *S. s. caeruleopunctatus*, while ZC was 96% of *S. s. apicalis*. In recruiting young ZC recorded only from July to December, for young people in november-april and the largest adult recruitment was in march-may; CS recruitment in offspring was only in august to january, youth was in october-march and the largest adult recruitment was in march-may is also the breeding season of the species in MNY. The sex ratio in ZC showed greater number of males for every female and CS was similar to the ratio 1: 1. The body growth rate (TC) in CS was higher for babies and young and in autumn for all age classes; ZC while CT was higher in adults with a snout-vent length (SVL) of 70-90 mm and spring for all age classes. The lowest TC at both sites was recorded in adults with LHC greater than 90 mm. The demographic parameters showed lower survival rate and high population density (292 ind / ha) in CS that ZC (196 ind / ha). Therefore assessing the population parameters for subspecies shown that fragments of SBC are most important habitat for *S. s. apicalis*, because not distributed in areas with degradation, like urban areas wherein *S. s. caeruleopunctatus* is abundant. Like *S. s. apicalis*, there are many species that depend on the permanence and connectivity of these fragments in the MNY dry forest.

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura	Página
1. Ubicación geográfica del Monumento Natural Yagul (MNY)	6
2. Vista de la zona arqueológica del Monumento Natural Yagul (MNY).	8
3. <i>Sceloporus spinosus</i> (Squamata: Phrynosomatidae) registrada en el MNY.	13
4. Ubicación geográfica del polígono del MNY y sitios de muestreo (CS y ZC).	14
5. Imágenes satelitales y fotografías de los sitios de muestreo.	15
6. Fotografía analizada del sitio CS con el programa CobCal 2 (Versión 2.1).	18
7. Esquema de escutelación en cabeza (lateral y dorsal) de <i>Sceloporus spinosus</i> .	19
8. Gráfica de Eigenvalores con el porcentaje de variación explicada.	24
9. Gráfica de proyección de los casos sobre el plano de CPI y CPII.	26
10. Hembra y macho de <i>Sceloporus spinosus apicalis</i> .	27
11. Hembra y macho de <i>Sceloporus spinosus caeruleopunctatus</i> .	27
12. Número de recapturas y de nuevos registros por mes para ZC y CS.	29
13. Porcentaje de reclutamiento por clase de edad de <i>Sceloporus spinosus</i> en ZC.	31
14. Número de capturas de <i>S. s. caeruleopunctatus</i> y <i>S. s. apicalis</i> por mes en ZC.	31
15. Porcentaje de registro de <i>Sceloporus spinosus</i> en CS por clase de edad en 12 meses.	33
16. Número de capturas de cada subespecie por mes de muestreo en CS.	33
17. Número de individuos de cada subespecies por clase de edad.	34
18. Porcentaje de individuos por subespecie en 12 tipos de sustrato por sitio (ZC y CS).	38
19. Proporción de sexos por clase de edad en CS y ZC.	40
20. Tasa de Crecimiento en LHC (mm/día) por clase de edad en estaciones (ZC).	43
21. Tasa de crecimiento por sexo y clase de edad (ZC).	44
22. Crecimiento en machos y hembras de <i>Sceloporus spinosus apicalis</i> (ZC).	44
23. Curva de crecimiento de acuerdo al modelo de von Bertalanffy para machos y hembras (ZC).	45
24. Tasa de Crecimiento en LHC (mm/día) por clase de edad en estaciones (CS).	47
25. Tasa de crecimiento corporal por sexo y clase de edad (CS).	48
26. Crecimiento en machos y hembras de <i>Sceloporus spinosus</i> (CS).	48
27. Curva de crecimiento de acuerdo al modelo de von Bertalanffy para machos y hembras (CS).	49
28. Tasa de crecimiento corporal por clase de edad para CS y ZC.	50
29. Curva de crecimiento de acuerdo al modelo de von Bertalanffy para machos y hembras de <i>S. s. apicalis</i> de CS.	51
30. Curva de crecimiento de acuerdo al modelo de von Bertalanffy para machos y hembras de <i>S. s. caeruleopunctatus</i> de CS.	51
31. Curva de crecimiento de acuerdo al modelo de von Bertalanffy para <i>S. s. apicalis</i> y <i>S. s. caeruleopunctatus</i> de CS.	53
32. Relación entre LHC y MC para machos y hembras de ZC.	53
33. Proporción MC/LHC por estaciones en machos y hembras de ZC.	54
34. Relación entre LHC y MC para machos y hembras de CS.	55
35. Proporción MC/LHC por estaciones en machos y hembras de CS.	56

36. Relación entre LHC y MC para machos por subespecie.	56
37. Relación entre LHC y MC para hembras por subespecie.	57
38. Tendencia estacional de la biomasa (g/ha) de <i>Sceloporus spinosus</i> en ZC.	58
39. Tendencia estacional de la biomasa (g/ha) de <i>Sceloporus spinosus</i> en CS.	58
40. Comparación de la biomasa de <i>Sceloporus spinosus</i> entre ZC y CS.	59
41. Biomasa (g/ha) de <i>S. s. apicalis</i> por mes en CS.	60
42. Biomasa (g/ha) de <i>S. s. caeruleopunctatus</i> por mes en CS.	60
43. Biomasa (g/ha) de <i>S. s. caeruleopunctatus</i> y <i>S. s. apicalis</i> por mes en CS y ZC.	61
44. Correlación positiva significativa ( $p=0.003$ ) de la temperatura ( $T^{\circ}$ ) y la biomasa de hembras (BH).	69
45. Correlación negativa significativa ( $p=0.001$ ) de la humedad (H) y la clase jóvenes (J).	69
46. Correlación positiva significativa de la biomasa (0.80) y abundancia (0.82) de machos con la temperatura en CS.	71
47. Correlación positiva significativa de la abundancia de <i>S. s. caeruleopunctatus</i> (0.87) y no significativa de <i>S. s. apicalis</i> (0.23), con la temperatura en CS.	71



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Porcentaje de vegetación y uso de suelo del Monumento Natural Yagul (CONANP, 2012).	10
2. Resultado de las variables medidas para CS y ZC en la época de lluvias y secas.	22
3. Número de especies clasificadas por forma de vida en CS y ZC.	23
4. Valores de correlación con los tres componentes (PCI, PCII y PCIII) del análisis multivariado.	25
5. Resultados generales de captura de <i>Sceloporus spinosus</i> en 12 meses de muestreo.	28
6. Estructura demográfica de <i>Sceloporus spinosus</i> en un año de muestreo del sitio ZC.	30
7. Estructura demográfica de <i>Sceloporus spinosus</i> en un año de muestreo del sitio CS.	32
8. Porcentaje de individuos de <i>S. s. apicalis</i> por clase de edad y sexo en 14 tipos de sustrato (ZC).	35
9. Porcentaje de individuos (con datos de ambas subespecies) por clase de edad y sexo en 12 tipos de sustrato (CS).	36
10. Porcentaje de individuos de <i>S. s. apicalis</i> por clase de edad y sexo, presentes en 12 tipos de sustrato en CS.	37
11. Porcentaje de individuos de <i>S. s. caeruleopunctatus</i> por clase de edad y sexo, presentes en 12 tipos de sustrato en CS.	37
12. Proporción de sexos (PS=machos/hembras) de <i>Sceloporus spinosus</i> en ZC, con datos de individuos marcados.	39
13. Proporción de sexos de <i>Sceloporus spinosus</i> en CS, con datos de individuos marcados.	40
14. Proporción de sexos (PS=machos/hembras) de cada subespecie por sitio (ZC y CS), con datos de individuos marcados.	41
15. Proporción de sexos con individuos adultos de <i>S. s. apicalis</i> y <i>S. s. caeruleopunctatus</i> por mes y sitio de muestreo (CS y ZC).	41
16. Tasa de crecimiento corporal de LHC por clase de edad y estaciones de ZC.	42
17. Tasa de crecimiento por sexo y clase de edad (ZC).	43
18. Tasa de crecimiento por clase de edad y estaciones (CS)	46
19. Tasa de crecimiento corporal por clase de edad para hembras y machos (CS).	47
20. Tasa de crecimiento corporal por clase de edad <i>S. s. apicalis</i> en ZC y CS.	51
21. Tasa de crecimiento corporal (TC) de <i>S. s. apicalis</i> y <i>S. s. caeruleopunctatus</i> por estaciones en CS.	52
22. Intervalos de longitud hocico-cloaca (LHC) y masa corporal (MC) con proporción MC/LHC (g/mm) por clase de edad y sexo en ZC.	54
23. Intervalos de longitud hocico-cloaca (LHC) y masa corporal (MC) con proporción MC/LHC (g/mm) por clase de edad y sexo en CS.	55
24. Descripción de modelos para el análisis de la tasa de supervivencia y recaptura en ZC.	62
25. Calculo de parámetros de acuerdo al modelo $\phi_{gp}$ . SE= error estándar.	62
26. Descripción de modelos para el análisis de la tasa de supervivencia y recaptura por estaciones y temporadas en ZC.	63
27. Calculo de parámetros de acuerdo al modelo $\phi_{temp}$ . SE= error estándar.	63
28. Descripción de modelos para el análisis de la tasa de supervivencia y recaptura en CS.	64

29. Calculo de parámetros de acuerdo al modelo $\phi_{pt}$ .	65
30. Descripción de modelos para el análisis de la tasa de supervivencia y recaptura por estaciones y temporadas en CS.	65
31. Calculo de parámetros de acuerdo al modelo $\phi_{temp}$ . SE= error estándar.	66
32. Descripción de modelos para el análisis de la tasa de supervivencia y recaptura de <i>S. s. apicalis</i> en ZC y CS.	66
33. Calculo de parámetros de acuerdo al modelo $\{\Phi(g)p(t)\}$ para <i>S. s. apicalis</i> en ZC y CS.	67
34. Correlaciones de temperatura y humedad con 13 parámetros poblacionales de <i>Sceloporus spinosus apicalis</i> en ZC.	68
35. Correlaciones de temperatura y humedad con 15 parámetros poblacionales de de ambas subespecies en CS.	70



## I. INTRODUCCIÓN

Una parte esencial en la conservación y manejo de los recursos naturales es el conocimiento de la dinámica ecológica en poblaciones silvestres. Estudios demográficos y de reproducción contribuyen a este conocimiento, mediante la descripción de los caracteres de historia de vida y evolución de los organismos (Tinkle y Gibbons, 1977; Hodges, 2004; Pincheira-Donoso *et al.*, 2013).

Un aspecto central en esta línea de investigación, es el estudio de poblaciones y de historia de vida en saurios (Gadsden-Esparza, 2006). Los cuales son importantes modelos de estudio en ecología y evolución (Wiens *et al.*, 2010); debido a su gran riqueza de especies, alta abundancia (Sites *et al.*, 1992), escaso desplazamiento local, amplia distribución (Casas-Andreu *et al.*, 1996) y por ser indicadores de la calidad del ambiente (Urbina-Cardona y Londoño-Murcia, 2003; Calderón-Mandujano *et al.*, 2008; Santos-Barrera y Urbina-Cardona, 2011). Se han empleado en estudios genéticos (Smith, 2001), ecológicos (Hernández-Salinas *et al.*, 2014), demográficos (Tinkle, 1967; Lemos-Espinal y Amaya-Elias, 1986) y de dinámica poblacional, principalmente el género *Sceloporus* (Parker, 1994; Ortega-Rubio *et al.*, 2000; Rodríguez-Romero *et al.*, 2011).

El género *Sceloporus* ha sido utilizado ampliamente para desarrollar trabajos sobre dinámica poblacional, conducta y reproducción (Parker, 1994; Ortega-Rubio *et al.*, 2000; Rodríguez-Romero *et al.*, 2011). Este género posee una gran riqueza de especies (cerca de 100 especies, Wilson *et al.*, 2013), presenta ambos modos de reproducción (ovíparo y vivíparo), y está bien representado a lo largo de las diferentes provincia biogeografías y ambientes de México. En el estado de Oaxaca el género se distribuye desde el nivel del mar hasta los 2900 m.s.n.m. (Casas-Andreu *et al.*, 1996). La mayoría de sus especies presentan una baja fuerza de vagilidad, es decir presentan un escaso desplazamiento local, lo que favorece el estudio de algunas de sus características de historia de vida y la demografía de una especie de este género en particular (Lemos-Espinal y Amaya-Elias, 1986).

En estudios demográficos con este género, además de analizar los parámetros que operan dentro de cada población, es necesario detectar la influencia de los factores ambientales como la destrucción y fragmentación del hábitat, que influyen en la dinámica de una población (Hokit y Branch, 2003; Martorell y Peters, 2005), lo cual se obtiene gracias a su alta sensibilidad a los cambios del ambiente (Halffter y Moreno, 2005). Esta información es de gran valor para el desarrollo de estrategias de conservación para atender especies amenazadas o en peligro de extinción (Zuñiga-Vega *et al.*, 2008).

Actualmente se ha documentado que el cambio de las características ambientales originado por el desarrollo de las actividades humanas, en las que se lleva a cabo la deforestación, ha impactado y alterado sus poblaciones silvestres en todo el mundo. Una de estas actividades es la agricultura, la cual representa una transformación de la vegetación primaria en un mosaico agrícola; esto ha generado cambios importantes y ha puesto en riesgo de desaparecer a algunas de las especies que ahí habitan (Suazo-Ortuño *et al.*, 2007). Los efectos de la destrucción y fragmentación del hábitat se han

evidenciado con estudios demográficos; la demografía de *Sceloporus* y en general para reptiles, se ve afectada fuertemente por el tamaño del parche (Shine y Charnov, 1992) y los mecanismos responsables de estos patrones se siguen evaluando (Hokit y Branch, 2003).

El presente estudio se realizó en el Monumento Natural Yagul (MNY), un área natural protegida (ANP) que presenta un ambiente fragmentado; en el que predomina un mosaico agrícola y fragmentos de selva baja caducifolia (SBC), matorral xerófilo (MX) y humedales (H). El uso de suelo del MNY incluye principalmente actividades como cultivo de maguey, maíz, frijol, alfalfa y ajo, ganadería extensiva, extracción de materiales pétreos y de leña; además de que se da lugar a la tira basura en el bosque, incendios y cacería. El efecto de estas condiciones ambientales fueron evaluadas con el estudio de la supervivencia, densidad, estructura poblacional, morfología y tasa de crecimiento corporal de *Sceloporus spinosus* (especie endémica de México). Con el fin de aportar información de los efectos del uso de suelo del MNY sobre la biodiversidad y orientar las estrategias de manejo del ANP.

Estudios detallados de poblaciones naturales, son esenciales para revelar las diferencias ecológicas que existen a nivel de individuos y de la población, como consecuencia de las condiciones ambientales presentes (Tinkle, 1967); y para identificar la respuesta demográfica al efecto de las alteraciones de origen antrópico en los sistemas naturales (Karr, 1999).

## II. ANTECEDENTES

Una de las interrogantes más importantes en estudios de poblaciones con saurios, es el conocer los factores que regulan los tamaños poblacionales; esta es una de las aportaciones de los estudios demográficos y de reproducción, con los cuales es posible interpretar las características de historia de vida de los organismos (Gadsden-Esparza, 2006) y con esto poder conocer el bienestar de las poblaciones.

La información para el cálculo de parámetros demográficos se puede obtener con el método captura-marcaje-recaptura (Vinegar, 1975; Parker, 1994; Lemos-Espinal *et al.*, 1998; Ortega-Rubio *et al.*, 2000; Rodríguez-Romero, 2004; Ortega-León *et al.*, 2007; Gadsden y Estrada-Rodríguez, 2008; Zuñiga-Vega *et al.*, 2008; Rodríguez-Romero *et al.*, 2011) y analizar con diferentes métodos de acuerdo a los objetivos de la investigación. Entre los métodos se encuentran: los métodos numéricos, basados en los conteos de capturas y recapturas; modelos para poblaciones demográficamente cerradas, debido a que no consideran variación en ganancia y pérdida de individuos; y los modelos para poblaciones demográficamente abiertas que si consideran esta variación y por lo mismo son más complejos y realistas (Santos-Moreno *et al.*, 2007).

Entre los principales parámetros demográficos evaluados para saurios en un estudio demográfico se encuentran el tamaño poblacional, la supervivencia, tasa de crecimiento, proporción de sexos y estructura de edades. De acuerdo a Dunham (1981), estos

parámetros presentan variación estacional y anual en saurios. Tal como la supervivencia que varía de acuerdo al suministro de recursos disponibles (Vinegar, 1975).

La densidad poblacional en una especie vivípara (*Sceloporus bicanthalis*) de gran altitud, fue de 304 individuos/ha; alcanzó la madurez sexual a la longitud hocico-cloaca (LHC) de 31mm en machos y 32 mm en hembras; machos presentaron mayor supervivencia que hembras, con una esperanza máxima de vida de 15 meses y un ciclo de vida semélparo (Rodríguez-Romero *et al.*, 2011). Otra especie vivípara de gran altitud, *Sceloporus grammicus*, presentó que la densidad poblacional aumentó con la altitud, 131 – 163 ind/ha (4400 m.s.n.m.) y 52 – 83 ind/ha (3300 m.s.n.m.); alcanzó la madurez a los 14 y 15 meses en ambos sexos, a una LHC de 39 a 42mm (Lemos-Espinal *et al.*, 1998).

En poblaciones ovíparas de *Lacerta vivípara*, se registró de acuerdo a Heulin *et al.*, (1997) que la densidad poblacional es mayor a menor altitud; varió de 513-709 ind/ha (1150 m.s.n.m.) a 920-1830 ind/ha (370 m.s.n.m.).

Además de estos parámetros se pueden evaluar la tasa de natalidad, de mortandad y de incremento corporal. Las fluctuaciones de la población se relacionan directamente con las condiciones ambientales (Lemos-espinal y Amaya-Elías, 1986). Parker (1994), argumenta que la fluctuación de la población está vinculada con la supervivencia desde huevos a crías. La tasa de incremento corporal varía en función de las estaciones, puesto que es mayor en la que hay gran disponibilidad de recursos (Ortega-Rubio *et al.*, 1998). La tasa de crecimiento en *Sceloporus mucronatus mucronatus* de acuerdo a Ortega-León *et al.*, (2007), fue mayor en machos, los cuales alcanzaron la madurez sexual antes (20 meses) que las hembras (31 meses). La tasa de crecimiento puede variar por sexo y por temporada (Tinkle, 1967), en *Sceloporus olivaceus* (especie ovípara) la tasa de crecimiento corporal en el primer verano fue mayor en machos (.37mm/día) que en hembras (0.3mm/día), en el segundo fue mayor en hembras (0.28) que en machos (0.21) y en invierno mostraron la menor tasa de crecimiento (0.05).

Engen y Saether (1994), menciona que una especie se restringe a efectuar una distribución óptima de los recursos para el crecimiento y reproducción, a fin de maximizar su contribución a las futuras generaciones. Por lo que la reproducción comienza antes de alcanzar la talla máxima (Shine y Charnov, 1992; Bauwens, 1999); es decir, antes de la madurez, la energía se asigna al crecimiento y después es asignada también a la reproducción, por lo que la tasa de crecimiento disminuye con la edad.

El tamaño de la nidada está influenciado directamente por el tamaño de la hembra (LHC) y por las condiciones ambientales (Ballinger y Lemos-Espinal, 1995; Méndez y Villagrán, 1998; Maury, 1999; Romero-Schmidt *et al.*, 1999; Bustos-Zagal *et al.*, 2011 Galán, 1997; Uller y Olsson, 2005; Ramírez-Bautista *et al.*, 2013).

Parámetros demográficos se han empleado para estudiar la perturbación del ambiente y el impacto de las actividades del hombre, tal como los efectos que presenta la fragmentación del hábitat en poblaciones de saurios; se ha documentado que existe una asociación positiva de la abundancia, supervivencia y reclutamiento con el tamaño del fragmento para ambos sexos (Hokit y Branch, 2003). En ambientes fragmentados el

efecto de borde favorece la invasión de especies generalistas propias de la matriz (Santos y Tellería, 2006) y perjudica la filopatría de las especies que habitan en los fragmentos (Haila, 2002). En general los diferentes agentes de perturbación actúan de manera sinérgica y sus efectos combinados son perjudiciales (Martorell y Peters, 2005).

Dentro del género *Sceloporus* se encuentra el grupo *S. spinosus* (“lagartijas espinosas”), el cual es endémico de México (Wiens *et al.*, 2010). Este grupo presenta uno de los mayores tamaños de puesta del género (Fitch, 1985) y se ha empleado como modelo de especie para explicar la evolución de la viviparidad (Calderón-Espinoza *et al.*, 2006). El grupo *S. spinosus* se conforma por las especies *Sceloporus horridus*, *S. spinosus* (Leaché, 2010) y *S. edwardtaylori* (Wiens *et al.*, 2010).

La especie de estudio es *Sceloporus spinosus*, para esta especie se han estudiado sus características de reproducción y dimorfismo sexual. De acuerdo a Valdez-González y Ramírez-Bautista (2002) hembras alcanzan la madurez sexual a una LHC menor que machos; el pico de actividad reproductiva para machos (65.7 – 111mm) es en marzo-abril; en hembras (60 – 112mm) de abril a mayo, con un promedio de 15 huevos oviductales (rango de 12 a 22) y un periodo de incubación de 30 días (verano-otoño). En Ramírez-Bautista *et al.*, (2012) reportan un tamaño de nidada para hembras de gran tamaño (n=7, LHC>100mm) de 15 a 28 huevos. Ramírez-Bautista *et al.*, (2013) reporta que hembras (n=63) y machos (n=85) de *S. spinosus* no presentaron dimorfismo sexual en tamaño del cuerpo, cabeza y extremidades locomotoras; estos resultados sugieren a su vez que puede existir variación en el dimorfismo sexual dentro y entre especies.

Wiens y Reeder (1997) mediante análisis morfológico y de ADN mitocondrial considera que probablemente las subespecies de *S. spinosus* (*S. s. apicalis*, *S. s. caeruleopunctatus* y *S. s. spinosus*) son especies diferentes.

La subespecie *S. s. spinosus*, presenta un alto esfuerzo reproductivo. Presenta una puesta por estación reproductiva (huevos oviductales de abril a junio), con un tamaño promedio de 11.35 (rango de 6 a 17; n=20, de 70 a 100 mm) huevos oviductales, el cual mostró correlación positiva con el tamaño (LHC) y peso de la hembra (Martínez-Loya, 1998). Para *S. s. caeruleopunctatus* se registró un tamaño de nidada de 9 a 19 (n=17) para el estado de Oaxaca (Calderón-Espinoza *et al.*, 2006).

### III. OBJETIVOS

#### Objetivo General

Conocer el efecto del cambio en el uso de suelo presente en el Monumento Natural Yagul (MNY), sobre la densidad, supervivencia y estructura poblacional de *Sceloporus spinosus* en dos sitios dentro del ANP con diferente uso de suelo (CS y ZC).

#### Objetivos Particulares

- Cuantificar en términos de composición y estructura vegetal la zona conservada (ZC) y la que presenta cambio de uso de suelo (CS).
- Evaluar si existen diferencias en algunas características morfológicas (10 variables de escutelación y seis de coloración) de *Sceloporus spinosus* entre ZC y CS.
- Determinar y comparar la estructura poblacional (proporción de sexos y categoría de edades), biomasa y tasa de incremento corporal de *Sceloporus spinosus* entre ZC y CS.
- Estimar la densidad poblacional, tasa de supervivencia y tasa de recaptura de *Sceloporus spinosus* entre ZC y CS.
- Analizar la relación de algunos parámetros demográficos (tasa de crecimiento, de supervivencia y recaptura), estructura poblacional, abundancia y biomasa de *Sceloporus spinosus* con variables ambientales (temperatura y humedad) entre ZC y CS.



#### IV. ÁREA DE ESTUDIO

##### 4.1.1 Ubicación

El MNY se ubica al este de la ciudad de Oaxaca en el Municipio de Tlacolula de Matamoras (Fig. 1) sobre las coordenadas 16°58'26" y 16°55'56" de latitud norte y 96°28'17" y 96°25'51" longitud oeste, colinda al norte con el municipio Villa Díaz Ordaz, al este con Unión Zapata, al oeste con la colonia Tres Piedras y al sur con pequeñas propiedades del Municipio de Tlacolula de Matamoras y Tanivet.

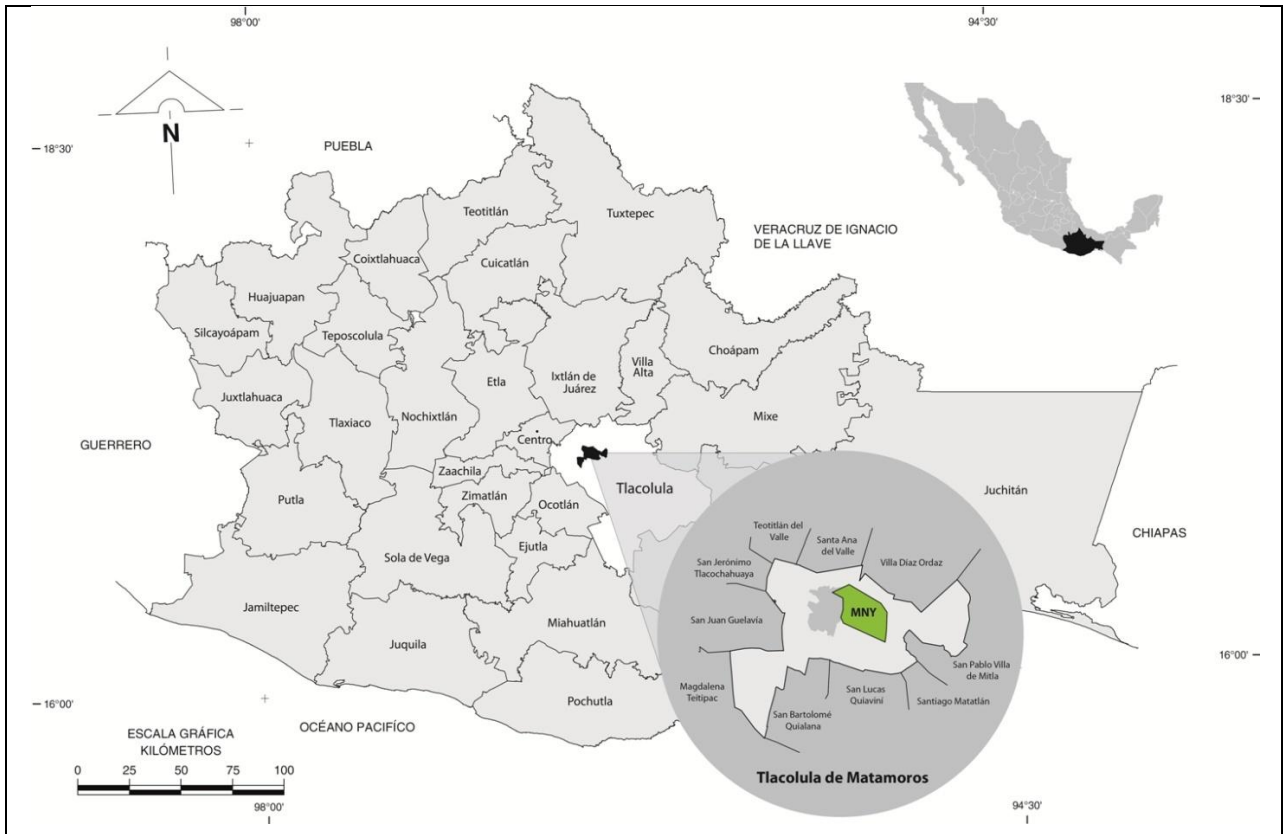


Figura 1. Ubicación geográfica del Monumento Natural Yagul (MNY), distrito de Tlacolula, municipio de Tlacolula de Matamoras, Oaxaca.

El MNY está localizado en una de las 10 Áreas Florístico-Faunísticas de Oaxaca llamada Valles Centrales (Casas-Andreu *et al.*, 1996); en esta región la vegetación de las partes planas y semiplanas ha sido reemplazada por áreas de cultivo, las montañas al margen presentan bosques de encino-pino y matorrales; la altitud va de los 1600 a los 2000 m.s.n.m., con un clima templado-húmedo y una temperatura media anual entre 12 y 18°C, presenta una estación lluviosa en verano registrando una precipitación anual promedio de 800 a 1600 mm.

##### 4.1.2 Importancia

Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de Mayo de 1999 mediante Decreto Presidencial se declara a Yagul como Área Natural Protegida (ANP) en categoría de

Monumento Natural (MN) con una superficie de 1076 hectáreas. Puesto que ambientes naturales de zonas, monumentos y vestigios arqueológicos son parte del patrimonio natural y cultural que el estado debe proteger con fines de recreación, cultura e identidad. De acuerdo al Artículo 52 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Última reforma DOF 30-08-2011); los monumentos naturales se establecen en áreas que contienen uno o varios elementos naturales, consistentes en lugares u objetos naturales, que por su carácter único o excepcional, interés estético, valor histórico o científico, se resuelva incorporar a un régimen de protección absoluta; tales monumentos no tienen la variedad de ecosistemas ni la superficie necesaria para ser incluidos en otras categorías de manejo; en los monumentos naturales únicamente podrá permitirse la realización de actividades relacionadas con su preservación, investigación científica, recreación y educación.

Posteriormente mediante decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de Noviembre del 2000, con la misma superficie del polígono del MNY es declarada como Zona de Monumentos Arqueológicos (ZMA) por el Instituto Nacional de Antropología e Historia, debido a que representa uno de los sitios de gran relevancia cultural para Oaxaca y para el país, puesto que es uno de los lugares más antiguos con ocupación humana, con vestigios que nos sugieren la presencia de vida nómada, de cazadores-recolectores de hasta 5000 a. C., con su mayor esplendor entre los años 900 a 1521 d.C.; además se ha demostrado la convivencia de la cultura zapoteca y mixteca junto con otras evidencias arqueológicas tales como cuevas y abrigos rocosos, pintura rupestre, arquitectura prehispánica de tipo monumental, funeral, habitacional y defensivo.

En agosto de 2010 las cuevas prehistóricas del MNY y Mitla fueron reconocidas como patrimonio cultural de la humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), con base en estudios realizados en esta zona se identificaron restos de plantas que eran cultivadas y aprovechadas por los antiguos pobladores del Valle de Oaxaca, entre las que se encuentran *Zea mays* con una estimación de 5412 +/- 32 años de antigüedad, *Cucurbita pepo* con 8750 +/- 350 años de antigüedad y *Capsicum sp.* con una antigüedad de 600 a 1521 d. C.; esta zona no solo sirvió de refugio a recolectores-cazadores de ese tiempo, sino también en la época de la revolución (CONANP, 2013). El paisaje del MNY se encuentra constituido por una zona arqueológica (Fig. 2), llanuras, terrenos de cultivo y macizos rocosos, con vegetación xerófila, humedales y cuerpos de agua transitorios como lo es el río seco además de canales de riego.



Figura 2. Vista de la zona arqueológica del Monumento Natural Yagul (MNY).

#### 4.1.3 Geología y fisiografía

El MNY forma parte de un basamento llamado Complejo Oaxaqueño o Zapoteco compuesto principalmente por rocas granulíticas de edad Grenvilliana y una notable cobertura estratigráfica; en esta parte del Valle de Oaxaca la estructura geológica se compone por rocas que van del Precámbrico al Cuaternario, predominando formaciones de origen volcánico de edad terciaria; entre los principales tipos geológicos en relación directa con el ANP están las tobas riolíticas hacia la parte central del MNY que han sido de gran importancia desde la época de la prehistoria como resguardos naturales, están representadas por las formaciones Caballito Blanco, La Fortaleza, Los Compadres y zonas colindantes con Villa de Díaz Ordaz y Mitla, además de elementos aislados originados a partir de procesos de erosión de los bloques montañosos y en la planicie se tiene presencia de aluviones como arcilla, arena y guijarros constituidos por cuarzo, plagioclasas y micas de edad Pleistocénica que se encuentran principalmente en la superficie del valle con importancia agropecuaria; en el MNY las tobas riolíticas que por un lado presentan nula permeabilidad primaria, por otro debido a las fracturas que presentan, han dado origen a pequeños ojos de agua que mantienen la estabilidad de ciertos ecosistemas y que el material aluvial a su vez almacenan y suministran agua subterránea (CONANP, 2013).

El área en la que se encuentra el MNY debido a sus rasgos geomorfológicos estructurales pertenece a la subprovincia de los Valles Centrales, la cual presenta características topográficas, geológicas, orográficas e hidrográficas propias que la diferencia, tales como una planicie con acumulación de sedimentos de edad reciente compuestos por carbonatos, aluviones, gravas, arenas, limos y arcillas, cerca del 60% de la superficie presenta valores inferiores a los 1600 m.s.n.m., el resto pertenece a terrenos inclinados al piedemonte a mayor altitud (Ortiz-Pérez *et al.*, 2004).

#### 4.1.4 Geomorfología y Suelos

En esta zona la principal geoforma es el valle con lomeríos intercalados, rodeado por agrupaciones montañosas de mediana altura. El valle abarca el 75% del MNY con ecosistemas de selva baja caducifolia (SBC) y mayor proporción de zonas de aprovechamiento agropecuario y otra porción está representada por formaciones rocosas y lomeríos que mantienen un mejor grado de conservación, representada por la SBC; el tipo de suelo identificado para el MNY de acuerdo al Sistema de Clasificación de Suelos FAO-UNESCO está compuesto por feozem háplico distribuido en la porción central y sur del polígono principalmente en el valle abarcando un 54% del área total del ANP, esta subunidad en la zona se encuentra asociada con fluvisoles y por desarrollarse en zonas planas es de gran valor para la agricultura de riego o temporal; también se tiene presencia de litosol en la zona de lomeríos y elevaciones rocosas como Caballito Blanco, Yazip-Duvil y Los Compadres representando alrededor de un 40 % del polígono, se encuentra en zonas con mayor grado de conservación y asociado con regosoles, su utilidad es pecuaria principalmente; la parte restante del área del MNY en una pequeña porción al noroeste del polígono, tiene vertisol pélico con un 8% aproximadamente, el cual se encuentra en zonas con una notable estacionalidad ya que son duros y agrietados en temporada de sequía, están compuestos principalmente de arcillas y asociados a fluvisoles y feozem con uso principalmente agrícola (CONANP, 2013).

#### 4.1.5 Hidrología

El MNY se encuentra en la región hidrológica 20 en la subregión 20B Costa Chica – Río Verde en la cuenca del río Atoyac y Subcuenca Tlacolula de la cual las principales corrientes son el río Seco y Salado que se originan en la serranía al norte y noroeste del Valle de Tlacolula y que además son afluentes importantes del río Atoyac; el polígono del ANP se sitúa en la parte baja de la microcuenca del río seco y en gran parte del territorio se integra una red de drenaje intermitente (CONANP, 2013).

#### 4.1.6 Clima

Con base en los datos registrados en el periodo 1971 – 2000 para el municipio de Tlacolula de Matamoros que se encuentra ubicado a una Latitud: 16°57'00"N y Longitud: 96°29'00"O, a 1620 msnm, se tiene que la época de lluvias comprende los meses de mayo a octubre con una época de sequía intraestival o de medio verano en el mes de agosto. Presenta una precipitación anual promedio de 474 mm, la cual se encuentra por debajo de la que se tiene registrada en la región de Valles Centrales, que asciende a 785.5 mm anuales. La Temperatura mínima anual es de 10.4°C, la media anual esta en 19°C y la temperatura máxima anual se encuentra alrededor de los 27.7°C. El mes más cálido por lo general no supera los 40°C, presentándose los máximos registros en los meses de marzo a junio y los mínimos de noviembre a febrero. La evaporación potencial registrada es del orden de <2,100 mm/año (CONAGUA, 2011). Con estas características es evidente la condición semiárida presente en el MNY.

#### 4.1.7 Población

De acuerdo a la base de datos del Censo 2010 del INEGI, en el MNY se encuentran siete localidades que representan el 1% del total del número de habitantes del municipio; tales localidades son El Aserradero, La Primavera, Monte Cristo, Hacienda Soriano, Salto del Agua, Rancho Blanco y La Cruz Verde, del censo de 1999 al del 2010 la población dentro del ANP aumentó un 990%, casi 10 veces más de la registrada en 1999, además el MNY se encuentra ubicado cerca del área urbana y zonas recientemente urbanizadas con lo cual se ve amenazado y es importante el desarrollo de estrategias para su protección y manejo (CONANP, 2013).

#### 4.1.8 Tipo de Vegetación y Uso de Suelo

La vegetación del MNY debido a su ubicación al noreste de los Valles Centrales cercano a las montañas presenta bajos niveles de humedad y se encuentra compuesta principalmente por cactáceas, agaváceas y leguminosas. De acuerdo a los estudios realizados en la zona (CONANP, 2013), la flora del ANP se compone hasta el momento de 52 familias, 126 géneros y 191 especies, de las cuales las familias mejor representadas son Fabaceae con 25 especies, Asteraceae con 21, Cactaceae con 16, Euphorbiaceae con 11 y Agavaceae con siete. Los tipos de vegetación indicados en el programa de manejo del ANP para el MNY de acuerdo a Miranda y Hernández (1963) son selva baja caducifolia, selva baja caducifolia espinosa (considerando dentro de este tipo de vegetación zonas con características propias del matorral xerófilo) y popal-tular. El MNY es un área fragmentada en gran medida, debido al porcentaje de terrenos de cultivo presentes; la vegetación y uso de suelo se presentan en el cuadro 1, en el cual destaca la zona de cultivo con una ocupación del 37% de la superficie del MNY.

Cuadro 1. Porcentaje de vegetación y uso de suelo del Monumento Natural Yagul (CONANP, 2012).

<b>Vegetación y Uso de Suelo</b>	<b>% MNY</b>
Agricultura	36.73
Selva Baja Caducifolia Espinosa	23.1
Pastizal Inducido	14.5
Selva Baja Caducifolia	11.09
Sin Vegetación	9.65
Áreas con Infraestructura Urbana	2.62
Popal-Tular	2.32
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

Los tipos de vegetación fueron definidos con base en Rzedowski (2006), Martínez y Ojeda (1996) y a lo observado en campo; los tipos de vegetación y asociaciones vegetales para el MNY son:

Bosque tropical caducifolio (BTC). Ocupa un 11% del ANP. Bosques dominados por especies de árboles que pierden sus hojas en la época seca del año durante un lapso aproximado de seis meses, con dos estaciones bien diferenciadas: la lluviosa y la seca.

Presenta dos estratos, uno arbóreo de 2 a 6 metros de altura y otro herbáceo evidente en época de lluvias con plantas rastreras y algunas suculentas, con suelos someros, pedregosos y con buen drenaje, propio de laderas de cerros, desfavorables para la agricultura. Compuesto principalmente de *Ipomoea sp.*, *Bursera spp.*, *Ceiba spp.*, *Prosopis sp.*, *Acacia sp.*, *Tillandsia sp.*, *Yucca sp.*, *Jatropha sp.*, *Plumeria sp.*, *Lysiloma sp.*, *Ficus sp.*, *Croton sp.*, *Cnidoscolus sp.*, *Senna holwayana*, *Stenocereus sp.*, y *Acarospora sp.*

Bosque espinoso (BE). Bosques bajos con gran proporción de árboles espinosos y perenifolios, se distribuye en terrenos planos poco inclinados. El paisaje es dominado por arbustos espinosos y mezquites, presenta un tipo de suelo profundo favorable para la agricultura, es evidente el desmonte de mezquites para aprovechamiento agrícola; posee elementos comunes con los matorrales xerófilos; en los mezquites el periodo de pérdida de follaje es muy corto y dura solamente unas cuantas semanas. Compuesto por: *Prosopis sp.*, *Tillandsia sp.*, *Acacia sp.*, *Mimosa sp.*, *Yucca sp.*, *Opuntia spp.*, *Stenocereus sp.*,

Pastizal (Pa). Dominado por gramíneas, asociados a bosques de mezquite y ocupa un 14.5 % del polígono del ANP. Su presencia se ve favorecida en parte a las condiciones del suelo y por la perturbación ocasionada por el hombre y animales domésticos. Constituye el medio natural más propicio para el aprovechamiento pecuario. Con una altura promedio de 20 a 70 cm y un color amarillento es característico durante gran parte del año y solo reverdece en la época de lluvias. Compuesto por: *Bouteloua curtipendula*, *Andropogon saccharoides*, *Opuntia pumila*, *Prosopis sp.*, *Zinnia sp.*, *Salvia sp.*,

Matorral xerófilo (MX). Plantas de 15 cm a 4m, el paisaje es dominado por cactáceas. La insolación es intensa, la humedad muy baja y la evaporación es muy alta. La coloración del suelo es pálida, con bajo contenido de materia orgánica, gran contenido de calcio, son las comunidades vegetales menos afectadas por las actividades del hombre. Se encuentran algunas plantaciones de maguey. Este tipo de vegetación se compone por *Agave sp.*, *Opuntia spp.*, *Hechtia podanhta.*, *Zinnia sp.*, *Tillandsia recurvata*, *Selaginella sp.*, *Cheilanthes sp.*, *Acarospora sp.*, *Dalea foliosa*, *Myrtillocactus schenckii*, *Senecio praecox*, *Celtis pallida*, *Mimosa sp.*, *Ferocactus recurvus*, *Cnidoscolus sp.*, *Mammillaria spp.*, *Stenocereus spp.*

Tular (T). Se encuentra distribuido dentro del polígono en parches de no más de 1 ha en las llanuras del polígono y ocupa alrededor de un 2.3% del ANP, bordeados en algunos casos por carrizales. Se trata de comunidades de plantas acuáticas arraigadas a poca profundidad de cuerpos de agua de corriente lenta y estacionarios, formando masas densas cubriendo áreas pantanosas y en las orillas de los canales. Distribuidos en zonas con vegetación más conservada y menos alteradas por las actividades del hombre. Compuesto principalmente por *Typha sp.* y *Cyperus spp.*

Terrenos de cultivo y vegetación secundaria (TVS). Se distribuye en gran proporción en la planicie del MNY. En los terrenos que ocupan un importante 37 % del MNY, siembran maíz, avena, alfalfa, ajo, etc. Los terrenos en descanso son ocupados por los propietarios para pastoreo de algunas cabezas de ganado, y de esta forma reducir el impacto del

ANP. La vegetación secundaria incluye a las comunidades de plantas naturales que se establecen como consecuencia de la destrucción total o parcial de la vegetación primaria o clímax, sea por causa del hombre o de sus animales domésticos (Rzedowski, 2006). Está asociada a los bordes de terrenos de cultivo, del poblado y zonas simplemente deforestadas sin ningún uso aparente que ocupan un 9.7 % del polígono del ANP (Cuadro 1).

#### 4.1.9 Fauna

La fauna del MNY está en proceso de inventario; para los mamíferos se tienen registros aislados como *Bassariscus astutus*, *Urocyon cinereoargenteus*, *Conepatus leuconotus*, *Didelphis virginiana* y *Sylvilagus floridanus*; como estudios técnicos completos se tiene el estudio de la avifauna (CONANP, 2013) y herpetofauna (Torres-Barragán, 2012).

En el estudio de la avifauna del ANP, se registraron 87 especies pertenecientes a 10 órdenes, 26 familias, 68 géneros, de las cuales se tienen especies migratorias como *Cypseloides niger*, *Accipiter striatus*, *Hirundo rustica*, *Petrochelidon pyrrhonota*, *Icterus spurius*, *Mniotilta varia*, *Wilsonia pusilla*, *Contopus sordidulus*, *Myiozetetes similis* y *Vireo solitarius*; entre las especies endémicas de México están *Cyananthus sordidus*, *Aimophila mystacalis*, *Pipilo albicollis*, *Melanotis caerulescens*, *Campylorhynchus jocosus* y *Melanerpes hypopolius*, además especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) como *Accipiter striatus*, *Buteo albicaudatus*, *Buteo albonotatus*, *Parabuteo unicinctus* las cuales se encuentran en categoría de protección especial (Pr) y *Oporornis tolmiei* como amenazada (A) (CONANP, 2013).

En el estudio de la herpetofauna del MNY se registró en 12 meses: dos órdenes, seis familias, 16 géneros y 17 especies de reptiles y un orden, cinco familias, seis géneros y seis especies de anfibios. De las 23 especies registradas el 61% son endémicas del país de lo cual destaca *Micrurus ephippifer* como especie endémica de Oaxaca. Las especies con mayor abundancia son *Lithobates spectabilis* y *Sceloporus spinosus*.

## V. ESPECIE DE ESTUDIO

*Sceloporus spinosus* (Fig. 3), es una lagartija de talla grande, alcanza una longitud hocico-cloaca (LHC) de 120 mm (Torres-Barragán, 2012), su cola es robusta y mide 1.3 veces más que LHC; las escamas de la región dorsal del cuerpo son grandes, quilladas y mucronadas por lo que son llamadas “lagartijas espinosas”.



Figura 3. *Sceloporus spinosus* (Squamata: Phrynosomatidae) registrada en el MNY.

Las escamas de la zona ventral del cuerpo son lisas y más pequeñas que las dorsales; presenta un número de poros femorales de 7 a 12. Su coloración dorsal se compone de una mezcla de café y gris con manchas azules y bandas dorsolaterales claras; ventralmente los machos presentan parches azules y las hembras un color crema (Torres-Barragán, 2012).

Esta especie es endémica a México, su distribución abarca desde Durango hasta Oaxaca, vive en regiones templadas y semiáridas en un intervalo altitudinal de 1915 a 2530 m (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén, 2010). En el MNY se distribuye a una altitud promedio de 1640 m.s.n.m. y se ha observado que muestra hábitos tanto arborícolas y saxícolas (Torres-Barragán, 2012).



## VI. MATERIAL Y MÉTODOS

### 6.1 Sitios de Muestro

Para evaluar el efecto del cambio de uso de suelo presente en el MNY, se establecieron dos parcelas de una hectárea de extensión superficial cada una. La primera se ubicó en una zona de cambio de uso de suelo (CS) con áreas de cultivo y zona de pastoreo, y la segunda dentro del área de conservación de SBC (ZC) al norte de la zona arqueológica (Fig. 4).

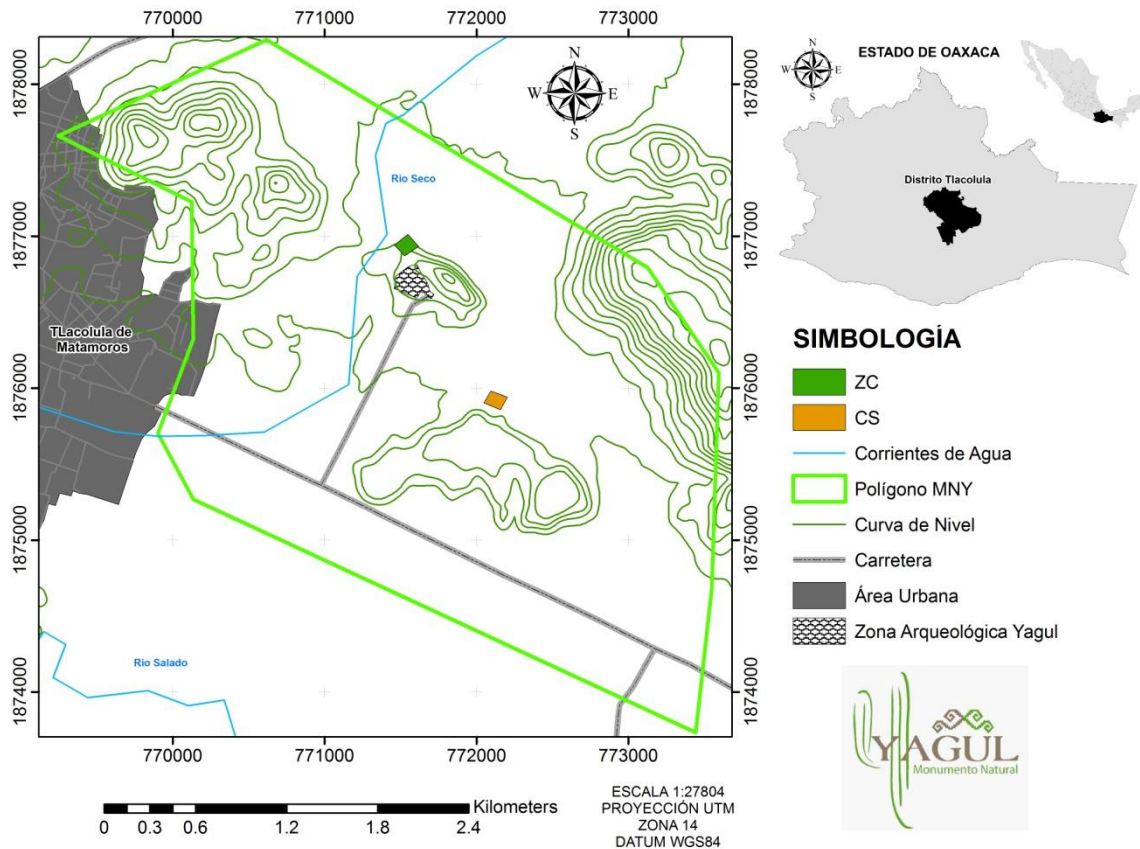


Figura 4. Ubicación geográfica del polígono del MNY y sitios de muestro (CS y ZC). Cada sitio con una extensión superficial de una hectárea.

La parcela CS presenta cierta presión de actividades antropogénicas, tales como incendios ocasionales (principalmente en temporada de secas previo a la siembra), ganadería extensiva (chivos), extracción de leña, siembra y cosecha de maguey (*Agave angustifolia*), entrada de vehículos, cercas vivas con restos de vegetación, áreas sin vegetación y erosión debido a la falta de cobertura vegetal (Fig. 5).

La parcela ZC a diferencia de CS presenta mayor cobertura vegetal y mayor complejidad en términos de vegetación (Fig. 5). Se ubica a 150 metros de la zona arqueológica, por lo que los esfuerzos de conservación se han enfocado en esta área, manteniendo relativamente una de las zonas con una importante extensión de selva baja caducifolia del polígono. Las actividades del hombre en este sitio son en su mayoría cacería y recorridos eventuales de senderos.

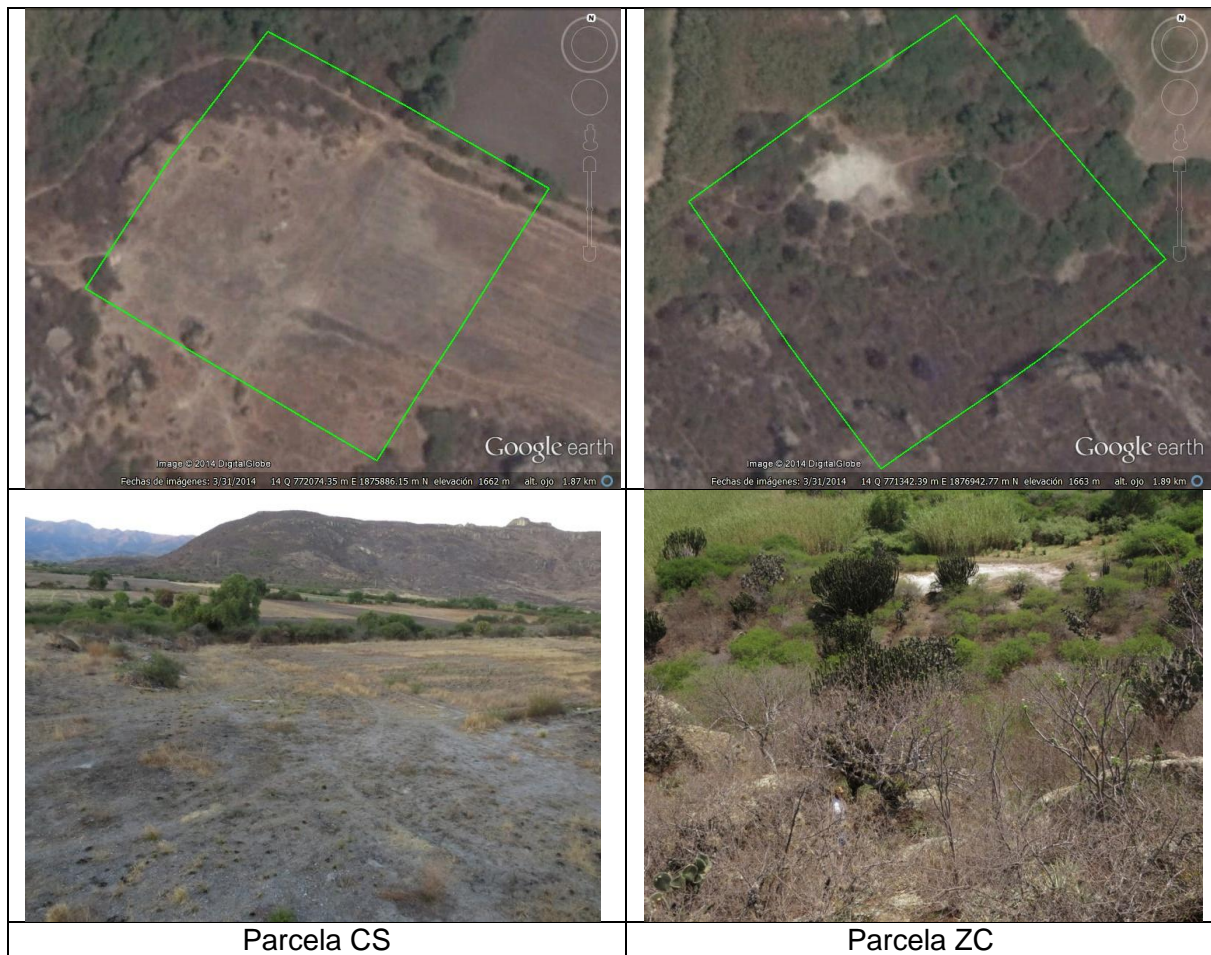


Figura 5. Imágenes satelitales (Fuente: Google Earth 2014) que muestran la cobertura vegetal en CS (superior izquierda) y en ZC (superior derecha), y fotografías de las parcelas CS (inferior izquierda) y ZC (inferior derecha).

## 6.2 Registro de Datos en Campo

El registro de datos de vegetación se realizó en dos parcelas previamente establecidas, una zona conservada (ZC) y con otra con cambio de uso de suelo (CS), con una extensión superficial de una hectárea cada una. En cada parcela de estudio se realizó muestreo durante tres días por cada temporada (lluvias y secas), con el objetivo de evaluar algunos parámetros de estructura, composición y cobertura vegetal de cada sitio

de estudio. Estos datos se emplearon para caracterizar cada sitio y para evaluar su relación con la demografía de *Sceloporus spinosus*.

El registro de datos de *Sceloporus spinosus* se llevó a cabo en zona conservada (ZC) y con cambio de uso de suelo (CS) a lo largo de 12 meses de muestreo; se visitó cada sitio durante tres días en cada mes. En cada sitio se empleó el método de captura-marcaje-recaptura (Ramírez-Bautista, 1995; Pradel, 1996) para desarrollar las diferentes historias de captura de cada individuo.

#### 6.2.1 Datos Poblacionales de *Sceloporus spinosus*

Con los días establecidos para cada muestreo en cada sitio se efectuó búsqueda y captura de individuos de la especie *Sceloporus spinosus*; después de la toma de datos fueron liberados en el mismo punto donde se avistaron. Durante cada día de muestreo el censo inició de una ubicación diferente de manera aleatoria, para evitar posibles sesgos (Ortega-Rubio *et al.*, 2000), iniciando de las 9:00 hasta las 18:00 hrs dependiendo de las condiciones climáticas.

Los diferentes microhábitat de los individuos de *S. spinosus* pueden ser rocas, troncos y ramas, por lo tanto para su captura se emplearon métodos estandarizados como caña de pescar con un lazo corredizo y de forma manual (Rodríguez-Romero, 2004), los cuales no dañan al organismo. Posteriormente a su captura fueron marcados de forma permanente, por medio del método de ectomización de falanges (Ramírez-Bautista, 1995; Ferner, 2007), asignándoles un número consecutivo de identificación, dicho método de marcaje ha sido empleado en diferentes estudios (Tinkle, 1967; Dunham, 1981; Lemos-Espinal y Amaya-Elias, 1986; Rodríguez-Romero, 2004) y se ha documentado que este método no afecta su locomoción y velocidad, y por lo tanto tampoco su supervivencia (Huey *et al.*, 1990; Borges-Landáez y Shine, 2003). Además se empleó un método de marcaje adicional, con pintura en la parte dorsal, para reconocer individuos registrados y evitar recapturas innecesarias durante el mismo muestreo (Rodríguez-Romero, 2004; Ferner, 2007), aplicando un color diferente por muestreo.

Con el método captura-marcaje-recaptura se obtuvo información sobre el tamaño corporal y características morfométricas de cada individuo capturado en ambos sitios (ZC y CS). Para cada individuo capturado se registraron las siguientes medidas: longitud hocico-cloaca (LHC), ancho de cabeza (AC), longitud de cola (LC), masa corporal (MC), escutelación (número de escamas dorsales, ventrales y laterales), sexo (S), categoría de edad (CE), preferencia de sustrato (PS) y coordenadas. Además se consideraron otras características mediante observación, tal como presencia de parches ventrales de color y secreciones en poros femorales para machos, en hembras se observó si existe evidencia de cortejo y se palpó el abdomen para reconocer su gravidez (Rodríguez-Romero *et al.*, 2011). Como parte de su microhábitat se registró actividad y sustrato en el que se encontró cada individuo. Para complementar la distinción de individuos y obtener evidencia de características individuales se tomaron diversas fotografías con una cámara digital.

#### 6.2.2 Variables Ambientales

Se registró temperatura y humedad relativa a las 10:00, 12:00, 15:00 y 18:00 hrs en puntos fijos para cada parcela, utilizando una estación meteorológica portátil (modelo WindMate™ 350). Estas variables se analizaron con los parámetros poblacionales (densidad poblacional, biomasa, tasa de sobrevivencia, recaptura y crecimiento) mediante el coeficiente de correlación de Pearson, con el objetivo de conocer su relación con estas variables ambientales.

### 6.2.3 Datos de Vegetación

Para obtener la estructura, composición y cobertura vegetal de cada parcela, se establecieron 10 puntos de muestreo distribuidos al azar y un cuadro de 1m<sup>2</sup> por cada punto.

En los 10 puntos se efectuó el método punto centro cuadrado (Mostacedo y Fredericksen, 2000) para evaluar árboles y arbustos. Este método consiste en cruzar cada punto con dos líneas imaginarias que delimitan cuatro cuadrantes (ángulo 90°). En cada cuadrante se ubicaron el árbol y arbusto más cercanos al punto central y se midió su distancia; por cada punto solo se consideraron cuatro árboles y cuatro arbustos de los cuales se tomaron medidas como especie, altura (clinómetro) y cobertura de copa; los parámetros obtenidos son especie, densidad, cobertura y frecuencia. Por cada punto se midió cobertura del dosel con densímetro y cobertura vertical con vara graduada (2m).

Los cuadros de 1m<sup>2</sup> se emplearon para evaluar la cobertura de herbáceas y arbustos, profundidad de la capa de hojarasca, proporción de suelo desnudo y presencia de restos de incendio. Los valores de hojarasca (profundidad de capa) se tomaron colocando una regla plástica transparente de forma vertical.

Con estos métodos de muestreo se evaluaron la época de lluvias y secas en cada sitio (CS y ZC).

## 6.3 Análisis de Datos

Los análisis se efectuaron con diferentes herramientas computacionales, como hoja de cálculo (Excell), un programa estadístico (Statistica, Ver 7.0) y desarrollo de modelos poblacionales con el programa MARK (Hernández-Salinas, 2014) para el cálculo de parámetros (supervivencia y tasa de recaptura).

### 6.3.1 Análisis de la Vegetación

Para realizar los cálculos de densidad de árboles (DA) y de arbustos (Da) por hectárea se obtuvo el promedio de la distancia del punto centro hacia cada individuo registrado (Mostacedo y Fredericksen, 2000); el cálculo fue el siguiente:  $Dh = 10000 / (Dp)^2$ ; donde: Dh = Densidad por hectárea y Dp = Distancia promedio. Utilizando este método se calculó la densidad de rocas de gran tamaño (altura >1m y ancho >1.5m), puesto que son empleadas como refugio y percha.

Para la cobertura horizontal de la vegetación (CH), se calculó el área que ocupa la proyección aérea (ramas) de cada planta mediante la fórmula de la elipse; la cobertura vertical (CV) se estimó de acuerdo al número de cuadros cubiertos de una vara graduada y se expresó en porcentaje; se emplearon promedios de los 10 puntos de muestreo obtenidos por sitio (CS y ZC) para el cálculo de CV para la época de lluvias y secas. Para la cobertura del dosel (CD) se evaluó la proyección horizontal de las partes aéreas de los individuos mediante un densímetro en los cuatro puntos cardinales y se expresó como porcentaje elipse (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

La altura arbórea (A) se midió con el nivel Abney, para lo cual se consideró la tangente del ángulo, la distancia y la altura a la que se tomó el registro. Finalmente la cobertura vegetal del suelo (CVS), proporción de suelo desnudo (SD) y restos de incendio (RI), se evaluaron mediante el análisis de una fotografía (escala definida a 1m<sup>2</sup>) con el programa CobCal 2 (Ver 2.1) (Fig.6).

img\_0998.jpg

Porcentaje de cobertura: 14.80%  
Superficie cubierta: 740.25cm<sup>2</sup>  
Fecha de proceso: 25/10/2014 16:41:57

Imagen original



Imagen resultado

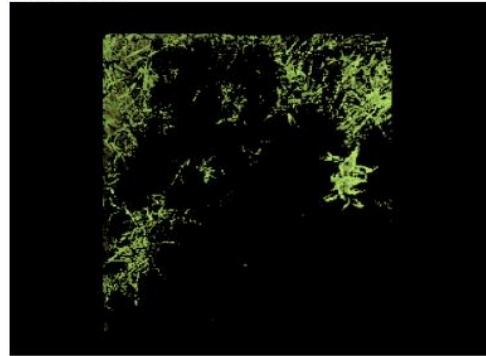


Figura 6. Fotografía analizada del sitio CS con el programa CobCal 2 (Versión 2.1).

Cada sitio (CS y ZC) se caracterizó con los datos de Cobertura del Dosel (CD), Cobertura Vertical (CV), Cobertura Horizontal (CH), Cobertura Vegetal del Suelo (CVS), Suelo Desnudo (SD), Hojarasca (H), Restos de Incendio (RI), Densidad de Arboles (DA), Densidad de Arbustos (Da) y Densidad de Rocas (Rc).

### 6.3.2 Análisis Morfológico y Estructura Poblacional de *Sceloporus spinosus*

Para evaluar la morfología de los individuos de ambos sitios (ZC y CS) se empleó un análisis de componentes principales (ACP). El cual se realizó con 10 variables de escutelación (Smith, 1939; Smith, 2001) y seis de coloración. Las variables de escutelación fueron: Semicírculo interior y exterior, supraoculares interior y exterior (izquierda y derecha), frontoparietales, contacto entre escama nasal y loreolabial (Fig. 7), dorsales, ventrales, número de poros femorales y número de escamas que separan poros femorales. Las variables de coloración fueron: Presencia de coloración naranja de axila y

zona femoral, parche ventral verde/azul claro, coloración naranja en cabeza, subocular blanca, zona gular barrada, franjas gulares irregulares y franja ventral longitudinal media.



Figura 7. Esquema de escutelación en cabeza (lateral y dorsal) de *Sceloporus spinosus*.

El propósito fundamental del ACP consiste en la reducción de la dimensión de los datos con el fin de simplificar el problema en estudio (Ludwig y Reynolds, 1988).

Para estructurar la población, los registros se dividieron en tres categorías: crías (LHC  $\leq$  48 mm), jóvenes (LHC = 49 – 69 mm) y adultos (LHC  $\geq$  70 mm); lo cual fue definido de acuerdo a los datos sobre madurez sexual reportados para *Sceloporus spinosus* (Martínez-Loya, 1998; Valdez-González y Ramírez-Bautista, 2002), donde el mayor número de individuos con madurez sexual fue a partir de una LHC = 70 mm. El uso de tres categorías además de emplearse para el análisis de la estructura poblacional, se utilizó en proporción de sexos y correlaciones con variables ambientales (temperatura y humedad relativa).

En algunos análisis se consideró diferenciar los individuos adultos de mayor tamaño, para conocer sus patrones particulares. Con este propósito se utilizaron cuatro clases de edad, en las que crías y jóvenes mantuvieron los mismos intervalos de LHC (crías  $\leq$  48 mm y jóvenes de 49 a 69 mm); en adultos se diferenciaron dos clases, adultos I (AI = 70 a 89 mm) y adulto II (AII  $\geq$  90 mm). Con estas cuatro clases de edad se analizó el uso de sustrato, la tasa de crecimiento corporal y relación masa corporal – LHC (robustez).

### 6.3.3 Análisis del Sustrato Utilizado por *Sceloporus spinosus*

Para este análisis se consideraron los tipos de sustrato en el que se registró a *Sceloporus spinosus* en ZC y CS. El objetivo fue analizar la relación de esta especie con las características ambientales, como vegetación, rocas y suelo.

Se consideraron 14 tipos de sustrato: Restos de vegetación (ramas, cladodios, troncos secos), hojarasca, Roca grande (diámetro > 1m), rocas (rocas pequeñas superpuestas), suelo, *Opuntia pilifera*, *Ipomoea pauciflora*, *Stenocereus pruinosus*, *Myrtillocactus*

*schenckii*, *Celtis pallida*, *Hchtia podhanta*, *Mammillaria spp*, *Schinus molle* y *Prosopis laevigata*.

Para todos los cálculos se emplearon cuatro categorías de edades (a diferencia de la estructura poblacional en que se emplearon tres), estas son Cría (C)  $\leq 48\text{mm}$ , joven (J)=49 a 69mm, Adulto I (AI)=70 a 89mm y Adulto II (AII)  $\geq 90$ .

#### 6.3.4 Tasa de Crecimiento Corporal (TC) de *Sceloporus spinosus*

En este análisis se emplearon cuatro categorías de edad, estas son Cría (C  $\leq 48\text{mm}$ ), Joven (J=49 a 69mm), Adulto I (AI=70 a 89mm) y Adulto II (AII  $\geq 90$ ).

La tasa de crecimiento corporal (TC) fue calculada de acuerdo con la fórmula:  $TC = \Delta LHC / \Delta T$  (Gadsden y Estrada-Rodríguez, 2008), la cual considera el cambio entre LHC inicial y final, y el periodo (días) en que se llevó a cabo dicho cambio. Con los individuos que presentaron mayor número de recapturas se estimaron las tasas de crecimiento representativas de la población, con las que se construyó la curva de crecimiento mediante el modelo de von Bertalanffy (Lemos-Espinal, 2000; Gadsden y Castañeda 2012). Este modelo predice que la tasa de crecimiento será mayor en crías y a medida que aumenta el tamaño corporal y la edad, la tasa de crecimiento deberá disminuir (Lemos-Espinal y Ballinger, 1995).

El modelo de von Bertalanffy predice que la tasa de crecimiento en LHC es una función lineal de la longitud del cuerpo:  $TC = a - bLHC_{promedio}$ , donde  $a$  es la tasa inicial de crecimiento y  $b$  es el coeficiente de disminución. El tamaño asintótico es predicho como  $Z = -a/b$ .

Se uso una regresión lineal para determinar la relación entre la tasa de crecimiento y la LHC mediante el programa Statistica; con lo que se obtuvieron los valores de  $a$  y  $b$ . Las regresiones fueron calculadas por separado para cada sitio.

La tasa de crecimiento puede ser expresada con la fórmula  $TC = a [1 - (LHC/Z)]$  o  $a - bLHC_{promedio} = a[1 - LHC/Z]$ . Se empleo el tamaño al nacer ( $LHC_0$ ), y los valores  $Z$  y  $b$  obtenidos de  $TC = a - bLHC_{promedio}$ , la curva de crecimiento se obtuvo de:  $LHC = Z(1 - ke^{-bt})$ , donde LHC es la longitud alcanzada por una lagartija después del tiempo  $T$  (desde el nacimiento),  $k$  es una constante que puede ser calculada si se conoce la  $LHC_0$ , y  $T$  es el número de días transcurridos (edad del individuo). La estimación de  $k$  es obtenido con la fórmula:  $k = 1 - LHC_0/Z$ . Los valores obtenidos con el modelo fueron evaluados con la ecuación de Fabens (1965) para estimar LHC de una lagartija en tiempo  $t + d$  ( $LHC2$ ) en términos de la LHC en tiempo  $t$  ( $LHC1$ ):  $LHC2 = Z - (Z - LHC1) e^{-bd}$ , donde  $d$  es el intervalo de tiempo para el crecimiento.

Para probar el ajuste del modelo al crecimiento real, los individuos de edad conocida con mayor número de recapturas fueron comparados con tamaños predichos por el modelo.

#### 6.3.5 Biomasa de *Sceloporus spinosus*

La biomasa se calculó sumando los registros de masa corporal de todos los organismos capturados durante el muestreo (Castañeda-Gaytán *et al.*, 2003), para obtener el número de gramos por hectárea. Los resultados se compararon por mes y por sitio (CS y ZC).

### 6.3.6 Parámetros Demográficos de *Sceloporus spinosus*

Los parámetros poblacionales como la supervivencia y la probabilidad de captura, se estimaron con el análisis de los datos captura-recaptura mediante modelos para poblaciones demográficamente abiertas (Santos-Moreno *et al.*, 2007). Las tasas de supervivencia y la probabilidad de captura se estimaron por medio del modelo Cormack Jolly Seber (Lebreton *et al.*, 1992). El desarrollo de modelos y estimación de los parámetros demográficos se realizó con el programa MARK (Cooch y White, 2007). El tamaño poblacional se estimó de acuerdo con Lindenmayer *et al.* (1998) con base en la probabilidad de captura calculada con el programa MARK y el número de individuos marcados.

La elección del modelo más parsimonioso y con mejor ajuste a los datos, se basó en el criterio de información de Akaike (Lebreton *et al.*, 1992; Burnham y Anderson, 2002). Se evaluaron periodos de colecta, estaciones (primavera, verano, otoño e invierno) y temporadas (lluvias y secas), así como características individuales de cada sexo.

### 6.3.7 Correlaciones con Variables Ambientales

Mediante el coeficiente de correlación de Pearson calculado con el programa Statistica (StatSoft, 1998), se analizó la relación que existe entre valores mensuales de parámetros poblacionales (biomasa, tasa de crecimiento corporal, proporción masa/LHC, abundancia, riqueza herpetofaunística, probabilidad de captura y supervivencia) con la temperatura (°C) y humedad Relativa (%). El objetivo de este análisis es conocer la relación entre las variables climáticas y los parámetros poblacionales de los sitios de estudio (CS y ZC), con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . El valor de la correlación estará en el intervalo de 1 (correlación total lineal positiva) y -1 (Correlación total lineal negativa) dependiendo del tipo y significancia de la relación entre las variables evaluadas; una correlación con valores cercanos a cero es nula (Steel y Torrie, 1988).



## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Características de la Vegetación de ZC y CS

#### Estructura

Al evaluar la estructura de la vegetación en ambos sitios se encontró que CS es una zona abierta a la radiación solar en más de un 90% debido a la falta de un estrato arbóreo, que fue remplazado por una zona de cultivo en el que se siembra *Agave angustifolia* y predomina el pastizal; estos valores contrastan con ZC donde existe una cobertura del estrato arbóreo mayor al 80%.

En general esta gran diferencia de cobertura es evidente a nivel de paisaje y se sustenta al evaluar la densidad arbórea para CS donde se tienen 8 individuos/hectárea y en ZC 697 ind/ha. En el cuadro 2 se puede observar el mismo patrón de contraste en estructura vegetal entre una zona perturbada (CS) por incendios, agricultura, ganadería extensiva y un camino por el que pueden acceder vehículos y una zona (ZC) ubicada en la porción del polígono del MNY en que los esfuerzos de conservación del ANP han sido dirigidos debido a su cercanía con la zona arqueológica y debido a los riscos cercanos no es del todo factible para la agricultura.

Cuadro 2. Resultado de las variables medidas para CS y ZC en la época de lluvias y secas. Cobertura del Dosel (CD), Cobertura Vertical (CV), Cobertura Horizontal (CH), Cobertura Vegetal del Suelo (CVS), Suelo Desnudo (SD), Hojarasca (H), Restos de Incendio (RI), Densidad de Arboles (DA), Densidad de Arbustos (Da) y Densidad de Rocas (Rc).

SITIO	CS		ZC	
	LLUVIAS	SECAS	LLUVIAS	SECAS
CD (%)	0.988	0	83.434	23.8875
CV (%)	31	13.75	58	40
CH (%)	49.056	12.22375	67.843	17.50125
CVS (%)	78.547	23.9625	97.65	92.27375
SD (%)	21.453	76.0375	2.35	7.72625
H (cm)	0		3.5	
RI (%)	10	62.5	0	0
DA (Ind/ha)	8.076680191		697.2038672	
Da (Ind/ha)	1705.616619	858.102671	35186.8084	24875.0638
Rc (Ind/ha)	23.30436152		7.314482996	

Los valores obtenidos sobre la estructura y condiciones de la vegetación (cuadro 2) representan la gran diferencia entre ambos sitios de muestreo (ZC y CS), excepto en CH

donde la gran proporción de herbáceas y pastos presentes en CS logran dar valores similares a los de ZC donde estos pertenecen a biznagas, bromeliáceas y otras suculentas que sirven de refugio permanente para la especie bajo estudio y otros grupos biológicos como anfibios (Suazo-Ortuño *et al.*, 2008). Los pastizales y vegetación secundaria de CS se encontraron sujetos a cambios drásticos como incendios, donde el 62% del sitio fue consumido en la época de secas.

El cambio de uso de suelo presente en CS consta de un 50% terreno de cultivo (*A. angustifolia* - pastizal), 20% pastizal, 10% camino, 10% cercas vivas (con los géneros *Prosopis*, *Yucca*, *Celtis*, *Acacia*, *Opuntia* y *Schinus*) y 10 % sin vegetación (suelo desnudo sujeto a erosión).

### Composición

Las especies registradas son las que componen principalmente cada parcela. Se registraron un total de 54 especies en ambos sitios (CS y ZC), de las cuales 45 se registraron en ZC y 34 en CS, en ambos sitios se encontraron 24 especies en común. ZC presentó mayor riqueza de especies que CS, principalmente de especies arbóreas (árboles y suculentas arbóreas), 15 se distribuyeron en ZC y seis en CS (cuadro 3). Las especies arbóreas que solo se distribuyeron en ZC fueron *Bursera galeottiana*, *Bursera glabrifolia*, *Ficus sp.*, *Lysiloma acapulcensis*, *Pseudosmodium multifolium*, *Senecio praecox*, *Senna holwayana*, *Stenocereus pruinosus*, *Stenocereus treleasei* y *Yucca periculosa*. CS presentó mayor registro de hierbas (10) y arbustos (9).

Cuadro 3. Número de especies clasificadas por forma de vida en CS y ZC.

FORMA DE VIDA	ZC	CS
Suculenta	8	4
Hierba	6	10
Pasto	0	3
Árbol	10	3
Arbusto	12	9
Helecho	1	0
Suculenta Arbórea	5	3
Arbusto Epiparásito	1	1
Epífita	2	1
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>	<b>34</b>

El grupo de cactáceas en las que se ha demostrado su sensibilidad a la perturbación (Valverde *et al.*, 2009; Martorell y Peters, 2005) son las biznagas. En ZC se registraron cinco especies de suculentas (*Mammillaria collinsii*, *Mammillaria Karwinskiana*, *Mammillaria haageana*, *Coryphantha sp* y *Ferocactus recurvus*), que no se distribuyen en CS.

Los sitios CS y ZC presentaron diferencias notables en estructura y composición vegetal, con lo que se determinó que CS es una zona con mayor perturbación que ZC. El listado de especies de flora se encuentra en el anexo I.

## 7.2 Análisis Morfológico

Mediante componentes principales se analizaron 17 variables definidas como activas (caracteres de escutelación y coloración) y dos variables de agrupación (sexo y sitio). Los resultados de *Sceloporus spinosus* de ZC y CS, revelaron la presencia de dos grupos con base en la proyección de los primeros dos componentes (CPI y CPII) que explicaron el 76% de la variación de los datos.

En conjunto los tres primeros componentes explicaron el 83% de la variación de los datos, tal como se muestra en la figura 8, donde del CPI a CPIII explica el 66%, 10% y 7% respectivamente.

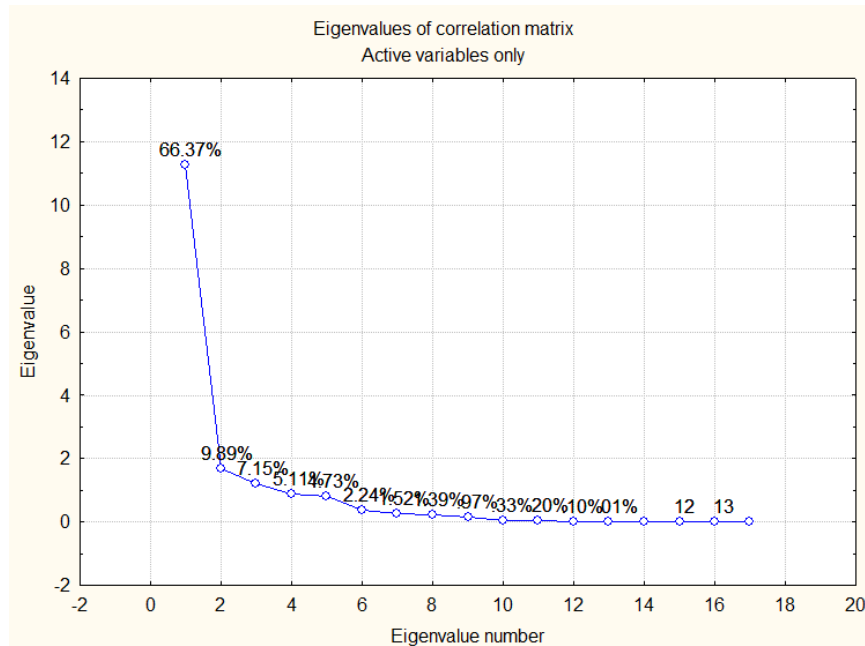


Figura 8. Gráfica de Eigenvalores con el porcentaje de variación explicada de 17 variables activas de los sitios ZC y CS.

El componente CPI que explicó el 66% de los datos, mostró asociación principalmente con 10 de las 17 variables; CPII se asoció con dos variables (Frontoparietales y Nasal-Loreolabial Contacto) y CPIII con solo una (Semicírculo ext.). Los valores de las correlaciones de las variables con cada componente se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Valores de correlación de los tres componentes (PCI, PCII y PCIII) del análisis multivariado.

<i>Sceloporus spinosus</i>			
<b>VARIABLES</b>	<b>CP I</b>	<b>CP II</b>	<b>CP III</b>
Semicírculo Int.	0.562	-0.521	-0.151
Semicírculo Ext.	0.356	-0.087	-0.871
Supraoculares Int.	0.604	-0.079	-0.385
Supraoculares Ext.	0.820	-0.027	-0.015
Frontoparietales	-0.124	-0.841	0.408
Dorsales	0.923	0.121	0.201
Ventrales	0.884	-0.012	-0.065
Nasal-Loreolabial Contacto	-0.327	0.789	0.135
Poros femorales	0.892	-0.030	0.120
Separación Poros Femorales	-0.951	-0.026	-0.071
Axila-Zona Femoral A/N	-0.983	-0.069	-0.085
Parche Ventral Verde/Azul claro	0.983	0.069	0.085
Manchas naranjas en cabeza	0.983	0.069	0.085
Subocular blanca	-0.983	-0.069	-0.085
Zona Gular Barrada	0.930	-0.018	0.020
Franjas Gulares Irregulares	-0.807	-0.155	0.005
Línea ventral media	-0.983	-0.069	-0.085
<b>VARIACIÓN EXPLICADA (%)</b>	<b>66.373004</b>	<b>9.8891316</b>	<b>7.1468136</b>

Al proyectar los primeros dos componentes (Fig. 9), se revelaron dos grupos dentro de las poblaciones de *Sceloporus spinosus* de ambos sitios (ZC y CS), esta agrupación es definida principalmente por CPI. Estos grupos representados en la figura 9, de acuerdo a su morfología corresponden a dos de las tres subespecies que se tienen registradas para *Sceloporus spinosus* (Smith, 1939; Smith y Smith, 1951).

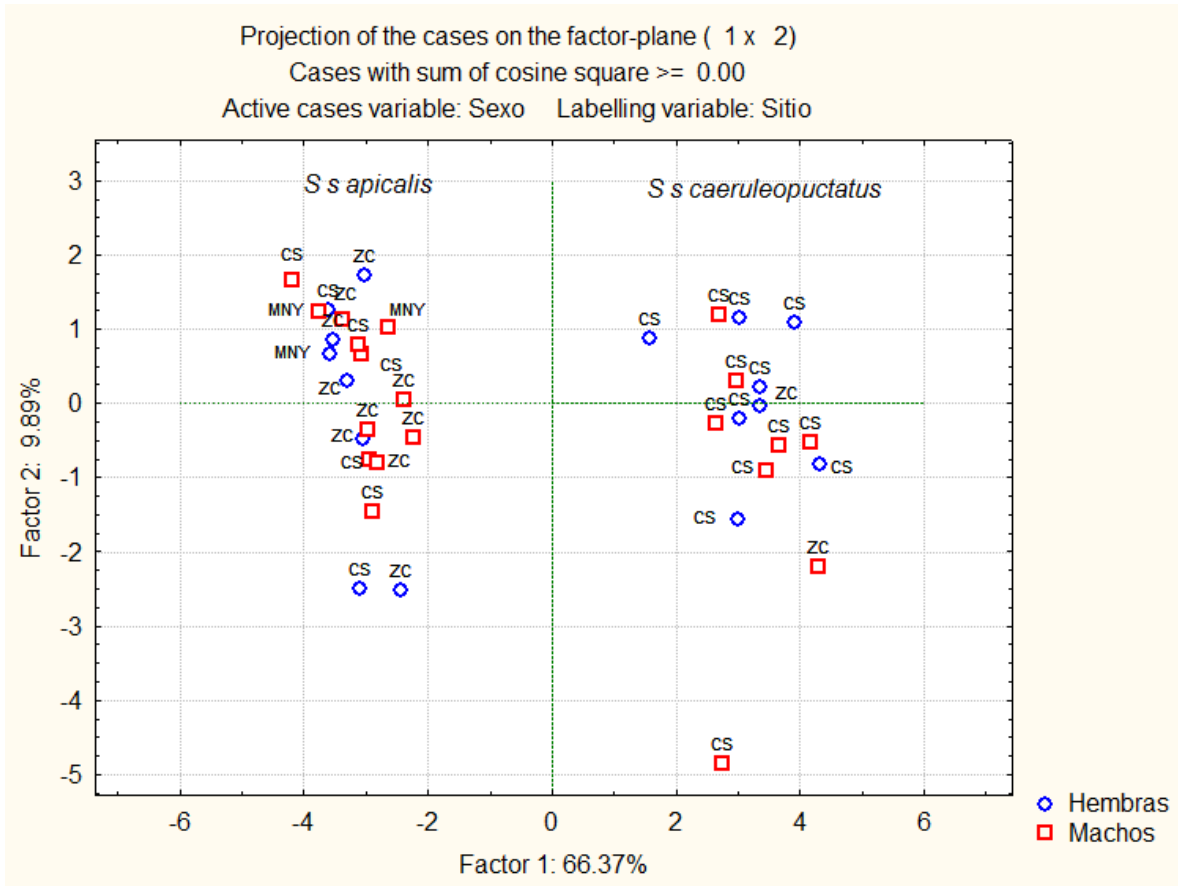


Figura 9. Gráfica de proyección de los casos sobre el plano de información organizada en CPI y CPII. Se muestra en cada caso el sitio (CS y ZC) y el sexo. De acuerdo a los caracteres de estos dos grupos se etiquetó con el nombre de la subespecie a la que pertenecen (*Sceloporus spinosus apicalis* y *S. s. caeruleopunctatus*).

Estas dos subespecies identificadas, de acuerdo a la evaluación presentan las siguientes diferencias: *S. s. apicalis* (Fig. 10) presenta menos de 30 escamas dorsales, de 7 a 9 poros femorales a cada lado y usualmente de cuatro a cinco supraoculares; *S. s. caeruleopunctatus* (Fig. 11) cuenta con más de 30 escamas dorsales, de 10 a 12 poros femorales a cada lado y generalmente de cinco a siete supraoculares, lo cual concuerda con Smith (1939).



Figura 10. Hembra y macho de *Sceloporus spinosus apicalis*.



Figura 11. Hembra y macho de *Sceloporus spinosus caeruleopunctatus*.

Las subespecies presentan diferencias su escutelación, poros femorales, coloración y afinidad por sustrato o lugar de percha. Se determinó que *S. s. apicalis* está más relacionada con zonas de vegetación mas conservada y asociada a especies de cactáceas como *Opuntia pilífera*, *Myrtillocactus schenckii*, *Stenocereus treleasei*, *S. pruinosus*, *Mammillaria* spp. y *Prosopis laevigata*; mientras que *Sceloporus spinosus caeruleopunctatus* se distribuyó en áreas abiertas, se asoció a *Prosopis laevigata*, *Schinus molle*, *Celtis pallida* y *Opuntia pilífera*.

Entre especies nativas e invasoras se ha reportado competencia interespecífica y diferencias en lugar de percha, en las que la especie nativa se distribuye en zonas con vegetación cerrada o más compleja y la especie invasora en zonas abiertas (Losos *et al.*, 1993). *S. s. caeruleopunctatus* es una subespecie oportunista propia de zonas abiertas y alteradas, que en CS compite con *S. s. apicalis* por los recursos (como alimento disponible), mientras que en ZC está prácticamente ausente.

Es probable que ambas subespecies del MNY sean especies diferentes. De acuerdo a Morrone (2013), las subespecies son alopátricas y/o alocrónicas, ya que tienen distintos requerimientos de su microhábitat pero provienen de un mismo grupo monofilético; además menciona que si dos subespecies mantienen poblaciones aisladas reproductivamente en simpatria entonces son especies con su propia identidad. Wiens y Reeder (1997) mediante análisis morfológico y de ADN mitocondrial consideraron que probablemente los miembros del grupo *spinosus* (*S. s. apicalis*, *S. s. caeruleopunctatus* y *S. s. spinosus*) podrían ser especies diferentes.

### 7.3 Estructura Poblacional

En el periodo de 12 meses de muestreo (enero – diciembre 2014) se capturaron y marcaron 158 lagartijas en los dos sitios de estudio (76 en ZC y 82 en CS), de estas se obtuvieron 113 recapturas (Cuadro 5). En ZC aunque se registró menor número de individuos, fue el sitio en el que se obtuvo mayor número de recapturas. Una de las principales diferencias entre ambos sitios, es que para *S. s. apicalis* se registró menor número de individuos en CS (56) que en ZC (73); en cambio *S. s. caeruleopunctatus* representó el 4% de los individuos registrados en ZC y el 32% en CS.

Cuadro 5. Resultados generales de captura de *Sceloporus spinosus* en 12 meses de muestreo.

SITIO	ZONA CONSERVADA				CAMBIO DE USO DE SUELO				TOTAL
	APICALIS		CAERULEOPUNCTATUS		APICALIS		CAERULEOPUNCTATUS		
SEXO	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	
INDIVIDUOS	33	40	2	1	28	28	13	13	158
IND RECAPT	13	19	0	1	9	11	5	4	62
RECAPTURAS	27	45	0	1	14	13	8	5	113
CAPTURAS	60	85	2	2	42	41	21	18	271
TOTAL IND	76				82				158
TOTAL IND RECAPT	33				29				62
TOTAL RECAPT	73				40				113
TOTAL CAPTURAS	149				122				271

Por otro lado en ZC se obtuvo mayor número de recapturas, estas se mantuvieron relativamente constantes (Fig. 12) a lo largo del año; mientras que en CS no se registraron recapturas en enero, febrero, agosto. En ambos sitios se obtuvieron más recapturas en abril y mayo, debido al mayor reclutamiento de individuos en estos meses debido a la época de reproducción (Valdez-González y Ramírez-Bautista, 2002).

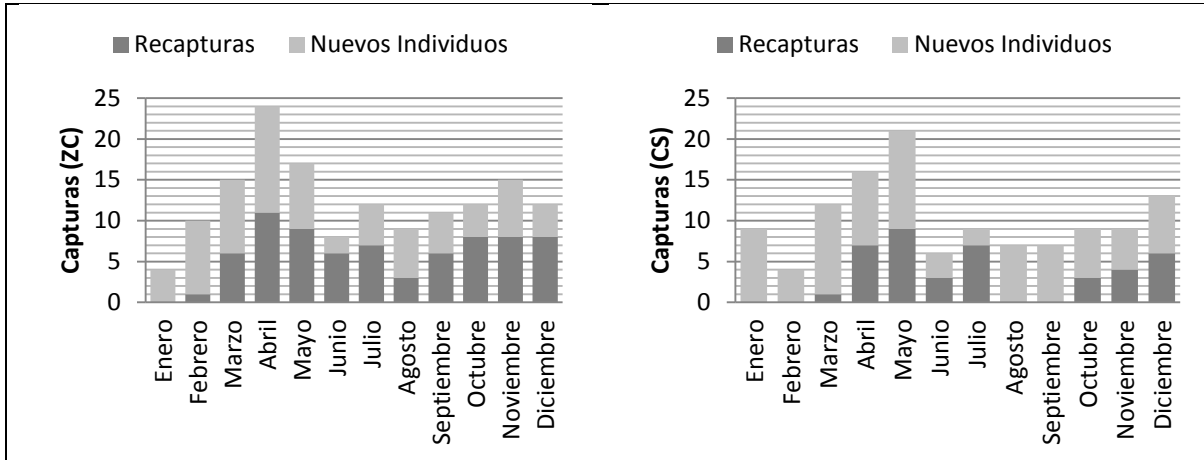


Figura 12. Número de recapturas y de nuevos registros por mes de *Sceloporus spinosus* en ZC y CS.

En la población de *Sceloporus spinosus* de ZC se observaron crías ( $\leq 48\text{mm}$ ) de julio a diciembre (el mayor porcentaje en septiembre); individuos de la clase jóvenes ( $49 - 69\text{mm}$ ) se registraron de octubre a abril (mayor porcentaje en diciembre). De acuerdo a los datos de recaptura, las crías nacidas a partir de julio, alcanzaron la talla mínima a la madurez sexual ( $>70\text{mm}$ ) en abril-mayo, lo cual se basa en un estudio de las características reproductivas de la especie (Valdez-González y Ramírez-Bautista, 2002). En estos meses se registró mayor reclutamiento de individuos adultos (Cuadro 6), puesto que además de adultos jóvenes (alrededor de los  $70\text{mm}$ ) se registró el mayor porcentaje de adultos de gran talla ( $>90\text{mm}$ ); con lo que se sostiene que en abril-mayo se lleva a cabo la mayor actividad reproductiva de todo el año.



Cuadro 6. Estructura poblacional de *Sceloporus spinosus* en un año de muestreo del sitio ZC.

ZC	CRIAS			JOVENES			ADULTOS			
MUESTREO	Machos	Hembras	%	Machos	Hembras	%	Machos	Hembras	%	TOTAL
Enero	0	0	0.00	1	2	8.11	1	0	1.08	2.68
Febrero	0	0	0.00	3	4	18.92	2	1	3.23	6.71
Marzo	0	0	0.00	2	4	16.22	7	2	9.68	10.07
Abril	0	0	0.00	3	3	16.22	9	9	19.35	16.11
Mayo	0	0	0.00	0	0	0.00	7	10	18.28	11.41
Junio	0	0	0.00	0	0	0.00	2	6	8.60	5.37
Julio	0	1	5.26	0	0	0.00	7	4	11.83	8.05
Agosto	3	1	21.05	0	0	0.00	2	3	5.38	6.04
Septiembre	3	2	26.32	0	0	0.00	5	1	6.45	7.38
Octubre	3	1	21.05	0	1	2.70	4	3	7.53	8.05
Noviembre	4	0	21.05	3	2	13.51	6	0	6.45	10.07
Diciembre	1	0	5.26	7	2	24.32	2	0	2.15	8.05
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>100</b>	<b>54</b>	<b>39</b>	<b>100</b>	<b>149</b>

La mayor concentración de individuos por clase de edad que se observó en CS a diferencia de ZC, podría evidenciar características del sitio como mayor riesgo por depredación y disponibilidad restringida de recursos en ciertas temporadas en CS.

La época de reproducción para *Sceloporus spinosus* posiblemente comienza en el mes de marzo, con un mayor pico de actividad reproductiva en abril-mayo, posteriormente las primeras crías nacen en julio con una mayor densidad en septiembre. Estas crías crecen rápidamente alcanzando la clase joven (LHC de 49 a 69 mm) a partir de octubre y su mayor densidad en diciembre; finalmente la transición a la etapa adulta comienza en marzo del siguiente año. Este patrón se puede observar en la gráfica de la figura 13, donde crías y jóvenes se encuentran solo en una temporada específica (crías de agosto a septiembre y jóvenes de noviembre a abril); en cambio la clase adulta es constante durante todo el año.

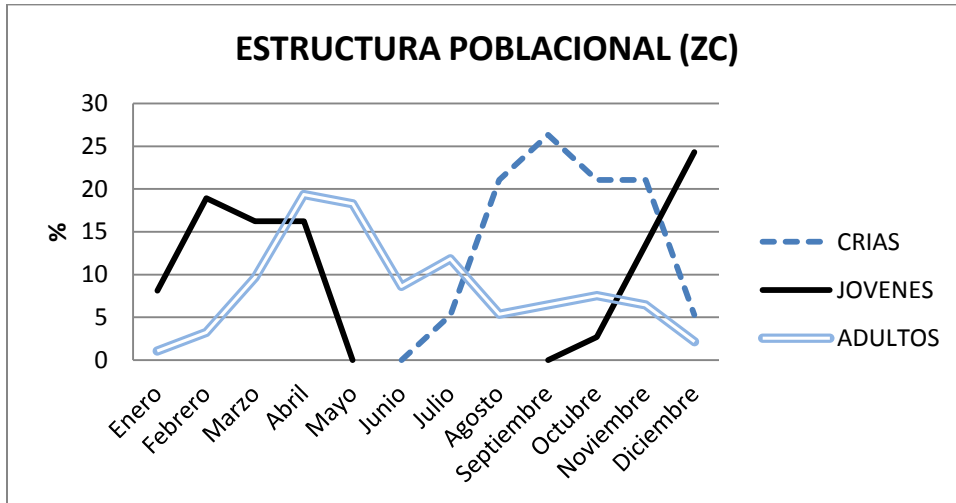


Figura 13. Porcentaje de reclutamiento por clase de edad de *Sceloporus spinosus* en ZC durante un año.

La presencia de cada subespecie en ZC muestra que *S. s. caeruleopunctatus* solo tuvo presencia de individuos transitorios, los valores de la figura 14 representan el registro de 3 individuos y solo uno fue recapturado una sola vez. Es evidente que existen factores que limitan la presencia de esta subespecie en un ambiente más conservado.

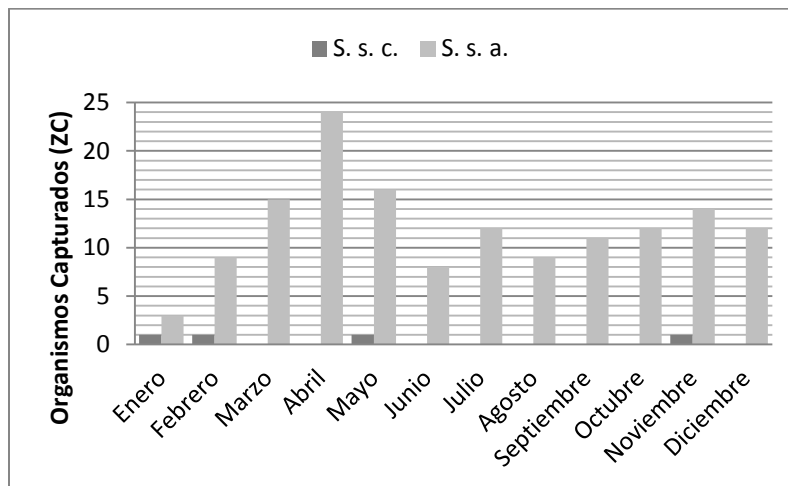


Figura 14. Número de capturas de *S. s. caeruleopunctatus* (S.s.c.) y *S. s. apicalis* (S.s.a.) por mes de muestreo en ZC.

En el sitio CS para *Sceloporus spinosus* revela la presencia de crías en el mes de agosto a enero, con mayor proporción en agosto (53%); jóvenes de octubre a marzo, con el mayor número de registros en diciembre (34%); y adultos de septiembre a julio (excepto agosto) con los valores más altos en abril y mayo (21% y 27%) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Estructura demográfica de *Sceloporus spinosus* en un año de muestreo del sitio CS.

CS MESES	CRIAS			JOVENES			ADULTOS			TOTAL
	Machos	Hembras	%	Machos	Hembras	%	Machos	Hembras	%	
Enero	0	1	7.69	2	2	12.50	2	2	5.19	7.4
Febrero	0	0	0.00	1	0	3.13	2	1	3.90	3.3
Marzo	0	0	0.00	2	2	12.50	5	3	10.39	9.8
Abril	0	0	0.00	0	0	0.00	10	6	20.78	13.1
Mayo	0	0	0.00	0	0	0.00	11	10	27.27	17.2
Junio	0	0	0.00	0	0	0.00	1	5	7.79	4.9
Julio	0	0	0.00	0	0	0.00	4	5	11.69	7.4
Agosto	3	4	53.85	0	0	0.00	0	0	0.00	5.7
Septiembre	1	2	23.08	0	0	0.00	1	3	5.19	5.7
Octubre	1	0	7.69	2	4	18.75	0	2	2.60	7.4
Noviembre	1	0	7.69	4	2	18.75	0	2	2.60	7.4
Diciembre	0	0	0.00	5	6	34.38	1	1	2.60	10.7
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>100</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>100</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>100</b>	<b>122</b>

.En CS se observa el mismo patrón de presencia por clase de edad que en ZC (Fig. 15), en el que marzo-mayo es la época en la que se concentra la mayor actividad de adultos, octubre-marzo para jóvenes y agosto-septiembre para crías.

En el sitio CS a diferencia de ZC, la mayor densidad se concentró en menor número de meses y presentó un pico de densidad mayor para las tres clases de edad. Las crías en ZC presentaron una mayor densidad en agosto-noviembre con un ligero incremento en septiembre (26%) y en CS la mayor densidad solo se registró en agosto-septiembre con un pico del 53% de los registros en agosto; para la clase jóvenes en ZC se registró mayor densidad en diciembre-abril con un incremento en diciembre (24%) y en CS de octubre a diciembre con un pico en diciembre (34%); en adultos en ZC la mayor densidad fue registrada en abril-mayo con 19% en abril y en CS abril-mayo con un 27% en mayo.

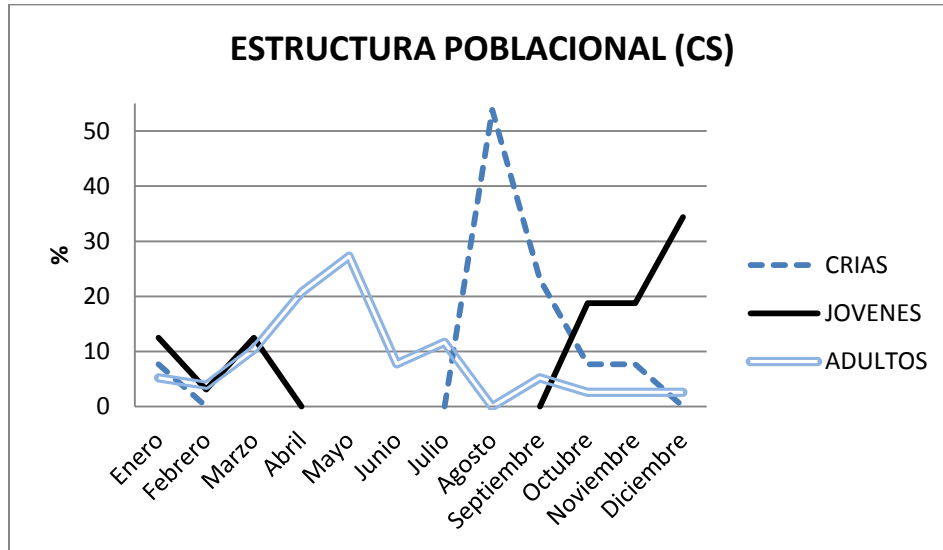


Figura 15. Porcentaje de registro de *Sceloporus spinosus* en CS por clase de edad en 12 meses.

A diferencia de ZC, *S. s. caeruleopunctatus* tiene presencia en gran parte del año en CS (Fig. 16). Este sitio se caracterizó por ser una zona abierta con menor cobertura vertical, horizontal y del dosel que ZC, por lo tanto presenta mayor radiación solar directa, y es posible que estos sean parte de los factores que favorecen la distribución de esta subespecie.

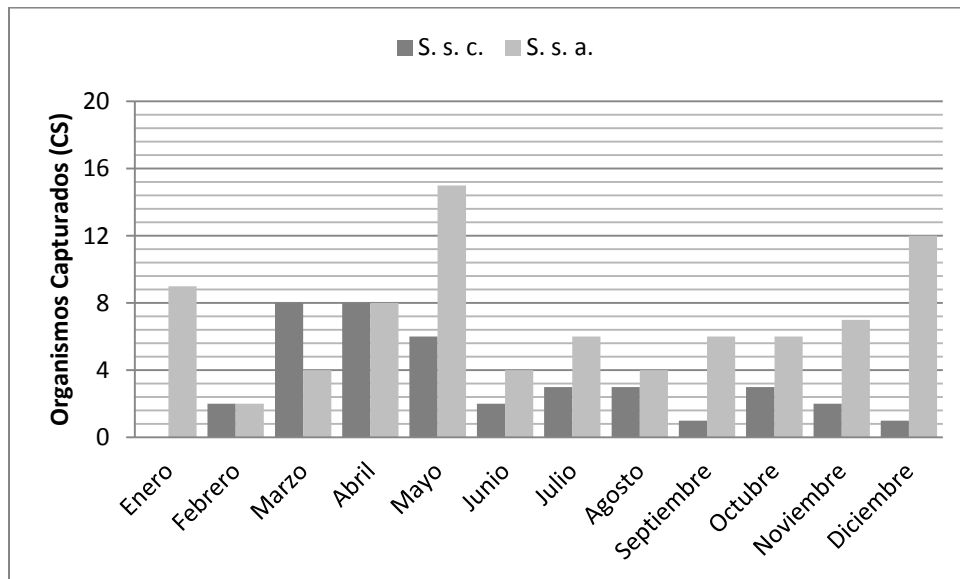


Figura 16. Número de capturas de cada subespecie por mes de muestreo en CS.

En ZC para *S. s. apicalis* (debido a que es la única subespecie presente en ese sitio), y en CS para ambas subespecies, se registró mayor número de individuos de marzo a mayo. Esta fue la temporada de mayor actividad reproductiva (Valdez-González y Ramírez-

Bautista, 2002) para ambas subespecies, con un pico de mayor actividad en ZC en abril y en CS en mayo.

Por otro lado, en CS la concentración de individuos varió para ambas subespecies. CS muestra más registros para *S. s. caeruleopunctatus* en marzo-mayo y para *S. s. apicalis* en enero, mayo y diciembre. Esto puede deberse a que en CS *S. s. apicalis* utiliza zonas abiertas (con baja cobertura arbórea) para la reproducción y alimentación (en CS se observó mayor abundancia de ortópteros) mientras que para el refugio utilizan rocas de gran tamaño (diámetro > 1m), los arboles que aún permanecen y fragmentos de SBC cercanos.

En general, la composición por clase de edad de las subespecies en ambos sitios (Fig. 17) mostró que el mayor número de individuos de *S. s. caeruleopunctatus* son adultos. A diferencia de ZC *S. s. apicalis* mostró un menor número de individuos de todas las clases de edad en CS, donde se distribuye junto con *S. s. caeruleopunctatus*, lo cual se puede deber a las condiciones ambientales y a la competencia por los mismos recursos, muy semejante a lo que sucede con otras especies de *lacertilios* en ambientes alterados (Losos *et al.*, 1993).

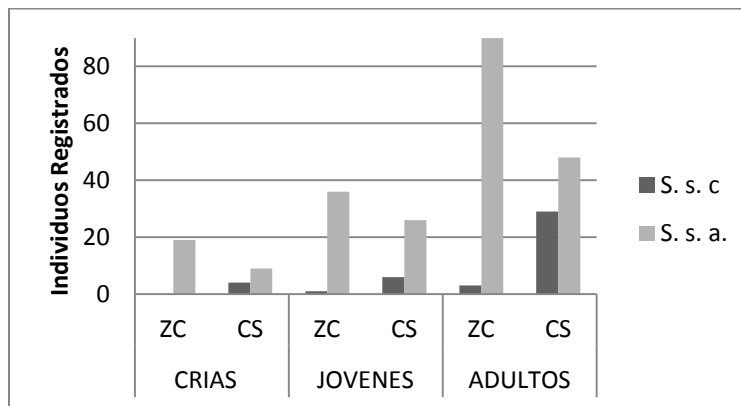


Figura 17. Número de individuos de cada subespecies (*S. s. apicalis* y *S. s. caeruleopunctatus*) por clase de edad.

#### 7.4 Uso de Sustrato

##### Zona Conservada (ZC)

Con el registró del tipo sustrato utilizado por cada individuo en ZC, se encontró que nopal arborescente (*Opuntia pilífera*) fue el tipo de sustrato más utilizado por todas las clases de edad (Cuadro 8). Además de *O. pilífera*, crías y jóvenes utilizaron principalmente restos de vegetación (en el suelo), los cuales fueron de *O. pilífera*, *Myrtillocactus schenckii* y *Hechtia podhanta*; adultos I y II utilizaron el garambullo (*Myrtillocactus schenckii*). Machos explotaron más tipos de sustrato (11) que hembras (nueve).

Cuadro 8. Porcentaje de individuos (con datos de *S. s. apicalis*) por clase de edad y sexo, presentes en 14 tipos de sustrato en ZC.

SUSTRATO (ZC)	CRÍA	JOVEN	ADULTO I	ADULTO II	MACHOS	HEMBRAS
RESTOS DE VEGETACIÓN	15.8	25.7	4.8	4.5	13.25	8.62
HOJARASCA	5.3	2.9	0.0	1.5	2.41	1.72
ROCA GRANDE	5.3	0.0	14.3	3.0	3.61	5.17
ROCAS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
NOPAL ( <i>Opuntia pilifera</i> )	47.4	57.1	42.9	56.1	53.01	53.45
CAZAHUATE ( <i>Ipomoea pauciflora</i> )	0.0	0.0	0.0	3.0	2.41	0.00
TUNILLO ( <i>Stenocereus pruinosus</i> )	0.0	2.9	14.3	7.6	7.23	5.17
GARAMBULLO ( <i>Myrtillocactus schenckii</i> )	10.5	8.6	14.3	15.2	12.05	13.79
ROMPECAPA ( <i>Celtis pallida</i> )	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
MAGUEYITO ( <i>Hechtia podhanta</i> )	0.0	2.9	0.0	0.0	1.20	0.00
BIZNAGA ( <i>Mammillaria spp</i> )	10.5	0.0	0.0	0.0	1.20	1.72
PIRUL ( <i>Schinus molle</i> )	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
MEZQUITE ( <i>Prosopis laevigata</i> )	0.0	0.0	0.0	7.6	2.41	5.17
SUELO	5.3	0.0	9.5	1.5	1.20	5.17
TOTAL TIPOS DE SUSTRATO	7	6	6	9	11	9

El sustrato más importante para *Sceloporus spinosus apicalis* en ZC fue *O. pilifera* y la clase que lo ocupó de forma dominante fue adultos II, la cual se conforma por los individuos más grandes (>90mm) de la población. Este nopal arborescente presentó una densidad de 23 ind/ha y concentró el 53% de todos los registros de *S. s. apicalis*; mientras que *Prosopis laevigata* con una densidad de 80 ind/ha solo concentró un 5.7% de los registros de esta subespecie.

#### Cambio de Uso de Suelo (CS)

En CS a diferencia de ZC, presentó mayor cantidad de rocas de gran tamaño (hasta 5m de diámetro) y no se tuvo presencia de dos tipos de sustrato (*Hechtia podhanta* y *Mammillaria spp.*); en este sitio *O. pilifera* presentó una densidad de 3 ind/ha. Con estas características, el sustrato más utilizado en CS fue rocas grandes para adultos (I y II); mezquite (*Prosopis laevigata*) para jóvenes y rocas (se compone de rocas pequeñas superpuestas) para crías (Cuadro 9). Machos explotaron más tipos de sustrato (11) que hembras (ocho).

Cuadro 9. Porcentaje de individuos (con datos de ambas subespecies) por clase de edad y sexo, presentes en 12 tipos de sustrato en CS.

SUSTRATO (CS)	CRÍA	JOVEN	ADULTO I	ADULTO II	MACHOS	HEMBRAS
RESTOS DE VEGETACIÓN	0.0	3.2	0.0	0.0	0.00	1.59
HOJARASCA	0.0	0.0	5.1	0.0	1.75	1.59
ROCAS GRANDES	35.7	38.7	43.6	41.7	35.09	46.03
ROCAS	42.9	3.2	2.6	2.8	12.28	3.17
NOPAL ( <i>Opuntia pilifera</i> )	0.0	0.0	5.1	11.1	1.75	7.94
CAZAHUATE ( <i>Ipomoea pauciflora</i> )	0.0	0.0	2.6	0.0	1.75	0.00
TUNILLO ( <i>Stenocereus pruinosus</i> )	0.0	0.0	2.6	0.0	1.75	0.00
GARAMBULLO ( <i>Myrtillocactus schenckii</i> )	0.0	0.0	2.6	0.0	1.75	0.00
ROMPECAPA ( <i>Celtis pallida</i> )	0.0	0.0	0.0	2.8	1.75	0.00
PIRUL ( <i>Schinus molle</i> )	0.0	6.5	5.1	25.0	12.28	9.52
MEZQUITE ( <i>Prosopis laevigata</i> )	14.3	45.2	30.8	16.7	28.07	28.57
SUELO	7.1	3.2	0.0	0.0	1.75	1.59
<b>TOTAL TIPOS DE SUSTRATO</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>8</b>

En este sitio se registraron rocas grandes y *Prosopis laevigata* como los tipos de sustrato más importantes, debido a la presencia de individuos. Rocas grandes fue dominado por individuos adultos (I y II), principalmente por hembras y concentró el 41% de todos los registros de ambas subespecies; *Prosopis laevigata* fue dominado por jóvenes y adultos I y concentró el 28% de los registros.

#### Subespecies

El sustrato más utilizado por *S. s. apicalis* en CS fue rocas grandes para adultos (I y II) y jóvenes; para crías fue rocas (Cuadro 10). Machos mostraron mayor número de sustratos utilizados (9) y hembras presentaron mayor presencia en los dos sustratos más ocupados (47.6 y 28.6 %).

Cuadro 10. Porcentaje de individuos de *S. s. apicalis* por clase de edad y sexo, presentes en 12 tipos de sustrato en CS.

<b>S. s. a. (CS)</b>	<b>CRÍA</b>	<b>JOVEN</b>	<b>ADULTO I</b>	<b>ADULTO II</b>	<b>MACHOS</b>	<b>HEMBRAS</b>
RESTOS DE VEGETACIÓN	0.0	4.0	0.0	0.0	0.00	2.38
HOJARASCA	0.0	0.0	4.3	0.0	2.56	0.00
ROCA GRANDE	30.0	44.0	52.2	50.0	43.59	47.62
ROCAS	40.0	4.0	0.0	0.0	7.69	4.76
NOPAL ( <i>Opuntia pilifera</i> )	0.0	0.0	0.0	4.5	2.56	0.00
CAZAHUATE ( <i>Ipomoea pauciflora</i> )	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
TUNILLO ( <i>Stenocereus pruinosus</i> )	0.0	0.0	4.3	0.0	2.56	0.00
GARAMBULLO ( <i>Myrtillocactus schenckii</i> )	0.0	0.0	4.3	0.0	2.56	0.00
ROMPECAPA ( <i>Celtis pallida</i> )	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
PIRUL ( <i>Schinus molle</i> )	0.0	8.0	4.3	36.4	12.82	14.29
MEZQUITE ( <i>Prosopis laevigata</i> )	20.0	36.0	30.4	13.6	23.08	28.57
SUELO	10.0	4.0	0.0	0.0	2.56	2.38
<b>TOTAL TIPOS DE SUSTRATO</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>6</b>

Rocas grandes fue el tipo de sustrato más importante para *S. s. apicalis* en CS, debido a que concentró el 46% de los individuos registrados.

El sustrato más utilizado por *S. s. caeruleopunctatus* fue rocas grandes para adultos II; para adultos I fue *Prosopis laevigata* y rocas grandes; para jóvenes fue *Prosopis laevigata*; y para crías fue rocas grandes y *Prosopis laevigata*. Machos mostraron mayor número de tipos de sustrato utilizados que hembras; hembras tuvieron mayor presencia en rocas grandes y machos en *Prosopis laevigata* (Cuadro 11).

Cuadro 11. Porcentaje de individuos de *S. s. caeruleopunctatus* por clase de edad y sexo, presentes en 12 tipos de sustrato en CS.

<b>S. s. c. (CS)</b>	<b>CRÍA</b>	<b>JOVEN</b>	<b>ADULTO I</b>	<b>ADULTO II</b>	<b>MACHOS</b>	<b>HEMBRAS</b>
RESTOS DE VEGETACIÓN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
HOJARASCA	0.0	0.0	6.3	0.0	0.00	4.76
ROCAS GRANDES	50.0	16.7	31.3	30.8	16.67	42.86
ROCAS	50.0	0.0	6.3	7.7	22.22	0.00
NOPAL ( <i>Opuntia pilifera</i> )	0.0	0.0	12.5	23.1	0.00	23.81
CAZAHUATE ( <i>Ipomoea pauciflora</i> )	0.0	0.0	6.3	0.0	5.56	0.00
TUNILLO ( <i>Stenocereus pruinosus</i> )	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
GARAMBULLO ( <i>Myrtillocactus schenckii</i> )	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
ROMPECAPA ( <i>Celtis pallida</i> )	0.0	0.0	0.0	7.7	5.56	0.00



<b>PIRUL (<i>Schinus molle</i>)</b>	0.0	0.0	<b>6.3</b>	<b>7.7</b>	<b>11.11</b>	<b>0.00</b>
<b>MEZQUITE (<i>Prosopis laevigata</i>)</b>	0.0	<b>83.3</b>	<b>31.3</b>	<b>23.1</b>	<b>38.89</b>	<b>28.57</b>
<b>SUELO</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>TOTAL TIPOS DE SUSTRATO</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>

El tipo de sustrato más importante para *S. s. caeruleopunctatus* fue *Prosopis laevigata*, debido a que concentró un 34% de los individuos registrados, a pesar de que esta especie de mezquite presentó una densidad de 5 ind/ha y solo se encontró en una zona marginal del sitio como cerca viva.

Ambas subespecies presentaron diferencias en su preferencia de sustrato. *S. s. apicalis* mostró preferencia por *Opuntia pilifera* en ZC y por rocas de gran tamaño en CS. *S. s. caeruleopunctatus* mostró preferencia por *Prosopis laevigata* (Fig. 18).

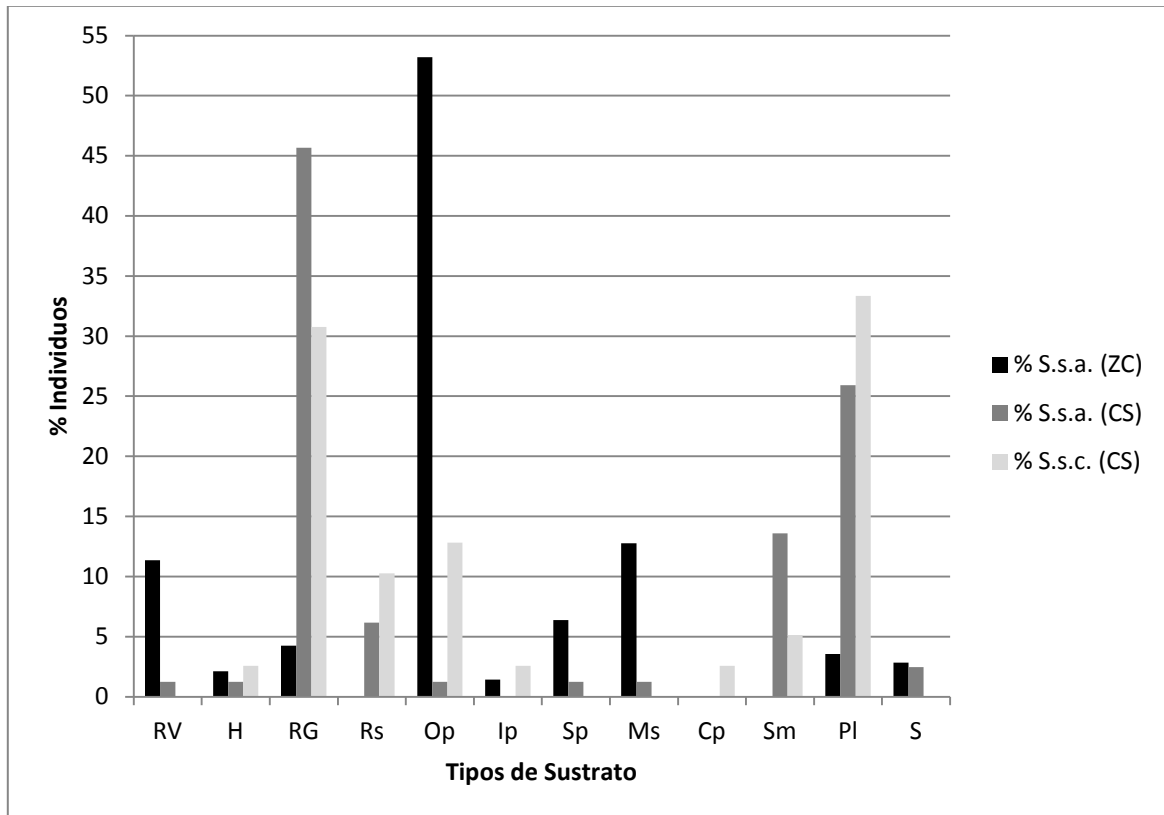


Figura 18. Porcentaje de individuos de *S. s. apicalis* (S.s.a) y *S. s. caeruleopunctatus* (S.s.c.) presentes en 12 tipos de sustrato por cada sitio (ZC y CS). Restos de vegetación (RV), hojarasca (H), roca grande (RG), rocas (Rs), *Opuntia pilifera* (Op), *Ipomoea pauciflora* (Ip), *Stenocereus pruinosus* (Sp), *Myrtillocactus schenckii* (Ms), *Celtis pallida* (Cp), *Schinus molle* (Sm), *Prosopis laevigata* (PI) y suelo (S).

En CS los registros de ambas subespecies se obtuvieron en rocas grandes y arboles empleados como cercas vivas al margen de terrenos de cultivo, mientras que en terrenos de cultivo no se obtuvo registro de estas subespecies. Los terrenos en este sitio se compusieron de *Agave angustifolia*, pastizales y en menor proporción por arbustos (*Acacia* spp.).

## 7.5 Proporción de Sexos (PS)

### Zona Conservada (ZC)

De acuerdo a los datos de captura (considerando todos los individuos y sus recapturas) las estaciones mostraron diferentes valores por clase de edad (Cuadro 12). En ZC durante la primavera se observó una mayor proporción de hembras en jóvenes (0.71:1) y de machos en la clase adultos (1.10:1), en general se obtuvo una proporción 1:1 durante la primavera, la cual se considera también como la época de reproducción. Durante el verano en crías se registró mayor proporción de machos (1.5:1), en adultos de hembras (0.85:1) lo cual podría deberse a que en esta temporada se observó como época de desove. Durante el otoño en crías se registró mayor proporción de machos (3.33:1), en jóvenes una proporción 1:1 y en adultos fue mayor de machos (3.75:1); en invierno fue mayor para machos en jóvenes (1.38:1) y en adultos (5:1).

Cuadro 12. Proporción de sexos (PS=machos/hembras) de *Sceloporus spinosus* en ZC, con datos de individuos marcados (no considera recapturas).

ZC	CRIAS			JOVENES			ADULTOS			TOTAL PS
	Machos	Hembras	PS	Machos	Hembras	PS	Machos	Hembras	PS	
Primavera	0	0	0.00	5	7	0.71	23	21	1.10	<b>1.00</b>
Verano	3	2	1.50	0	0	0.00	11	13	0.85	<b>0.93</b>
Otoño	10	3	3.33	3	3	1.00	15	4	3.75	<b>2.80</b>
Invierno	1	0	0.00	11	8	1.38	5	1	5.00	<b>1.89</b>
TOTAL	14	5	<b>2.80</b>	19	18	<b>1.06</b>	54	39	<b>1.38</b>	<b>1.40</b>

### Cambio de Uso de Suelo (CS)

De acuerdo a los datos del sitio CS en primavera se registró una proporción 1:1 en jóvenes y en adultos una mayor proporción de machos (1.37:1). Durante el verano fue mayor proporción de hembras en crías (0.75:1) y en adultos (0.5:1). En otoño se observó mayor para proporción de machos en crías (1.5:1), en jóvenes una proporción 1:1 y en adultos mayor proporción de hembras (0.14:1). Durante el invierno se registró una proporción 1:1 en jóvenes y en adultos se registró mayor proporción de machos (1.25:1) (cuadro 13).

Cuadro 13. Proporción de sexos (PS=machos/hembras) de *Sceloporus spinosus* en CS, con datos de individuos marcados (no considera recapturas).

CS	CRIAS			JOVENES			ADULTOS			TOTAL PS
	Machos	Hembras	PS	Machos	Hembras	PS	Machos	Hembras	PS	
Primavera	0	0	0.00	2	2	1.00	26	19	1.37	1.33
Verano	3	4	0.75	0	0	0.00	5	10	0.50	0.57
Otoño	3	2	1.50	6	6	1.00	1	7	0.14	0.67
Invierno	0	1	0.00	8	8	1.00	5	4	1.25	1.00
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>0.86</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>1.00</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>0.93</b>	<b>0.94</b>

En general ZC presenta una mayor proporción de machos y CS la proporción sexual se mantuvo cercana a 1:1.

En general la proporción de sexos registrada por clase de edad para ambos sitios (CS y ZC) muestra que para crías en ZC existe una mayor proporción de machos y en CS de hembras; por su parte para jóvenes existe una mayor proporción de hembras en ambos sitios; en adultos se registró mayor proporción de machos en ambos sitios (Fig. 19).

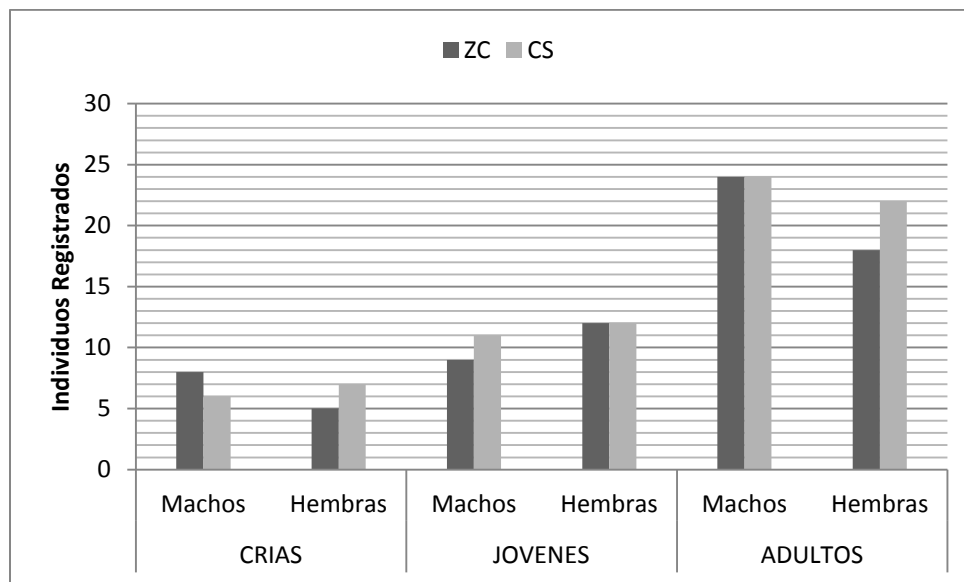


Figura 19. Proporción de sexos por clase de edad en CS y ZC, con datos de individuos marcados (no considera recapturas).

La proporción sexual (machos/hembras) para ZC muestra una tendencia con mayor proporción de machos en crías (1.6:1), de hembras en jóvenes (0.7:1) y de machos en adultos (1.3:1); en general para ZC se muestra una mayor proporción de machos (1.2:1). Para CS se registró mayor proporción de hembras en crías (0.86:1) y jóvenes (0.92:1), de machos en adultos (1.09:1) y en general para CS se muestra una proporción exacta de 1:1 (cuadro 12).

Subespecies

En ZC *S. s. apicalis* mostro mayor proporción de machos (1.21:1) y en CS una proporción 1:1; para *S. s. caeruleopunctatus* en ZC no tiene datos suficientes para su evaluación, mientras que en CS presenta una proporción 1:1 (cuadro 14).

Cuadro 14. Proporción de sexos (PS=machos/hembras) de cada subespecie por sitio (ZC y CS), con datos de individuos marcados (no considera recapturas).

SITIO	SUBESPECIES	CRIAS			JOVENES			ADULTOS			TOTAL PS
		Machos	Hembras	PS	Machos	Hembras	PS	Machos	Hembras	PS	
ZC	<i>S. s. apicalis</i>	8	5	1.60	9	11	0.82	23	17	1.35	1.21
	<i>S. S. caeruleopunctatus</i>	0	0	0.00	0	1	0.00	1	1	1	0.50
	<b>TOTAL INDIVIDUOS</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>1.60</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>0.75</b>	<b>24</b>	<b>18</b>	<b>1.33</b>	<b>1.17</b>
CS	<i>S. s. apicalis</i>	4	5	0.80	10	10	1.00	14	13	1.08	1.00
	<i>S. S. caeruleopunctatus</i>	2	2	1.00	1	2	0.50	10	9	1.11	1.00
	<b>TOTAL INDIVIDUOS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>0.86</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>0.92</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>1.09</b>	<b>1.00</b>

De las tres clases de edad, solo individuos adultos estuvieron presentes en los 12 meses de muestreo, por lo que fueron empleados para conocer la variación de PS por cada mes (cuadro 15). *S. s. apicalis* mostró mayor proporción de machos (52:38) en ZC y una proporción más equitativa (23:25) en CS. *S. s. caeruleopunctatus* mostró una proporción de 14:15 en CS, la cual es muy cercana a la proporción 1:1.

Cuadro 15. Proporción de sexos con individuos adultos de *Sceloporus spinosus apicalis* (*S. s. a.*) y *Sceloporus spinosus caeruleopunctatus* (*S. s. c.*) por mes y sitio de muestreo (CS y ZC).

PS	<i>S.s.a. ZC</i>		<i>S.s.a. CS</i>		<i>S.s.c. CS</i>	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Enero	0	0	2	2	0	0
Febrero	1	1	1	1	1	0
Marzo	7	2	2	0	3	3
Abril	9	9	6	2	4	4
Mayo	7	9	8	7	3	3
Junio	2	6	0	4	1	1
Julio	7	4	2	4	2	1
Agosto	2	3	0	0	0	0
Septiembre	5	1	1	3	0	0
Octubre	4	3	0	1	0	1
Noviembre	6	0	0	1	0	1
Diciembre	2	0	1	0	0	1

<b>TOTAL</b>	<b>52</b>	<b>38</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
--------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

En ZC *S. s. apicalis* presentó mayor concentración de ambos sexos en abril-mayo (16:18) y una mayor proporción de hembras 0.9:1, en CS se registró un patrón similar con mayor número de hembras y machos en abril-mayo a diferencia que presentó mayor proporción de machos (1.5:1). *S. s. caeruleopunctatus* presentó mayor concentración de ambos sexos en marzo-mayo con una PS de 1:1. En CS ambas subespecies coincidieron con una PS cercana a 1:1.

La mayor concentración de hembras y machos en marzo-mayo de ambas subespecies y ambos sitios de estudio se debe a su actividad reproductiva y coincide con lo reportado por Valdez-González y Ramírez-Bautista (2002) para *S. spinosus*, donde reporta un pico de actividad reproductiva de *Sceloporus spinosus* en marzo-abril.

### 7.6 Tasa de Crecimiento Corporal (TC)

#### Zona Conservada (ZC)

Los cálculos de TC para este sitio fueron realizados con información de *S. s. apicalis* debido a que *S. s. caeruleopunctatus* solo tuvo presencia con tres individuos y una recaptura.

La tasa de crecimiento corporal (mm/día) en crías fue mayor en otoño; jóvenes obtuvieron su mayor TC en primavera (0.23 mm/día); adultos I presentaron su mayor TC en primavera (0.25 mm/día) y adultos II en verano (0.08 mm/día). La TC promedio en ZC fue mayor en la clase adulto I (AI=70 a 89mm) con un promedio de 0.22 mm/día y la menor se registró para la clase adulto II (AII>90mm) donde el valor promedio fue de 0.05 mm/día (Cuadro 16).

Cuadro 16. Tasa de crecimiento corporal de *S. s. apicalis* por clase de edad y estaciones de ZC. Clases de edad: cría (C<49 mm), joven (J=49 a 69 mm), adulto I (AI=70 a 89 mm) y adulto II (AII>90 mm).

Edad	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	ANUAL
<b>Cría</b>	0.000	0.000	0.184	0.135	<b>0.159</b>
<b>Joven</b>	0.234	0.000	0.217	0.153	<b>0.201</b>
<b>Adulto I</b>	0.255	0.175	0.083	0.042	<b>0.217</b>
<b>Adulto II</b>	0.020	0.079	0.034	0.050	<b>0.049</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0.170</b>	<b>0.127</b>	<b>0.129</b>	<b>0.095</b>	<b>0.157</b>

La TC se ve influenciada por los periodos con mayor y menor disponibilidad de recursos, tal como las estaciones. En ZC se registró que en primavera hubo mayor TC para jóvenes y adultos I, en verano para adultos II, en otoño para crías y en invierno se registraron los

valores más bajos de TC para todas las clases de edad; la clase All aumentó su TC 1.2 veces en verano y Al aumento 3.2 veces en primavera (Fig. 20). Estos resultados están acorde a lo reportado por Tinkle (1967) y Ortega-Rubio *et al.*, (1998), donde la TC varía en función de las estaciones o temporadas, puesto que es mayor cuando la disponibilidad de recursos y condiciones ambientales son favorables.

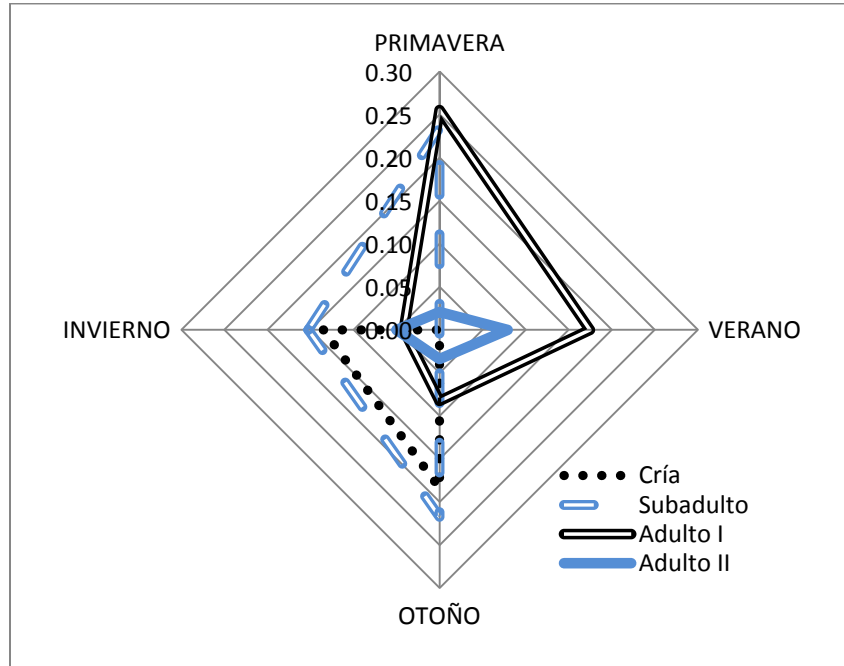


Figura 20. Tasa de Crecimiento (mm/día) de *S. s. apicalis* por clase de edad en estaciones (ZC).

En ZC la TC mostró variación por sexo y clase de edad. Hembras mostraron mayor TC en crías, adultos I y II. En general hembras obtuvieron mayor TC (0.17 mm/día) que machos para ZC (Cuadro 17).

Cuadro 17. Tasa de crecimiento de *S. s. apicalis* por sexo y clase de edad (ZC).

EDAD	Machos	Hembras
Cría	0.176	0.202
Joven	0.198	0.190
Adulto I	0.195	0.232
Adulto II	0.040	0.078
<b>TOTAL</b>	<b>0.152</b>	<b>0.175</b>

Con estos datos es posible identificar que las hembras alcanzan una mayor talla en relativamente poco tiempo. El valor más alto de crecimiento en hembras se registró para

la clase AI (Fig. 21). La TC disminuyó para ambos sexos en la clase AII, es decir a partir de los 90 mm.

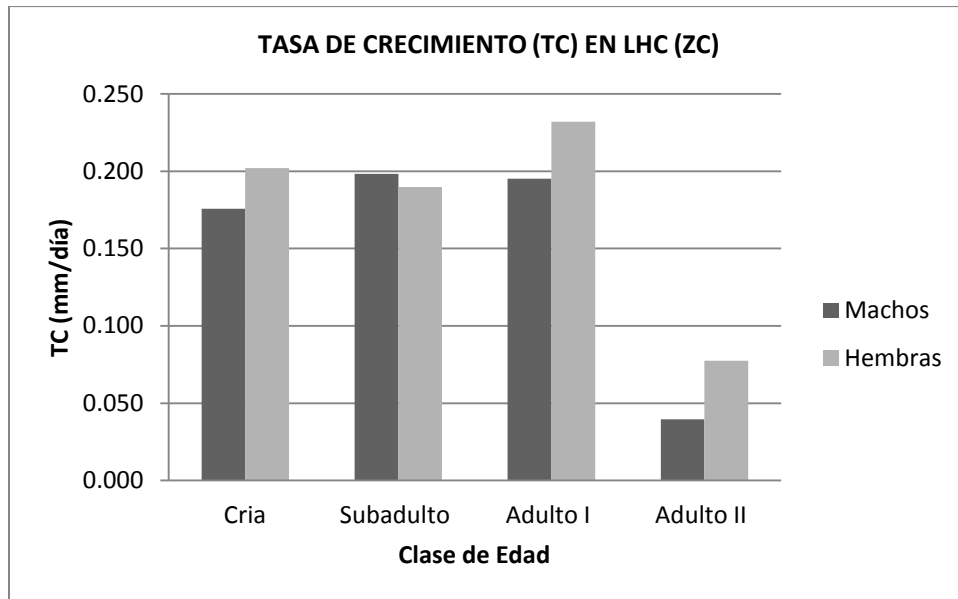


Figura 21. Tasa de crecimiento de *S. s. apicalis* para cada sexo y clase de edad (ZC).

La TC para machos y hembras alcanza su valor más alto entre los 65 y 75 mm (Fig. 22); después de los 90 va disminuyendo drásticamente.

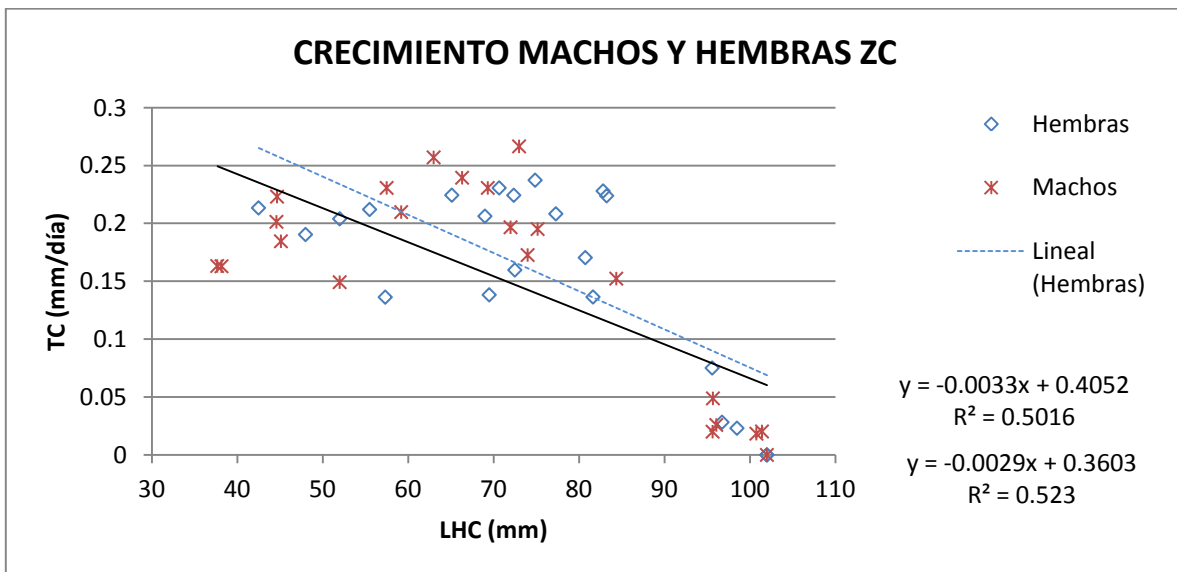


Figura 22. Crecimiento en machos y hembras de *Sceloporus spinosus apicalis*, cada punto representa la tasa de crecimiento por día a determinada LHC (ZC).

La curva de crecimiento elaborada con el modelo de von Bertalanffy mostró mayor TC para hembras (Fig. 23), por lo tanto hembras crecen más rápido que machos. La mayor TC en hembras, es porque entre más crecen para llegar a la época de reproducción, apuestan a una mayor puesta y/o crías más grandes (Bustos-Zagal *et al.*, 2011; Galán, 1997; Uller y Olsson, 2005). Entonces, el dimorfismo sexual en crecimiento mayor en hembras, podría explicarlo la fecundidad.

De acuerdo con el modelo de crecimiento, un individuo macho alcanzó una LHC de 67 mm en 200 días y una hembra obtuvo 97mm en 390 días. Un individuo macho con suficientes recapturas mostró que en 210 días alcanzo una LHC de 66 mm, por lo tanto esto es consistente con lo estimado por el modelo. Sin embargo, es importante mencionar que el tamaño corporal en reptiles no necesariamente refleja su edad (Reed y Tucker, 2012). El modelo está en función de TC y de la tendencia de los valores registrados en el año evaluado, pero existen muchos otros factores que no se prevén, tal como periodos de abundancia y escasez de alimento, plagas, incendios, enfermedades, etc.

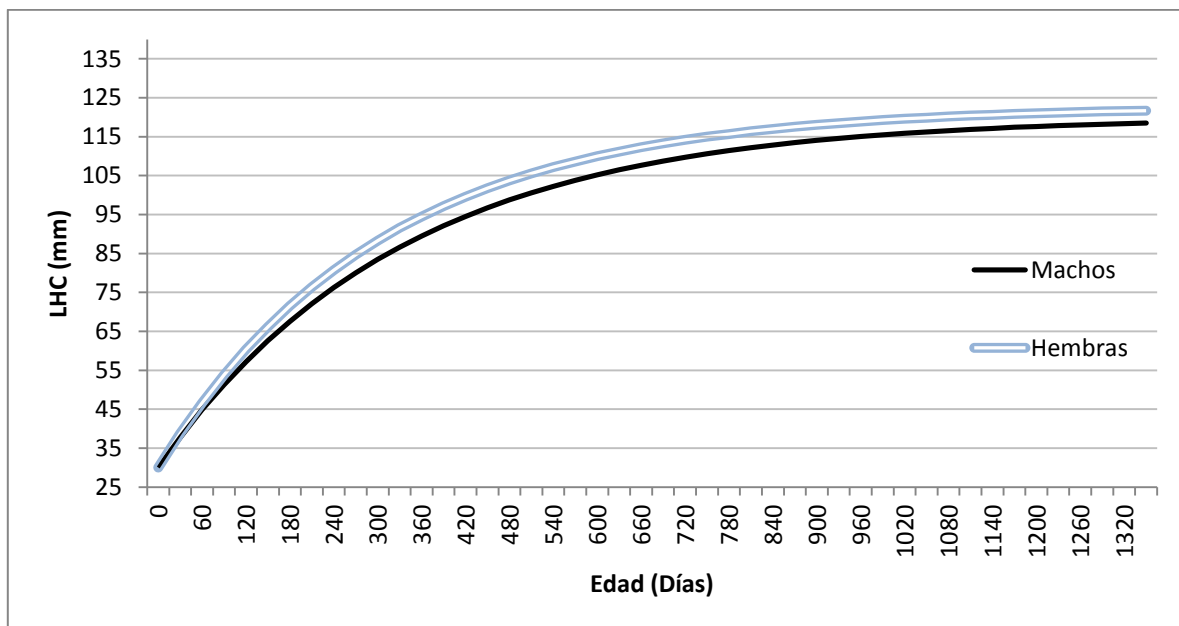


Figura 23. Curva de crecimiento de acuerdo al modelo de von Bertalanffy para machos y hembras (ZC). Para machos se tiene  $a=0.3603$  y  $b=0.0030$ , para hembras  $a=0.4052$  y  $b=0.0033$ .

Gráficamente, este modelo proporcionó una asíntota para machos en 120 y 123mm para hembras. El individuo más grande registrado para este estudio en ZC fue un macho de 105mm. Los individuos más grandes registrados en este sitio fueron machos, lo cual puede indicar mayor supervivencia para este sexo. Cabe resaltar que en 2012, en esta ANP se registró un macho de 120mm; lo cual está acorde con lo proyectado por el modelo. De acuerdo a la teoría, los organismos siguen creciendo después de haber alcanzado la edad y talla a la madurez sexual, entonces si los organismos alcanzan una LHC de 120 mm a los 3.5 años (Fig. 23) es posible que la especie tenga una longevidad de 4 a 5 años.



### Cambio de Uso de Suelo (CS)

La tasa de crecimiento corporal en CS fue calculada con datos de las dos subespecies (*S. s. apicalis* y *S. s. caeruleopunctatus*). En crías solo se tiene el cálculo de otoño con 0.21 mm/día, debido a que solo en esta temporada se registraron crías; para jóvenes y adultos I fue mayor en otoño con 0.32 y 0.45 mm/día respectivamente; en la clase adulto II fue mayor en verano con 0.08 mm/día (Cuadro 18).

El periodo con mayor tasa de crecimiento fue otoño y la clase de edad con mayor TC fue adulto I, este patrón se registró también para ZC a diferencia que en CS los valores de TC son mayores. La tasa de crecimiento corporal general para CS registrada fue 0.180, mientras que para ZC fue de 0.157.

Cuadro 18. Tasa de crecimiento por clase de edad y estaciones (CS)

Edad	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	ANUAL
Cría	0.00	0.00	0.21	0.00	<b>0.206</b>
Joven	0.21	0.00	0.32	0.20	<b>0.244</b>
Adulto I	0.14	0.13	0.45	0.17	<b>0.224</b>
Adulto II	0.02	0.08	0.04	0.04	<b>0.047</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0.124</b>	<b>0.107</b>	<b>0.255</b>	<b>0.139</b>	<b>0.180</b>

Dentro de los periodos con mayor disponibilidad de recursos se encuentra otoño en el que gran cantidad de insectos están disponibles en el ambiente, precisamente en esta temporada para CS y ZC se tiene presencia de crías y jóvenes. En ZC jóvenes presentan mayor TC en primavera, mientras que en CS es en otoño (Fig. 24), entonces crías y jóvenes de CS alcanzan mayor talla antes que los de ZC. CS es una zona abierta con terrenos de cultivo, pastizales y vegetación secundaria, en los que en otoño se observa gran cantidad de ortópteros, lepidópteros e himenópteros, los cuales forman parte importante de la dieta de la población (datos observados). En cambio en ZC la disponibilidad de recursos es más constante que en CS, debido a las características de vegetación más compleja.

Entonces en CS los individuos presentan una mayor TC que en ZC, pero esta es solo por una temporada, por lo tanto las condiciones ambientales de cada sitio modelan la TC de las poblaciones, tal como en CS donde los individuos aprovechan la temporada rica en recursos para alcanzar la mayor LHC.

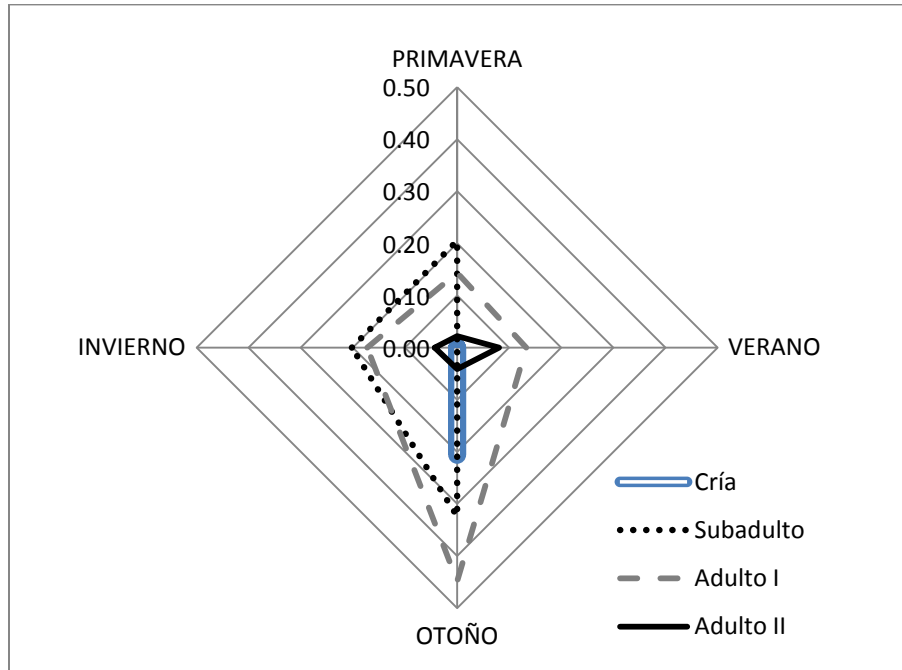


Figura 24. Tasa de Crecimiento en LHC (mm/día) por clase de edad en estaciones (CS).

En CS, machos y hembras mostraron mayor TC en crías y jóvenes (Cuadro 19); la TC promedio de ambos sexos fue similar, debido a que no presento una diferencia estadísticamente significativa ( $t=0.0254$ ,  $g=8$  y  $p<0.9804$ ).

Cuadro 19. Tasa de crecimiento corporal por clase de edad para hembras y machos (CS).

EDAD	Machos	Hembras
Cría	0.367	0.276
Joven	0.222	0.290
Adulto I	0.124	0.132
Adulto II	0.039	0.047
TOTAL	0.188	0.186

CS muestra mayor TC para crías y jóvenes (Fig. 25), con una tendencia general de disminución a partir de crías en machos y de jóvenes en hembras; en cambio en ZC la TC se mantiene relativamente constante para las tres primeras clases de edad, con su valor más alto en adultos I.

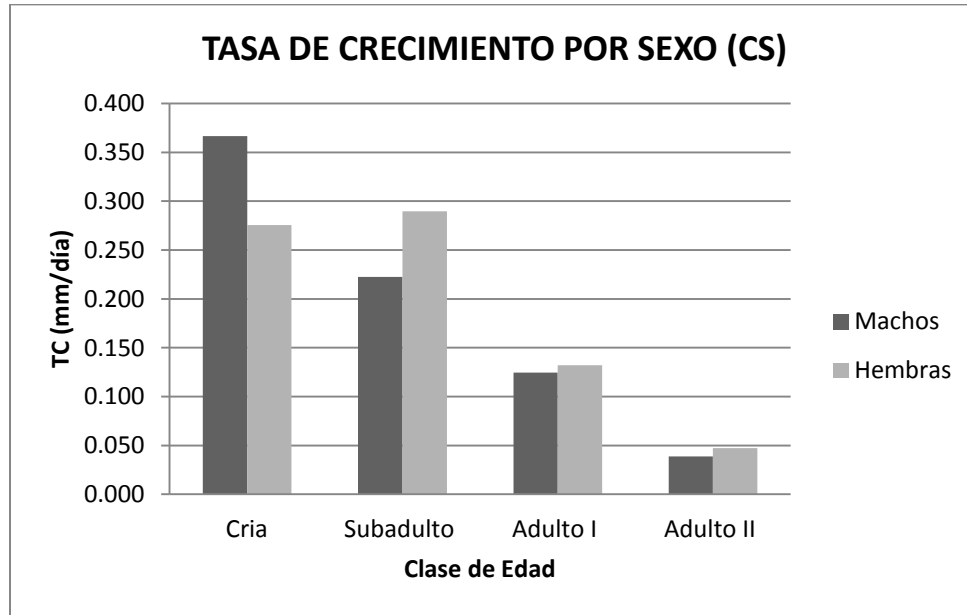


Figura 25. Tasa de crecimiento corporal por sexo y clase de edad (CS).

Al proyectar los valores de TC por individuo (Fig. 26) se puede observar que los valores más altos en CS de TC se encuentran entre los 50 y 65 mm, principalmente para hembras y debido a que después de los 70 los valores de TC van disminuyendo drásticamente, la línea de tendencia tiende a cero cerca de los 100. Este patrón es diferente en ZC, donde la línea de tendencia se prolonga más allá del 100, esto se debe a que en este sitio la población presenta sus valores más altos de TC entre los 70 y 90mm de LHC. Esta diferencia se debe a que la tasa de incremento corporal varía en función de las estaciones, puesto que es mayor durante la estación en la que hay gran disponibilidad de recursos (Ortega-Rubio *et al.*, 1998).

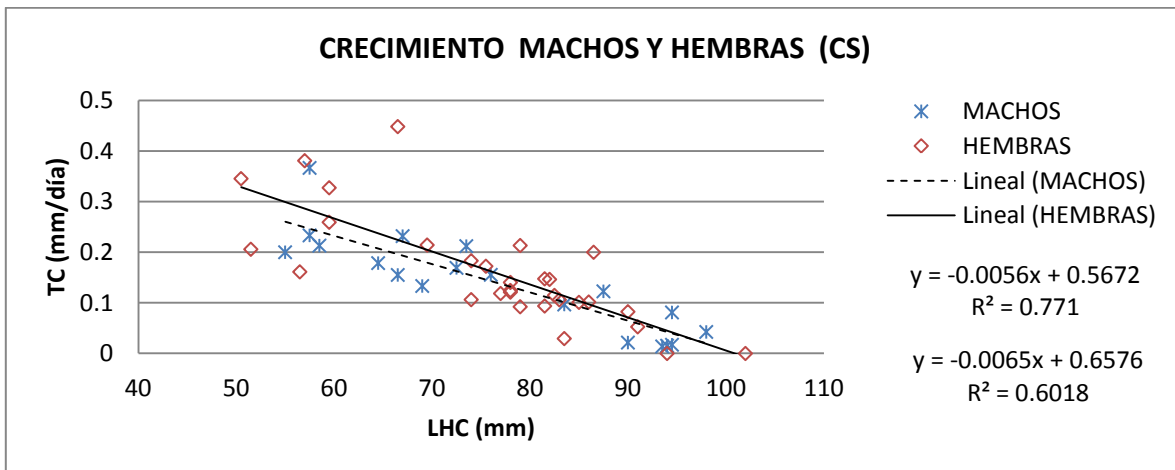


Figura 26. Crecimiento en machos y hembras de *Sceloporus spinosus*, cada punto representa la tasa de crecimiento por día a determinada LHC (CS). En este análisis se tomaron en cuenta los datos de ambas subespecies como un solo grupo.

La curva de crecimiento de von Bertalanffy se estabiliza poco antes de los 105 mm y el modelo de crecimiento es similar entre sexos (Fig. 27). Esto se debe principalmente a que presenta una tendencia de disminución de TC a partir de los 69 mm, mientras que en ZC esta disminución comienza a partir de los 85 mm, por lo que la proyección de su curva se estabiliza a un valor más alto de LHC.

Otra causa de la evolución de esta curva puede deberse a que en CS individuos de 100 a 106 mm de LHC, no se recapturaron, mientras que en ZC estos individuos si se recapturaron. Por lo mismo en CS no se obtuvo mayor información de la TC de individuos de esta talla.

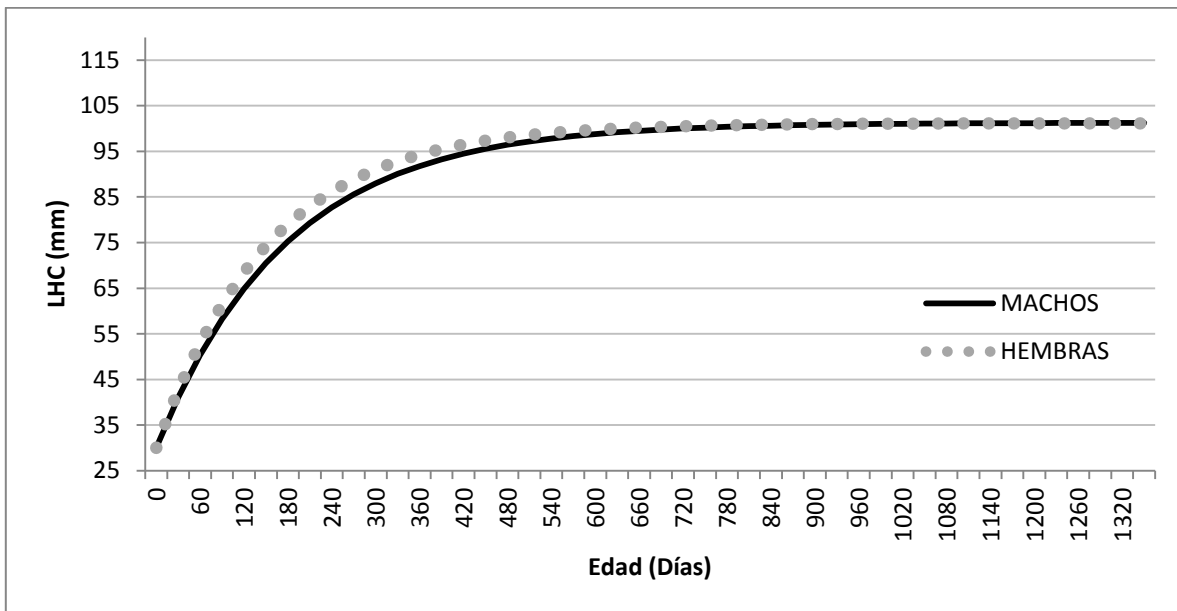


Figura 27. Curva de crecimiento de acuerdo al modelo de von Bertalanffy para machos y hembras (CS). Para machos se tiene  $a=0.5672$  y  $b=0.0056$ , para hembras  $a=0.6576$  y  $b=0.0065$ .

Con datos observados se obtiene que en CS y ZC una hembra desde su etapa de cría (29mm) alcanzó 100 mm de LHC en aproximadamente 510 días, mientras que un macho obtuvo los 100 mm a los 620 días y los 102mm a los 700 días. Esto sugiere que a pesar de tener estrategias diferentes en TC debido a las condiciones del ambiente, no altera su crecimiento total.

Al comparar la TC entre sitios, se obtuvo que ZC con datos de *S. s. apicalis* presentó mayor TC para adultos I y II, mientras que en CS fue mayor para crías y jóvenes (Fig 28) en ambas subespecies (*S. s. a* y *S. s. c.*).

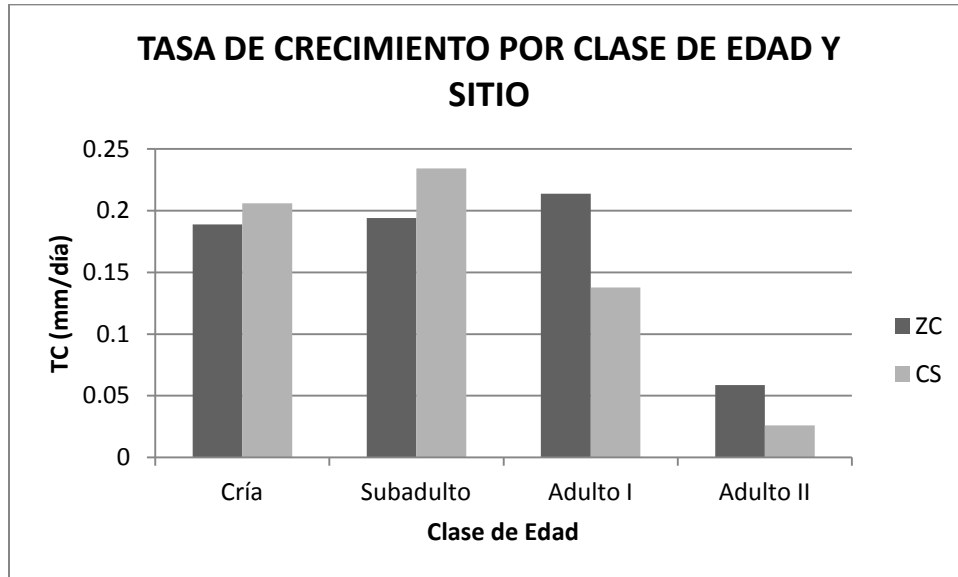


Figura 28. Tasa de crecimiento corporal por clase de edad para CS y ZC.

Los patrones de crecimiento registrados para reptiles (Gadsden y Estrada-Rodríguez, 2008) en general han reportado una mayor TC en crías y juveniles, pero de acuerdo a los resultados de este estudio, la TC varía en función de las temporadas y las condiciones ambientales, lo cual se ha reportado en otros estudios (Ortega-Rubio *et al.*, 1998), por lo que una temporada favorable representará un incremento en la TC y por lo tanto en LHC de todos los individuos aun para individuos adultos. Entonces existen patrones generales de crecimiento en los que individuos adultos tienen una menor TC que crías y jóvenes, y patrones específicos en que la TC está en función de las condiciones ambientales y que puede representar una TC mayor de adultos I (reproductores jóvenes) que de crías y jóvenes, como se registró en ZC. La clase adultos II fue la que mostró la TC más baja, por lo que a partir de los 90 mm su TC disminuye notablemente, pero aun en estos individuos se registró mayor TC en temporadas favorables en conjunto con las demás clases de edad.

Esta variación se ha identificado en estudios de dimorfismo sexual del tamaño corporal en *Sceloporus spinosus* y otras especies del género *Sceloporus*. Ramírez-Bautista *et al.*, (2013), reporta variación en tamaño corporal dentro y entre especies, por lo que se limita un tanto la habilidad de hacer generalizaciones sobre los patrones filogenéticos.

Subespecies

*S. s. apicalis* presenta mayor TC en ZC que en CS. Esta subespecie tiene una TC promedio en ZC de 0.16 mm/día (0.15 para machos y 0.17 para hembras) con una asíntota a los 122 mm y en CS de 0.13 mm/día (0.14 para machos y 0.12 para hembras) con una asíntota a los 107 mm. (Fig. 29).

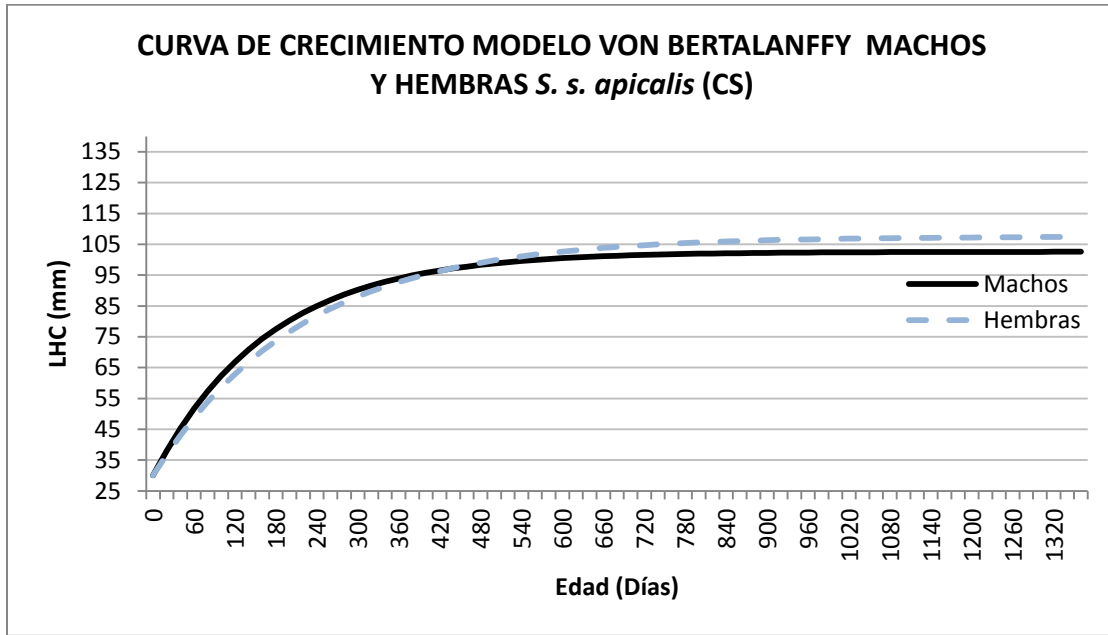


Figura 29. Curva de crecimiento de acuerdo al modelo de von Bertalanffy para machos y hembras de *Sceloporus spinosus apicalis* de CS. Para machos se tiene  $a=0.6052$  y  $b=0.0059$ , para hembras  $a=0.4946$  y  $b=0.0046$ .

En CS se observó mayor tasa de crecimiento en crías y jóvenes, mientras que en ZC fue para adultos I y II. En general ZC presenta una TC relativamente constante en las tres primeras clases de edad, mientras que en CS se observó que el mayor esfuerzo de TC se concentró en las primeras dos clases (Cuadro 20).

Cuadro 20. Tasa de crecimiento corporal por clase de edad *S. s. apicalis* en ZC y CS.

APICALIS	ZC	CS
Cría	0.189	0.206
Joven	0.194	0.234
Adulto I	0.214	0.138
Adulto II	0.059	0.026
<b>TOTAL</b>	<b>0.164</b>	<b>0.151</b>

En CS ambas subespecies mostraron su mayor TC en otoño (Cuadro 21), mientras que en ZC *S. s. apicalis* mostró su mayor TC en primavera. Esto indica que el patrón de crecimiento depende de las condiciones ambientales y de la temporada (Tinkle, 1967;

Ortega-Rubio *et al.*, 1998). Engen y Saether (1994), menciona que una especie se restringe a efectuar una distribución óptima de los recursos para el crecimiento y reproducción, a fin de maximizar su contribución a las futuras generaciones.

Cuadro 21. Tasa de crecimiento corporal (TC) en LHC para *S. s. apicalis* y *S. s. caeruleopunctatus* por estaciones en CS.

SSP-CS	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	TOTAL
<i>apicalis</i>	0.12	0.12	0.16	0.17	<b>0.144</b>
<i>caeruleopunctatus</i>	0.11	0.09	0.35	0.17	<b>0.182</b>

*S. s. caeruleopunctatus* presentó una TC promedio de 0.18 mm/día (0.13 en machos y 0.22 en hembras). De acuerdo al modelo de crecimiento de von Bertalanffy, la mayor TC se dio en las primeras clases de edad en hembras, con lo que se puede observar que alcanzan la talla a la madurez antes que los machos. Por lo que la reproducción comienza antes de alcanzar la talla máxima (Shine y Charnov, 1992; Bauwens, 1999); es decir, antes de la madurez, la energía se destina al crecimiento y después es asignada también a la reproducción, por lo que la tasa de crecimiento disminuye con la edad (Fig.30).

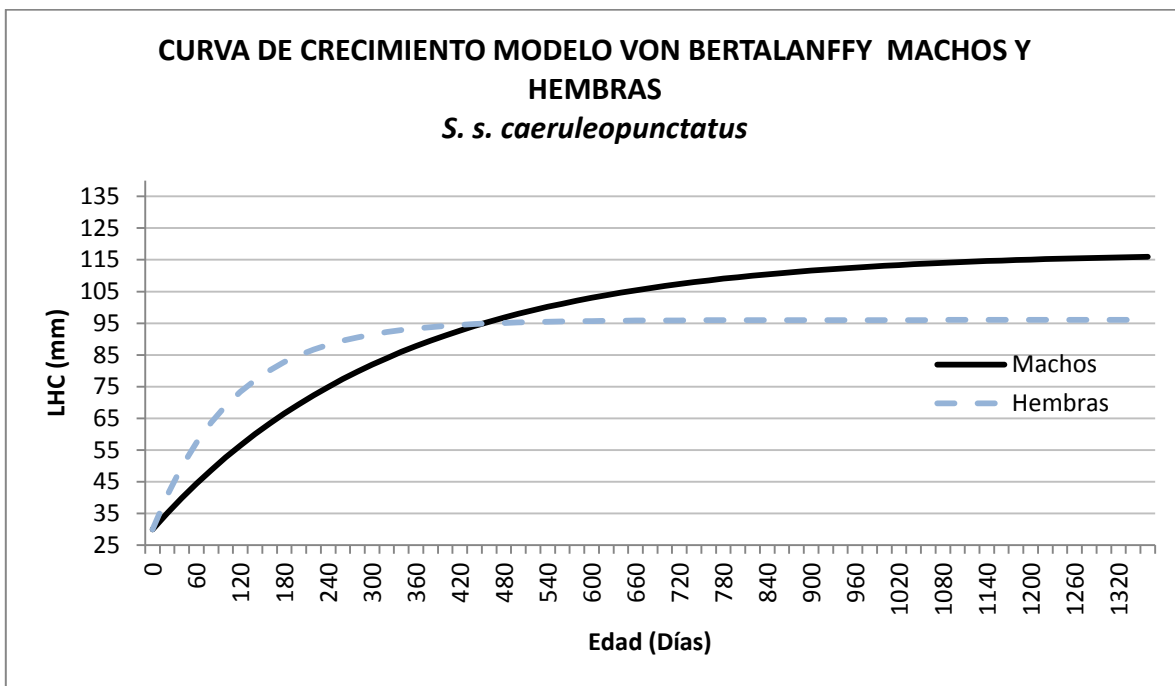


Figura 30. Curva de crecimiento de acuerdo al modelo de von Bertalanffy para machos y hembras de *Sceloporus spinosus caeruleopunctatus* de CS. Para machos se tiene  $a=0.3524$  y  $b=0.0030$ , para hembras  $a=0.8546$  y  $b=0.0089$ .

En CS el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (Fig. 31) muestra que para ambas subespecies se tiene un patrón de crecimiento similar. Esto podría evidenciar que las características del ambiente modelan el crecimiento de las poblaciones que ahí se distribuyen (Gadsden y Estrada-Rodríguez, 2008).

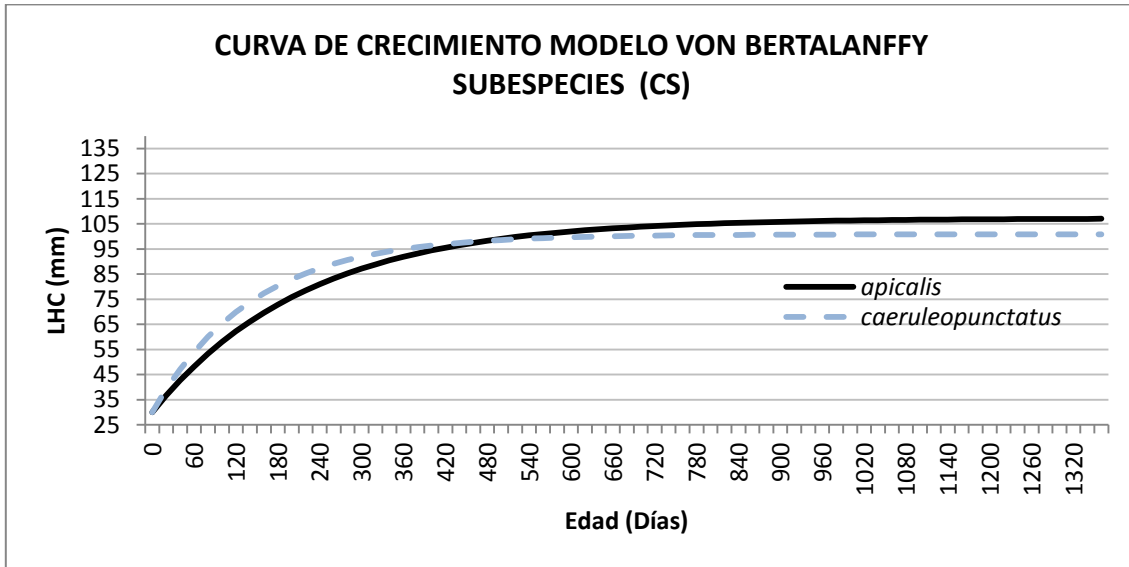


Figura 31. Curva de crecimiento de acuerdo al modelo de von Bertalanffy para *S. s. apicalis* y *S. s. caeruleopunctatus* de CS. Para *S.s.a.* se tiene  $a=0.4824$  y  $b=0.0045$ , para *S.s.c.*  $a=0.6959$  y  $b=0.0069$ .

### 7.7 Relación Masa Corporal (MC) y Longitud Hocico Cloaca (LHC)

Zona Conservada (ZC)

Al proyectar los valores de LHC y MC de cada individuo, hembras y machos muestran la misma relación de LHC y MC. Machos alcanzan valores más altos de MC que hembras a la misma LHC en adultos (Fig. 32); se registró una diferencia de hasta 10g en LHC=103mm en datos observados.

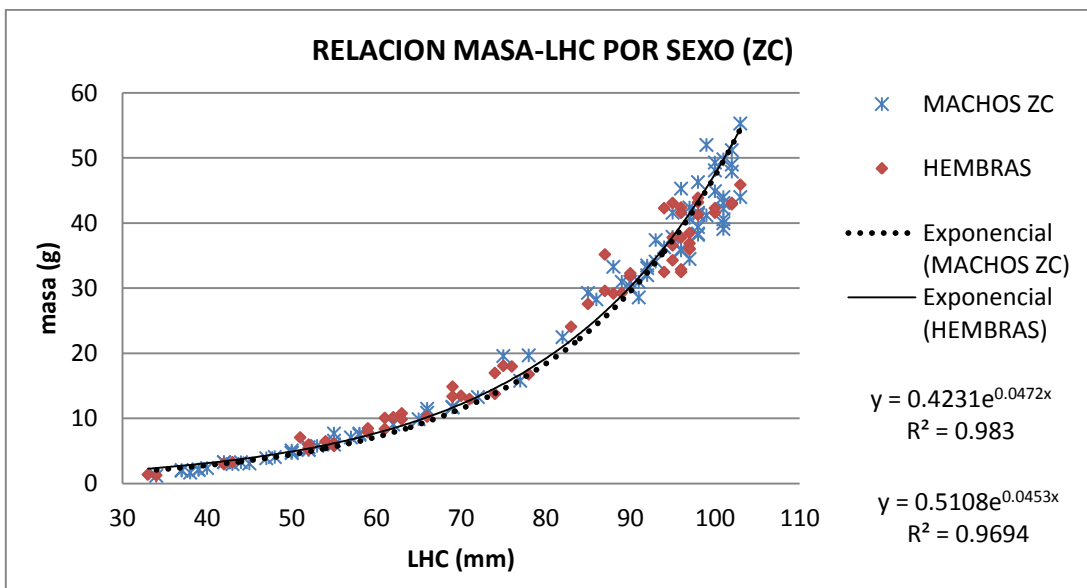




Figura 32. Relación entre LHC y MC para machos y hembras de ZC. Se proyecta línea de tendencia con valor de ajuste  $R^2=0.983$  para machos y  $R^2=0.9694$  para hembras.

La proporción MC/LHC (g/mm) por clase de edad indica el número de gramos por mm de longitud de un individuo y se calculó de acuerdo a intervalos predefinidos de LHC. En ZC los resultados son con datos de *S. s. apicalis*, debido a que solo se obtuvieron dos registros de *S. s. caeruleopunctatus* y solo una recaptura.

El promedio de MC/LHC total fue mayor en machos (0.196 g/mm) que en hembras (0.190 g/mm). En crías la MC/LHC fue similar para ambos sexos; en jóvenes y adultos I fue mayor para hembras; en adultos II fue mayor en machos (Cuadro 22).

Cuadro 22. Intervalos de longitud hocico-cloaca (LHC) y masa corporal (MC) con proporción MC/LHC (g/mm) por clase de edad y sexo en ZC.

ZC	MACHOS			HEMBRAS		
	LHC (mm)	MC (g)	g/mm	LHC (mm)	MC (g)	g/mm
Cría	34 – 48	1.2 – 4.1	<b>0.046</b>	33 – 43	1.3 – 3.3	<b>0.029</b>
Joven	50 – 69	4.7 – 11.8	<b>0.097</b>	51 – 69	5.2 – 14.9	<b>0.102</b>
Adulto I	72 – 89	13.3 – 33.3	<b>0.226</b>	70 – 89	13 – 35.2	<b>0.230</b>
Adulto II	90 – 103	28.6 – 55.3	<b>0.416</b>	90 – 103	31.9 – 45.9	<b>0.399</b>
<b>TOTAL</b>	<b>34 – 103</b>	<b>1.2 – 55.3</b>	<b>0.196</b>	<b>33 – 103</b>	<b>1.3 – 45.9</b>	<b>0.190</b>

La proporción MC/LHC por estaciones en ZC para hembras muestra que es mayor en primavera; para machos fue ligeramente mayor en primavera y alcanzo su mayor proporción en otoño (Fig. 33). Estos valores son de individuos adultos, los cuales estuvieron presentes en todos los meses de estudio.

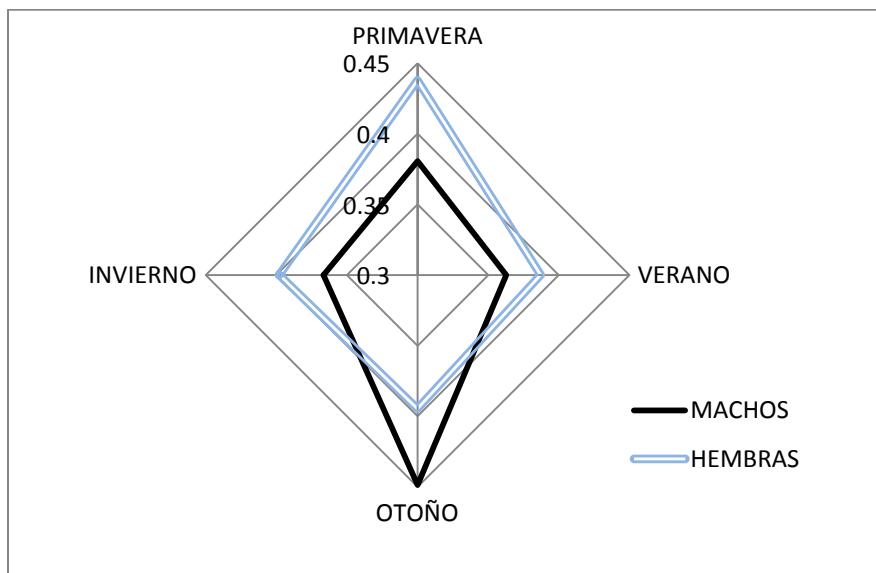


Figura 33. Proporción MC/LHC por estaciones en machos y hembras de ZC. Se consideraron solo individuos adultos.

Cambio de Uso de Suelo (CS)

En CS la relación MC-LHC muestra una línea de tendencia similar entre hembras y machos; hembras mostraron mayor MC por LHC que machos (Fig. 34).

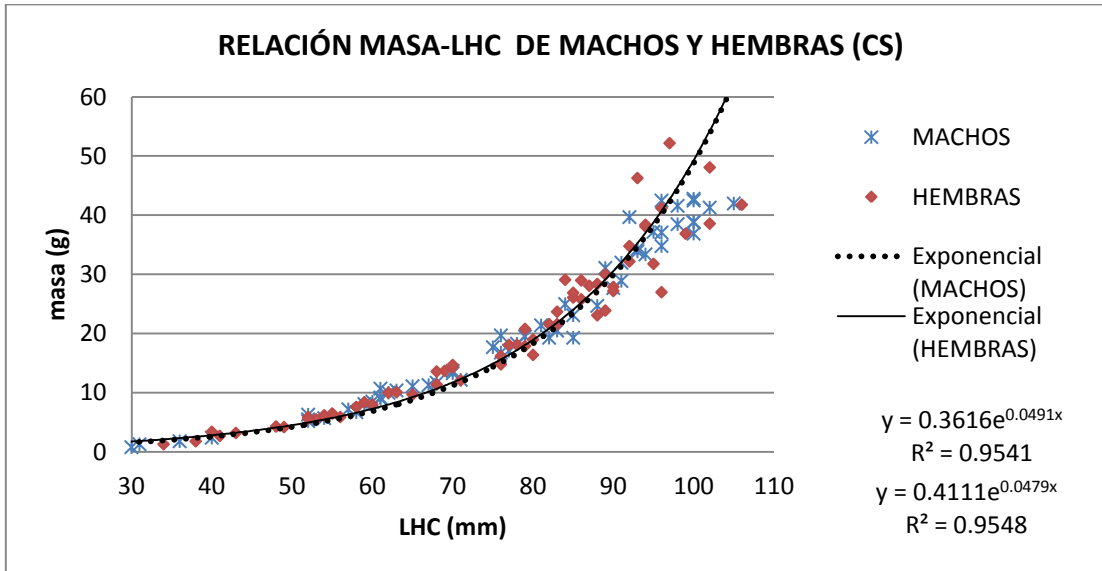


Figura 34. Relación entre LHC y MC para machos y hembras de CS. Se proyecta línea de tendencia con valor de ajuste  $R^2=0.9541$  para machos y  $R^2=0.9548$  para hembras.

La proporción MC-LHC en CS revela valores similares en crías de ambos sexos; en jóvenes y adultos I fue mayor en machos; en adultos II fue mayor en hembras (cuadro 23). En total hembras y machos mostraron valores similares de MC/LHC, 0.205 y 0.206 g/mm respectivamente.

Cuadro 23. Intervalos de longitud hocico-cloaca (LHC) y masa corporal (MC) con proporción MC/LHC (g/mm) por clase de edad y sexo en CS.

CS	MACHOS			HEMBRAS		
	LHC	MC	g/mm	LHC	MC	g/mm
<b>Cría</b>	28 – 40	0.7 – 2.4	0.038	28 – 49	0.7 – 4.3	0.066
<b>Joven</b>	52 – 68	5.2 – 11.7	0.143	52 – 69	5.5 – 13.7	0.125
<b>Adulto I</b>	70 – 89	12.2 – 31.1	0.242	70 – 89	8.0 – 30.0	0.219
<b>Adulto II</b>	90 – 105	28.9 – 42.8	0.401	90 – 106	27 – 52.2	0.410
<b>TOTAL</b>	<b>28 – 105</b>	<b>0.7 – 42.8</b>	<b>0.206</b>	<b>28 – 106</b>	<b>0.7 – 52.2</b>	<b>0.205</b>

En individuos machos adultos se presentó mayor proporción MC/LHC en otoño, mientras que en las demás estaciones se mantuvo relativamente constante; en hembras fue mayor

en otoño y principalmente en invierno (Fig. 35). Este patrón en hembras difiere del observado en ZC, con altos valores en primavera. Estos valores son de individuos adultos, los cuales estuvieron presentes en todos los meses de estudio.

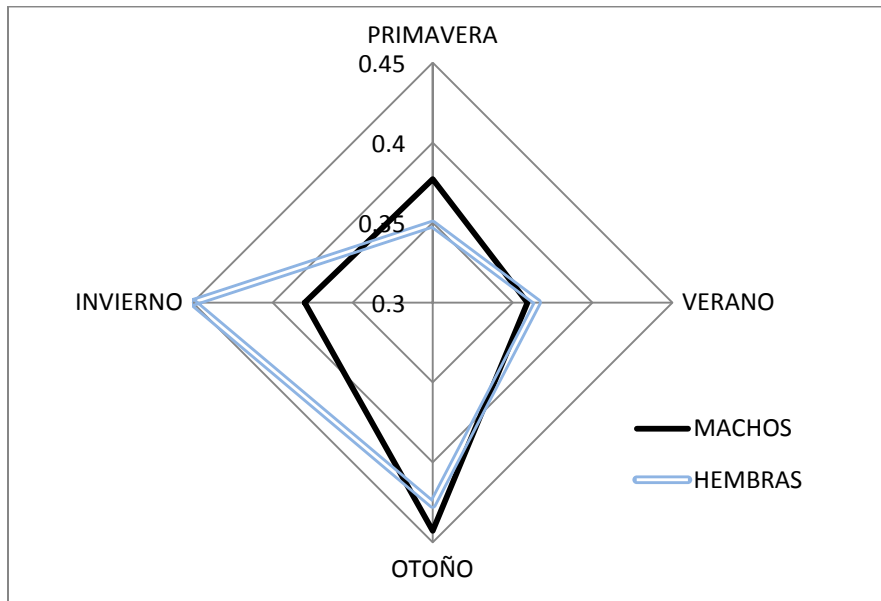


Figura 35. Proporción MC/LHC por estaciones en machos y hembras de CS. Se consideraron solo individuos adultos.

### Subespecies

Machos de *S. s. apicalis* mostraron una MC mayor en ZC que en CS; mientras que machos de *S. s. caeruleopunctatus* y *S. s. apicalis* mostraron una MC similar en CS (Fig. 36).

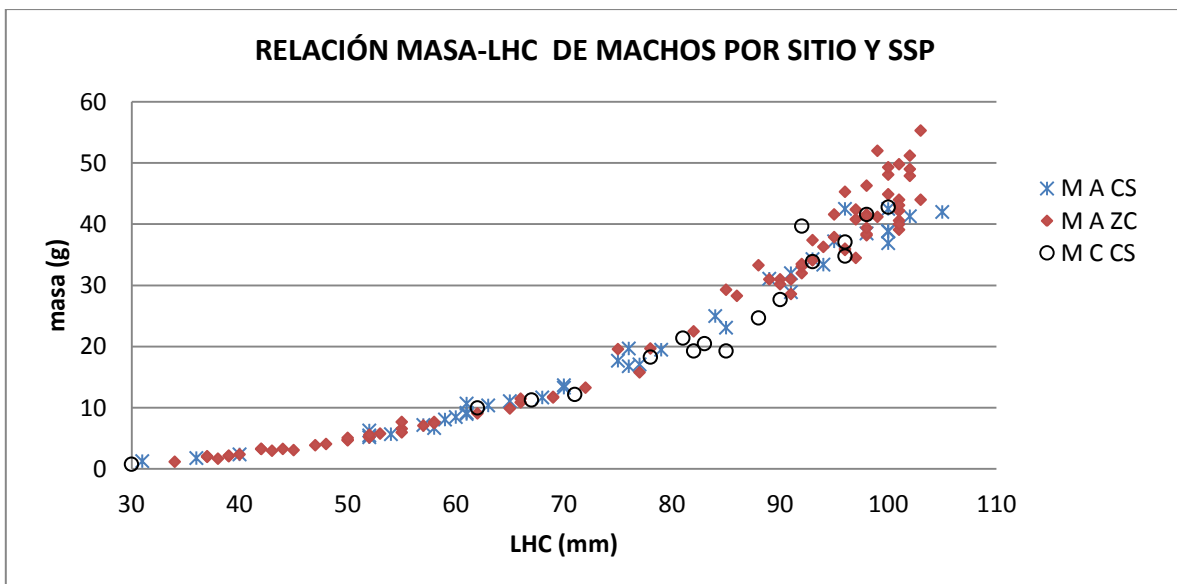


Figura 36. Relación entre LHC y MC para machos por subespecie. Machos *S. s. apicalis* de CS (M A CS); machos *S. s. apicalis* de ZC (M A ZC); machos *S. s. caeruleopunctatus* de CS (M C CS).

En hembras se observó mayor variación de MC en la etapa adulta debido a que se obtuvieron registros de hembras grávidas (Fig. 37). *S. s. apicalis* mostró valores más altos de MC en CS que en ZC. *S. s. caeruleopunctatus* presentó menor MC que *S. s. apicalis*, aunque esto puede deberse al menor registro de hembras grávidas de *S. s. c.*

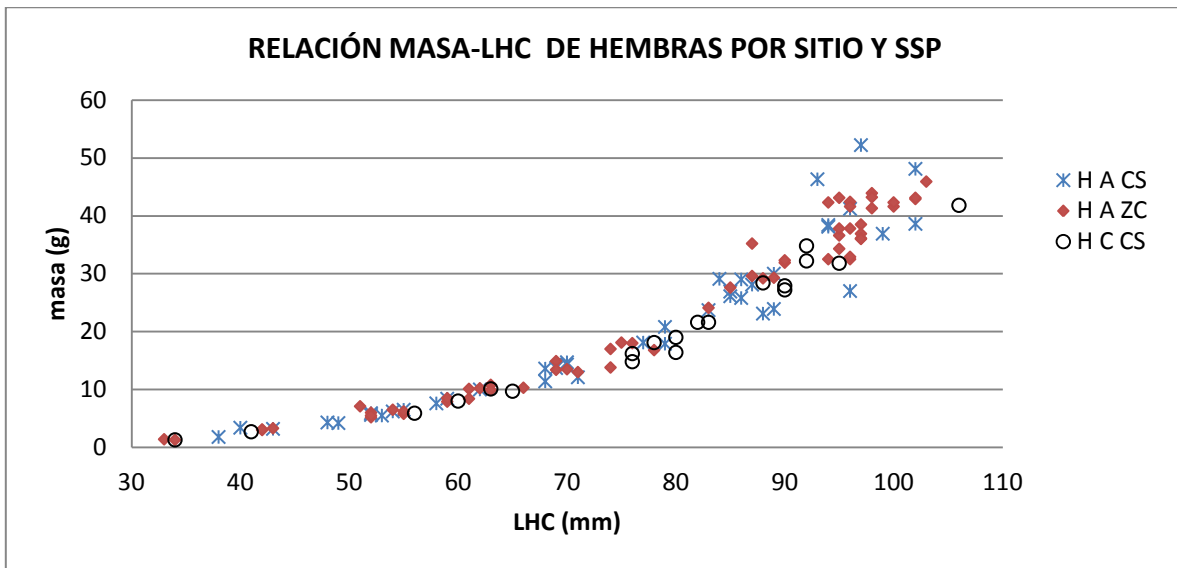


Figura 37. Relación entre LHC y MC para hembras por subespecie. Hembras *S. s. apicalis* de CS (H A CS); hembras *S. s. apicalis* de ZC (H A ZC); hembras *S. s. caeruleopunctatus* de CS (H C CS).

En general la subespecie *S. s. apicalis* mostró mayor MC que *S. s. caeruleopunctatus*, esto puede deberse a las condiciones ambientales de cada sitio, puesto que también fue mayor que la población de *S. s. apicalis* de CS.

## 7.8 Biomasa

### Zona Conservada (ZC)

En ZC la biomasa solo fue calculada con datos de *S. s. apicalis*; debido a que *S. s. caeruleopunctatus* estuvo presente solo con dos individuos y una recaptura.

Los valores más altos de biomasa en ZC fueron de marzo a mayo, principalmente en abril con 644 g/ha; este valor disminuyó en los siguientes meses pero se mantuvo alrededor de los 300 g/ha hasta noviembre; en diciembre y enero se alcanzaron los valores más bajos (Fig. 38). Machos presentaron su valor más alto en abril con 336 g/ha y hembras en mayo con 313 g/ha.

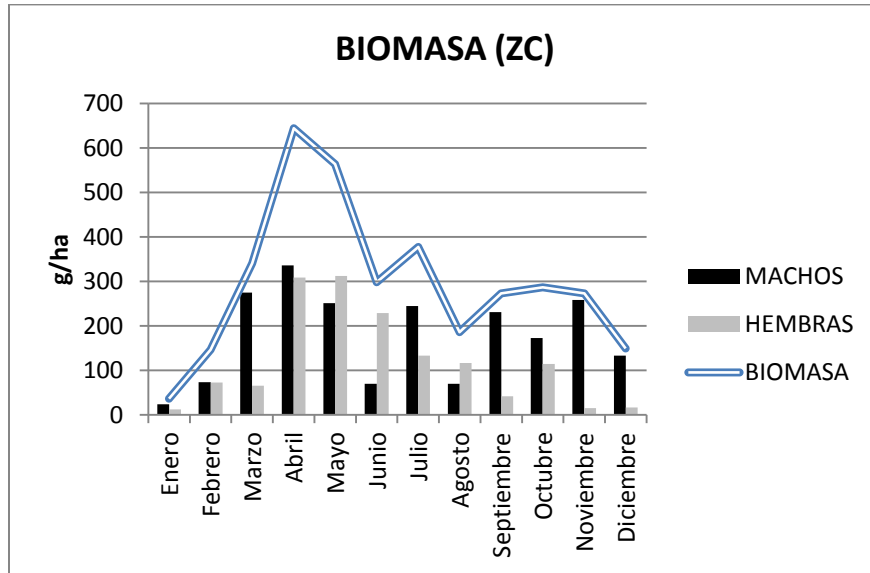


Figura 38. Tendencia estacional de la biomasa (g/ha) de *Sceloporus spinosus* en ZC.

#### Cambio de Uso de Suelo (CS)

La biomasa para CS fue calculada con datos de *S. s. apicalis* y *S. s. caeruleopunctatus*. En este sitio la biomasa fue mayor de abril a junio, con su valor más alto en mayo con 560 g/ha, en los siguientes meses se mantuvo alrededor de los 100 g/ha hasta noviembre, debido principalmente a hembras; en diciembre y enero comenzó a incrementar debido a la presencia de machos (Fig. 39)

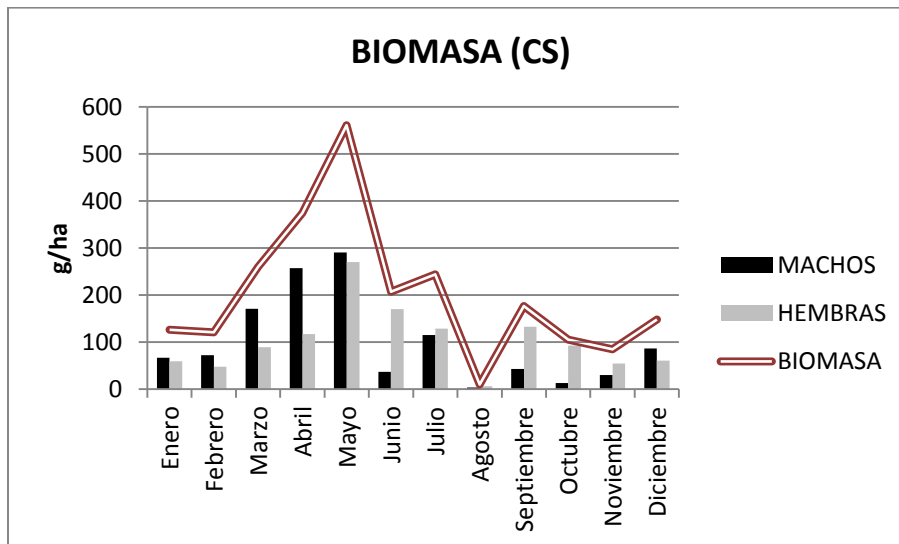


Figura 39. Tendencia estacional de la biomasa (g/ha) de *Sceloporus spinosus* en CS.

En general la biomasa presentó valores más altos en ZC que en CS. La gráfica de la figura 40 muestra la misma tendencia en ambos sitios. El promedio de biomasa para ZC fue de 300 g/ha, mientras que para CS fue de 200 g/ha.

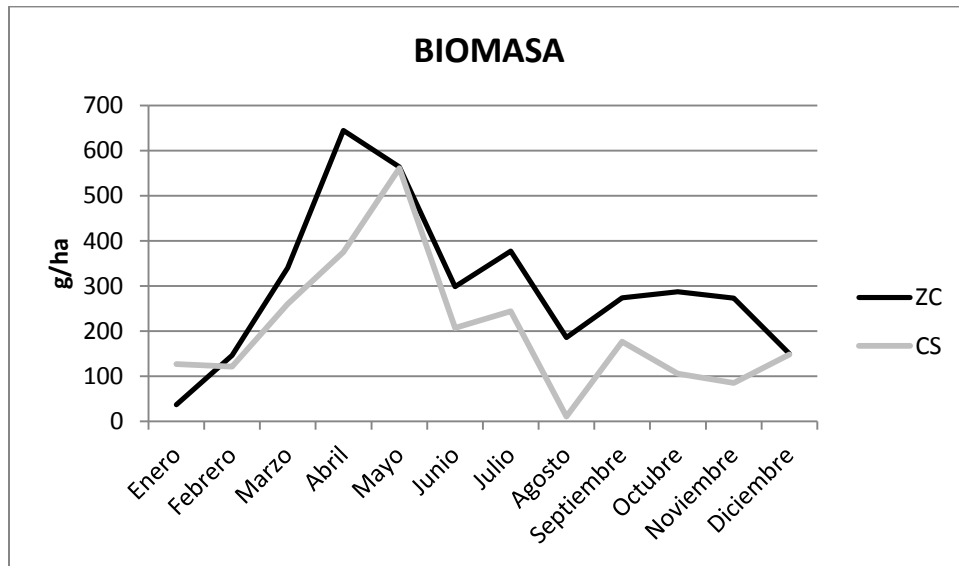


Figura 40. Comparación de la biomasa de *Sceloporus spinosus* entre ZC y CS.

De la misma manera en un ambiente estacional, se reporta mayor biomasa en primavera y menor en invierno en *Uma parapygas* (Castañeda-Gaytan *et al.*, 2003), lo cual se debe a la relación directa con la densidad y la precipitación.

#### Subespecies

El valor más alto de biomasa para *S. s. apicalis* en CS fue en mayo con 373 g/ha; para machos fue en abril con 181 g/ha y para hembras en mayo con 191 g/ha; los valores más bajos se registraron en agosto (Fig. 41). Estos valores son inferiores a los registrados en ZC; la biomasa de *S. s. apicalis* en CS representa el 57% de la registrada en ZC.

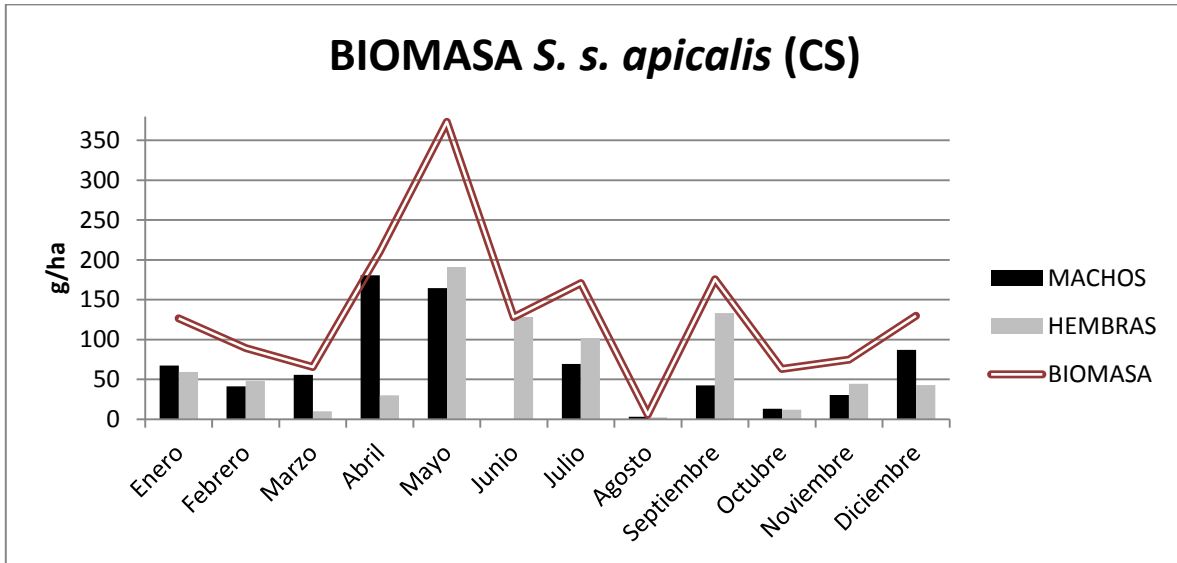


Figura 41. Biomasa (g/ha) de *S. s. apicalis* por mes en CS.

*S. s. caeruleopunctatus* presentó mayor biomasa de marzo a mayo; los valores más altos fueron en marzo (195 g/ha) y mayo (187 g/ha), los valores más bajos fueron en agosto (Fig. 42). En machos fue mayor en marzo (115 g/ha) y en hembras en abril (87.5 g/ha). En CS la biomasa de *S. s. caeruleopunctatus* representó el 52% de la registrada para *S. s. apicalis*.

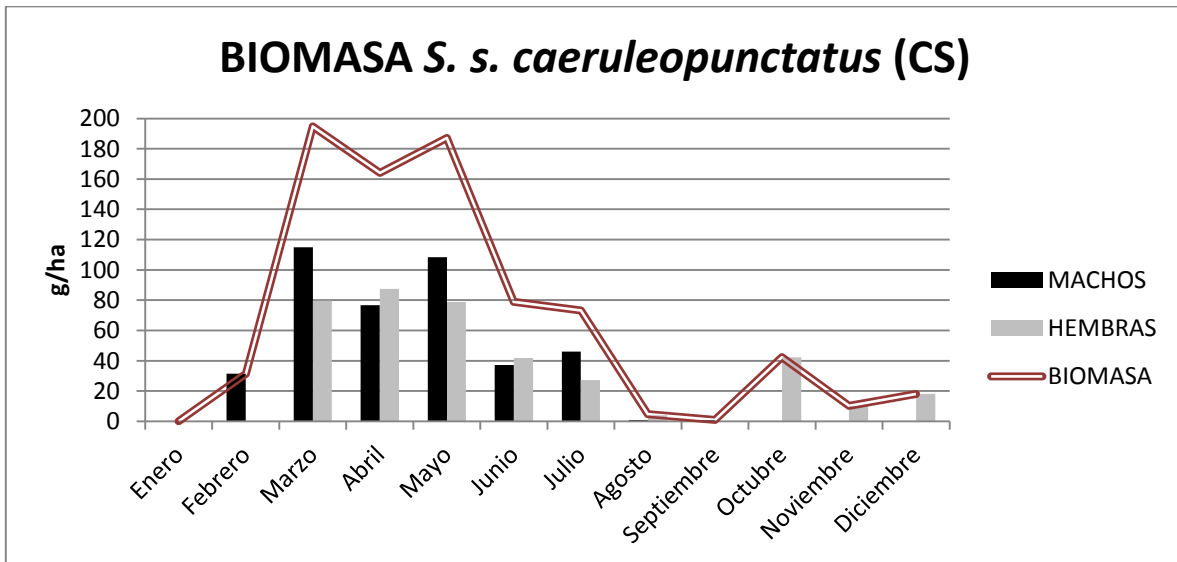


Figura 42. Biomasa (g/ha) de *S. s. caeruleopunctatus* por mes en CS.

*S. s. apicalis* disminuyó su biomasa en CS (Fig. 41), esto puede deberse a las condiciones del sitio, el cual presentó zonas abiertas (menor cobertura vegetal) que permitieron la presencia de *S. s. caeruleopunctatus*. La ausencia de *S. s. c.* en ZC podría deberse principalmente a la competencia intraespecífica con *S. s. a.*

La biomasa para ambas subespecies en CS y ZC mostró su valor más alto en primavera (Marzo-Mayo) y su valor más bajo en invierno; este patrón se ha reportado para la especie ovípara *Sceloporus aeneus* (Rodríguez-Romero, 2004). Uno de los valores más bajos registrados en ambos sitios y para ambas subespecies es en agosto (Fig. 43).

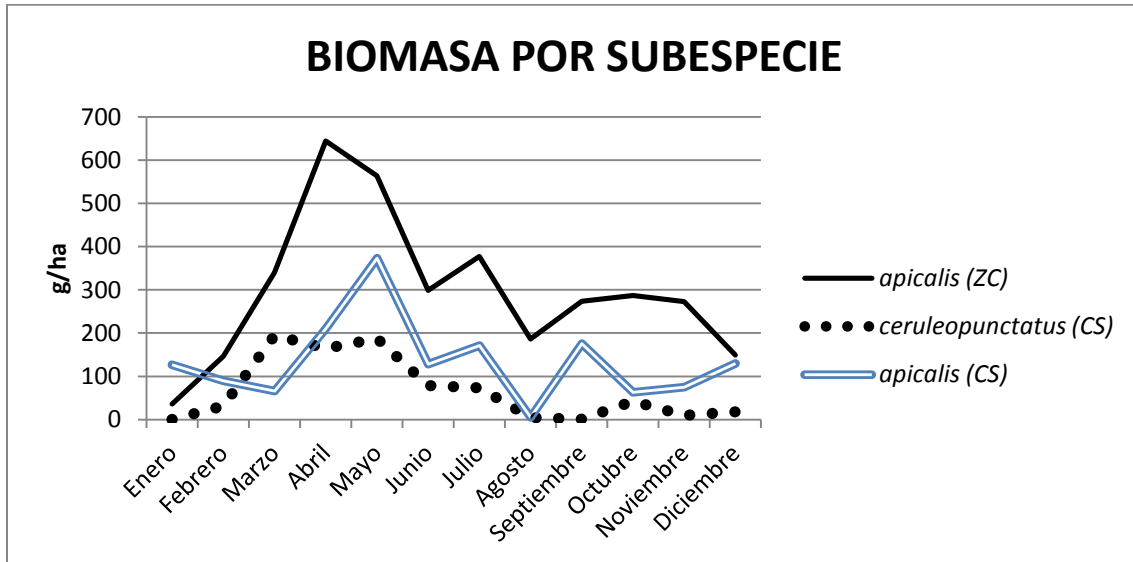


Figura 43. Biomasa (g/ha) de *S. s. caeruleopunctatus* y *S. s. apicalis* por mes en CS y ZC.



## 7.9 Parámetros Demográficos

### Zona Conservada (ZC)

Para analizar la tasa de supervivencia y recaptura de *Sceloporus spinosus apicalis* se desarrolló un conjunto de modelos (Cuadro 24), de los cuales el que presentó mejor ajuste a los datos fue el {Phi(g)p(.)}, el cual sugiere que la tasa de supervivencia varía entre grupos (sexos) y considera la tasa de recaptura como constante.

Cuadro 24. Descripción de los diferentes modelos para el análisis de la tasa de supervivencia y recaptura en ZC. Phi=probabilidad de supervivencia,  $p$ =probabilidad de recaptura, (g)=grupos, (t)=tiempo y (.)=constante. AICc=Criterio de información de Akaike,  $\Delta$ AICc=diferencia entre el modelo respectivo y el más parsimonioso, AICc Weights=Contribución relativa y Num. Par=Número de parámetros.

Model	AICc	$\Delta$ AICc	AICc Weights	Num. Par
{Phi(g)p(.)}	348.1472	0	0.34734	3
{Phi(.)p(g)}	348.8661	0.7189	0.24246	3
{Phi(.)p(.)}	349.1779	1.0307	0.20746	2
{Phi(g)p(g)}	349.5159	1.3687	0.1752	4
{Phi(g)p(t)}	353.2683	5.1211	0.02684	13
{Phi(t)p(t)}	362.276	14.1288	0.0003	21
{Phi(t)p(.)}	362.8037	14.6565	0.00023	12
{Phi(t)p(g)}	363.2809	15.1337	0.00018	13

De acuerdo al modelo más parsimonioso (Phi(g)p(.)), en ZC la tasa de supervivencia es mayor para machos (0.82) que para hembras (0.70) y la tasa de recaptura es constante a través del tiempo para ambos grupos con un valor de 0.40 (Cuadro 25). Por lo tanto, de acuerdo al valor de  $p$  (0.40) y  $n$  (número de individuos=76), se calculó que la densidad poblacional ( $N$ ) para ZC es de 187 ind/ha

Cuadro 25. Calculo de parámetros de acuerdo al modelo {Phi(g)p(.)}. SE= error estándar.

Parametros	Estimación	ES
Phi (machos)	0.8223793	0.0418579
Phi (hembras)	0.7060369	0.0556097
$p$	0.4055607	0.0488236

Por otro lado, de los modelos desarrollados para el análisis de los parámetros de supervivencia y recaptura por estaciones (primavera, verano, otoño e invierno) y temporadas (lluvias y secas), el modelo que mostró mejor ajuste fue {Phi(.)p(temporadas)}, el cual menciona que la tasa de supervivencia es constante y la probabilidad de recaptura varía entre temporadas (Cuadro 26).

Cuadro 26. Descripción de modelos para el análisis de supervivencia y recaptura por estaciones (primavera, verano, otoño e invierno) y temporadas (lluvias y secas) en ZC.

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Num. Par
{Phi(.)p(temporadas)}	342.724	0	0.90086	3
{Phi(.)p(.)}	349.1779	6.4539	0.03574	2
{Phi(.)p(estaciones)}	349.4227	6.6987	0.03163	5
{Phi(temporadas)p(.)}	350.8746	8.1506	0.0153	3
{Phi(estaciones)p(estaciones)}	351.6083	8.8843	0.0106	8
{Phi(.)p(t)}	353.8054	11.0814	0.00353	12
{Phi(estaciones)p(.)}	354.7189	11.9949	0.00224	5
{Phi(t)p(t)}	362.276	19.552	0.00005	21
{Phi(t)p(.)}	362.8037	20.0797	0.00004	12

De acuerdo al modelo más parsimonioso ( $\phi p_{\text{temporadas}}$ ), la tasa de supervivencia es de 0.76 y la tasa de captura para la temporada de secas fue mayor (0.54) que en la temporada de lluvias (0.30; cuadro 27). Lo anterior puede deberse a que en época de lluvias en un ambiente estacional como el MNY, la estructura de la vegetación puede cambiar drásticamente e influye sobre las probabilidades de captura, estos resultados coinciden con otros trabajos en lagartijas, como en *Anolis nebulosus* de un ambiente estacional (Hernández-Salinas, 2014). Con base en los valores calculados de  $p$  para cada temporada y con  $n=76$ , se tiene que la temporada de lluvias presentó mayor densidad poblacional (252 ind/ha) que la temporada de secas (141 ind/ha).

Cuadro 27. Calculo de parámetros de acuerdo al modelo  $\phi p_{\text{temp}}$ . SE= error estándar.

Parámetros	Estimación	ES
Phi	0.7645965	0.0357922
p (secas)	0.5384673	0.0739954
p (lluvias)	0.3013161	0.0537011

### Cambio de Uso de Suelo (CS)

Para la construcción de los modelos en CS, se emplearon los datos de ambas subespecies, posteriormente se muestran los resultados de las subespecies por separado. De acuerdo a los modelos desarrollados para evaluar los parámetros  $\phi$  y  $p$  (Cuadro 28), el más parsimonioso fue {Phi(.)p(t)}, el cual considera que la tasa de supervivencia ( $\phi$ ) es constante para ambos sexos y describe que la probabilidad de recaptura ( $p$ ) varía a través del tiempo.

Cuadro 28. Descripción de modelos para el análisis de la tasa de supervivencia y recaptura en CS.

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Num. Par
{Phi(.)p(t)}	231.9764	0	0.69291	12
{Phi(g)p(t)}	234.0864	2.11	0.24127	13
{Phi(t)p(.)}	238.2226	6.2462	0.0305	12
{Phi(.)p(.)}	240.1136	8.1372	0.01185	2
{Phi(t)p(g)}	240.5433	8.5669	0.00956	13
{Phi(g)p(.)}	241.6847	9.7083	0.0054	3
{Phi(.)p(g)}	242.1107	10.1343	0.00437	3
{Phi(t)p(t)}	243.3942	11.4178	0.0023	21
{Phi(g)p(g)}	243.835	11.8586	0.00184	4

La tasa de supervivencia estimada con el modelo {Phi(.)p(t)} para CS es 0.672 (cuadro 29) y la probabilidad de recaptura es 0.374 (el promedio de los valores generados). Estos valores son inferiores a los calculados para ZC, lo que indica que existe una mayor probabilidad de supervivencia y de recaptura que en CS. Esta fluctuación entre ambos sitios (CS y ZC) podría estar vinculada con la supervivencia desde huevos a crías (Parker, 1994). Lo que podría ser constante para clases de edad como jóvenes y adultos, tal como sucedió en una especie actualmente descrita de *Xenosaurus* para la Sierra Gorda en Querétaro (Molina-Zuluaga *et al.*, 2013), donde se demuestra una mayor supervivencia de ambos sexos entre estaciones. Finalmente, en ZC se registró un mayor número de recapturas en individuos con mayor LHC (entre 100 y 106mm), mientras que en CS estos individuos se registraron solo una vez.

Otra parte importante de los análisis de supervivencia, fue el evaluar este parámetro demográfico a nivel de paisaje, como en la fragmentación. A escala de parche en el MNY se observó que ZC es uno de los mayores fragmentos de selva baja caducifolia (SBC) de todo el polígono del ANP, por lo tanto parece existir una asociación positiva de la supervivencia con el tamaño del parche para ambos sexos (Hokit y Branch, 2003), puesto que en CS sólo existen remanentes de SBC.

En ambientes fragmentados el efecto de borde favorece la invasión de especies generalistas propias de la matriz (Santos y Tellería, 2006) tal como *Sceloporus spinosus caeruleopunctatus*, y perjudica la filopatría de las especies que habitan en los fragmentos (Haila, 2002) como *S. s. apicalis*. Así mismo, el MNY es un área altamente fragmentada, cercana a la zona urbana y la ciudad de Oaxaca; y precisamente una especie generalista que habita la ciudad de Oaxaca y zonas urbanas es *Sceloporus spinosus caeruleopunctatus*, por lo que esta es una especie propia de la matriz.

Cuadro 29. Calculo de parámetros de acuerdo al modelo  $\phi\rho$ .

Parámetro	Estimación	ES
<i>Phi</i>	0.6725432	0.0572209
<i>p</i>	0.1193445	0.1134989
<i>p</i>	0.4354392	0.1289727
<i>p</i>	0.5240282	0.1408995
<i>p</i>	0.155329	0.0868692
<i>p</i>	0.5001247	0.1898219
<i>p</i>	0.2987344	0.1770067
<i>p</i>	0.385933	0.1929248
<i>p</i>	0.580648	0.244372

Con un valor de  $p=0.374$  y  $n=82$  se tiene una densidad de 219 ind/ha para CS. Este valor es mayor que el calculado para ZC con 187 ind/ha.

Los parámetros por estaciones (primavera, verano, otoño e invierno) y temporadas (lluvias y secas) fueron evaluados de acuerdo a un conjunto de modelos (Cuadro 30), de los que el más parsimonioso fue  $\{\text{Phi}(\text{temporadas})p(\cdot)\}$ , en cual describe que la tasa de supervivencia varía por temporadas y la probabilidad de captura es constante.

Cuadro 30. Descripción de modelos para el análisis de la tasa de supervivencia y recaptura por estaciones (primavera, verano, otoño e invierno) y temporadas (lluvias y secas) en CS.

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Num. Par
<b><math>\{\text{Phi}(\text{temporadas})p(\cdot)\}</math></b>	<b>227.0178</b>	<b>0</b>	<b>0.87713</b>	<b>3</b>
$\{\text{Phi}(\cdot)p(t)\}$	231.9764	4.9586	0.07351	12
$\{\text{Phi}(\text{estaciones})p(\cdot)\}$	233.2454	6.2276	0.03897	5
$\{\text{Phi}(\cdot)p(\text{temporadas})\}$	237.1738	10.156	0.00547	3
$\{\text{Phi}(t)p(\cdot)\}$	238.2226	11.2048	0.00324	12
$\{\text{Phi}(\cdot)p(\cdot)\}$	240.1136	13.0958	0.00126	2
$\{\text{Phi}(t)p(t)\}$	243.3942	16.3764	0.00024	21
$\{\text{Phi}(\cdot)p(\text{estaciones})\}$	244.257	17.2392	0.00016	5
$\{\text{Phi}(\text{temporadas})p(\text{temporadas})\}$	247.8744	20.8566	0.00003	2

Con el modelo seleccionado,  $\{\text{Phi}(\text{temporadas})p(\cdot)\}$  mostró que la tasa de supervivencia en secas (0.92) es mayor que en la época de lluvias (0.49) y la tasa de captura ( $p$ ) es de 0.28 (Cuadro 31). Esta variación por temporadas respecto a la supervivencia puede ser explicada por la variación del suministro de recursos disponibles (Dunham, 1981; Vinegar 1975), depredación y la competencia entre ambas subespecies.

Cuadro 31. Cálculo de parámetros de acuerdo al modelo  $\phi_{temp}\rho$ . SE= error estándar.

Parameter	Estimate	SE
Phi (secas)	0.9266474	0.0784966
Phi (lluvias)	0.4887318	0.0718362
$\rho$	0.2785824	0.0561923

Con el valor de  $\rho$  (0.28) y  $n(82)$  se obtuvo que la densidad poblacional para CS evaluado por temporadas y periodos es de 292 ind/ha. En general CS presenta mayor densidad poblacional para CS que ZC. Esta es una estrategia en la cual, la abundancia de una especie es parte de su habilidad para persistir en ambientes fragmentados o alterados (Cosson *et al.*, 1999).

### Subespecies

Para calcular los parámetros de *S. s. apicalis* en ambos sitios (CS y ZC), se desarrollaron un conjunto de modelos, de los cuales  $\{\text{Phi}(g)p(t)\}$  fue el que ajustó mejor de acuerdo al criterio de información de Akaike (AICc). Este modelo considera que la supervivencia varía entre grupos (ZC y CS) y la tasa de captura varía a través del tiempo (Cuadro 32).

Cuadro 32. Descripción de modelos para el análisis de la tasa de supervivencia y recaptura de *S. s. apicalis* en ZC y CS.

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Num. Par
$\{\text{Phi}(g)p(t)\}$	506.5638	0	0.43497	13
$\{\text{Phi}(g)p(g^*t)\}$	507.734	1.1702	0.2423	24
$\{\text{Phi}(\cdot)p(g)\}$	509.0067	2.4429	0.12823	3
$\{\text{Phi}(t)p(t)\}$	509.9162	3.3524	0.08138	21
$\{\text{Phi}(g)p(g)\}$	510.8466	4.2828	0.0511	4
$\{\text{Phi}(g)p(\cdot)\}$	512.2672	5.7034	0.02512	3
$\{\text{Phi}(\cdot)p(\cdot)\}$	513.1008	6.537	0.01656	2
$\{\text{Phi}(t)p(g)\}$	513.3152	6.7514	0.01487	13
$\{\text{Phi}(t)p(\cdot)\}$	515.3673	8.8035	0.00533	12
$\{\text{Phi}(g^*t)p(g)\}$	524.7667	18.2029	0.00005	24
$\{\text{Phi}(g^*t)p(t)\}$	524.8488	18.285	0.00005	32
$\{\text{Phi}(g^*t)p(\cdot)\}$	525.2687	18.7049	0.00004	23

Los parámetros calculados con el modelo  $\{\text{Phi}(g)p(t)\}$  mostraron que la supervivencia de *S. s. apicalis* en ZC fue mayor (0.79) que en CS (0.70); la tasa de captura varió a través del tiempo (12 meses), con su valor más alto en marzo-mayo, justo en la temporada de

reproducción (Valdez-González y Ramírez-Bautista, 2002). Los valores de los parámetros calculados se muestran en el cuadro 33.

Cuadro 33. Calculo de parámetros de acuerdo al modelo  $\{\Phi(g)p(t)\}$  para *S. s. apicalis* en ZC y CS.

Label	Estimate	SE
$\Phi$ (ZC)	0.7894304	0.0375791
$\Phi$ (CS)	0.6989621	0.0524308
$p$ (e-f)	0	0.0000001
$p$ (f-m)	0.3961249	0.1322999
$p$ (m-a)	0.5462045	0.1017422
$p$ (a-m)	0.4804772	0.0946305
$p$ (m-j)	0.215008	0.0700131
$p$ (j-j)	0.4204715	0.1008264
$p$ (j-a)	0.111339	0.0624085
$p$ (a-s)	0.2311354	0.0900333
$p$ (s-o)	0.3826231	0.1141565
$p$ (o-n)	0.3986599	0.1217311
$p$ (n-d)	0.4728148	0.1288472

La densidad poblacional de *S. s. apicalis* en ZC fue de 199 ind/ha y en CS de 153 ind/ha. Por lo tanto, ZC presentó condiciones favorables para esta subespecie, lo cual se refleja en una mayor supervivencia y densidad poblacional.

Al evaluar CS por subespecie, el modelo que ajustó mejor fue  $\{\Phi(.)p(t)\}$ ; en el cual la supervivencia fue constante para ambas subespecies (*S.s.a* y *S.s.c.*) y la probabilidad de captura varió a través del tiempo. Al igual que en la evaluación general para CS, en la que se calculó una supervivencia de 0.67 y una probabilidad de captura promedio de 0.37. Por lo tanto, para poder conocer y comparar los parámetros entre las dos subespecies se empleó el modelo  $\{\Phi(g)p(g)\}$ . De acuerdo a este modelo *S. s. apicalis* presentó mayor supervivencia (0.74), menor probabilidad de captura (0.24) y mayor densidad poblacional (225 ind/ha) que *S. s. caeruleopunctatus* ( $\Phi=0.50$ ;  $p=0.51$ ;  $N=50$  ind/ha).

*S. s. caeruleopunctatus* tiene preferencia por zonas abiertas con cierto nivel de alteración. Su presencia está directamente relacionada con estas condiciones ambientales, puesto que además se ha observado en la zona conurbana que rodea el ANP y en la ciudad de Oaxaca, donde *S. s. apicalis* está ausente.

Al evaluar los parámetros poblacionales por subespecie, se demuestra que los fragmentos de SBC son el único hábitat para *S. s. apicalis*, puesto que no se distribuye en zonas cercanas con mayor degradación y zonas urbanas, donde *S. s. caeruleopunctatus* es abundante. Al igual que *S. s. apicalis*, existen muchas especies de las que su estado de conservación depende de la condición y conectividad de estos fragmentos (Fahrig, 2003) de SBC en el MNY.

### 7.10 Correlaciones con Variables Ambientales

El análisis correlativo de 13 parámetros con los registros de temperatura y humedad de 12 meses en ZC (Cuadro 34), mostró una correlación positiva significativa ( $p < 0.05$ ) de la temperatura con la biomasa (0.78) y la abundancia (0.80) de hembras, lo cual se debió principalmente a la clase adulta (0.77). La clase jóvenes mostró una correlación negativa (-0.82) significativa con la humedad.

Cuadro 34. Correlaciones de temperatura y humedad con 13 parámetros poblacionales de *Sceloporus spinosus apicalis* en ZC. Cada parámetro muestra su promedio y desviación estándar (D.E.).

PROMEDIO	D.E.	ZC	T°	H
178.24	101.55	<b>Biomasa Machos</b>	0.41	0.11
119.73	108.37	<b>Biomasa Hembras</b>	0.78	0.16
297.97	172.17	<b>Biomasa Total</b>	0.74	0.17
0.12	0.04	<b>Tasa de Crecimiento</b>	0.49	-0.40
0.26	0.08	<b>Proporción (MC/LHC)</b>	0.50	0.51
12.42	5.04	<b>Abundancia (S.s.σ.)</b>	0.61	-0.14
4.33	2.90	<b>Machos (Adultos)</b>	0.51	0.21
3.17	3.27	<b>Hembras (Adultos)</b>	0.80	0.19
0.36	0.16	<b>Probabilidad Captura (<math>p</math>)</b>	0.25	-0.17
0.71	0.22	<b>Supervivencia (<math>\phi</math>)</b>	0.46	0.34
8.33	10.64	<b>Crías</b>	-0.54	0.45
8.33	9.03	<b>Jóvenes</b>	0.01	-0.82
8.33	5.78	<b>Adultos</b>	0.77	0.20

Los valores correlativos significativos de la temperatura con la biomasa (Fig. 44) y abundancia total en hembras, son explicados por la clase adulta. Esto podría deberse a que la época de reproducción abarca la temporada con temperaturas más elevadas (marzo – mayo).

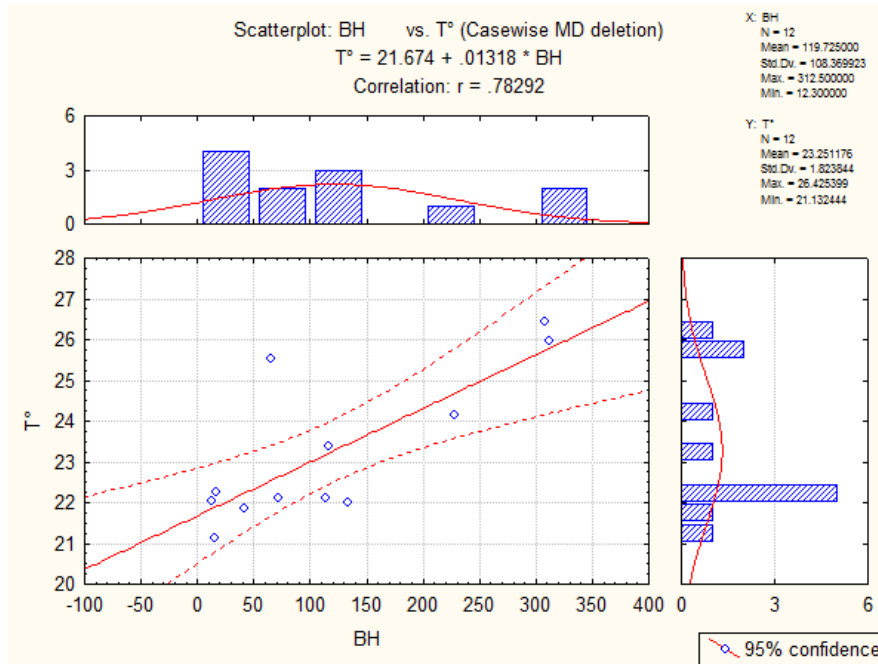


Figura 44. Correlación positiva significativa ( $p=0.003$ ) de la temperatura ( $T^{\circ}$ ) y la biomasa de hembras (BH).

La clase jóvenes con un valor de correlación de -0.82 con la humedad (Fig. 45), manifiesta que su abundancia fue mayor conforme la humedad fue disminuyendo. Esto se dio entre noviembre y marzo en ZC.

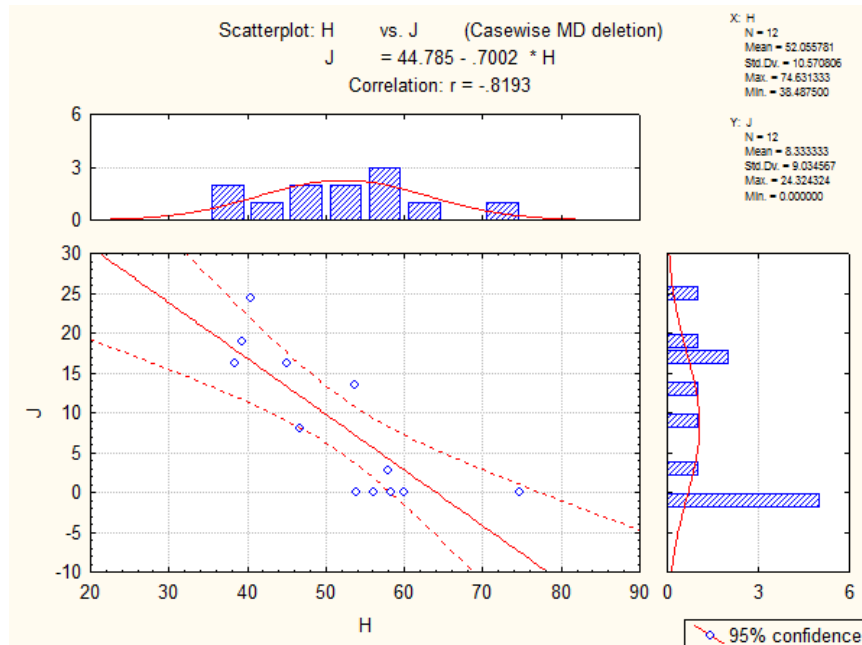


Figura 45. Correlación negativa significativa ( $p=0.001$ ) de la humedad (H) y la clase jóvenes (J).



En CS la biomasa de machos (todas las clases de edad) mostró una correlación positiva significativa ( $p=0.002$ ) de 0.80, lo cual se debió principalmente a individuos adultos; esto se confirmó con la correlación positiva significativa ( $p=0.001$ ) de la abundancia de machos adultos y la temperatura, con un valor de 0.82 (Cuadro 35). Al comparar la abundancia de las dos subespecies se encontró que *S. s. caeruleopunctatus* mostró una correlación altamente significativa ( $p<0.001$ ) con la temperatura, con un valor de 0.87; mientras que *S. s. apicalis* presentó 0.23.

La tasa de crecimiento (TC) mostró una correlación negativa con la temperatura (-0.62), lo cual puede estar relacionado con las condiciones disponibilidad de recursos y fenología de la especie. Puesto que la mayor TC en CS se registró para individuos inmaduros, los cuales estuvieron presentes en los meses en los que la temperatura fue menor. en cambio, la supervivencia mostró una correlación negativa significativa ( $p<0.05$ ) con la humedad (-0.63), lo cual puede relacionarse a que existe menor supervivencia en la temporada en la que se tuvo presencia de individuos inmaduros.

Cuadro 35. Correlaciones de temperatura y humedad con 15 parámetros poblacionales de *de ambas subespecies* en CS. Cada parámetro muestra su promedio y desviación estándar (D.E.).

PROMEDIO	D.E.	CS	T°	H
99.05	93.96	<b>Biomasa Machos</b>	0.80	-0.24
102.66	69.26	<b>Biomasa Hembras</b>	0.52	0.27
201.71	147.46	<b>Biomasa Total</b>	0.75	-0.03
0.16	0.06	<b>Tasa de Crecimiento</b>	-0.62	0.10
0.24	0.09	<b>Proporción (MC/LHC)</b>	0.31	0.02
6.92	3.68	<b>Abundancia (S.s.α.)</b>	0.23	-0.06
3.25	2.67	<b>Abundancia (S.s.c.)</b>	0.87	-0.22
10.17	4.71	<b>Abundancia Total</b>	0.67	-0.17
3.08	3.80	<b>Machos (Adultos)</b>	0.82	-0.14
3.33	2.77	<b>Hembras (Adultos)</b>	0.65	0.22
0.36	0.16	<b>Probabilidad Captura (p)</b>	0.25	-0.17
0.69	0.24	<b>Supervivencia (φ)</b>	0.47	-0.63
8.33	15.89	<b>Crías</b>	-0.19	0.29
8.33	11.18	<b>Jóvenes</b>	-0.38	-0.41
8.33	8.18	<b>Adultos</b>	0.78	0.01

En ZC la biomasa y abundancia presentó una correlación positiva significativa con la temperatura en hembras, mientras en CS fue en machos (Fig. 46). En ambos sitios estos valores se relacionaron con individuos adultos. CS es una zona abierta con una densidad arbórea de 8 ind/ha, en esta zona la radiación solar es más directa y por lo tanto la temperatura que se registró fue mayor, a diferencia de ZC con una densidad arbórea de 697 ind/ha.

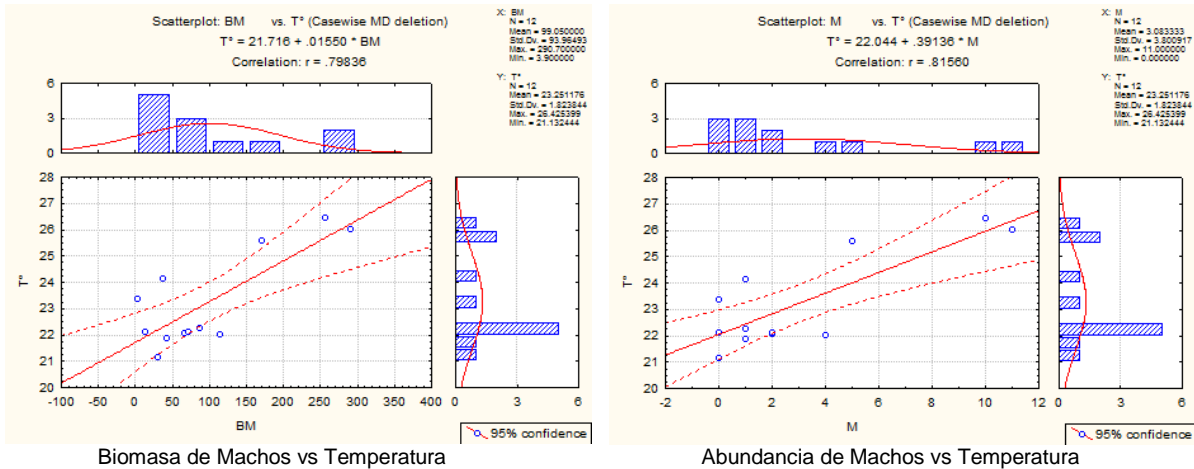


Figura 46. Correlación positiva significativa de la biomasa (0.80) y abundancia (0.82) de machos con la temperatura en CS.

Estas condiciones de mayor temperatura no son un factor limitante para *S. s. caeruleopunctatus* puesto que su abundancia mostró la correlación más alta del análisis (Fig. 47). Por lo tanto, esta subespecie es tolerante a las altas temperaturas, mientras que para *S. s. apicalis* este puede ser un factor limitante, en conjunto con la baja diversidad de sustratos adecuados para su distribución, los cuales están ausentes en zonas deforestadas.

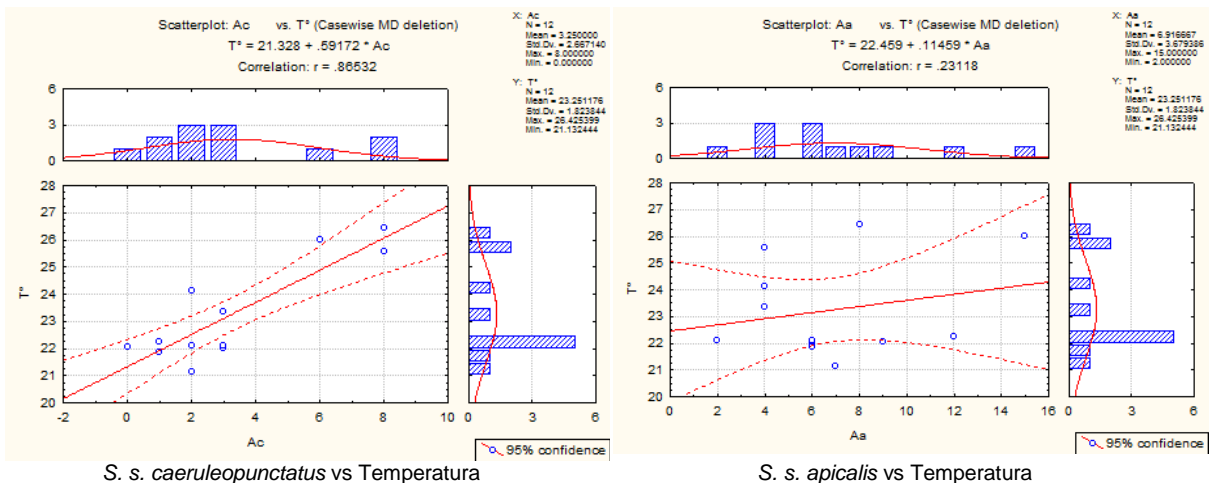


Figura 47. Correlación positiva significativa de la abundancia de *S. s. caeruleopunctatus* (0.87) y no significativa de *S. s. apicalis* (0.23), con la temperatura en CS.

Esto es aun más claro en áreas con mayor perturbación, tal como la zona urbana del MNY, donde solo se encuentra presente *S. s. caeruleopunctatus*. Entonces a medida que aumenta el grado de alteración del ambiente en MNY la presencia de *S. s. apicalis* disminuye, estando totalmente ausente en la zona urbana donde *S. s. c.* es dominante y que además su rango de distribución abarca la ciudad de Oaxaca.

## VIII. COCLUSIONES

CS y ZC presentaron diferencias muy marcadas en los parámetros de estructura y composición vegetal, lo cual influye directamente sobre la disponibilidad de los recursos de refugio y alimento. ZC presentó mayor cobertura arbórea, mayor riqueza de especies de flora, con presencia especies de cactáceas sensibles a la perturbación que estuvieron ausentes en CS.

*Sceloporus spinosus* presentó diferencias morfológicas notables en los sitios de estudio, debido a la presencia de dos subespecies, las cuales podrían ser especies diferentes. De las cuales *S. s. spinosus caeruleopunctatus* es una especie generalista que habita las zonas urbanas del MNY y de la ciudad de Oaxaca y *S. s. apicalis* una especie nativa que se restringe a zonas de SBC y matorral xerófilo del MNY.

Para ambas subespecies, las crías se registraron en agosto-noviembre, jóvenes en octubre-abril y adultos todo el año, en CS el mayor número de individuos registrados fueron adultos.

En ambos sitios la mayor densidad de individuos adultos se registró en marzo-mayo, debido a la época de reproducción.

Los tipos de sustrato más utilizados por *S. s. apicalis* en ZC fue *Opuntia pilifera* y en CS fueron rocas de gran tamaño; *S. s. caeruleopunctatus* utilizó rocas de gran tamaño y *Prosopis laevigata*. Machos explotaron mayor número de sustratos que hembras en ambas subespecies y sitios.

En ZC se registró una proporción de sexos mayor para machos y en CS fue similar a la proporción 1:1 para ambas subespecies.

En CS las lagartijas presentaron mayor TC en crías y jóvenes, mientras que en ZC la TC fue mayor en adultos. La TC varió en función de las temporadas y las condiciones ambientales, por lo que una temporada favorable representó un incremento en la TC y por lo tanto en LHC de todos los individuos aun para individuos adultos, siendo menor el incremento en adultos con una LHC mayor de 90 mm.

En CS se registró menor supervivencia y mayor densidad poblacional que en ZC, por lo que CS es un ambiente dinámico posiblemente modelado por factores como la depredación, incendios, competencia interespecífica y la disponibilidad de recursos restringida a ciertas temporadas. El mismo patrón se registró para *S. s. apicalis* con menor supervivencia y mayor densidad poblacional en CS. ZC presentó mayor supervivencia de machos y CS reveló una supervivencia constante para ambos sexos.

Las condiciones de mayor temperatura no son un factor limitante para *S. s. caeruleopunctatus*, puesto que su abundancia mostró una correlación alta con la temperatura. Por lo tanto, esta subespecie es tolerante a las altas temperaturas, mientras que para *S. s. apicalis* este puede ser un factor limitante, en conjunto con la baja diversidad de sustratos adecuados para su distribución, los cuales están ausentes en zonas deforestadas.

Los parámetros poblacionales de *Sceloporus spinosus apicalis* mostraron diferencias entre los sitios de estudio (ZC y CS). Por lo tanto el cambio de uso de suelo influye sobre los parámetros demográficos de esta especie, disminuyendo su densidad y sobrevivencia en zonas deforestadas.

Para el MNY son importantes los fragmentos de SBC que mantiene, la subespecie *Sceloporus spinosus apicalis* solo se registro en estos fragmentos, y en zonas con mayor degradación y zonas urbanas son ocupadas por la especie generalista, y en estas zonas no se registró a *S. s. apicalis*. Al igual que esta especie, existen muchas otras que dependen de la permanencia y la conectividad de estos fragmentos de SBC.

## LITERATURA CITADA

- Ballinger, R.E. y J.A. Lemos-Espinal.** 1995. Reproduction in the mexican lizard, *Sceloporus torquatus*. Rev. Ciencia Forestal en México 20(78): 143-148.
- Bauwens, D.** 1999. Life-history variation in lacertid lizards. Nat. Croat., 8(3):239-252.
- Borges-Landáez, P.A. y R. Shine.** 2003. Influence of toe-clipping on running speed in *Eulamprus quoyii*, an Australian sincid lizard. Journal of herpetology, 37(3): 592-595.
- Burnham, K.P. y D.R. Anderson.** 2002. Model selection and multimodel inference –A practical information- Theoretic Approach. Springer-Verlag, New York. 488 p.
- Bustos-Zagal, M.G., F.R. Méndez-de la Cruz, R. Castro-Franco y M. Villagrán-Santa Cruz.** 2011. Ciclo reproductor de *Sceloporus ochoteranae* en el estado de Morelos, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 82: 589-597.
- Calderón-Espinosa, M.L., R.M. Andrews y F.R. Méndez de la Cruz.** 2006. Evolution of egg retention in the *Sceloporus spinosus* group: exploring the role of physiological, environmental, and phylogenetic factors. Herpetological Monographs 20(1): 147-158.
- Calderón-Mandujano, R.R., C. Galindo-Leal y J.R. Cedeño-Vázquez.** 2008. Utilización de hábitat por reptiles en estados sucesionales de selvas tropicales de Campeche, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 24(1): 95-114.
- Canseco-Márquez, L. y G. Gutiérrez-Mayen.** 2010. Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. CONABIO, México, D.F. 302 p.
- Casas-Andreu, G., F. R. Méndez-De La Cruz y J. L. Camarillo.** 1996. Anfibios y reptiles de Oaxaca. Lista, Distribución y Conservación. Acta Zoológica Mexicana 69: 1-35.
- Castañeda-Gaytán, G., H. Gadsden, H. López-Corrujedo y L. Estrada-Rodríguez.** 2003. Historia de vida de *Uma parapygas* (Sauria:Phrynosomatidae) en la reserva de la biosfera de Mapimí, Durango. Acta Zoológica Mexicana (n.s.), 89: 169-184.
- CONAGUA.** 2011. Comisión Nacional del Agua. Consulta: 9 de Agosto 2011 en: <http://smn.cna.gob.mx/>.
- CONANP.** 2013. Programa de manejo Monumento Natural Yagul. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. SEMARNAT, México, D.F. 135 p.
- Cooch, E. y G. White.** 2007. Program MARK. "A gentle introduction". 6a ed. Ithaca, Nueva York. 654 p.
- Cosson, J., J. Pons y D. Masson.** 1999. Effects of forest fragmentation on frugivorous and nectarivorous bats in French Guiana. Journal of Tropical Ecology. 515 – 532 p.
- Dunham, A.E.** 1981. Populations in a fluctuating environment: The comparative population ecology of the iguanid lizards *Sceloporus merriami* and *Urosaurus ornatus*. Miscellaneous Publications (158), 60 p.
- Engen, S. y B.E. Saether.** 1994. Optimal allocation of resources to growth and reproduction. Theoretical population biology, 46: 232-248.
- Fahrig, L.** 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Rev. Ecol. Evol. Syst., 34:487-515.
- Ferner, J.W.** 2007. A review of marking and individual recognition techniques for amphibians and reptiles. Society for the study of amphibians and reptiles, Herpetological circular no. 35, 60 p.

- Fitch, H.S.** 1985. Variation in clutch and litter size in new world reptiles. University of Kansas, Museum of Natural History. Miscellaneous Publication 76, 76 p.
- Gadsden-Esparza, H.** 2006. Demografía e historia de vida en saurios. *Ciencia*, 13(2):183-191.
- Gadsden, H. y J.L. Estrada-Rodríguez.** 2008. Demography of the yarrow's spiny lizard, *Sceloporus jarrovi*, from the central chihuahuan desert. *Western North American Naturalist* 68(1): 46-57.
- Galán, P.** 1997. Reproductive ecology of the lacertid lizard *Podarcis bocagei*. *Ecography* 20: 197-209.
- Haila, Y.** (2002). A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. *Ecological Applications* 12(2): 321-334.
- Halfpeter, G. y C.E. Moreno.** 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. M3m, Monografías Tercer Milenio, Vol. 4, S.E.A., Zaragoza, España, 55-18 p.
- Hernández-Salinas, U.** 2014. Comparación de dos especies de lagartijas de ambiente insular y continental: Evolución de algunas características de historia de vida. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México, Hidalgo. 134 p.
- Heulin, B., K. Osenneg-Leconte y D. Michel.** 1997. Demography of a bimodal reproductive species of lizard (*Lacerta vivipara*): survival and density characteristics of oviparous populations. *Herpetologica* 53: 432-444.
- Hodges, W.L.** 2004. Evolution of viviparity in horned lizards (Phrynosoma): testing the cold-climate hypothesis. *J. Evol. Biol.* 17: 1230-1237.
- Hokit, D.G. y L.C. Branch.** 2003. Habitat patch size affects demographics of the Florida scrub lizard (*Sceloporus woodi*). *Journal of Herpetology* 37(2):257-265.
- Huey, R.B., A.E. Dunham, K.L. Overall y R.A. Newman.** 1990. Demographically known populations of the lizard *Sceloporus merriami*. *Physiological Zoology* 63(5):845-872.
- Karr, J.R.** 1999. Defining and measuring river health. *Freshwater Biology*, 41: 221–234.
- Leaché, A.D.** 2010. Species trees for spiny lizards (Genus *Sceloporus*): Identifying points of concordance and conflict between nuclear and mitochondrial data. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54: 162-171.
- Lebreton, J.D., K.P. Burnham, J. Clobert y D.R. Anderson.** 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological Monographs*, 62(1): 67-118.
- Lemos-Espinal, J.A. y J. Amaya-Elias.** 1986. Aspectos generales sobre la ecología poblacional de la lagartija *Sceloporus grammicus microlepidotus* (Lacertilia: Iguanidae), en la vertiente oriental del volcán Iztaccihuatl, Puebla. *Rev. Ciencia Forestal* 59(11):127-151.
- Lemos-Espinal, J.A. y J. González-Espinoza.** 2001. Demografía e historia de vida de la lagartija *Xenosaurus newmanorum* en Xilitla, San Luis Potosí. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 58 p.

- Lemos-Espinal, J.A., R.E. Ballinger y G.R. Smith.** 1998. Comparative demography of the high-altitude lizard, *Sceloporus grammicus* (Phrynosomatidae), on the Iztaccihuatl volcano, Puebla, Mexico. *Great Basin Naturalist* 58(4): 375-379.
- Lindenmayer, D.B., R.C. Lacy y K.L. Viggers.** 1998. Modelling survival and capture probabilities of the mountain brushtail possum (*Trichosurus caninus*) in the forests of southeastern Australia using trap-recapture data. *J. Zool.* 245: 1-13.
- Losos, J.B., J.C. Marks y T.W. Schoener.** 1993. Habitat use and ecological interactions of an introduced and a native species of *Anolis* lizard on Grand Cayman, with a review of the outcomes of anole introductions. *Oecologia*, 95: 525-532.
- Ludwig, J.A. y J.F. Reynolds.** 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing. Estados Unidos de America. 368 p.
- Martínez, E. y Ojeda.** 1996. Guía ilustrada de las plantas en Yagul. Proyecto Yagul 1996: Conservación de los Recursos Ecológicos. Inédito. 78 p.
- Martinez-Loya, M. A.** 1998. Factores que determinan el tamaño de la nidada en *Sceloporus spinosus spinosus* de la laguna la Preciosa, Estado de Puebla, México. Tesis licenciatura, Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 54 p.
- Martorell, C. y E.M. Peters.** 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biological Conservation*, 124: 199-207.
- Maury, M.E.** 1999. Ecología reproductiva de *Cophosaurus texanus* (Sauria: Phrynosomatidae) en el desierto chihuahuense, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 76: 35-48.
- Méndez, F.R. y M. Villagrán.** 1998. Reproducción asincrónica de *Sceloporus palaciosi* (Sauria: Phrynosomatidae) en México, con comentarios sobre sus ventajas y regulación. *Rev. Bio. Trop.* 46(4): 1159-1161.
- Miranda, F. y X. Hernández.** 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México.* 73 p.
- Molina-Zuluaga, C., P.F. Doherty Jr, J.J. Zúñiga-Vega. and J.G. Zamora-Abrego.** 2013. Survivorship, Growth, and Detection of a Knob-scaled Lizard in Queretaro, Mexico. *Source. Journal of Herpetology* 47: 156-161.
- Morrone, J.J.** 2013. Sistemática-Fundamentos, métodos, aplicaciones. México, D.F. 411 p.
- Mostacedo, B. y T.S. Fredericksen.** 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Santa Cruz, Bolivia. 82 p.
- Ortega-León, A.M., E.R. Smith, J.J. Zúñiga-Vega y F.R. Méndez-de la Cruz.** 2007. Growth and demography of one population of the lizard *Sceloporus mucronatus mucronatus*. *Western North American Naturalist* 67(4): 492-502.
- Ortega-Rubio, A., R. Barbault, G. Halffter, A. Castellanos y F. Salinas.** 1998. Growth effort of *Sceloporus scalaris* (Sauria: Phrynosomatidae) at La Michilía Biosphere Reserve, Mexico. *Rev. Biol. Trop.*, 46(1):145-155.
- Ortega-Rubio, A., G. Halffter y R. Barbault.** 2000. Bunch grass lizard, *Sceloporus scalaris*, population dynamics at La Michilia biosphere reserve, Mexico. *Herpetological Journal* (10):33-39.

- Ortiz-Pérez, M.A., J.R. Hernández-Santana y J.M. Figueroa Mah-Eng.** 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. En: Biodiversidad de Oaxaca, A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds). México. p. 43-54.
- Parker, W.S.** 1994. Demography of the fence lizard, *Sceloporus undulatus*, in Northern Mississippi. *Copeia* (1): 136-152.
- Pincheira-Donoso, D., T. Tregenza, M.J. Witt y D.J. Hodgson.** 2013. The evolution of viviparity opens opportunities for lizard radiation but drives it into a climatic cul-de-sac. *Global Ecology and Biogeography*, 22: 857-867.
- Pradel, R.** 1996. Study of recruitment and population growth rate. *Biometrics* 52: 703-709.
- Ramírez-Bautista, A.** 1995. Demografía y reproducción de la lagartija arborícola *Anolis nebulosus* de la región de Chamela, Jalisco. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Ramírez-Bautista, A., B.P. Stephenson, X. Hernández-Ibarra, U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde, A. Lozano y G.R. Smith.** 2012. Reproductive strategy of male and female eastern spiny lizards *Sceloporus spinosus* (Squamata: Phrynosomatidae) from a region of the Chihuahuan Desert, Mexico. *Acta Herpetológica* 7(2): 239-252.
- Ramírez-Bautista, A., G.R. Smith, A. Leyte-Manrique, y U. Hernández-Salinas.** 2013. No sexual size-dimorphism in the Eastern spiny lizard, *Sceloporus spinosus*, from Guadalcázar, San Luis Potosí, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 58(4): 505-508.
- Reed, R. N. y A. D. Tucker.** 2012. Determining age, sex, and reproductive condition. En *Reptile Biodiversity: Standard Methods for inventory and monitoring*, R. W. McDiarmid, M. S. Foster, C. Guyer, J. W. Gibbons, y N. Chernoff (eds.). Los Ángeles, California. p. 151 – 163.
- Rodríguez-Romero, F.** 2004. Demografía comparada de dos especies de lacertilios emparentados del género *Sceloporus* (Sauria: Phrynosomatidae) con diferente modo reproductor. Tesis, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 75 p.
- Rodríguez-Romero, F., G.R. Smith, F. Méndez-Sánchez, O. Hernández-Gallegos, P. Sánchez-Nava y F.R. Méndez de la Cruz.** 2011. Demography of a semelparous, high-elevation population of *Sceloporus bicanthalis* (Lacertilia: Phrynosomatidae) from the Nevado de Toluca Volcano, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 56(1):71-77.
- Romero-Schmidt, H.L., A. Ortega-Rubio y M. Acevedo-Beltrán.** 1999. Reproductive characteristics of the black-tailed brush lizard, *Urosaurus nigricaudus* (Phrynosomatidae). *Rev. Biol. Trop.*, 47(4): 1111-1115.
- Rzedowski, J.** 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 p.
- Santos-Moreno, A., M. A. Briones-Salas y R. López-Wilchis.** 2007. Diferencias en algunos parámetros demográficos de *Oryzomys chapmani* (Rodentia: Muridae) asociadas a tres estados sucesionales de bosque mesófilo de montaña en Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 23(1): 123-137.
- Santos, T. y J.L. Tellería.** (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas* 15(2): 3-12.



- Santos-Barrera, G. y J.N. Urbina-Cardona.** 2011. La dinámica del borde-matriz en bosques mesófilos de montaña fragmentados y su papel en la conservación de los anfibios. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 679-687.
- SEMARNAT.** 2010. Norma Oficial Mexicana 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*, 30 de Diciembre de 2010. 78 p.
- Shine, R. y E.L. Charnov.** 1992. Patterns of survival, growth, and maturation in snakes and lizards. *Universidad de Chicago, The American Naturalist* 139: 1257 – 1269.
- Sites, J.W., J.W. Archie, C.J. Cole y O. Flores-Villela.** 1992. A review of phylogenetic hypotheses for lizards of genus *Sceloporus* (Phrynosomatidae): Implications for ecological and evolutionary studies. *Bulletin of the American museum of natural history*, 213. 110 p.
- Smith, E.N.** 2001. Species boundaries and evolutionary patterns of speciation among the malachite lizards (Formosus group) of the genus *Sceloporus* (Squamata: Phrynosomatidae). Tesis, Universidad de Texas en Arlington. Texas, Arlington. 356 p.
- Smith, H.M.** 1939. The Mexican and Central American lizards of the genus *Sceloporus*. *Zoological Series, Field Museum of Natural History* 26(445), 395 p.
- Smith, P.W. y H.M. Smith.** 1951. A new lizard (*Sceloporus*) from Oaxaca, Mexico. *Biological Society of Washington*, (64): 101 – 104.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie.** 1988. *Bioestadística: principios y procedimientos*. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE MEXICO, S.A. DE C.V. México, D.F. 622 p.
- StatSoft, Inc.** (1998). *STATISTICA for Windows*. Tulsa, OK: StatSoft, Inc., 2300 East 14th Street, Tulsa, OK 74104.
- Suazo-Ortuño, I., J. Alvarado-Díaz y M. Martínez-Ramos.** 2007. Effects of conversion of dry tropical forest to agricultural mosaic on herpetofaunal assemblages. *Conservation Biology* 22(2): 362-374.
- Tinkle, D.W.** 1967. The life and demography of the Side-Blotched Lizard, *Uta Stansburiana*. *Miscellaneous Publications* (132), 174 p.
- Tinkle, D.W. y J.W. Gibbons.** 1977. The distribution and Evolution of viviparity in reptiles. *Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Mich.* 154:1-55.
- Torres-Barragán, C.A.** 2012. Estudio de la herpetofauna del Monumento Natural Yagul, Tlacolula, Oaxaca. Tesis, Escuela de Ciencias, Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca. Oaxaca de Juárez, Oaxaca. 131 p.
- Uller, T. y M. Olsson.** 2005. Trade-offs between offspring size and number in the lizard *Lacerta vivipara*: a comparison between field and laboratory conditions. *J. Zool., Lond.* 265: 295-299.
- Urbina-Cardona, J.N. y M.C. Londoño-Murcia.** 2003. Distribución de la comunidad de herpetofauna asociada a cuatro áreas con diferente grado de perturbación en la Isla Gorgona, Pacífico colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 27(102):105-113.
- Valdez-González, M.A. y A. Ramírez-Bautista.** 2002. Reproductive Characteristics of the Spiny Lizards, *Sceloporus horridus* and *Sceloporus spinosus* (Squamata: Phrynosomatidae) from México. *Journal of Herpetology* 36(1):36-43.

- Valverde, P.L., J.A. Zavala-Hurtado, C. Jiménez-Sierra, B. Rendón-Aguilar, A. Cornejo-Romero, S. Rivas-Arancibia, G. López-Ortega y M.A. Pérez-Hernández.** 2009. Assessment of extinction risk of *Mammillaria pectinifera*, an endemic cactus of the Tehuacán-Cuicatlán region. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80: 219-230.
- Vinegar, M.B.** 1975. Demography of the striped plateau lizard, *Sceloporus virgatus*. *Ecology* (56): 172-182.
- Wiens, J.J., C.A. Kuczynski, S. Arif y T.W. Reeder.** 2010. Phylogenetic relationships of phrynosomatid lizards based on nuclear and mitochondrial data, and a revised phylogeny for *Sceloporus*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54: 150-161.
- Wiens, J.J. y T.W. Reeder.** 1997. Phylogeny of the spiny lizards (*Sceloporus*) based on molecular and morphological evidence. *Herpetological Monographs*, 11: 1-101.
- Zuñiga-Vega, J.J., F.R. Méndez-de la Cruz y O. Cuellar.** 2008. Demography of the lizard *Sceloporus grammicus*: exploring temporal variation in population dynamics. *Can. J. Zool.* 86: 1397-1409.

## ANEXOS

### ANEXO I. Composición Vegetal registrada en CS y ZC

NOMBRE COMÚN	ESPECIE	FAMILIA	FORMA DE VIDA	DISTRIBUCIÓN
Magüey Cirial	<i>Agave karwinskii</i>	Agavaceae	Suculenta	CS
Magüey Tobalá	<i>Agave potatorum</i>	Agavaceae	Suculenta	ZC
Quelite	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	Hierba	CS
Pasto	<i>Andropogon saccharoides</i>	Gramineae	Pasto	CS
Chicalote	<i>Argemone mexicana</i>	Papaveraceae	Hierba	CS y ZC
Flor de Aceitillo	<i>Bidens odorata</i>	Compositae	Hierba	CS y ZC
Pasto Banderilla	<i>Bouteloua curtipendula</i>	Gramineae	Pasto	CS
Copal Colorado	<i>Bursera galeottiana</i>	Burseraceae	Árbol	ZC
Copal	<i>Bursera glabrifolia</i>	Burseraceae	Árbol	ZC
Rompe Capa	<i>Celtis pallida</i>	Ulmaceae	Arbusto	CS y ZC
Mala Mujer	<i>Cnidoscolus multilobus</i>	Euphorbiaceae	Arbusto	CS y ZC
Chepil	<i>Crotalaria pumila</i>	Laguminosae	Hierba	CS
Canelillo	<i>Croton ciliatoglandulosus</i>	Euphorbiaceae	Arbusto	CS
Helecho	<i>Cheilantes bonariensis</i>	Polypodiaceae	Helecho	ZC
Toronjil	<i>Dalea foliolosa</i>	Leguminosae	Hierba	CS
Jarilla	<i>Dodonea viscosa</i>	Sapindaceae	Arbusto	ZC
Cuatle	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Leguminosae	Arbusto	ZC
Biznaga	<i>Ferocactus recurvus</i>	Cactaceae	Suculenta	ZC
Higo	<i>Ficus sp.</i>	Moraceae	Árbol	ZC
Lechuguilla	<i>Hechtia podantha</i>	Bromeliaceae	Suculenta	ZC y CS
Cazahuate	<i>Ipomoea pauciflora</i>	Convolvulaceae	Árbol	ZC y CS
Quebra Plato	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae	Hierba	CS
Nuez Silvestre	<i>Jatropha oaxacana</i>	Euphorbiaceae	Arbusto	ZC
Zapotillo	<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae	Arbusto	ZC y CS
Salvia de castilla	<i>Lippia berlandieri</i>	Verbenaceae	Arbusto	ZC y CS
Tepeguaje	<i>Lysiloma acapulcensis</i>	Leguminosae	Árbol	ZC
Chilillo	<i>Mammillaria collinsii</i>	Cactaceae	Suculenta	ZC
Chilillo	<i>Mammillaria Karwinskiana</i>	Cactaceae	Suculenta	ZC
Pega Ropa	<i>Mentzelia hispida</i>	Loasaceae	Subarbusto	ZC
Maravilla	<i>Mirabilis jalapa</i>	Nyctaginaceae	Hierba	ZC y CS
Garambullo	<i>Myrtillocactus schenckii</i>	Cactaceae	Suculenta	ZC y CS
Mostaza montés	<i>Nicotiana glauca</i>	Solanaceae	Arbusto	ZC y CS
Nopal Silvestre	<i>Opuntia pilifera</i>	Cactaceae	Suculenta Arbórea	ZC y CS
Cardo	<i>Opuntia Pumila</i>	Cactaceae	Suculenta	ZC y CS

Mezquite	<i>Prosopis laevigata</i>	Leguminosae	Árbol	ZC y CS
Pirú de Cerro	<i>Pseudosmodingium multifolium</i>	Anacardiaceae	Árbol	ZC
Muerdago	<i>Psittacanthus calyculatus</i>	Loranthaceae	Arbusto	ZC y CS
Pasto Rosado	<i>Rhynchelytrum repens</i>	Gramineae	Pasto	CS
Chia	<i>Salvia hispanica</i>	Labiatae	Subarbusto	CS y ZC
Ojo de gallo	<i>Sanvitalia procumbens</i>	Compositae	Hierba	CS
Pirul	<i>Schinus molle</i>	Anacardiaceae	Árbol	CS y ZC
Palo Santo	<i>Senecio praecox</i>	Compositae	Subarbol	ZC
Huesillo	<i>Senna holwayana</i>	Leguminosae	Subarbol	ZC
Pie de Cabra	<i>Solanum rostratum</i>	Solanaceae	Hierba	CS y ZC
Pitayo	<i>Stenocereus pruinosus</i>	Cactaceae	candelabriforme	CS y ZC
Tunillo	<i>Stenocereus treleasei</i>	Cactaceae	columnar	ZC
Heno	<i>Tillandsia recurvata</i>	Bromeliaceae	Epifita	ZC y CS
Flor de Maguey	<i>Tillandsia sp</i>	Bromeliaceae	Epifita y Saxicola	ZC
Acahual	<i>Tithonia tubiformis</i>	Compositae	Subarbusto	ZC y CS
Abrojo	<i>Tribulus cistoides</i>	Zygophyllaceae	Hierba	ZC y CS
Izote cimarrón	<i>Yucca periculosa</i>	Agavaceae	Suculenta arbórea	CS y ZC
Gallito	<i>Zinnia peruviana</i>	Compositae	Hierba	ZC
Huizache	<i>Acacia sp</i>	Leguminosae	Arbusto	CS y ZC
Espadin	<i>Agave angustifolia</i>	Agavaceae	Suculenta	CS

ANEXO II. Riqueza de Especies de Anfibios y Reptiles registrada en ZC y CS. (\*) Nuevo registro para la herpetofauna del MNY.

Especie	Nombre Común	ZC	CS
<i>Hyla euphorbiacea</i>	Rana Arborícola	1	1
<i>Exerodonta sumichrasti</i>	Rana Arborícola	1	0
<i>Lithobates spectabilis</i>	Rana	1	1
<i>Incilius occidentalis</i>	Sapo	1	1
<i>Spea multiplicata</i>	Sapo	1	1
<i>Eleutherodactylus nitidus</i>	Rana Chifladora	1	1
<i>Aspidoscelis sacki</i>	Lagartija	1	1
<i>Sceloporus siniferus</i>	Lagartija Cola Larga	1	1
<i>Drymarchon melanurus</i>	Víbora Negra	0	1
<i>Masticophis mentovarius</i>	Culebra corredora	1	1
<i>Senticolis triaspis</i>	Ratonera	1	1
<i>Conophis vittatus</i>	Serpiente Rayada	1	0
<i>Leptodeira septentrionalis</i>	Serpiente Ojo de Gato	1	0
<i>Stenorhina freminvillei</i>	Serpiente Cavadora	1	1
<i>Salvadora intermedia*</i>	Serpiente Rayada	1	0

<i>Trimorphodon tau</i>	Serpiente Ojo de Gato	0	1
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	Culebra de Agua	1	0
<b>TOTAL</b>		<b>15</b>	<b>12</b>

ANEXO III. Registro de Depredadores Potenciales de *Sceloporus spinosus*

Como parte del análisis se registraron los posibles depredadores para ambas zonas (ZC y CS) se encontró que CS tiene el mayor número de especies que pueden depredar a *S. spinosus* y con mayor abundancia. Para ZC se tiene a *Thamnophis cyrtopsis* y *Masticophis mentovarius*, mientras para CS se registraron a *Masticophis mentovarius*, *Senticolis triaspis*, *Drymarchon melanurus*, *Caracara cheriway*, *Elanus leucurus*, *Accipiter striatus*, *Corvus corax*, *Lanius ludovicianus* y *Buteo jamaicensis*.



*Caracara cheriway*



*Buteo jamaicensis*



*Masticophis mentovarius*



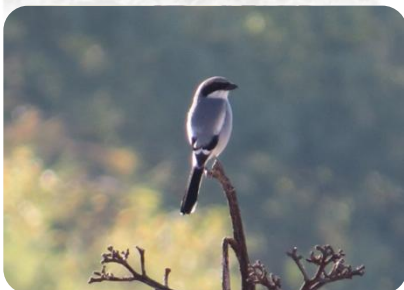
*Thamnophis cyrtopsis*



*Drymarchon melanurus*



*Elanus leucurus*



*Lanius ludovicianus*



*Senticolis triaspis*



*Corvus corax*