



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

Posgrado en Ciencias Biológicas

Instituto de Biología

Ecología

Estructura de la comunidad de lagartijas a través de un gradiente altitudinal en Cerro Grande, Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Colima

Para optar por el título de

Maestra en Ciencias Biológicas

Presenta:

Jazmine Eloiza Oliveros Jiménez

Tutor:

Dr. Andrés García Aguayo. Instituto de Biología, UNAM

Comité tutor:

Dr. Adolfo Gerardo Navarro Sigüenza. Facultad de Ciencias, UNAM

Dr. Fausto Roberto Méndez de la Cruz. Instituto de Biología, UNAM

México, DF

Enero, 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión del Subcomité por Campo de Conocimiento de Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 22 de junio de 2015, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** de la alumna **OLIVEROS JIMÉNEZ JAZMINE ELOIZA** con número de cuenta **512026587** con la tesis titulada **"Estructura de la comunidad de lagartijas a través de un gradiente altitudinal en Cerro Grande, Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán, Colima"**, realizada bajo la dirección del **DR. ANDRÉS GARCÍA AGUAYO**:

Presidente: DR. GUSTAVO CASAS ANDREU
Vocal: DR. HIBRAIM ADÁN PÉREZ MENDOZA
Secretario: DR. FAUSTO ROBERTO MÉNDEZ DE LA CRUZ
Suplente: DRA. IRENE GOYENECHEA MAYER GOYENECHEA
Suplente: DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 2 de diciembre de 2015.

M. del Coro Arizmendi
DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

Agradecimientos

Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM, la oportunidad de desarrollar esta nueva faceta de mi vida y su gran calidad de investigadores que tiene para formar nuevos recursos humanos en el área.

También quiero agradecer al CONACYT por la beca proporcionada durante el desarrollo de mi maestría.

Un enorme reconocimiento y mayor agradecimiento hacia los miembros de mi comité tutorial, al Dr. Andrés García Aguayo quien fue mi asesor de tesis, al Dr. Fausto Méndez de la Cruz y al Dr. Adolfo Navarro Sigüenza, muchas gracias por su tiempo y recomendaciones.

Agradecimientos a título personal

Me gustaría agradecer a quienes hicieron mi estancia en Colima más agradable, entre ellos a la Biól. Bibiana Larios, a Fidel Pérez, a Ricardo Carrillo por su acompañamiento en los recorridos, de la misma forma a José Carrillo por su gran apoyo y consejos en campo. A toda la familia Carrillo Alcaraz por su cálido recibimiento dentro de su hogar y en general a todas aquellas personas tan amables de los ejidos Campo Cuatro y Lagunitas.

De la misma forma quiero agradecer a mi madre por siempre creer en mí y por ser mi compañera de vida.

Agradezco enormemente a Marco Antonio Cruz por los ánimos para seguir en estos caminos de la constante preparación académica, gracias niño sin ti no lo habría logrado.

Índice

Resumen	1
Abstract.....	2
1. Introducción	3
1.1 Patrones de riqueza específica dentro de gradientes altitudinales	3
1.2 Variación de la riqueza de especies y abundancia de reptiles dentro de gradientes ambientales	5
1.3 Justificación del estudio de la biodiversidad en gradientes altitudinales.....	9
2. Objetivos e hipótesis	11
2.1 Objetivos.....	11
2.2 Hipótesis	11
3. Antecedentes	12
3.1 Área de estudio	12
3.2 Estudios sobre lagartijas en Colima.....	16
4. Metodología	18
4.1 Sitios de muestreo.....	18
4.2 Riqueza específica y abundancia relativa de lagartijas.....	20
4.3 Características del hábitat	22
4.4 Diversidad filogenética	23
4.5 Análisis de datos	25
5 Resultados	27
5.1 Estructura de la vegetación y heterogeneidad ambiental.....	27
5.2 Temperatura y humedad	31
5.3 Riqueza específica, abundancia relativa e índices de Shannon	33
5.4 Diversidad filogenética de acuerdo a Vane-Wright (1991).....	49
5.5 Modelo lineal y análisis de componentes principales.....	51
6 Discusión.....	56
6.2 Estructura de la vegetación y disponibilidad de microhábitats.....	56
6.3 Riqueza de especies, de familias, abundancia relativa e Índice de Shannon.....	61
6.4 Riqueza de especies, abundancia y diversidad filogenética a través del gradiente altitudinal	64

6.5	Relación de las características del hábitat con la riqueza específica y abundancia de lagartijas, ensamble de la comunidad	67
7	Conclusiones	70
8	Literatura citada.....	71

Índice de Figuras

Figura 1.	Patrones de riqueza de especies.	4
Figura 2.	Patrones de riqueza de especies para reptiles.....	9
Figura 3.	Mapa de unidades fisiográficas del polígono de la Sierra de Manantlán.....	14
Figura 4.	Localización de los sitios de muestreo.....	19
Figura 5.	Dendrograma con características de los sitios de muestreo.....	20
Figura 6.	Diagrama para el cálculo de la diversidad filogenética	23
Figura 7.	Densidad de árboles en 100 m ² para cada sitio de muestreo.....	28
Figura 8.	Área basal de los árboles de los sitio de estudio.....	28
Figura 9.	Caracterización de los sitios de muestreo para la temporada de secas.	30
Figura 10.	Caracterización de los sitios de muestreo para la temporada de lluvias.	30
Figura 11.	Variación en la temperatura.	32
Figura 12.	Variación en la humedad.....	32
Figura 13.	Curva de acumulación de especies.....	34
Figura 14.	Distribución general de lagartijas en Cerro Grande.....	35
Figura 15.	Dendrograma de sitios de muestreo según las especies presentes.	36
Figura 16.	Riqueza específica dentro de los sitios de estudio	36
Figura 17.	Riqueza específica para los tipos de vegetación.	37
Figura 18.	Riqueza específica de lagartijas para los tres pisos altitudinales	38
Figura 19.	Abundancia relativa de las especies.....	39
Figura 20.	Número de individuos registrados por familia.....	40
Figura 21.	Abundancia relativa de lagartijas por sitio de muestreo	40
Figura 22.	Abundancia relativa de lagartijas por tipo de vegetación.	41
Figura 23.	Abundancia relativa de lagartijas por clase de temperatura.....	42
Figura 24.	Abundancia relativa de lagartijas por clase de humedad.	43
Figura 25.	Representatividad de familias de lagartijas.....	43
Figura 26.	Índice de Shannon para cada uno de los sitios de muestreo	44
Figura 27.	Índice de Shannon para cada uno de los pisos altitudinales.....	44
Figura 28.	Índice de Shannon por tipo de vegetación.	45
Figura 29.	Gráficos de tipo de vegetación.....	46
Figura 30.	Gráficos de los pisos altitudinales.....	47
Figura 31.	Gráficos de las temporadas de muestreo.....	48

Figura 32. Gráficos de la temporada de muestreo	48
Figura 33. Valores de W para la diversidad filogenética	50
Figura 34. Valores de W para los tres pisos altitudinales de Cerro Grande.	51
Figura 35. Análisis de Componentes Principales que incluye la temperatura, humedad y especies.	53
Figura 36. Análisis de Componentes Principales que incluye la temperatura, humedad, abundancia de lagartijas, riqueza específica, número de microhábitats, altura de los árboles, área basal, densidad de los árboles y altitud, registrada en los once sitios de muestreo en Cerro Grande, Colima.....	54
Figura 37. Análisis de Componentes Principales que incluye la abundancia de cada una de las especies registradas en la zona de estudio, área basal, altitud, densidad de los árboles, altura de los árboles y tipo de vegetación.	55

Índice de Tablas

Tabla 1. Estadísticas generales de cambio para la RBSM periodo 1971-2000.	16
Tabla 2. Listado de lagartijas de Cerro Grande.	17
Tabla 3. Ubicación de los sitios de muestreo a lo largo del gradiente altitudinal.	19
Tabla 4. Especies de lagartijas presentes en Cerro Grande, Colima.	33
Tabla 5. Valores de términos considerados por Vane-Wright en el cálculo de diversidad filogenética.	49
Tabla 6. Valores de diversidad filogenética para los tres pisos.....	50
Tabla 7. Valores de los coeficientes del modelo lineal.	51

Resumen

En el presente estudio se realizó una valoración de la comunidad de lagartijas presentes en la zona de Cerro Grande, localizada dentro de la Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán, Colima, que se caracteriza por su gran variación en la topografía y altitud. Existen escasos trabajos relacionados con la variación y patrones que presentan los reptiles respecto al gradiente altitudinal en la zona. Por lo anterior los objetivos de este estudio fueron conocer los patrones de abundancia y distribución de especies de lagartijas en Cerro Grande, así como estimar la diversidad biológica y filogenética de lacertilios, además de explorar en las variables del microhábitat que podrían explicar la distribución y abundancia de las especies de lagartijas dentro de la zona. Se realizaron transectos de búsqueda intensiva, donde se registraron las especies de lagartijas y las características del microhábitat donde se encontraban (temperatura, humedad, tipo de vegetación). Con base en un análisis de agrupación, donde se usó la caracterización de los once sitios de muestreo, se reconocen tres pisos altitudinales a lo largo de todo el gradiente altitudinal, se registraron 21 especies de lagartijas, se observó un patrón de riqueza de especies unimodal, debido a que se tiene un pico en el piso altitudinal medio. La mayor disponibilidad de microhábitat favorece mayor riqueza de especies, por otro lado, la abundancia de individuos se relaciona fuertemente con la temperatura, se registró una especie de iguánido fuera de su rango altitudinal conocido. La diversidad filogenética fue mayor en el piso altitudinal medio y la especie que aporta mayor información filogenética fue *Holcosus undulatus*.

Palabras clave: lagartijas, gradiente altitudinal, diversidad.

Abstract

This study carry out a community assessment of lizards in Cerro Grande, located within the Biosphere Reserve of the Sierra de Manantlán, Colima, which is characterized by great variation in topography and altitude. In the area there are few research related patterns on variation and reptiles respect to altitudinal gradient. The goals of this study were to determine the patterns of abundance and distribution of lizards in Cerro Grande, and to estimate the phylogenetic and biodiversity of lizards, to explore the environmental variables that explain the distribution and abundance of lizards within the zone. We used transects with intensive searching to characterize the species of lizards, microhabitat features, including temperature, humidity, vegetation type and microhabitat where the lizards were found. Three altitudinal levels throughout the gradient were recognized. 21 lizards were identified, we found a unimodal pattern of species richness, and it has a peak in the middle altitude level. The increased availability of microhabitats favor higher species richness, on the other hand the abundance of individuals is strongly related to temperature. An iguanid was recorded outside its altitudinal range. The phylogenetic diversity was higher in the medium altitude level and the species that provides the greater phylogenetic information was *Holcosus undulatus*.

Keywords: lizards, altitudinal gradient, biodiversity.

1. Introducción

1.1 Patrones de riqueza específica dentro de gradientes altitudinales

El estudio de gradientes permite analizar y detectar cambios en la dinámica, estructura y función de los ecosistemas (Gosz, 1992; Cutz-Pool *et al.*, 2010). La distribución de la riqueza de especies a través de un gradiente altitudinal es un tema de interés en ecología, debido a los cambios que ocurren en los factores abióticos (temperatura, precipitación y presión atmosférica, entre otras) y su efecto en la distribución y abundancia de las especies (Ah-Peng *et al.*, 2012).

Un patrón general de distribución no puede incluir todos los grupos taxonómicos, solo se puede hablar de generalidades, el análisis se debe realizar particularmente para cada grupo biológico y zona de estudio (Fischer *et al.*, 2011). Se han propuesto una serie de hipótesis relacionadas con los patrones de distribución a lo largo de diferentes gradientes ambientales, asociándolos a diferentes factores tanto ecológicos como históricos (Heaney, 2001; Laurance *et al.*, 2011; Grytnes y McCain, 2007); sin embargo, los mecanismos que determinan dichos patrones están pobremente explorados y aún no son totalmente claros (Brehm *et al.*, 2007; Cortez-Fernández, 2006).

Diferentes autores registran una relación inversa entre la riqueza de especies y la altitud (Lobo y Halffter, 2000; Sánchez-Cordero, 2001), Guerrero y Sarmiento (2010) mencionan que por lo general la riqueza es mayor en altitudes bajas, que coincide con lo registrado por Chettri *et al.* (2010). Otros autores consideran que la riqueza es mayor en altitudes medias y disminuye conforme aumenta la elevación (Rahbek, 1997; Goerck, 1999; Fu *et al.*, 2007). La relación inversa riqueza-altitud, supone que el clima varía fuertemente en altitudes elevadas, que solo algunas especies pueden tolerar tales variaciones y alcanzar un mayor rango

altitudinal, mientras que los sitios en altitudes menores concentran mayor cantidad de especies (Navas, 2003), debido principalmente a la mayor estabilidad de las condiciones climáticas y por ende en la disponibilidad de recursos (Figura 1).

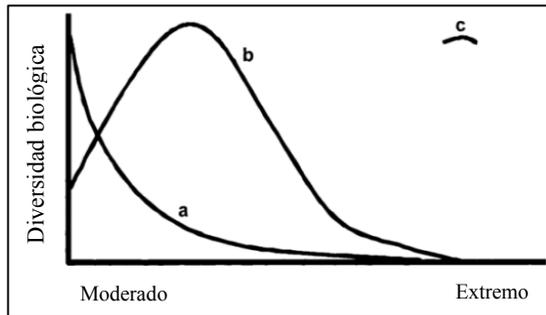


Figura 1. Patrones de riqueza de especies (a. disminución de especies, b. riqueza de especies unimodal, con incrementos en elevaciones medias, c. distribución en elevaciones altas de taxa endémicos) que pueden ocurrir dentro de un gradiente altitudinal (Tomado de Navas, 2003).

Por mencionar algunos ejemplos, se ha registrado el patrón unimodal con picos de riqueza de especies en elevaciones medias para mamíferos (Brown, 2001; Heaney, 2001; Sánchez-Cordero, 2001), invertebrados (García-López *et al.*, 2012; Longino y Colwell, 2011; Olson, 1994), anfibios (Fu *et al.*, 2006) y reptiles (Contreras-Lozano *et al.*, 2011; Fischer y Lindenmayer, 2005; Kryštufek *et al.*, 2008; Kutt *et al.*, 2011). Por otro lado, el patrón inverso a la altitud es frecuente y se ha registrado en aves (Goerck, 1999; Blake and Loiselle, 2000; Navarro, 1992), invertebrados (Guerrero y Sarmiento, 2010; Hodkinson, 2005; Cutz-Pool *et al.*, 2010; Palin *et al.*, 2010; Sánchez-Rodríguez y Baz, 1995), mamíferos (Patterson, 1996; Curran *et al.*, 2012), anfibios (Navas; 2006) y reptiles (Chettri *et al.*, 2010; Fauth *et al.*, 1989).

El aumento lineal de especies con la altitud es un patrón de distribución poco frecuente, Naniwadekar y Vasudevan (2007) lo registran para anuros en la India. Rahbek (1997) hizo un llamado de atención para considerar la veracidad de estos patrones de distribución, debido a que el patrón de distribución inverso a la altitud (que en su momento fue aceptado como un

patrón generalizado), es generado por sesgos en el muestreo, que recomienda deben ser corregidos.

1.2 Variación de la riqueza de especies y abundancia de reptiles dentro de gradientes ambientales

Los estudios sobre reptiles en gradientes ambientales y particularmente altitudinales han cubierto diferentes aspectos, que van desde los aspectos demográficos, de historia de vida y fisiología (Ballinger, 1979; Grant y Dunham, 1990; Huang y Tu, 2009; Jin *et al.*, 2007; Pincheira-Donoso *et al.*, 2008), de estructura de la comunidad (Buckley y Jetz, 2010; Hofer *et al.*, 2000; Hofer *et al.*, 1999), de patrones de distribución de especies (Carothers *et al.*, 1996; Chettri *et al.*, 2010; Contreras-Lozano *et al.*, 2011; Fauth *et al.*, 1989; Fischer y Lindenmayer, 2005; Fu *et al.*, 2007; Kryštufek *et al.*, 2008) hasta temas de selección de hábitat (Doody, 2009). En México se han realizado estudios sobre la distribución de la herpetofauna, en los que se analiza de manera general la relación entre la distribución geográfica de la riqueza de especies con los tipos de vegetación, condiciones climáticas, disponibilidad de microhábitat y alimento (Castro-Franco y Bustos, 2003; Fernández-Badillo y Goyenechea-Mayer, 2010).

El estudio de gradientes puede ser altamente valioso debido a que las modificaciones generales del hábitat y el cambio climático, particularmente afectan a organismos ectotermos como las lagartijas, principalmente aquellos organismos que se encuentran en elevaciones mayores y que se enfrentan a un avance de climas más cálidos, que representa una

contracción de sus áreas de distribución, que disminuye a la vez su espacio de dispersión y nichos ecológicos (Pincheira-Donoso, 2011).

Navas (2003) menciona que la mejor forma de explorar la relación que existe entre los gradientes ecológicos y la diversidad biológica es la documentación de cambios en la biodiversidad y estructura de la comunidad a lo largo de clinas geo-climáticas. Estudiar cómo es que los diferentes taxa toleran, se adaptan y radian a lo largo de gradientes ambientales para producir comunidades con diferencias en la diversidad biológica, ofrece un gran reto y oportunidad para integrar investigación a nivel ecológico y evolutivo (Rickart, 2001; Longino y Colwell, 2011).

Hofer *et al.* (1999) y Diamond (1988) resumen que los factores que explican la variabilidad observada en un gradiente es un juego complejo de factores, que incluyen tanto factores no biológicos, como son las diferencias en el régimen de muestreo, diferencias en la escala, efecto área-especie no adecuadamente contabilizado; y otros aspectos como disponibilidad del área del hábitat, diversidad de hábitat, productividad primaria, estructura de la vegetación, interacciones competitivas, efecto de ecotonos, efecto de la dinámica de extinción, inmigración, especiación. Rowe *et al.* (2010) explican que aún existe conflicto y debate respecto a las determinantes de la diversidad biológica dentro de los gradientes ambientales.

Vitt y Caldwell (2009) señalan que tanto la riqueza como la abundancia de lagartijas y serpientes están influidas por la ecología de las especies, tipo de hábitos, dieta y microhábitats a utilizar. Otros autores como Chettri *et al.* (2010) resumen que particularmente los patrones altitudinales de las especies pueden estar limitados por la especiación, eventos históricos, efectos área-especie, efecto ecotono y aislamiento. La variación de la comunidad de reptiles

dentro de un gradiente altitudinal tiene fuerte vínculo con la temperatura (McCain y Grytnes, 2010; Chettri *et al.*, 2010), Fischer y Lindenmayer (2005) reconocen que la temperatura no depende solo de la elevación, sino también del aspecto y estructura de la vegetación, que varía a una escala muy fina, influenciada por diversos factores (corrientes de aire, por la microtopografía, o debido a cambios en el balance de radiación, resultado de los diferentes tipos de vegetación).

En el estudio de una comunidad de lagartijas Buckley y Jetz (2010), al igual que McCain (2010), encontraron que la temperatura es el mejor predictor de la riqueza de especies, (asociado a la sensibilidad a las restricciones térmicas), comparado con la precipitación y productividad primaria. Por otra parte, en su mismo estudio Buckley y Jetz (2010) concluyen que la temperatura no tiene clara relación con la abundancia total de organismos, esperaban una influencia débil sobre la abundancia a través de la alteración en tiempo de actividad disponible para el forrajeo.

Fauth *et al.* (1989) e Ishwar *et al.* (2001), describen una relación negativa entre la altitud y el total de individuos de reptiles, no tienen un claro panorama de la relación de la riqueza de especies y la abundancia; sin embargo, las tendencias son que la abundancia por especies muestra picos de disminución con el incremento de especies. Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista (2012) señalan que la abundancia de lagartijas podría ser el reflejo de una alta explotación de tipos de microhábitats disponibles en el medio, es decir, sí el número de microhábitats es alto, la densidad de la especie también lo será.

Macip-Ríos y Muñoz-Alonso (2008) encontraron que la diversidad de lagartijas en una zona de cafetales mezclado con vegetación original presentó una relación directa con la riqueza de

microhábitat disponibles, esto se relaciona con la heterogeneidad del hábitat, comprobaron que en ambientes heterogéneos cuando no se tiene el hábitat térmico adecuado la diversidad de especies es muy baja. Algunos autores señalan que en sitios donde la perturbación es media la presencia de especies será mayor que en la de un hábitat conservado o en la de uno sujeto a perturbación intensa, pues en ambientes “intermedios” pueden coexistir especies de zonas prístinas con las de zonas perturbadas (Cano y Leynaud, 2010; Riensche, 2008; Sauzo-Orduño *et al.*, 2008).

Contreras-Lozano *et al.* (2011) en Nuevo León México encontró, al igual que Chettri *et al.* (2010) en el Himalaya, una tendencia a la disminución de especies de lagartijas conforme aumenta la altitud, Fauth *et al.* (1989) coinciden en el mismo patrón para herpetofauna de la hojarasca. Por el contrario, Fu *et al.* (2007) encontraron un patrón unimodal en la riqueza de lagartijas y serpientes. Chettri *et al.* (2010) mencionan que muchos reptiles se registran confinados a una zona altitudinal, pocas son las especies que explotan amplios rangos del gradiente altitudinal. Por otra parte, Fischer y Lindenmayer (2005) registran que el reemplazo de especies a lo largo del gradiente se da por especies que son ecológicamente equivalentes.

McCain (2010) menciona que, dentro del grupo de los vertebrados, los reptiles son el grupo menos estudiado en relación a un gradiente altitudinal y se carecen de análisis recientes, esta autora reconoce cuatro patrones de distribución de especies para reptiles (Figura 2).

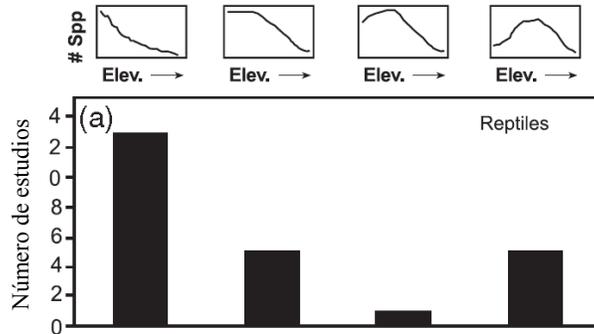


Figura 2. Patrones de riqueza de especies para reptiles, así como la cantidad de estudios que lo presentan (Tomado de McCain, 2010).

McCain (2010) concluye que los patrones de riqueza de las especies dependen del grupo que se le elija para presentar el análisis (grupos monofiléticos, o bien ya sea como grupos funcionales, o simplemente separándolos por subórdenes en lagartijas y serpientes).

1.3 Justificación del estudio de la biodiversidad en gradientes altitudinales

Dentro de un gradiente altitudinal existen factores que determinan la diversidad de especies, y originan patrones espaciales contrastados con factores abióticos (McCain, 2005). Históricamente el estudio de gradientes (incluidos los altitudinales), ha tenido como principal objetivo el análisis espacial y descripción de características propias de estos sistemas. En la actualidad con el cambio de los requerimientos en la investigación, la biogeografía de la conservación busca utilizar principios biogeográficos, teorías y análisis, aplicables a la dinámica de la distribución de los taxa, que permitan realizar acciones de conservación de la biodiversidad (Whittaker *et al.*, 2005).

En este sentido y bajo las predicciones expuestas por Lomolino (2001), que indica que en un gradiente climático (presente en un gradiente altitudinal) donde las densidades de las especies

varían localmente con el ambiente (dado por la combinación de condiciones documentadas óptimas para especies focales), la densidad de las especies y composición variarán según sus afinidades ambientales y nichos ecológicos. El mismo autor señala que en las poblaciones de alta montaña o que se distribuyen a través de un marcado gradiente altitudinal, se presentará un importante aislamiento, convirtiéndose estas zonas en puntos de especiación y endemismo.

Resultado de la concentración e intensidad de las actividades humanas en las regiones bajas y el constante aumento en el cambio de uso de suelo provocado por el crecimiento de la población humana y los avances de las fronteras agrícola, forestal y turística, se considera que la fragmentación y perturbación del hábitat es una de las principales amenazas para la extinción de las especies (Wiens, 2008; Wilcox y Murphy, 1985; McKinney, 2002; Santos y Tellería, 2006). Las montañas y zonas de mayor altitud se han convertido en el último refugio de un gran número de especies, es probable que algunas de ellas endémicas o con rangos de distribución reducido, lo que hace más susceptibles a la extinción (Wilson *et al.*, 2005; Spehn *et al.*, 2010). En este contexto la dinámica de un gradiente altitudinal permite conocer las características del hábitat y clima requeridas por las especies, para determinar cuáles serían las más afectadas en su historia natural y rango de distribución geográfica por la modificación del hábitat y el cambio climático (Williams, 2003; Foster, 2001; Hodkinson, 2005). También se dice que este tipo de estudios sirven como base de comparación en los descensos poblacionales y riesgos de extinción (McCain y Grytnes, 2010).

Urbina-Cardona (2008) sugiere que dentro de los esfuerzos realizados para la investigación de la herpetofauna, es recomendable enfocarse hacia estudios ecológicos a largo plazo, estandarizados y continuos, que permitan detectar las fluctuaciones y cambios en la

composición de las especies entre estaciones climáticas, años y décadas; además de estudios para identificar los patrones geográficos de riqueza de especies, endemismos, especies raras, y el grado de amenaza basados en la predicción de modelos de distribución.

2. Objetivos e hipótesis

2.1 Objetivos

- Determinar los patrones de abundancia y distribución de las especies de lagartijas en once sitios de muestreo y los respectivos pisos altitudinales a lo largo del gradiente altitudinal en Cerro Grande.
- Estimar la diversidad biológica y diversidad filogenética de las lagartijas presentes dentro del gradiente altitudinal.
- Establecer qué variables ambientales explican mejor la distribución y abundancia de las especies de lagartijas dentro del gradiente en Cerro Grande.

2.2 Hipótesis

La estructura de la comunidad de lagartijas presentará variación en riqueza y abundancia de especies de acuerdo con los límites ecológicos y requerimientos de cada especie, influenciado por los cambios derivados en las covariables dentro del gradiente altitudinal. La temperatura y la humedad serán los factores que mayor influencia tienen en la abundancia y riqueza de lagartijas. Se espera encontrar un patrón de distribución de la riqueza de especies inverso con la altitud, especies pertenecientes a las familias Phrynosomatidae, Iguanidae, Polychrotidae, Teiidae, Phyllodactylidae disminuirán conforme aumente la altitud; especies de la Familia

Anguidae se espera sean más abundantes en la zona media con una disminución hacia altitudes mayores, por otra parte, el número de especies de la familia Scincidae aumentarán en la zona más alta.

3. Antecedentes

3.1 Área de estudio

La Sierra de Manantlán presenta un relieve complejo, se divide en dos grandes unidades fisiográficas, la occidental, la más extensa de mayores altitudes, y la oriental, formada por el Cerro de Enmedio y Cerro Grande. La porción oriental está formada por dos montañas de origen calcáreo, la de menor extensión es Cerro de Enmedio con 700-1,000 msnm hasta los 2,000-2,300 msnm, y la de mayor extensión conocida como Cerro Grande, que consiste en un domo de aproximadamente 25 km de largo por 15 km de ancho, cuyas partes más bajas se encuentran a 600 msnm y su punto más alto a 2,500 msnm.

Estas dos montañas presentan fuertes pendientes y barrancos, las mesetas en las partes altas de estas montañas presentan un fuerte desarrollo cárstico, con dolinas, depresiones y un impresionante sistema de cavernas y que incluye a la quinta caverna vertical más profunda del continente (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

De acuerdo con Martínez y Ramírez (1998), el polígono de la Sierra de Manantlán se divide en varias unidades fisiográficas (Figura 3), el área de estudio se encuentra dentro de la Unidad 3 Cerro Grande y Unidad 4 Meseta de Cerro Grande:

- Unidad 3 Cerro Grande: circunda el macizo de Cerro Grande y se caracteriza principalmente por su pendiente abrupta (>45%), desarrollado sobre material calizo, que lo hace altamente susceptible a la erosión y disección, suelos dominados por litosoles y regosoles.
- Unidad 4 Meseta de Cerro Grande: se localiza en la meseta de Cerro Grande, con una topografía irregular, caracterizada por los lomeríos, con pendientes que oscilan entre 0 y 15%. Esta zona presenta un desarrollo cárstico muy intenso, con presencia de dolinas, pulideros y poljes. El material parental de esta unidad es de calizas y los suelos desarrollados varían en profundidad y tipo, que dependen de las condiciones microclimáticas y de las pendientes donde fueron desarrollados, predominan suelos del tipo andosoles, que presentan una influencia de las cenizas volcánicas, seguido de los cambisoles que son suelos incipientes, rojos, de moderada fertilidad y con menor superficie los acrisoles, suelos profundos desarrollados. Los suelos someros existentes son los litosoles y regosoles.

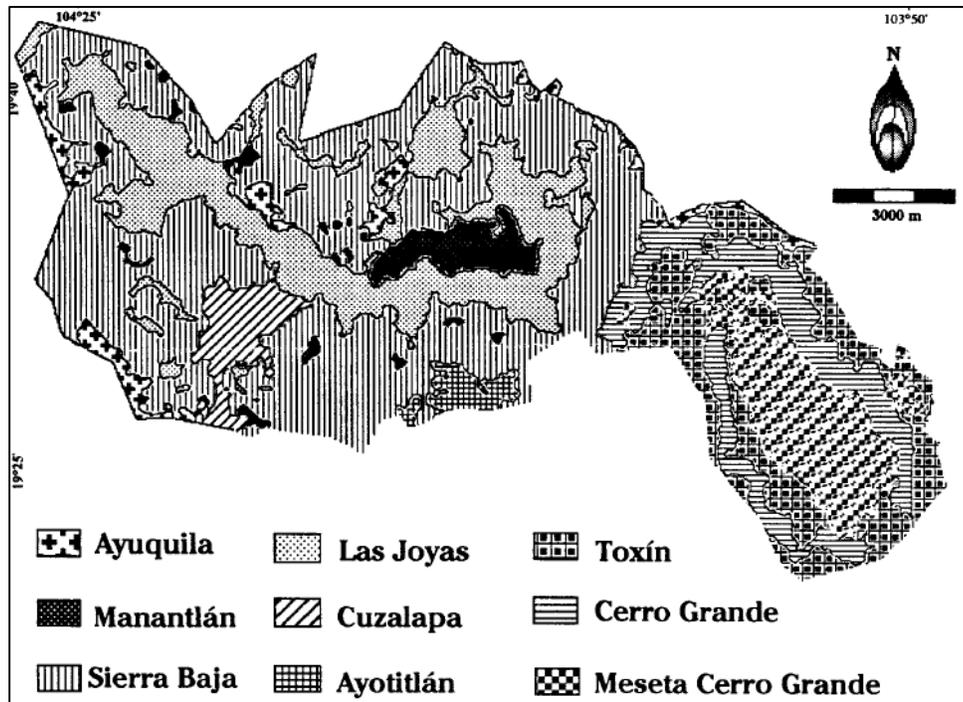


Figura 3. Mapa de unidades fisiográficas del polígono de la Sierra de Manantlán (Tomado de Martínez y Ramírez 1998).

La Sierra de Manantlán es una zona que alberga gran diversidad biológica, producto de su clima, topografía y geología; presenta un rango altitudinal aproximado de 2400 m, que influye fuertemente en la zonificación de la vegetación (Olvera *et al.*, 2000; Vázquez y Givnish, 1998). En la porción de Cerro Grande, alrededor de los 400 y 1200 msnm, se tiene vegetación de selva baja caducifolia (SBC), una comunidad rica en árboles no espinosos, que alcanzan alturas de 8 a 15m, géneros como *Lysiloma*, *Heliocarpus*, y de la Familia Bombacaceae (*Pseudobombax*, *Ceiba pentandra*) caracterizan mucho este paisaje. En altitudes ligeramente mayores (800-1200, 2600-3900 msnm), la vegetación toma una forma de maleza subtropical, que en realidad comprende vegetación secundaria (importantes asociaciones que incluyen *Pithecellobium acatense*, *Ziziphus mexicana*, *Stemmadenia tomentosa*, *Zanthoxylum*). La transición a bosque de encino, es usualmente bien marcada, el bosque deciduo (*Quercus spp*, incluye *Q. castanea*, *Q. magnoliifolia*, *Q. resinosa*, y *Acacia*

pennatula) es caracterizado por ser más seco y de altitudes que van desde 400 a 1500msnm, y el bosque subdeciduo de árboles altos (*Q. laurina*, *Q. candicans*, *Q. crassipes*, *Q. obtusata*, entre otros), son sitios de relativa humedad arriba de los 1500 m de altitud; a mayores alturas dominan los bosques de *Quercus* y *Pinus*, en cañadas protegidas suelen ocurrir los bosques de *Abies* mientras que en áreas expuestas, como cimas de montañas o lomas, los rodales de *Cupressus* no son raros (Vázquez-García *et al.*, 1995).

Aun cuando la zona tiene alto valor en biodiversidad florística, la actividad humana ha impactado fuertemente por la directa modificación de paisajes. Farfán (2009) menciona que se han registrado procesos asociados a la deforestación en diferentes sitios de la RBSM, causados principalmente por la extensión de la ganadería, Gerritsen y Douwe (2006) también mencionan que existe gran presión por parte de la ganadería dentro de la RBSM.

Farfán (2009) registra valores de pérdida de cobertura vegetal de 0.5% anual de selvas dentro de la RBSM (Tabla 1), la vegetación más impactada corresponde a la selva baja caducifolia. Sánchez *et al.* (2002) mencionan que la selva baja caducifolia es particularmente susceptible debido a la facilidad de modificación que esta tiene, al ser más seco (por ello más fácil de quemar), los árboles son de baja altura, además que dentro de la RBSM las especies forrajeras son abundantes, y representan un gran recurso para el ganado en general, esto involucra una gran crisis ya que la selva baja tiene mayor diversidad de especies vegetales que los otros tipos de vegetación en la Sierra, que ofrece mayor complejidad estructural del hábitat (Phillips *et al.*, 1996) y beneficia una mayor diversidad de otros taxa (Jordano y Torres, 1981; Ruiz *et al.*, 1997).

Tabla 1. Estadísticas generales de cambio para la RBSM periodo 1971-2000. Tanto las selvas como los bosques son los tipos de vegetación más afectados Farfán (2009).

Tipos de cobertura y usos de suelo	Superficie 1971 (ha)	Superficie 2000 (ha)	Cambio (ha)	Cambio (ha/año)	Tasa de cambio (%/año)
Bosques	85,309	81,161	-4,148	-148	-0.2
Selvas	38,462	33,332	-5,130	-183	-0.5
Matorral	5,706	7,868	2,162	77	1.2
Pastizal inducido	4,342	7,628	3,286	117	2.0
Agricultura de temporal	4,388	8,788	4,400	157	2.5
Agricultura de riego	1,282	728	-554	-20	-2.0
Sin vegetación aparente	89	84	-5	-0.167	-0.2

Vázquez y Givnish (1998) analizaron la vegetación en el gradiente altitudinal y encontraron que los principales tipos de disturbio encontrado de la RBSM son la ganadería (la cual tiene un fuerte impacto), plantas ruderales, incendios, extracción de suelo, entre otros.

3.2 Estudios sobre lagartijas en Colima

La distribución de la herpetofauna mexicana no es homogénea y se concentra principalmente en la región centro y occidente de México donde la riqueza y endemismo es considerable (García, 2006). El Estado de Colima, donde se ubica parcialmente la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, contiene alrededor de 118 especies de reptiles, con un 53% de especies endémicas y 43% en riesgo (García *et al.*, 2013). De acuerdo con el proyecto de actualización sobre los inventarios de herpetofauna del Estado de Colima, realizado por Martínez (2005), los registros que se tienen son principalmente de la zona costera y localidades muy particulares, este autor encontró en su análisis preliminar que la herpetofauna del estado de Colima es semejante a la registrada para algunas localidades de Michoacán.

El estado registra 10 familias, 20 géneros y 38 especies de lagartijas, representa el 31% de la herpetofauna del estado, por lo que es el segundo grupo más diverso, después de las serpientes, 31% de las especies pertenecen a la familia Phrynosomatidae, seguida por la familia Teiidae con 18% de las especies (Martínez, 2005, García *et al.*, 2013).

En los inventarios locales de herpetofauna en Cerro Grande, el grupo más diverso de reptiles corresponde a las lagartijas, al ser el grupo más diverso y frecuente facilita el seguimiento de cambios de abundancias relativas y riqueza específica, este grupo de reptiles resulta interesante por sus características fisiológicas y sus limitantes en cuanto a su distribución. Cerro Grande tiene registradas aproximadamente 26 especies de lagartijas (Loeza, 2004), las cuales pertenecen a las siguientes familias:

Tabla 2. Listado de lagartijas de Cerro Grande.

Clase Reptilia	
Orden Squamata	
Familia Scincidae	<i>Plestiodon brevirostris</i> (Günther, 1860)* <i>P. colimensis</i> (Taylor, 1935) ♦ <i>P. parvulus</i> (Taylor, 1933) <i>Marisora unimarginata</i> (Cope, 1862)
Familia Phrynosomatidae	<i>Sceloporus bulleri</i> (Boulenger, 1894)* <i>S. utiformis</i> (Cope, 1864)* <i>S. pyrocephalus</i> (Cope, 1864)* <i>S. grammicus</i> (Wiegmann, 1828)*♦ <i>S. horridus</i> (Wiegmann, 1834)* <i>S. melanorhinus</i> (Bocourt, 1876)* <i>S. siniferus</i> (Cope, 1869) <i>S. scalaris</i> (Wiegmann, 1828) <i>Urosaurus bicarinatus</i> (Duméril, 1856)*
Familia Iguanidae	<i>Ctenosaura pectinata</i> (Wiegmann, 1834) *♦ <i>Iguana</i> (Linnaeus, 1758) ♦
Familia Polychrotidae	<i>Anolis nebulosus</i> (Wiegmann, 1834) *
Familia Teiidae	<i>Aspidoscelis communis</i> (Cope, 1878)*♦ <i>A. lineattissima</i> (Cope, 1878)*♦ <i>A. deppii</i> (Wiegmann, 1834) * <i>A. sacki</i> (Wiegmann, 1834) <i>Holcosus undulatus</i> (Wiegmann, 1834) *
Familia Anguidae	<i>Barisia imbricata</i> (Wiegmann, 1828) *♦ <i>Gerrhonotus liocephalus</i> (Wiegmann, 1828)♦ <i>Elgaria kingii</i> (Gray, 1838)♦

Familia	<i>Phyllodactylus davisii</i> (Dixon, 1964)♦
Phyllodactylidae	<i>P. lanei</i> (Smith, 1935)

*Especies confirmadas que se encuentran dentro de los sitios que se establecieron para el muestreo (Larios, 2013). El resto de las especies se han registrado para la zona en general de Cerro Grande.

♦Especies con alguna categoría de protección dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Los trabajos realizados con herpetofauna dentro de la zona de estudio se enfocan en el inventario general de anfibios y reptiles, he incluye información sobre la distribución de especies dentro del gradiente (Loeza, 2004). Esta información es altamente valiosa pero no se indaga en los factores que influyen en la distribución de especies para esta zona en particular. En el presente estudio se pretende buscar y analizar las características del hábitat que tienen mayor influencia en la distribución de especies de lagartijas dentro del gradiente en Cerro Grande.

4. Metodología

4.1 Sitios de muestreo

Se seleccionaron 11 sitios de muestreo (Figura 4) ubicados dentro de la región conocida como Cerro Grande, que incluye una parte de la zona más alta de la RBSM. Cada uno de los sitios de muestreo se ubicaron a una altitud mayor, con un incremento entre 100 y 150 msnm, que inician en la cota altitudinal de los 826 y llega hasta los 2245 msnm (Tabla 3).

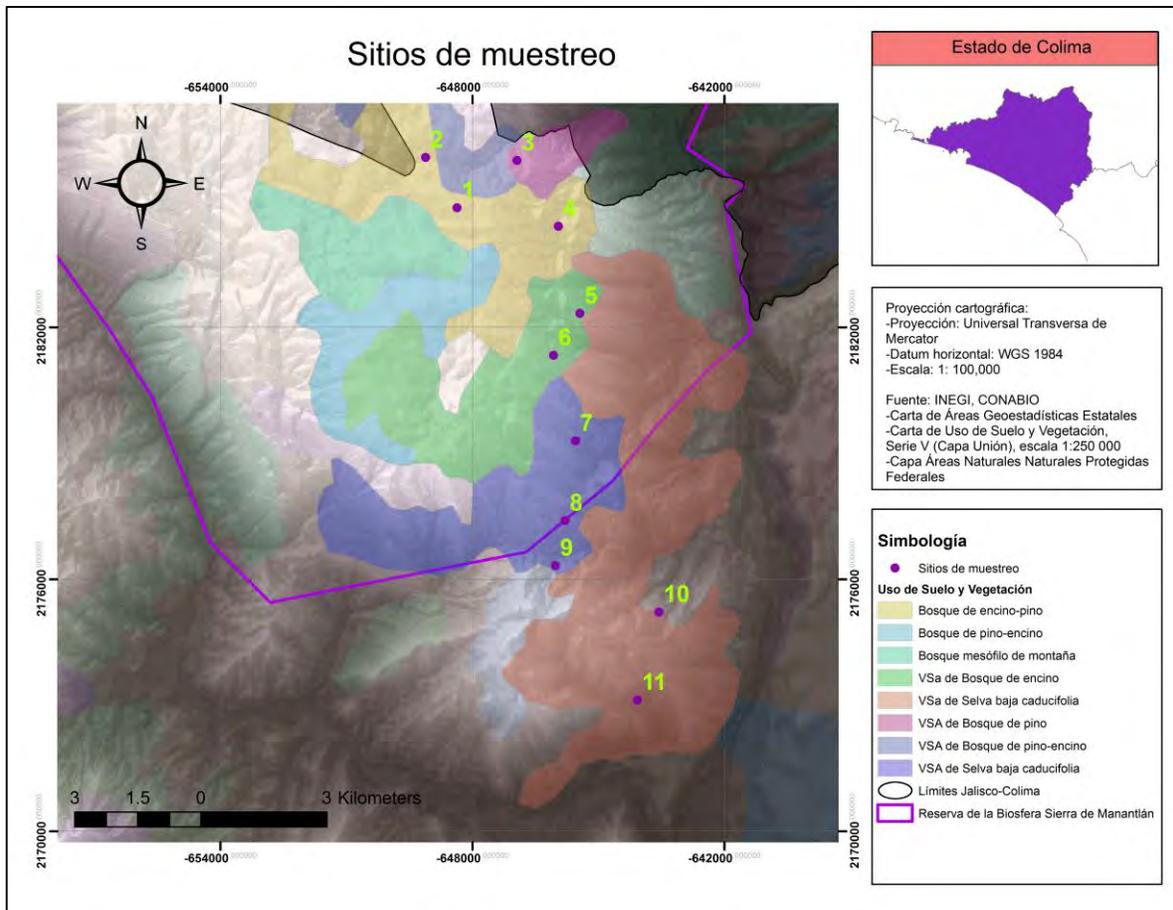


Figura 4. Localización de los sitios de muestreo (cada número indica el número de sitio) y distribución del tipo de vegetación (INEGI, Serie V).

Tabla 3. Ubicación de los sitios de muestreo a lo largo del gradiente altitudinal.

Sitio	Coordenadas		Altitud	Tipo de vegetación
1	0616794	2148620	2245	Pino-Encino
2	0615974	2149743	2160	Encino
3	0618114	2149826	2021	Encino
4	0619192	2148357	1850	Encino
5	0619839	2146353	1755	Encino-SBC
6	0619292	2145330	1651	SBC-vegetación secundaria
7	0619947	2143368	1535	SBC-vegetación secundaria
8	0619835	2141486	1414	SBC-vegetación secundaria
9	0619685	2140418	1266	SBC-vegetación secundaria
10	0622178	2139501	1110	SBC-vegetación secundaria
11	0621819	2137410	826	SBC-vegetación secundaria

Con base en un muestreo preliminar, los once sitios se agruparon por similitud en pisos altitudinales definidos por el tipo de vegetación y características generales del hábitat. Cada

sitio fue caracterizado en términos de altitud, moda de la temperatura, moda de la humedad, densidad de árboles (número de árboles/100m²), área basal (m²), tipo de vegetación, el porcentaje de superficie cubierta con rocas, suelo desnudo y superficie cubierta con vegetación.

Se utilizó como método de agrupación “weighted pair-group centroid” y para calcular distancias se utilizó la distancia euclidiana. Se definieron tres pisos altitudinales, los sitios 8, 9, 10 y 11 formaron un grupo que se le denominó Piso Altitudinal Bajo, los sitios 4, 5, 6, y 7 formaron un segundo grupo, que se le llamo Piso Altitudinal Medio, finalmente los sitios 1, 2, y 3 se les denominó Piso Altitudinal Alto (Figura 5).

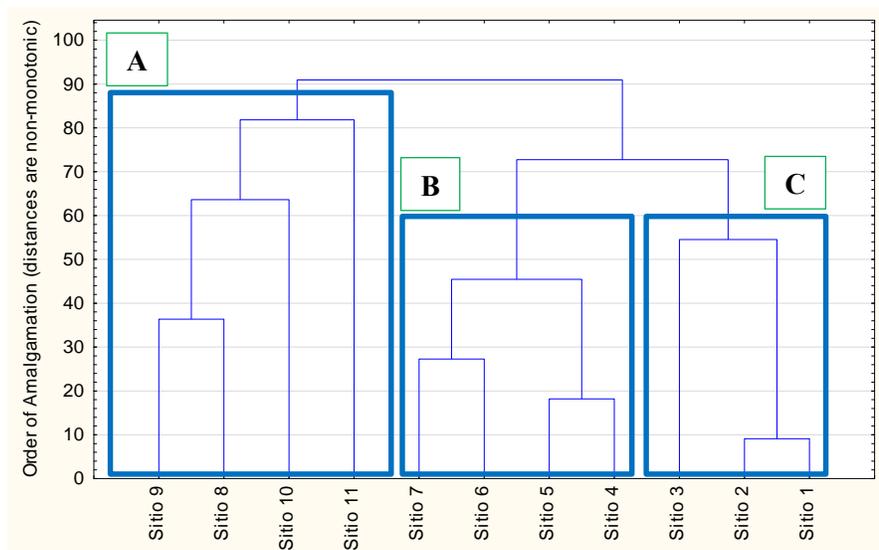


Figura 5. Dendrograma con características de los sitios de muestreo; el grupo A se definió como el Piso Altitudinal Bajo, el grupo B se estableció como el Piso Altitudinal Medio, el grupo C se denominó Piso Altitudinal Alto.

4.2 Riqueza específica y abundancia relativa de lagartijas

El muestreo se realizó en las temporadas de “secas” y “lluvias” durante abril y agosto-septiembre respectivamente, de acuerdo con los registros históricos del Sistema

Meteorológico Nacional de la estación “El Terrero”, en la región los meses con marcada temporada de secas son de febrero a abril y los meses con predominantes lluvias son entre julio y septiembre, cada muestreo se realizó con duración aproximada de un mes.

En cada sitio de muestreo se realizaron transectos de búsqueda intensiva, se revisaron los posibles microhábitats (suelo, en la vegetación, troncos, ramas caídas, piedras, en la hojarasca en los pies de árboles y tocones). Cada individuo registrado se identificó hasta nivel de especie por medio de guías de campo (García y Ceballos, 1994; Ramírez-Bautista, 1994). Cada transecto tuvo dimensiones de 900m² (o 300m X 3m).

Se recorrieron cuatro transectos móviles independientes, para los que se tomó como referencia las coordenadas definidas como sitio de muestreo, se cubrieron un total de 88 transectos a lo largo de todos los muestreos. Se construyó un cronograma de visitas para cada sitio, con el fin de incluir los diferentes picos de actividades de las lagartijas, lo que permitió asegurar que el esfuerzo de muestreo fuera el mismo en cada transecto y así evitar sesgos en la información obtenida.

Los transectos se recorrieron en la mañana de 9:00 a 12:00 y en la tarde de 13:00 a 17:00hrs, se hizo una cuantificación de los microhábitats (donde se encontraron los organismos) que se consideraron como disponibles para las lagartijas, bajo las categorías usadas por Macías-Ríos y Muñoz-Alonso (2008) (de acuerdo con las descripciones tomadas de Duellman (1987), Pianka (1993), Canseco (1996) y Vitt *et al.* (2000)), que incluyen: suelo sin vegetación sol/sombra, suelo con vegetación sol/sombra, hojarasca sol/sombra, piedra sol/sombra, tronco caído sol/sombra, tocón sol/sombra, arbusto sol/sombra, grieta, árbol sol/sombra, herbáceas sol/sombra. Para cada individuo avistado se registró la especie, fecha

y hora de observación, tipo de vegetación donde se encontraba, el microhábitat y sitio de muestreo.

4.3 Características del hábitat

Para analizar qué variables se relacionan con la riqueza específica, abundancia y distribución de las especies de lagartijas a lo largo del gradiente en Cerro Grande, se midió la temperatura del aire y humedad relativa, la altitud, estructura de la vegetación y caracterización de superficies de hábitat.

Estructura de la vegetación: Se entiende por estructura de la vegetación como el patrón espacial de distribución de las plantas, a la caracterización de una agrupación vegetal de especies leñosas se llega a través de la definición de su ordenamiento vertical (consiste en la identificación de los estratos que presenta el grupo vegetal con la utilización básica del parámetro altura) y horizontal (se analiza a través de la densidad, la abundancia, el DAP y la cobertura, entre otros).

Para el muestreo de la vegetación, dentro de los transectos principales se ubicaron cuatro cuadros, la superficie de estos fue de 10 m² (de acuerdo con el método sugerido por Gottam (1949)), el primer cuadro se ubicó al inicio del transecto, otro a los 100 m del transecto, un tercero a los 200 m y un cuarto al termino del transecto. Dentro de dichos cuadros se registraron datos de densidad y altura de los árboles (por cálculo visual en metros), además del diámetro a la altura de 130 centímetros desde la base del árbol (este dato fue utilizado para realizar el cálculo del área basal).

Temperatura y humedad relativa: con la ayuda de un termohigrómetro, se realizaron mediciones cada 100 m dentro de los cuadros donde se caracterizó la vegetación. También se tomaron estos datos cada vez que se avistaba un individuo.

Caracterización de superficies del hábitat: se realizó una caracterización de los cuadros donde se realizó la caracterización de la vegetación, se registró de manera cualitativa (en %) la superficie cubierta por vegetación, la superficie cubierta por las rocas, la superficie cubierta por troncos caídos, la superficie cubierta por suelo desnudo y hojarasca.

4.4 Diversidad filogenética

Para medir la diversidad filogenética se utilizó el método propuesto por Vane-Wright (1991), para determinar el valor filogenético de cada taxón terminal deben calcularse cuatro términos: I, número de grupos o nodos involucrados para cada taxón terminal; Q, coeficiente de peso taxonómico (I total / I individual); W, valor estandarizado del peso taxonómico básico (Q/Q mínima) y P, porcentaje que aporta cada taxón. El índice de distinción taxonómica o pesaje de Vane-Wright, considera los pesos de cada nodo, y otorga ese valor a cada taxón, los términos mencionados se obtuvieron para cada una de las especies de lagartijas de la zona de estudio.

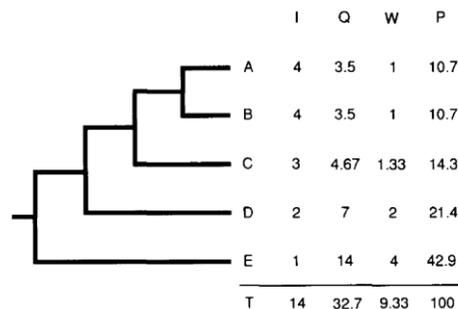


Figura 6. Diagrama para el cálculo de la diversidad filogenética de acuerdo con Vane-Wright (1991)

Para el conteo de los nodos según el método de Vane-Wright (1991), se utilizó el árbol filogenético publicado por Pyron *et al.* (2013), que incluye 4161 especies de lagartijas y serpientes. En el conteo de nodos se excluyó la rama de divergencia del Orden Sphenodontidae, se tomaron en cuenta las ramas del Orden Squamata; sin embargo, dentro de este grupo se omitió la rama de las especies que se conocen como serpientes.

El árbol filogenético de Pyron *et al.* (2013) incluye en su análisis a la mayor parte de las especies de lagartijas registradas para la zona de estudio; sin embargo, las especies *Anolis nebulosus*, *A. nebuloides* y *Sceloporus asper* no están dentro del árbol filogenético, debido a la carencia de información presente en el GenBank. Con la finalidad de incluir la información filogenética aportada por las especies en cuestión, se tomó en cuenta el trabajo realizado por Wiens y Reeder (1997), que basados en caracteres tanto morfológicos y genéticos, propusieron una filogenia para el género *Sceloporus*, donde encontraron que las especies *Sceloporus heterolepis* y *S. asper* se encuentran dentro de la misma rama terminal, por lo tanto se pueden considerar grupos hermanos o especies hermanas, esta misma afirmación fue realizada por Sites *et al.* (1992). Por lo que, para el conteo de nodos de *Sceloporus heterolepis* y *S. asper* se les asignó un valor equivalente.

Por otro lado, en la filogenia del género *Anolis* realizada por Poe (2004), encontraron que las especies *Anolis nebulosus* y *A. nebuloides* pueden considerarse parte de un mismo clado, para los fines del presente trabajo se consideraron como grupos hermanos o especies hermanas, ambas especies a su vez forman parte de la rama de *A. intermedius*. Si bien dentro de la filogenia de Poe (2004) se tiene varias ramificaciones entre estas tres especies, en el conteo de nodos únicamente se considerarán los nodos del árbol del Pyron *et al.* (2013) para la

especie *Anolis intermedius*, el valor del conteo de nodos de esta especie se tomó como equivalente para *Anolis nebulosus* y *A. nebuloides*.

4.5 Análisis de datos

Se elaboraron matrices de presencia/ausencia de especies para cada piso altitudinal, con base en el total de especies registradas durante el total del periodo de muestreo. Se construyó una matriz de abundancia relativa de cada especie registrada (durante cada periodo de muestreo y en cada piso altitudinal). Se obtuvo el índice de Jaccard para analizar la similitud de los pisos altitudinales basados en las especies lagartijas y su abundancia, se obtuvo un dendrograma a partir de este índice de similitud.

Se elaboró la curva de acumulación de especies, con el programa EstimateS 8.1 y los estimadores Chao-1 y Chao-2; se estimó la diversidad alfa mediante el cálculo del Índice de Shannon-Wiener en cada sitio, piso altitudinal, tipo de vegetación, temporada y para toda la zona muestreada.

Se utilizó la prueba Shapiro Wilk, en los diferentes grupos de datos con la finalidad de definir qué tipo de pruebas se utilizarían (paramétricas o no paramétricas), las pruebas de normalidad se realizaron con la ayuda del Software GraphPad Prism, en el caso de variables discretas se requirió la normalización de datos.

Para realizar comparaciones entre los tipos de vegetación, se establecieron dos grupos, uno de ellos denominado Vegetación de Bosque de Pino-Encino, que incluyó los sitios 1, 2, 3, 4 y 5, el otro grupo fue nombrado Vegetación de Selva Baja Caducifolia, que consideró a los sitios 6, 7, 8, 9, 10 y 11. Se aplicó una prueba de t-Student a los datos obtenidos del Índice

de Shannon, Abundancia y Riqueza específica, para comparar datos entre los dos tipos de vegetación (abreviado Pino-Encino y Selva Baja Caducifolia).

Con la intención de buscar diferencias entre los tres pisos altitudinales, se aplicaron pruebas de normalidad a los diferentes grupos de datos, en este caso los valores del Índice de Shannon y Abundancia (transformada ($\log_{10}(y+1)$)) resultaron ser un grupo de datos con distribución normal, al comprender tres conjuntos de datos (tres pisos altitudinales), se les aplicó una prueba de Análisis de Varianza (ANOVA). Para el caso de los datos de riqueza específica, aun cuando se aplicaron transformaciones no fue posible verificar la normalidad, por lo que al comprender tres conjuntos de datos, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Adicionalmente se buscaron diferencias entre las variables entre temporadas, para lo cual se tienen dos conjuntos de datos (temporada de secas y temporada de lluvias), se aplicaron pruebas de normalidad de Shapiro Wilk para los datos de temperatura, humedad, Índice de Shannon y abundancia, para las cuales se verifico su normalidad. Se realizó el mismo proceso para los datos de riqueza específica; sin embargo, aun cuando se realizaron transformaciones, los datos no fueron normales. Para los datos normales se aplicó la prueba de T-Student pareada, para los datos no normales se aplicó la prueba no paramétrica de U-Mann Whitney.

Con la ayuda del Software JMP 10 se realizó un modelo lineal generalizado que incluyó a la temperatura, humedad ($Y=Y^2$), abundancia ($Y=\log Y$), riqueza de especies ($Y=\log Y$), número de microhábitats ($Y=\log Y$), altura de los árboles, densidad de árboles ($Y=\log Y$), área basal y altitud, todas las variables fueron sometidas a un proceso de normalización. Con este modelo se buscó indagar en cuáles fueron las variables explicativas que guardaban mayor relación con la variable de respuesta (abundancia).

Finalmente se realizaron tres análisis de componentes principales (ACP) con el programa JMP10, uno de ellos tomó en cuenta a las especies de lagartijas, además de la temperatura y humedad, se eligieron estas variables con base a la bibliografía consultada, donde se indican como dos de los factores ambientales que determinan la presencia de lagartijas (McCain, 2010). También se realizó un ACP con los datos de temperatura, humedad, abundancia de lagartijas, riqueza específica, número de microhábitats, altura de los árboles, área basal, densidad de los árboles y altitud registrada en los once sitios muestreados en Cerro Grande. Se obtuvo un tercer ACP con los datos de abundancia de cada una de las especies, el área basal, altitud, densidad de los árboles, altura de los árboles y tipo de vegetación.

5 Resultados

5.1 Estructura de la vegetación y heterogeneidad ambiental

La vegetación en Cerro Grande muestra hacia la parte más baja del gradiente altitudinal características tropicales y hacia la parte más alta presenta características templadas, de manera general la vegetación dentro de Cerro Grande se encuentra altamente perturbada, debido al uso de recursos maderables que se realizó en años anteriores principalmente en la zona más alta, desmonte para cultivo en toda la región y presencia de ganado de diferentes tipos sin ningún tipo de manejo.

La densidad arbórea resultó ser muy variable entre los sitios (Figura 7), sin observarse alguna tendencia. En el Sitio 8 se presentó la densidad de árboles más alta; por el contrario, en el Sitio 4 se tiene la menor densidad. El resto de los sitios sin importar el tipo de vegetación, ya

sea selva baja caducifolia, o bosque de pino o encino, tuvieron una densidad de árboles entre 30 y 50 individuos (en 100m²).

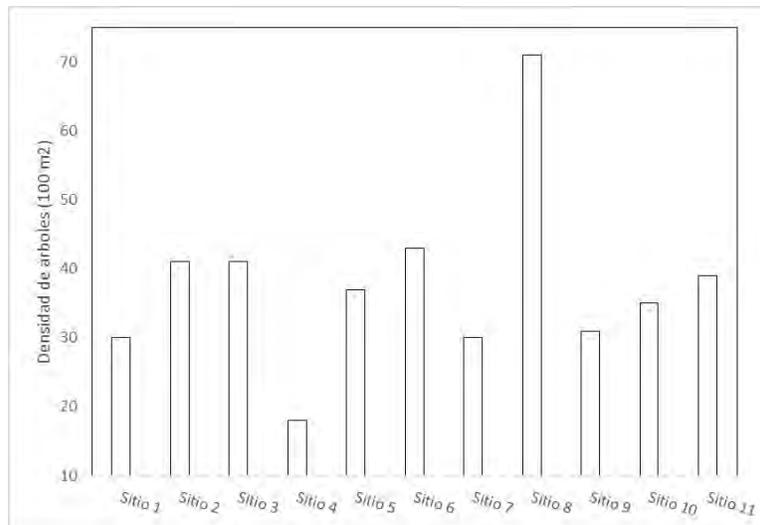


Figura 7. Densidad de árboles en 100 m² para cada sitio de muestreo.

En cuanto al cálculo del área basal por sitio (Figura 8), se encontró que el Sitio 4 tuvo el valor más alto, así como los sitios 2 y 3, de los valores más bajos fueron los presentes en el sitio 10 y 9.

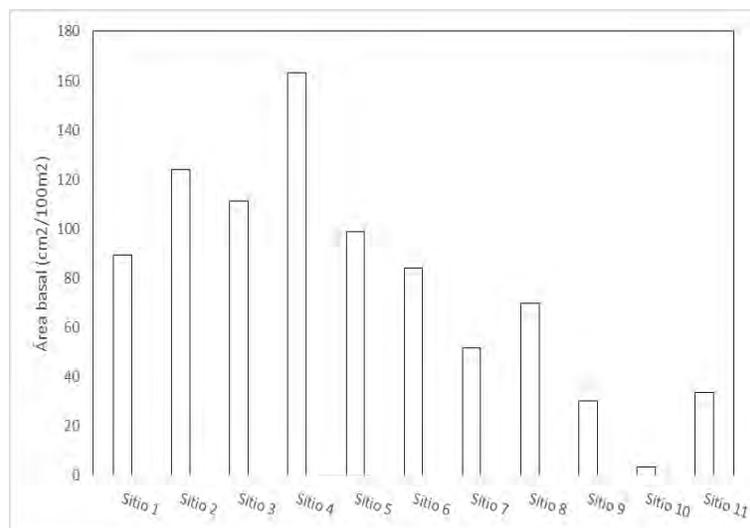


Figura 8. Área basal de los árboles de los sitio de estudio.

En el caso de la altura de los árboles, esta variable fenológica presentó valores menores hacia la parte de menor altitud, en las estaciones del piso altitudinal más alto se presentan los árboles de mayor altura. La misma tendencia en la altura de los árboles se observó en los valores de DAP, los valores más altos se observaron en la zona alta y media (Bosque de Pino y encino) y los más bajos en la zona baja (SBC).

Respecto a la caracterización general de los transectos (basado en porcentajes de superficie sin vegetación, superficie con rocas, superficie con árboles y superficie con hierbas), en el diagrama de la Figura 9 se puede apreciar que para la temporada de secas en los sitios de la zona alta (Sitio 1-Sitio 3) se tiene mayor superficie cubierta con hierbas y la superficie con rocas es casi nula. Para la zona media también se tiene una buena superficie cubierta con hierbas y es mayor la presencia de superficies con rocas. Finalmente, para los sitios de la zona baja, las superficies rocosas están bien representadas, las superficies cubiertas con hierbas y sin vegetación son comparables. Respecto a los cambios que se presentaron de la temporada de secas a la de lluvias, se notó modificación en la superficie cubierta por vegetación y la superficie desnuda, particularmente en la temporada de lluvias, la superficie cubierta por hierbas aumentó y se presentó disminución en la superficie desnuda (Figura 10).

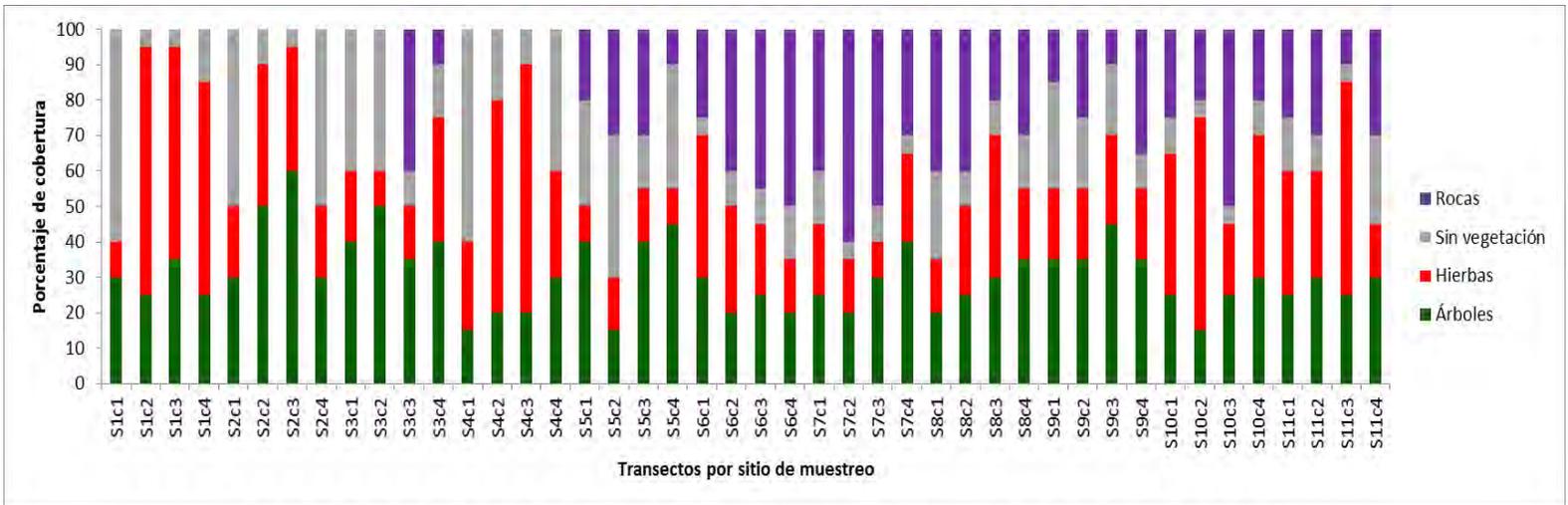


Figura 9. Caracterización de los sitios de muestreo para la temporada de secas.

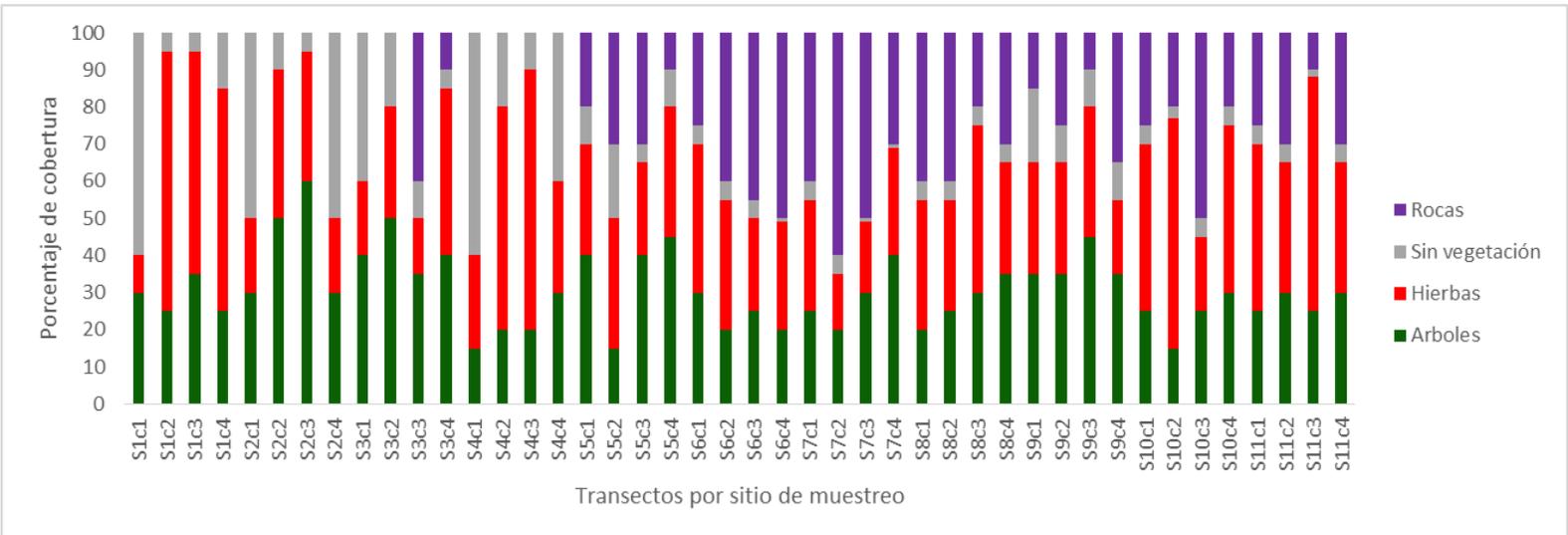


Figura 10. Caracterización de los sitios de muestreo para la temporada de lluvias.

5.2 Temperatura y humedad

Se registraron valores de temperatura entre 21.1 y 42.1°C, de humedad entre 8.4 y 63.2% (Figura 11 y Figura 12). En cuanto a las tendencias de la temperatura entre los sitios no hubo grandes diferencias, se encontró una ligera tendencia a incrementar hacia la parte baja del cerro, que es la zona más tropical, en el sitio 1 la mediana de la temperatura fue de 29.6°C y 23.5°C para secas y lluvias respectivamente, en el sitio 11 de 33°C y 30.1°C para secas y lluvias. En cuanto a valores mínimos y máximos de las medianas entre los sitios, el sitio 2 y 3 presentaron los valores más bajos con 28.3°C y 21.9°C para secas y lluvias respectivamente; en el caso de los sitios 10 y 11 tuvieron los valores más altos con 33.25 y 30.1°C para secas y lluvias.

Respecto a la humedad no existe una tendencia clara, en la Figura 12 se puede observar una clara diferencia entre valores de humedad entre la temporada de secas y la de lluvias esta última afectada por las precipitaciones características de los meses de agosto y septiembre, el valor más bajo en la mediana para la humedad se presentó en los sitios 8 y 2 con valores de 13.3 y 49.6% para las secas y lluvias respectivamente, los valores máximos en mediana para la humedad se registraron en los sitios 6 y 10 con valores de 31.3 y 72.5% para secas y lluvias.

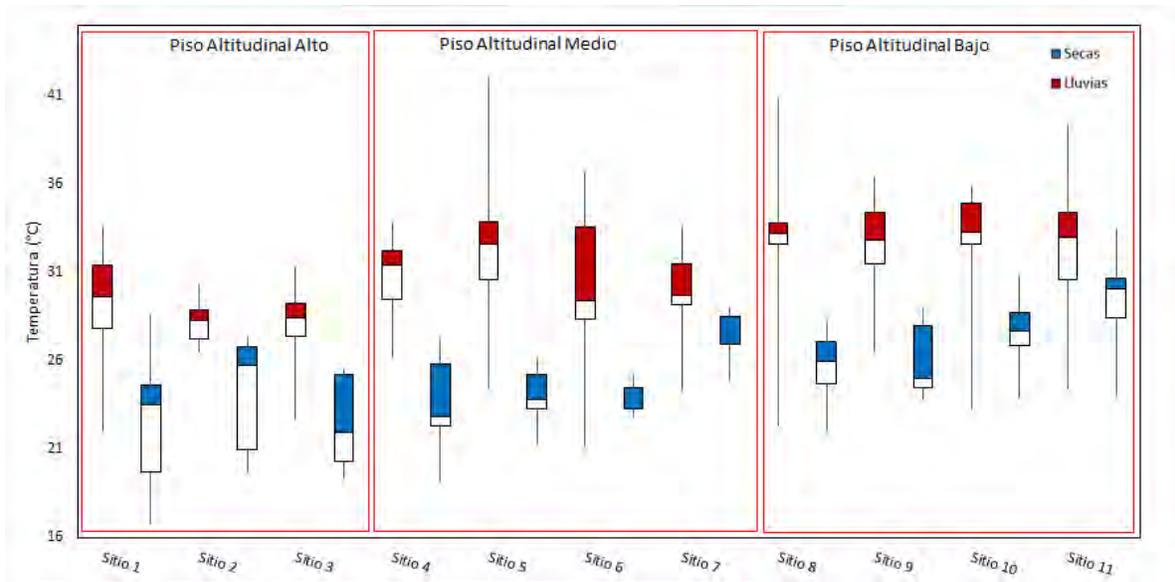


Figura 11. Variación en la temperatura de los diferentes sitios de muestreo y temporadas de muestreo.

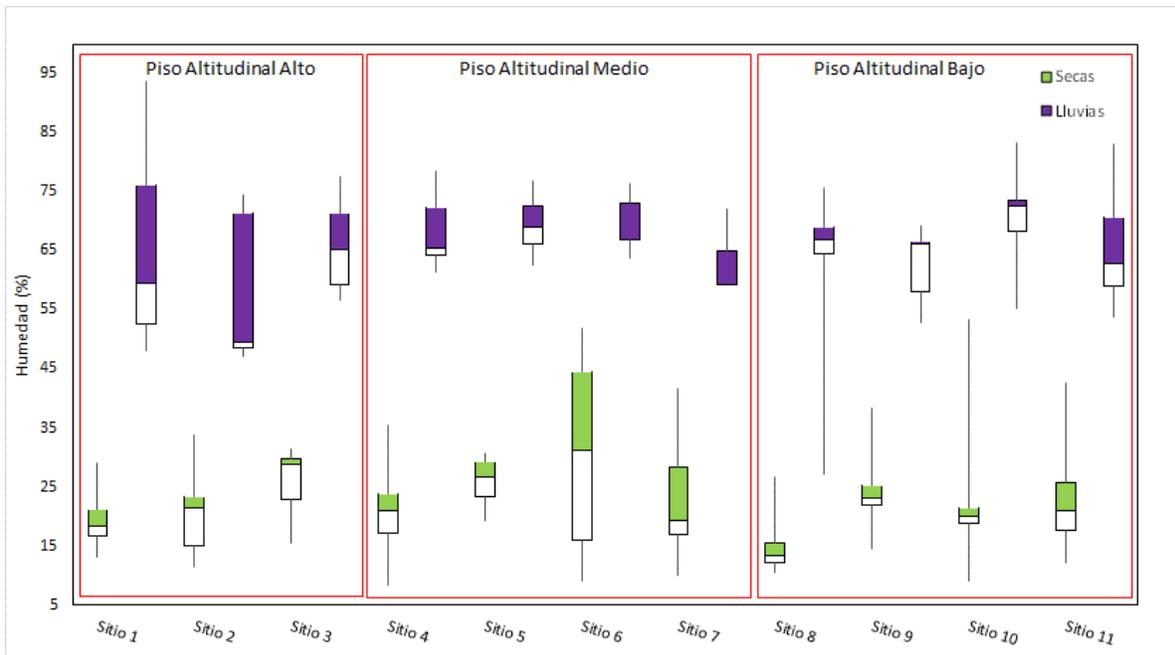


Figura 12. Variación en la humedad de los diferentes sitios de muestreo y temporadas de muestreo.

5.3 Riqueza específica, abundancia relativa e índices de Shannon

Se identificaron un total de 21 especies de lagartijas, pertenecientes a siete familias (Tabla 4), se registraron 939 individuos.

Tabla 4. Especies de lagartijas presentes en Cerro Grande, Colima.

Familia	Especies
Anguidae	<i>Barisia imbricata</i>
Iguanidae	<i>Ctenosaura pectinata</i>
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus asper</i> <i>Sceloporus bulleri</i> <i>Sceloporus grammicus</i> <i>Sceloporus horridus</i> <i>Sceloporus heterolepis</i> <i>Sceloporus melanorhinus</i> <i>Sceloporus pyrocephalus</i> <i>Sceloporus scalaris</i> <i>Sceloporus utiformis</i> <i>Urosaurus bicarinatus</i>
Polychrotidae	<i>Anolis nebuloides</i> <i>Anolis nebulosus</i>
Scincidae	<i>Plestiodon brevirostris</i> <i>Plestiodon parvulus</i> <i>Marisora unimarginata</i>
Teiidae	<i>Holcosus undulatus</i> <i>Aspidoscelis communis</i> <i>Aspidoscelis lineattissimus</i>
Phyllodactylidae	<i>Phyllodactyllus davisii</i>

En la Figura 13 se muestra la curva de acumulación de especies, donde es posible apreciar que durante los muestreos se alcanzó la asíntota de especies, por lo que el número de especies registradas se aproxima al número real.

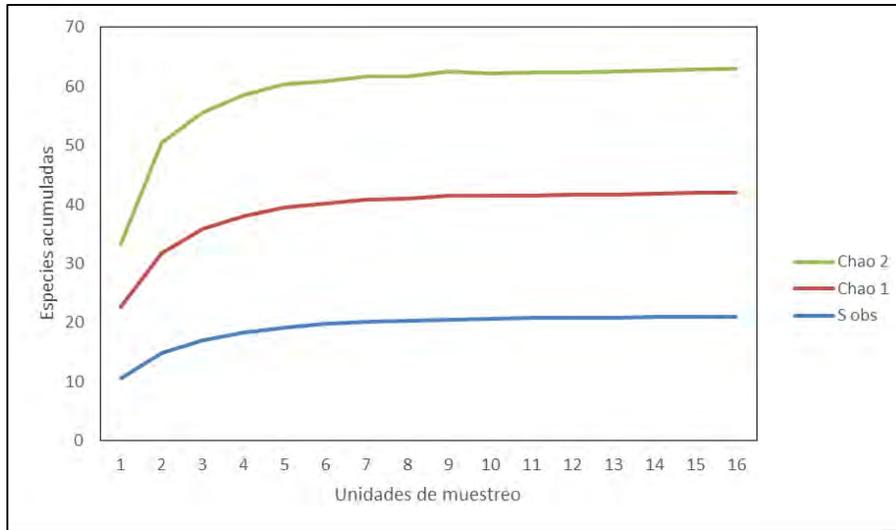


Figura 13. Curva de acumulación de especies, se consideran los diferentes muestreos (se definieron 16 unidades cronológicas) en el eje de abscisas.

En la Figura 14 se muestra la distribución de las especies de lagartijas dentro de los sitios de muestreo, se observó una ligera variación de los registros de las especies según la temporada de muestreo. La especie que se encontró exclusivamente en la parte alta fue *Barisia imbricata*; la zona media compartió especies tanto con la parte alta (*Plestiodon brevirostris*, *Sceloporus grammicus*, *S. asper*) y con la parte baja (*S. utifotmis*, *S. melanorhinus*, *Anolis nebuloides*, etc.); en la parte baja se encontraron especies exclusivas como *Marisora unimarginata*, *Urosaurus bicarinatus*, *Holcosus undulatus*. Las especies *Anolis nebulosus* y *Ctenosaura pectinata* se encontraron en los tres pisos altitudinales.

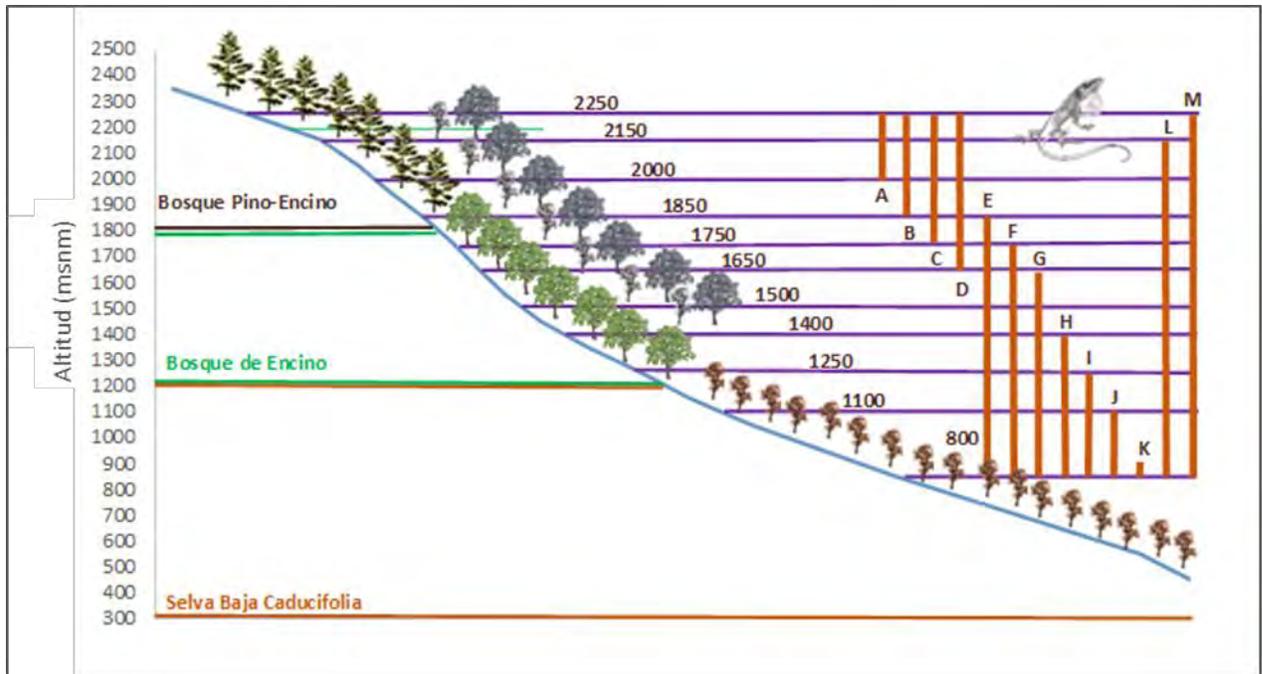


Figura 14. Distribución general de lagartijas en Cerro Grande, las líneas naranjas indican los tramos donde fueron registradas las diferentes especies de lagartijas, las letras indican la especie de lagartija correspondiente (A. *Barisia imbricata*, B. *Plestiodon parvulus*, *Sceloporus bulleri*, *S. heterolepis* y *S. grammicus*, C. *S. scalaris*, D. *Plestiodon brevirostris* y *Sceloporus asper*, E. *Sceloporus utiformis*, *Aspidoscelis communis*, *A. lineatissimus* y *Anolis nebuloides*, F. *Sceloporus horridus* y *S. melanorhinus*, G. *Phyllodactylus davisii*, H. *Sceloporus pyrocephalus*, I. *Urosaurus bicarinatus*, J. *Holcosus undulatus*, K. *Marisora unimarginata*, L. *Anolis nebulosus*, M. *Ctenosaura pectinata*). En la figura se indican con líneas moradas las diferentes altitudes de los sitios de muestreo.

Se realizó un dendrograma para agrupar los sitios según las especies presentes en los mismos (Figura 15), donde se obtuvo que los sitios 5, 6, 7 y 9 formaron un grupo, estos se agruparon con otro grupo formado por los sitios 2 y 3, los sitios 1 y 4 presentaron afinidad, con lo que se formó un grupo asociado al anterior, finalmente el sitio 11 tiene afinidad con todos los sitios en conjunto.

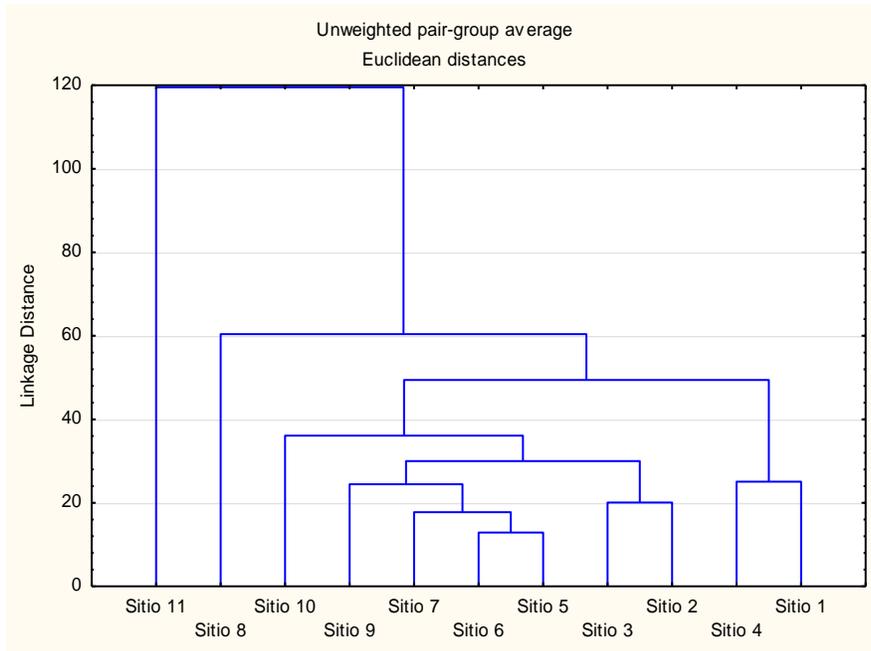


Figura 15. Dendrograma de sitios de muestreo según las especies presentes.

En cuanto a la riqueza específica por sitio, en la parte media el Sitio 4, presentó el valor más alto, con 13 especies, los valores más bajos de riqueza se presentaron en los sitios 5 y 6 con seis y siete especies (Figura 16).

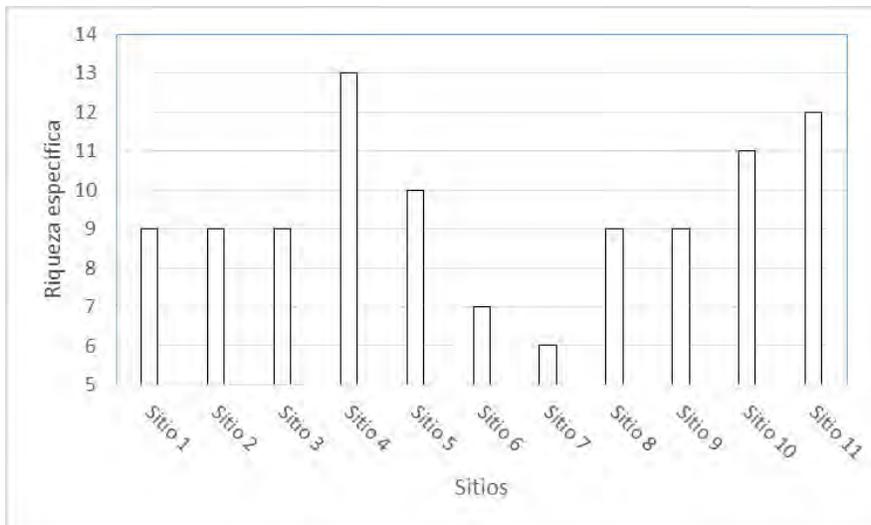


Figura 16. Riqueza específica dentro de los sitios de estudio

Para la riqueza específica para los tipos de vegetación, se encontró que el valor más alto le correspondió al tipo de vegetación SBC y Encino con 14 especies cada uno, el tipo de vegetación con el valor más bajo fue Encino-SBC (Figura 17).

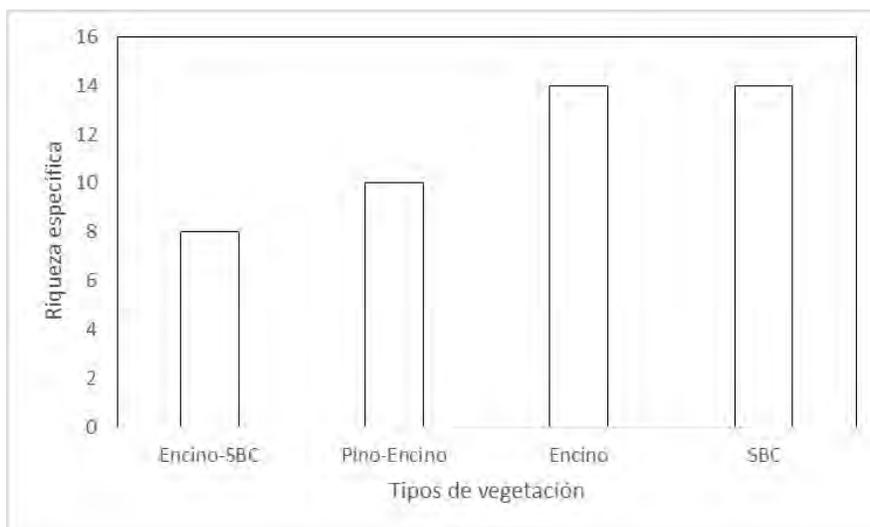


Figura 17. Riqueza específica para los tipos de vegetación.

Para la riqueza específica en los diferentes tipos de microhábitats, se registró mayor número de especies en el microhábitat “árbol” (14 especies), seguido de “hojarasca” y “tocón” (12 especies); las categorías de microhábitat que menor número de especies fueron “herbáceas” y “debajo de tocón” (3 especies).

Entre los pisos altitudinales se encontró que, al agrupar la información, en el piso altitudinal alto se registraron 10 especies de lagartijas, el piso altitudinal medio presentó la mayor riqueza, con 16 especies y el piso altitudinal bajo tuvo 10 especies (Figura 18).

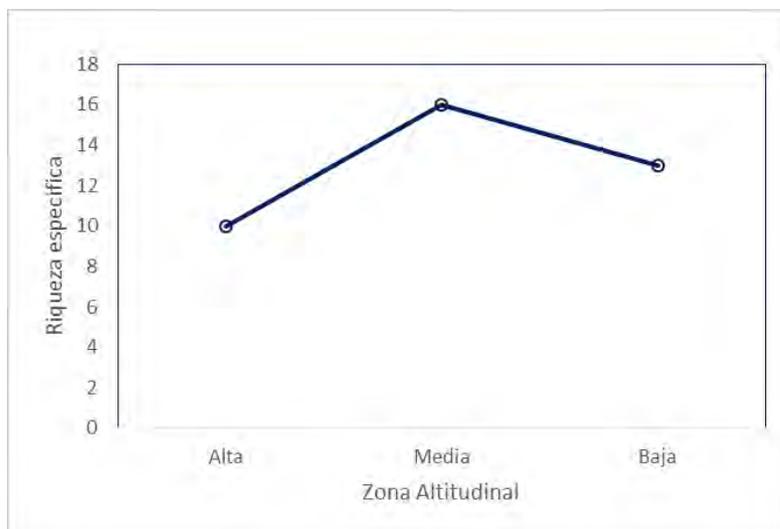


Figura 18. Riqueza específica de lagartijas para los tres pisos altitudinales, presentes en Cerro Grande.

En cuanto a la riqueza de especies por familia, la Familia Polychrotidae presentó dos especies en la parte media-baja y solo una en la parte alta; la Familia Iguanidae tuvo solo una especie que se encontró a lo largo de los tres pisos altitudinales; la Familia Teiidae presentó una clara disminución hacia la parte alta (solo se registraron especies en la parte media y baja); la Familia Phrynosomatidae presentó cinco especies en la parte alta, ocho en la media y cinco en la baja; la Familia Phyllodactylidae únicamente se presentó en la parte media y baja; por el contrario la Familia Anguidae únicamente estuvo presente en la parte alta.

En la Figura 19 se muestra la abundancia relativa de especies para todo el muestreo, la menor abundancia que se registró fue de un individuo, que correspondió a la especie *Marisora unimarginata*, mientras que las especies con mayor abundancia fueron *Sceloporus utiformis* y *Anolis nebulosus*.

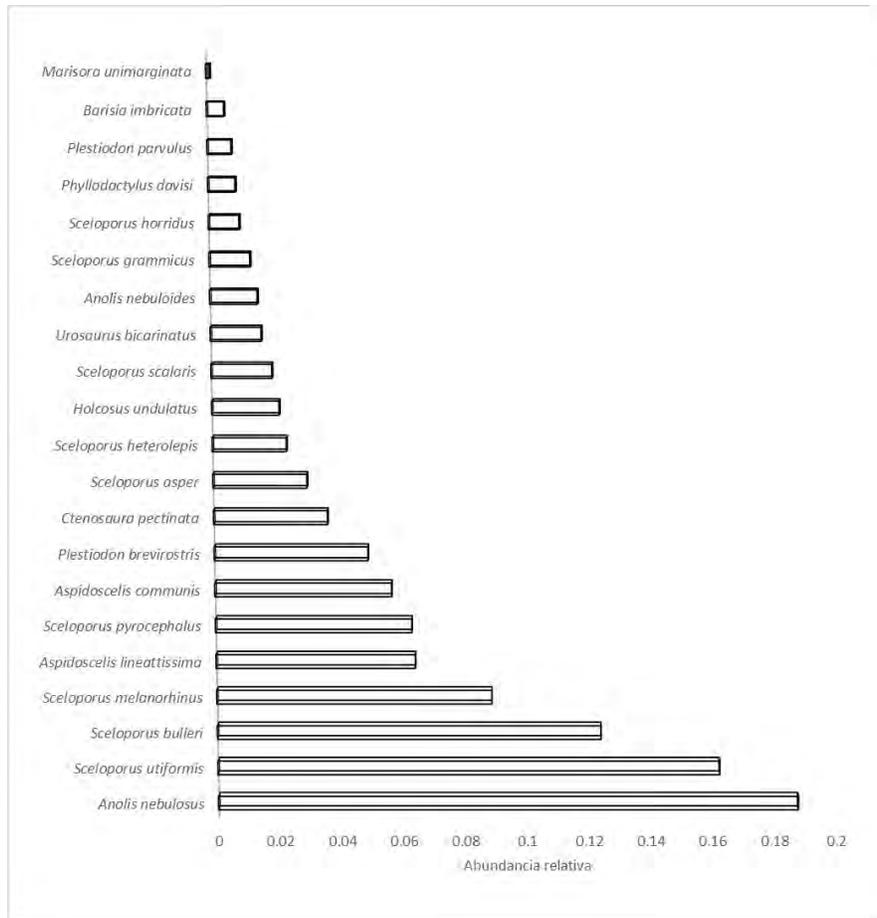


Figura 19. Abundancia relativa de las especies

La abundancia relativa de lagartijas por familia (Figura 20), muestra que la Familia Phrynosomatidae es la que tiene el mayor número de individuos (497) y por lo tanto el valor más alto de abundancia relativa, seguido por la Familia Polychrotidae, la Familia Anguidae presentó los valores más bajos de abundancia relativa (con 5 individuos).

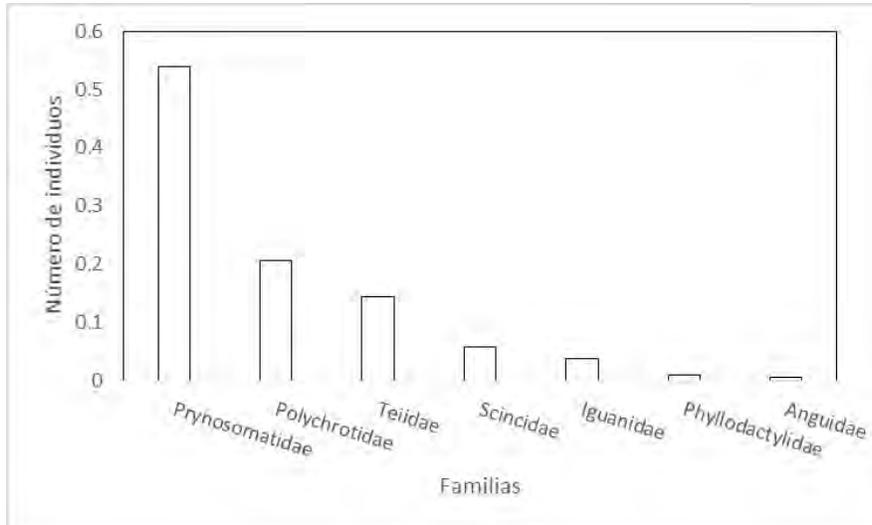


Figura 20. Número de individuos registrados por familia.

Para la abundancia relativa de lagartijas por sitios (Figura 21), el valor más alto se registró en el Sitio 11 (con un valor de abundancia relativa de 0.286); por el contrario, el Sitio 6 registro el valor más bajo (con un valor de abundancia relativa de 0.023).

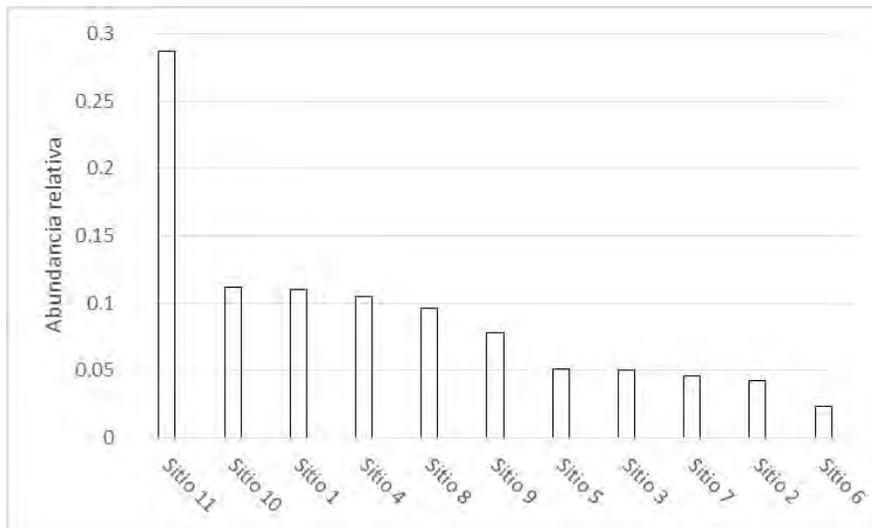


Figura 21. Abundancia relativa de lagartijas por sitio de muestreo

Para la abundancia relativa por piso altitudinal, la zona baja reportó un valor de 0.572, que comprendió más del 50% de los datos registrados, la zona media tuvo un valor de 0.224 y la zona baja de 0.202. Por lo que la tendencia fue la disminución de la abundancia relativa de lagartijas conforme la altitud es mayor.

La abundancia relativa por tipos de vegetación (Figura 22) tuvo el valor más alto en SBC con un valor de 0.625, la vegetación de Encino-SBC presentó el valor más bajo con 0.061.

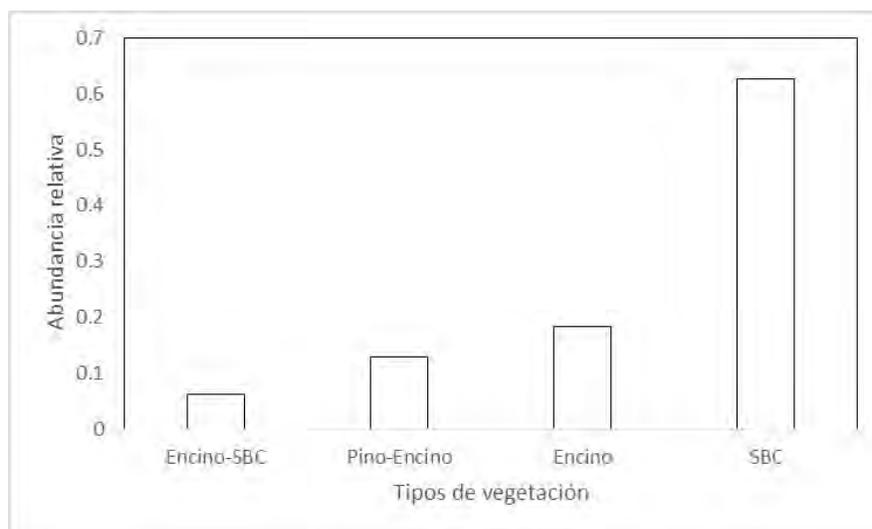


Figura 22. Abundancia relativa de lagartijas por tipo de vegetación.

De los diferentes tipos de microhábitats, la categoría “árbol” registro la mayor abundancia relativa (0.30), seguida de “piedra” (0.159), “tocón” (0.155) y “hojarasca” (0.138), de la misma manera los valores más bajos se registraron en “arbusto” (0.01), “grieta” (0.008) y “herbáceas” (0.004).

Respecto a la abundancia relativa de lagartijas y temperatura, en las clases de valores máximos y mínimos fueron pocos los individuos registrados, la mayor frecuencia se presentó en los valores intermedios, entre 32 y 35°C (Figura 23).

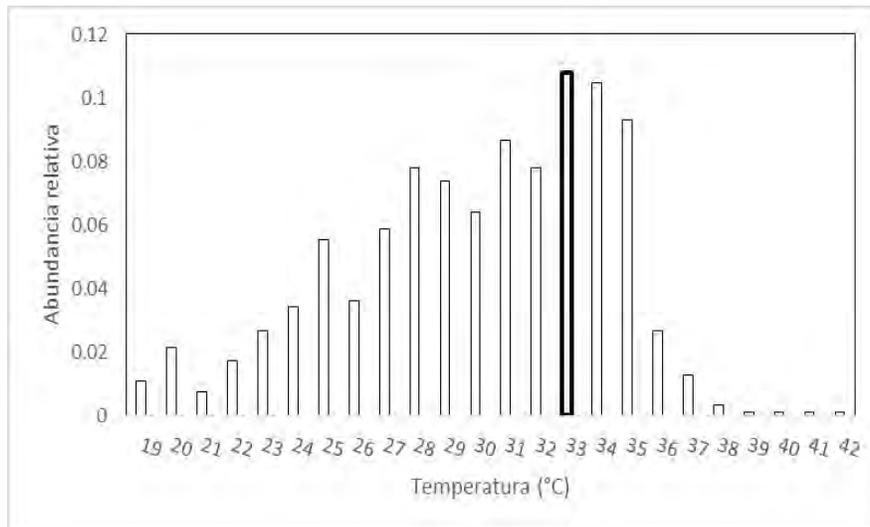


Figura 23. Abundancia relativa de lagartijas por clase de temperatura.

Para los valores de humedad y abundancia relativa, la mayor frecuencia se presentó hacia los valores más bajos de humedad, entre 17.5 y 22.5%, los valores más altos de humedad presentaron baja abundancia relativa (Figura 24); sin embargo, se tiene un segundo pico de abundancia relativa entre 65 y 70%.

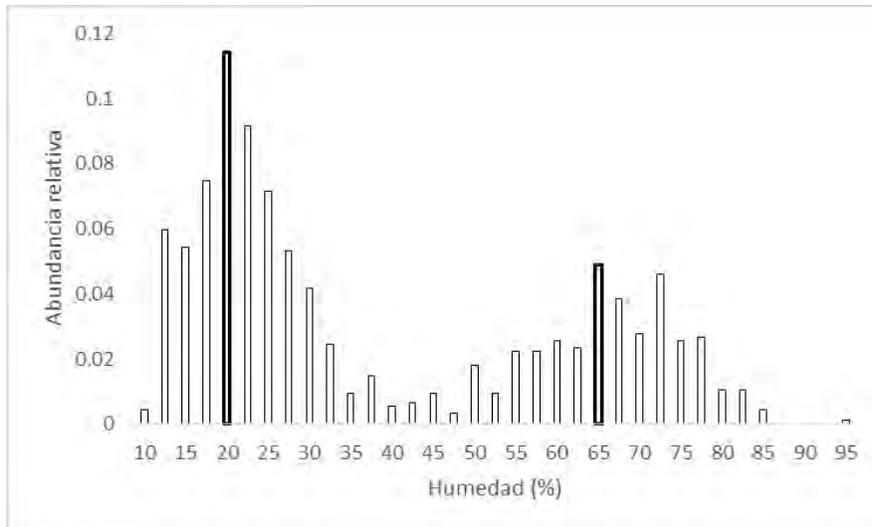


Figura 24. Abundancia relativa de lagartijas por clase de humedad.

Para la distribución de las familias, se registró una clara disminución de individuos de la mayoría de familias Phrynosomatidae, Iguanidae, Polychrotidae, Teiidae hacia la zona de mayor altitud. Los individuos de las familias Anguidae y Scincidae aumentaron hacia la parte alta del gradiente (Figura 25).

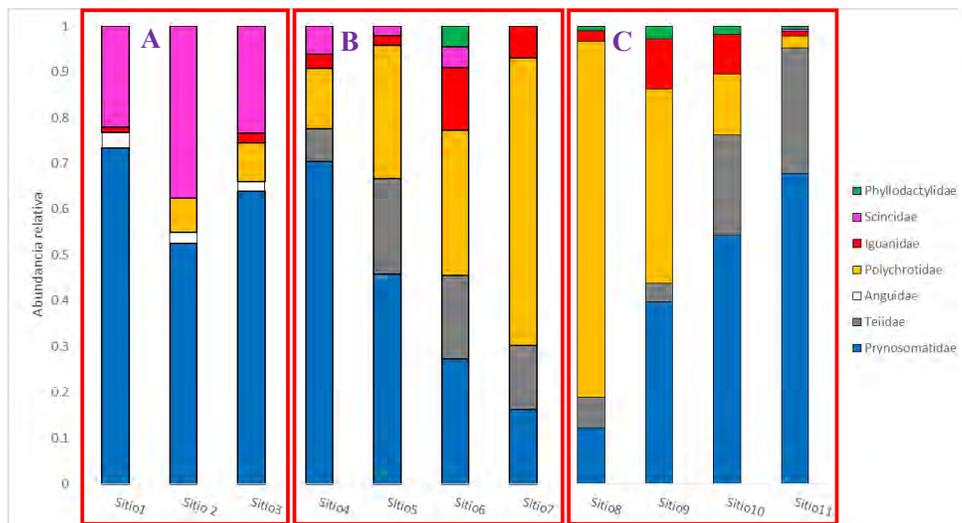


Figura 25. Representatividad de familias de lagartijas en los diferentes sitios de muestreo y pisos altitudinales.

Se obtuvo un valor del Índice de Shannon de 2.55 para toda la zona de estudio. Los valores del Índice de Shannon se encontraron entre 0.69 y 2.16 (Figura 26), el sitio 1 presentó el valor más bajo (0.69), los sitios 10 y 2 los valores más altos con 2.16 y 1.9 respectivamente.

Los valores de este índice también se calcularon para cada piso altitudinal (Figura 27), estos fueron de 1.85, 2.07 y 2.13 respectivamente para la parte baja, media y alta.

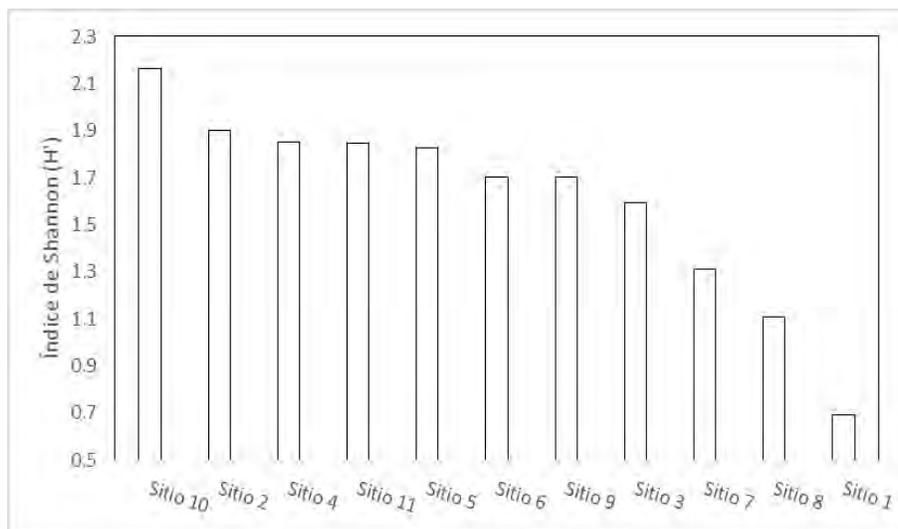


Figura 26. Índice de Shannon para cada uno de los sitios de muestreo

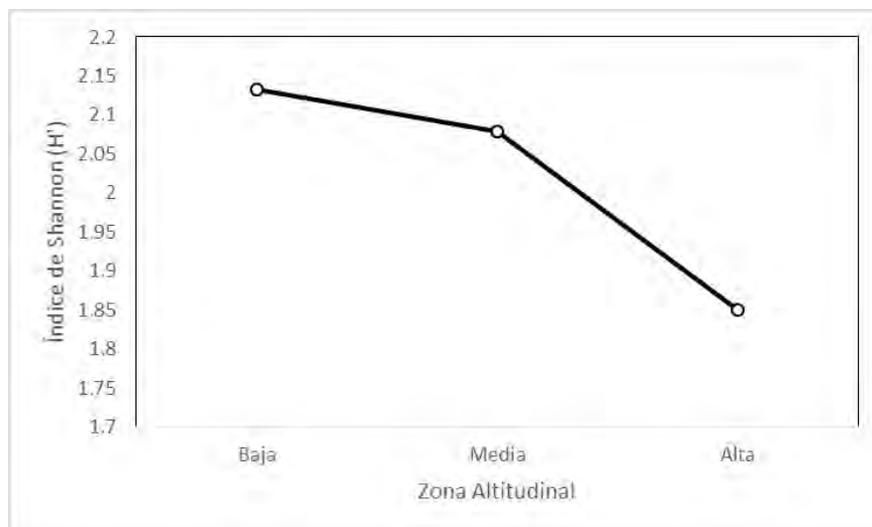


Figura 27. Índice de Shannon para cada uno de los pisos altitudinales

En cuanto a los tipos de vegetación y los valores del Índice de Shannon (Figura 28), los valores más altos de abundancia relativa los tiene la SBC con 0.625, seguido de Encino y Pino-Encino con 1.915 y 1.920 respectivamente, finalmente Encino-SBC registró un valor de 1.674.

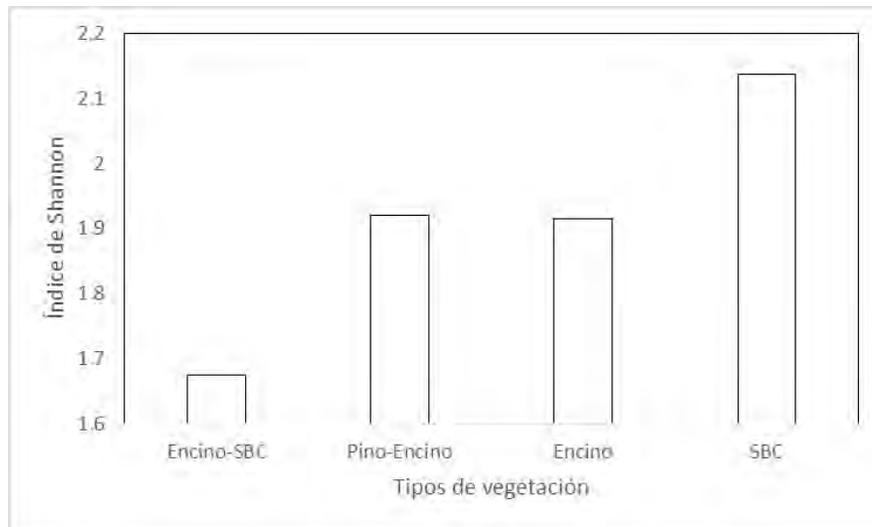


Figura 28. Índice de Shannon por tipo de vegetación.

De acuerdo a las pruebas de t-Student realizadas, no existen diferencias entre los tipos de vegetación Pino-Encino y Selva Baja Caducifolia para el Índice de Shannon, se obtuvieron valores de $t= 0.1629$, $df=41$, $P=0.8714$. Para el caso de la variable de Abundancia (transformada) tampoco se obtuvieron diferencias significativas entre los tipos de vegetación Pino-Encino y Selva Baja Caducifolia, los valores calculados fueron $t=0.9121$, $df=41$, $P=0.3899$. Finalmente, para los valores de Riqueza (transformada) no se encontraron diferencias significativas entre los tipos de vegetación (Figura 29), los valores obtenidos fueron los siguientes $t=0.8691$, $df=41$, $P=0.3899$.

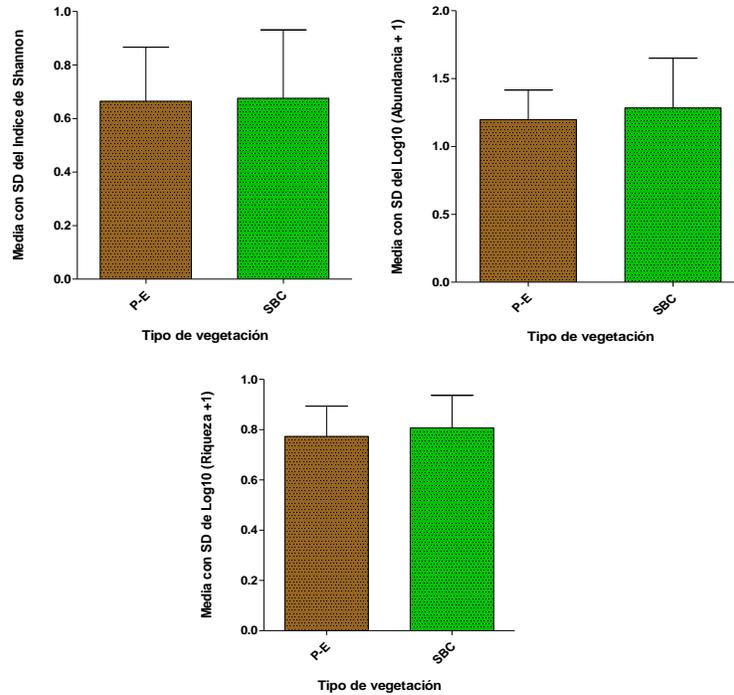


Figura 29. Gráficos de tipo de vegetación (P-E: Pino-Encino, SBC: Selva Baja Caducifolia) para los valores de la media y su desviación estándar (SD) del Índice de Shannon, Log 10 (Abundancia +1) y Log 10 (Riqueza de especies +1).

No se encontraron diferencias significativas entre los valores del Índice de Shannon entre los tres pisos altitudinales, en el ANOVA los valores obtenidos fueron $P=0.9378$ y $F=0.06436$; para la Abundancia (transformada) el ANOVA mostro que sí se existen diferencias significativas, con valores de $P=0.0125$ y $F=4.902$, se aplicó la Prueba de Tukey para saber cuáles de los grupos son diferentes, encontrando que entre los Pisos Alto y Medio no hay diferencias, entre los pisos Alto y Bajo tampoco hay diferencias, entre los pisos Medio y Bajo si existen diferencias (Figura 30).

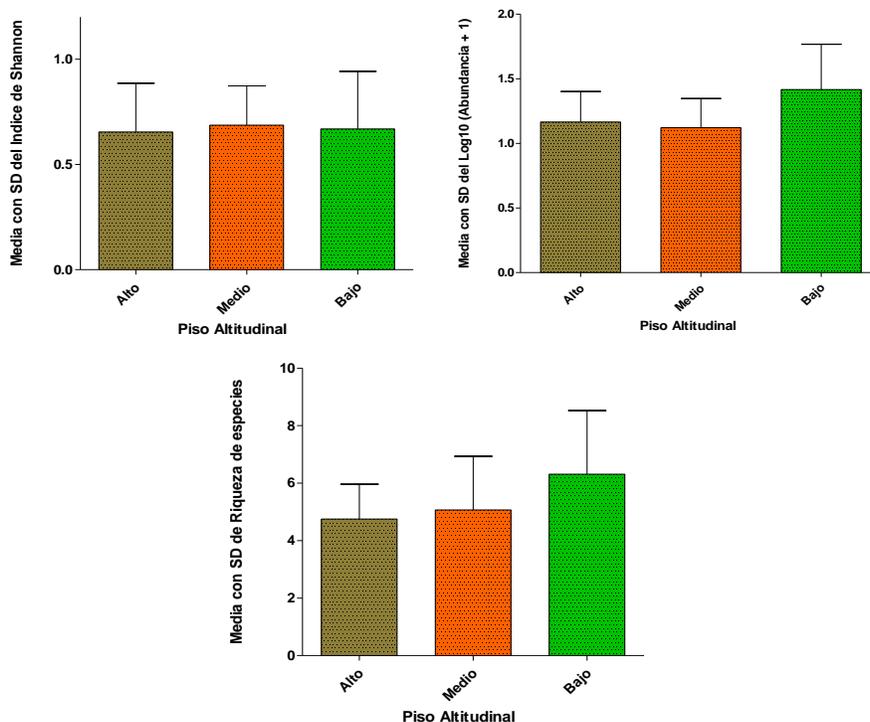


Figura 30. Gráficos de los pisos altitudinales para los valores de la media y su desviación estándar (SD) del Índice de Shannon, Log 10 (Abundancia +1) y Riqueza.

Para los datos de Riqueza, la Prueba de Kruskal-Wallis demostró que no se encontraron diferencias significativas, el valor de $P=0.1107$ y Valor de Kruskal-Wallis=4.402.

Entre la temporada de Secas y la de Lluvias existen diferencias significativas de los valores de temperatura, se obtuvo un valor de $P<0.0001$, $t=11.84$, $df=43$; también existen diferencias significativas entre los valores de humedad entre las dos temporadas, con valores de $P<0.0001$, $t=28$, $df=41$ (Figura 31). Para la Abundancia se encontraron diferencias significativas entre las dos temporadas, con valores de $P=0.0015$, $t=3.433$ y $df=36$. Para el Índice de Shannon no se encontraron diferencias significativas entre temporada (Figura 32), los valores calculados fueron $P=0.6396$, $t=0.4829$, $df=10$.

La Prueba de U-Mann Whitney que se aplicó para la Riqueza específica, demostró que no se tienen diferencias significativas (Figura 32), los valores calculados fueron $P=0.2173$ y $U=1231$.

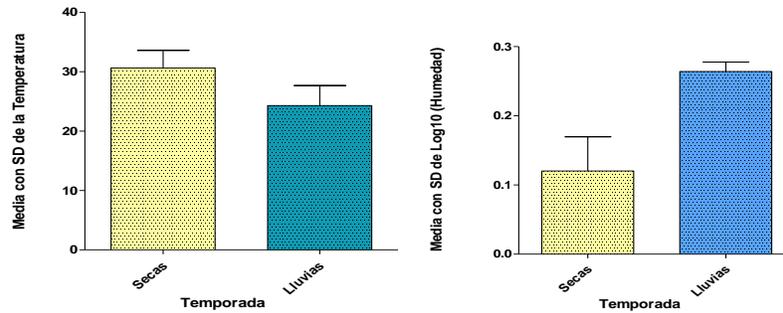


Figura 31. Gráficos de las temporadas de muestreo (Secas y lluvias) de la media con su desviación estándar (SD) de la temperatura y Log 10 (Humedad).

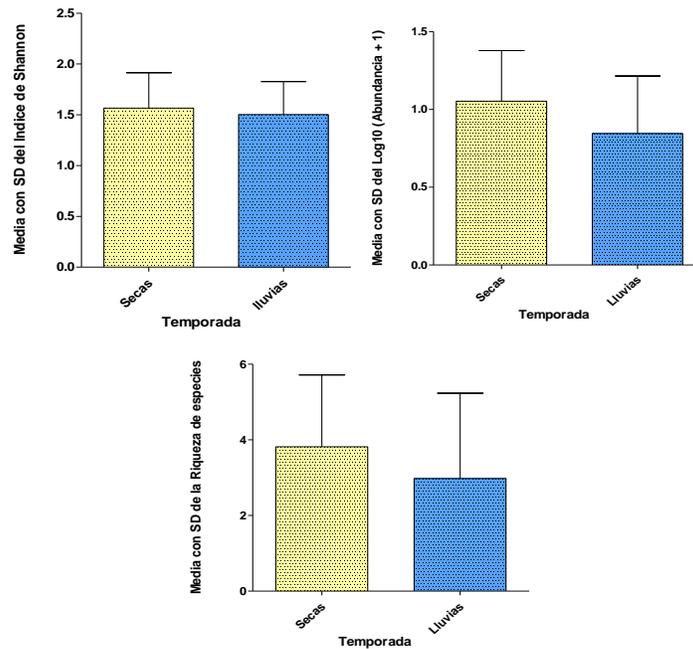


Figura 32. Gráficos de la temporada de muestreo (secas y lluvias) de la media con la desviación estándar (SD) del Índice de Shannon, Log10 (Abundancia +1) y Riqueza de especies.

5.4 Diversidad filogenética de acuerdo a Vane-Wright (1991)

Según el método de Vane-Wright explicado en los métodos, se deben calcular algunos términos, I, número de grupos o nodos involucrados para cada terminal; Q, coeficiente de peso taxonómico (I total / I individual); W, valor estandarizado del peso taxonómico básico (Q/Q mínima) y P, porcentaje que aporta cada taxón, dichos términos se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Valores de términos considerados por Vane-Wright en el cálculo de diversidad filogenética.

Especies	I	Q	W	P
<i>Barisia imbricata</i>	18	2861.6	2	0.03296209
<i>Ctenosaura pectinata</i>	17	3030	2.1	0.03490104
<i>Sceloporus asper</i>	27	1907.7	1.3	0.02197473
<i>Sceloporus bulleri</i>	30	1717	1.2	0.01977726
<i>Sceloporus grammicus</i>	26	1981.1	1.3	0.02281991
<i>Sceloporus horridus</i>	29	1776.2	1.2	0.02045923
<i>Sceloporus heterolepis</i>	27	1907.7	1.3	0.02197473
<i>Sceloporus melanorhinus</i>	23	2239.5	1.5	0.02579642
<i>Sceloporus pyrocephalus</i>	20	2575.5	1.8	0.02966588
<i>Sceloporus scalaris</i>	28	1839.6	1.2	0.02118992
<i>Sceloporus utiformis</i>	19	2711	1.8	0.03122725
<i>Urosaurus bicarinatus</i>	17	3030	2.1	0.03490104
<i>Anolis nebuloides</i>	28	1839.6	1.2	0.02118992
<i>Anolis nebulosus</i>	28	1839.6	1.2	0.02118992
<i>Plestiodon brevirostris</i>	18	2861.6	2	0.03296209
<i>Plestiodon parvulus</i>	18	2861.6	2	0.03296209
<i>Marisora unimarginata</i>	24	2146.2	1.5	0.02472157
<i>Holcosus undulatus</i>	13	3962.3	2.7	0.04563982
<i>Aspidoscelis communis</i>	16	3219.3	2.2	0.03708235
<i>Aspidoscelis lineattissimus</i>	16	3219.3	2.2	0.03708235
<i>Phyllodactylus davisi</i>	19	2711	1.8	0.03122725
Total	461	52238.3	36.5	0.60170686

En la Figura 33 se ordenaron las especies de menor a mayor para el valor del término W, donde *Holcosus undulatus* es la especie que tiene el valor más alto, de acuerdo con Eguiarte *et al.* (1999) esta especie corresponde al taxón con mayor contenido de información filogenética, el género *Sceloporus* que presenta el mayor número de especies tiene los valores más bajos para el término W. Las especies de la Familia Teiidae presentaron los valores más altos y por lo tanto la mayor información filogenética.

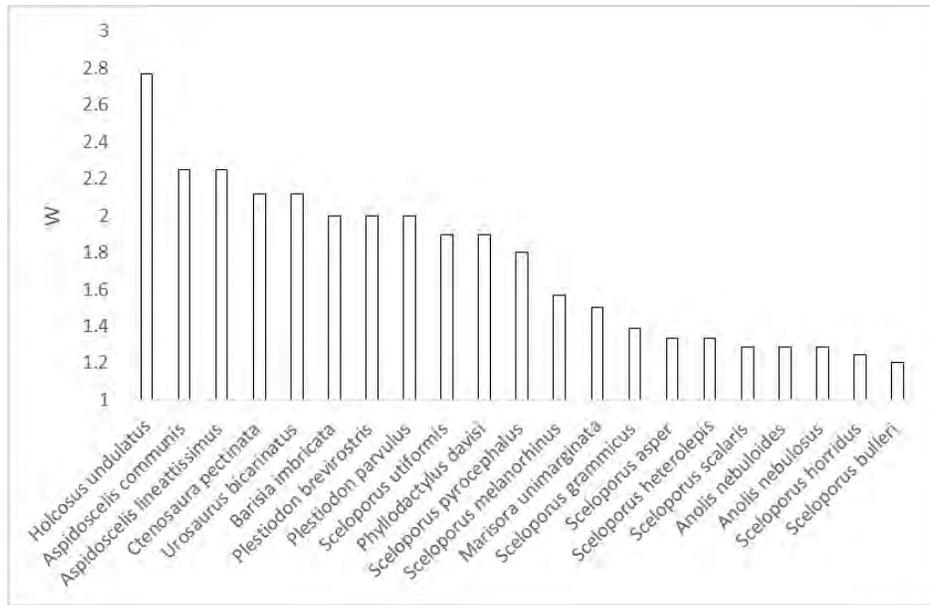


Figura 33. Valores de W para la diversidad filogenética según lo propuesto por Vane-Wright.

Para los valores de la diversidad filogenética para cada piso altitudinal, se sumaron los valores de los términos especificados por Vane-Wright (1991) para las especies presentes en cada piso altitudinal, los resultados se encuentran en la Tabla 6, el gráfico del término W se muestra en la Figura 34, en la misma se observa que el valor más alto para la diversidad filogenética se tiene en el piso altitudinal medio, con ello se puede decir que es el piso donde se presenta mayor cantidad de información filogenética, en segundo lugar se tienen la parte baja y el menor valor se registra en la parte alta.

Tabla 6. Valores de diversidad filogenética para los tres pisos.

altitudinales considerado en Cerro Grande, Colima.				
Piso altitudinal	I	Q	W	P
Alto	301	30388.6	21.23	0.35
Medio	369	37662.5	26.32	0.43
Bajo	269	34299.9	23.97	0.39

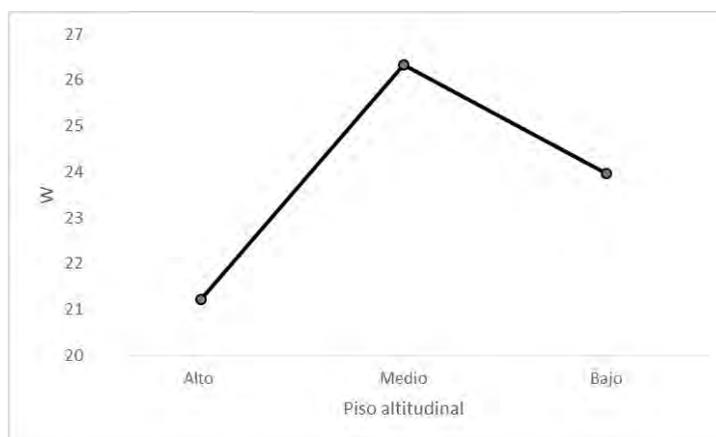


Figura 34. Valores de W para los tres pisos altitudinales de Cerro Grande.

5.5 Modelo lineal y análisis de componentes principales

Para realizar el modelo lineal generalizado se incluyeron las variables temperatura, humedad, riqueza número de microhábitat, área basal, y altitud como variables explicativas (X), se consideró a la abundancia como variable de respuesta (Y). Los valores de referencia fueron los siguientes: $r^2 = 0.9119$, $F = 6.9075$ y $P = 0.0412$, los valores de beta para cada una de las variables explicativas se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Valores de los coeficientes del modelo lineal.

Variable	Abreviatura	Coficiente
Intercepción	B	0.07135
Temperatura	T	-0.04834
(Humedad) ²	H ²	-0.00036
Log10 (Riqueza)	Log10 Ri	2.77029
Log10 (Número de microhábitats)	Log 10 Mh	1.13702
Área basal	Ab	-0.00445
Altitud	A	0.00012

la ecuación obtenida fue la siguiente:

$$\text{Log (Abundancia)} = B + (-0.04834)T + (-0.00036)H^2 + (2.77029)\text{Log10 Ri} + (1.13702)\text{Log 10 Mh} + (-0.00445)Ab + (0.00012)A$$

La ecuación obtenida indica que las variables riqueza de especies, número de microhábitats y altitud tienen una relación positiva con la abundancia. Por otra parte, esta ecuación sugiere que la humedad, el área basal y temperatura tienen una relación negativa con la abundancia de lagartijas. Las variables mencionadas en la Tabla 9, fueron las que tienen mayor influencia en la abundancia, ya que su uso en conjunto genera un valor de $r^2 = 0.9119$, que se interpreta como un modelo lineal con un ajuste adecuado.

De los resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP), el primero de ellos donde se utilizaron el total de las especies de lagartijas y los valores promedio de la temperatura y humedad; se obtuvo que el componente 1 explica el 75.5% de la variabilidad y el componente 2 el 24.5 %, que suman un total del 99.0% de la variabilidad (Figura 35).

El biplot de este ACP permitió indagar en la afinidad hacia de la temperatura y humedad de las especies de lagartijas de la zona de estudio. Este gráfico muestra que especies como *Aspidoscelis communis*, *A. lineatissimus*, *Anolis nebulosus*, *Sceloporus horridus*, *S. pyrocephalus*, *S. utiformis*, *Holcosus undulatus* y *S. scalaris* prefieren ambientes con temperaturas más altas, todas estas especies se distribuyen principalmente hacia la parte baja del gradiente, excepto *S. scalaris* que se encuentra en mayor altitud, pero asociado a ambientes perturbados donde la temperatura es mayor.

De la misma forma especies como *Anolis nebuloides*, *Sceloporus heterolepis*, *Barisia imbricata*, *Plestiodon brevirostris*, *Sceloporus bulleri*, *P. parvulus* y *S. grammicus*, se encuentran en el eje contrario hacia donde sale el vector de la temperatura, por lo que se entiende que son especies que se asocian a temperaturas más bajas, presentes en los sitios con mayor altitud dentro del gradiente.

En el caso particular de *Urosaurus bicarinatus*, *Sceloporus melanorhinus* y *Marisora unimarginata* se encuentran en medio de los vectores de temperatura y humedad, en el mismo cuadrante que los vectores, por lo que se entiende que estas especies tienen afinidad por sitios con temperaturas altas y humedad elevada.

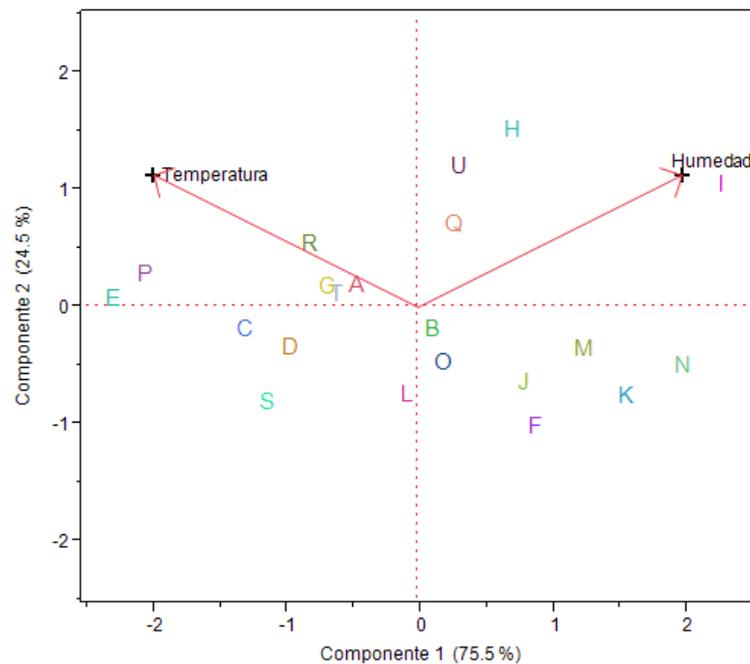


Figura 35. Análisis de Componentes Principales que incluye la temperatura, humedad y especies registrada dentro de la zona de estudio de Cerro Grande, Colima. A. *Holcosus undulatus*; B. *Anolis nebuloides*; C. *Anolis nebulosus*; D. *Aspidoscelis communis*; E. *Aspidoscelis lineattissimus*; F. *Barisia imbricata*; G. *Ctenosaura pectinata*; H. *Marisora unimarginata*; I. *Phyllodactylus davisi*; J. *Plestiodon brevisrostris*; K. *Plestiodon parvulus*; L. *Sceloporus asper*; M. *Sceloporus bulleri*; N. *Sceloporus grammicus*; O. *Sceloporus heterolepis*; P. *Sceloporus horridus*; Q. *Sceloporus melanorhinus*; R. *Sceloporus pyrocephalus*; S. *Sceloporus scalaris*; T. *Sceloporus utiformis*; U. *Urosaurus bicarinatus*.

En otro análisis de componentes principales que se realizó con los sitios de muestreo, abundancia de especies, humedad, riqueza de especies, número de microhábitats, temperatura, densidad de árboles, altura de los árboles, área basal y altitud; el componente 1 tuvo un 45.1% de variabilidad y el componente 2 un 31.1 %, que suman un total de 76.2% (Figura 36). El Biplot muestra que los sitios 1, 2, 3 y 4 presentan valores más altos de áreas

basal, altitud, altura de los árboles y humedad, el sitio 4 tiene los valores más altos de riqueza específica y número de microhábitats, es interesante notar que estas variables mostraron un vector con la misma magnitud y dirección; por otra lado los sitios 6, 7, 8 y 9 tuvieron valores más altos de densidad de los árboles y mayor temperatura, sin embargo se encuentra en el cuadrante opuesto a la abundancia, los sitios 10 y 11 tienen mayor afinidad por los vectores de abundancia y temperatura, lo que indica que los valores más altos se presentaron en la parte baja del gradiente.

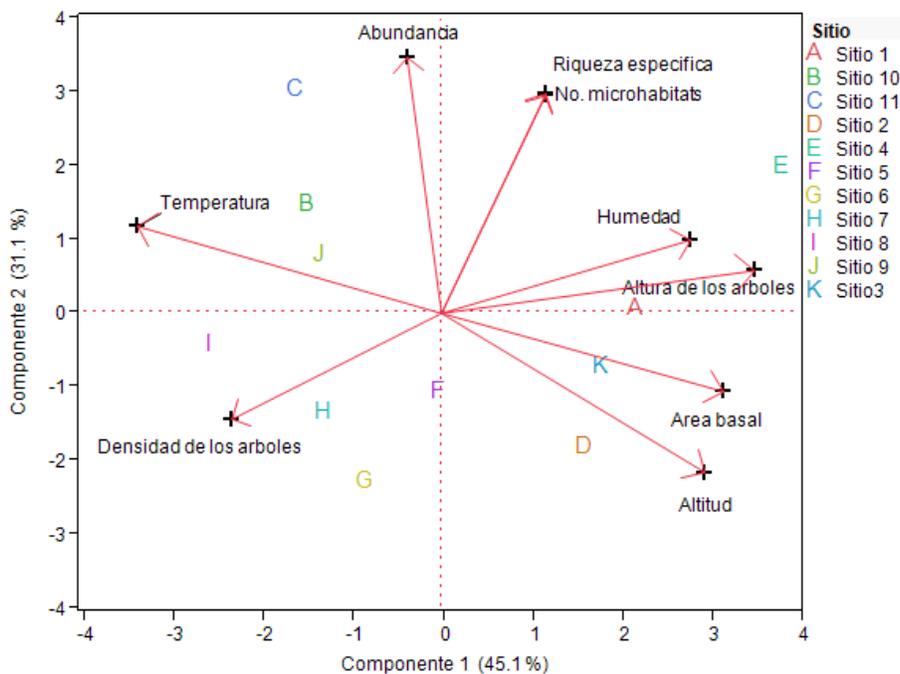


Figura 36. Análisis de Componentes Principales que incluye la temperatura, humedad, abundancia de lagartijas, riqueza específica, número de microhábitats, altura de los árboles, área basal, densidad de los árboles y altitud, registrada en los once sitios de muestreo en Cerro Grande, Colima.

Finalmente, se realizó un análisis de componentes principales con la abundancia relativa de lagartijas, además de datos de las características de la vegetación (área basal, densidad de los árboles, altura de los árboles) y altitud. El componente 1 explica el 48.1% de la variabilidad el componente 2 explica el 21.1%, que resultó en un total de 69.2% (Figura 37). En el Biplot

se muestra la zonificación de las especies es muy diferenciada, existe un grupo de especies características de la vegetación de Selva Baja Caducifolia. Por otra parte, existe otro grupo de especies características de la vegetación de pino encino. Esta distribución en dos grupos podría considerarse como dos ensamblajes diferentes de lagartijas presentes en la zona de estudio.

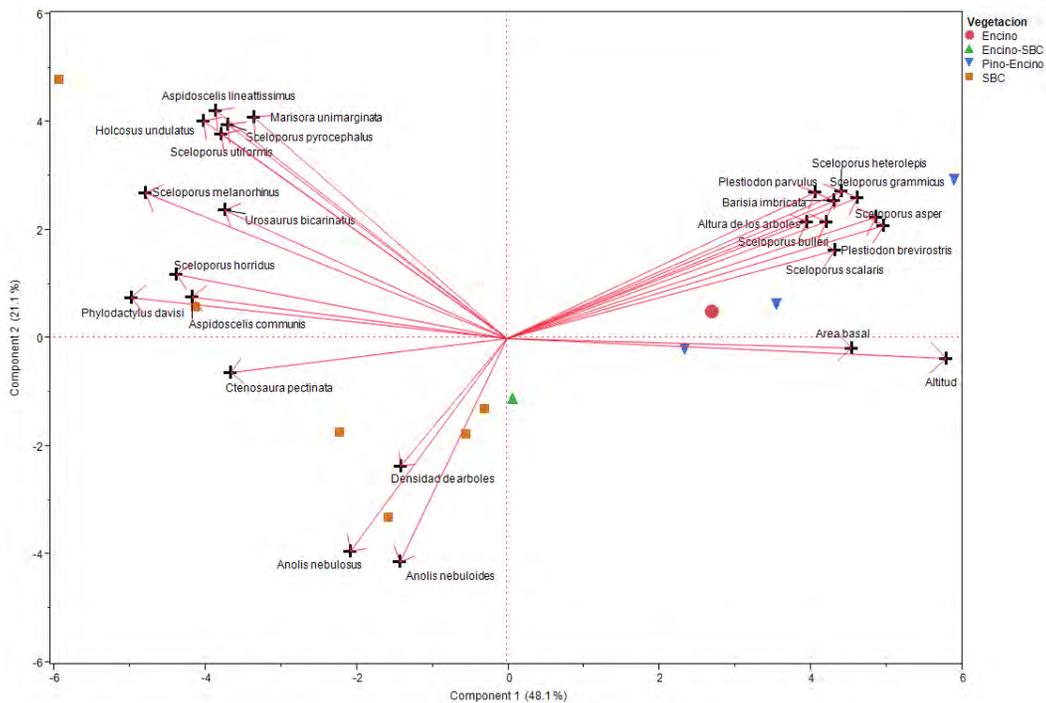


Figura 37. Análisis de Componentes Principales que incluye la abundancia de cada una de las especies registradas en la zona de estudio, área basal, altitud, densidad de los árboles, altura de los árboles y tipo de vegetación.

6 Discusión

6.2 Estructura de la vegetación y disponibilidad de microhábitats

Los recorridos realizados a lo largo de toda la zona de muestreo permitieron determinar que se tiene elevada perturbación, ocasionada principalmente por la actividad humana. Esta afirmación se relaciona con la presencia de ganado (de diferentes tipos) sin ningún tipo de manejo, y la presencia de abundantes herbáceas. Estas observaciones son congruentes con la perturbación reportada por otros autores en la RBSM (Farfán, 2009), una de las principales causas de modificación se debe a la ganadería (Gerritsen y Douwe, 2006). Vázquez y Givnish (1998) consideran que la presión que ejerce la ganadería, está presente a lo largo de todo el gradiente altitudinal dentro de la RBSM. Por otra parte, O-Toris *et al.* (2012) encontraron que en vegetación de selva mejor conservada se presenta menor biomasa de hierbas, mientras que en selva secundaria la biomasa es mayor, estos mismos autores comentan que dicha modificación en la presencia de hierbas puede estar vinculado al aumento de luz por la reducción de la densidad de árboles generado por la presencia de ganado.

La perturbación de la vegetación dentro de la zona de estudio ocasionada por el pastoreo, tiene sus repercusiones sobre la presencia de lagartijas, el incremento en la entrada de luz que se presenta en la zona de selva baja, ocasiona modificaciones en la composición florística y disminución en la complejidad estructural de la vegetación (Stern *et al.*, 2002), es probable que esto signifique una mayor disponibilidad de recurso térmico para las lagartijas (Sauzo-Orduño *et al.*, 2008). Sin embargo, aunque se tiene mayor disponibilidad en el recurso térmico, la disminución en la complejidad estructural de la vegetación, puede reflejarse en la disminución de refugios y sobre todo en la disponibilidad de hábitat (Scott *et al.*, 2006),

Attum *et al.* (2006) mencionan que en sitios protegidos con vegetación conservada se presenta el incremento en la disponibilidad de alimento, refugio y microhábitat. Jellinek *et al.* (2004) menciona que la presencia de mayor número de especies vegetales nativas puede ser importante para favorecer el incremento en la riqueza de lagartijas.

El crecimiento explosivo de vegetación herbácea y arbórea durante la temporada de lluvias, interfirió en la observación de individuos, lo cual se reflejó en un menor número de registros durante esta temporada. A pesar de que la temporada de lluvias tiene mayor disponibilidad de alimento (Serrano-Cardoso *et al.*, 2008), los avistamientos fueron menores comparados con la temporada de secas, lo que coincide con lo encontrado por otros autores (Perez, 2014; García y Cabrera-Reyes, 2008).

En cuanto a la cobertura de superficies, es evidente la modificación que el hábitat de las lagartijas presenta, hacia la zona baja se tiene selva baja caducifolia con una importante superficie cubierta de rocas, con lo que se combinan condiciones de temperatura mayor por la baja altitud, con mayor variación en cuanto a tipos de hábitat, que van desde aquellos rocosos hasta los arbóreos, todos con cierto grado de perturbación. En la parte media la zona es principalmente rocosa, la vegetación presenta mayor grado de perturbación, esto puede representar un hábitat más hostil para las lagartijas, ya que están más expuestas a depredadores (Amo *et al.*, 2007; Foster *et al.*, 2015), además de que la oscilación térmica es mayor. Finalmente, hacia la parte alta, las condiciones térmicas para las lagartijas son más precarias, con menor entrada de luz debido a la altura de los árboles, lo que ocasiona menor calidad en el hábitat térmico (se tuvieron menores temperaturas relacionado directamente con la altitud, menor complejidad en cuanto a la estructura de la vegetación y el hábitat en general). Fue evidente que en zonas donde se tenían claros (Vitt *et al.*, 1998) y presencia de

rocas, la abundancia de lagartijas fue mayor comparado con aquellos sitios de vegetación cerrada sin rocas, Lara-Reséndiz *et al.* (2014) reconocen que la estructura y composición de la vegetación, genera variación en la calidad térmica del hábitat a lo largo de un gradiente altitudinal.

Diferentes autores identifican la estructura del hábitat y microhábitat como directrices que determinan la presencia o ausencia de especies (Garden *et al.*, 2007; Towns y Elliott, 1996; Dias y Rocha, 2014), dentro del presente estudio, el mayor número de especies de lagartijas (13 especies) se registró en el sitio 4, de acuerdo con Macíp-Ríos y Muñoz-Alonso (2008), el Sitio 4 es considerado como el sitio con mayor heterogeneidad de hábitat al presentar mayor riqueza de microhábitats. Otros autores (Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista, 2012; Cruz-Elizalde *et al.*, 2014), también han encontrado mayor riqueza de especies asociado al número de microhábitats disponibles, y de acuerdo con lo mencionado por Luja *et al.* (2008) y Tews *et al.* (2004) la estructura de las comunidades biológicas está influenciada por la heterogeneidad del hábitat. A pesar de que el Sitio 4 se identificó como un sitio perturbado (ya que contaba con grandes extensiones de cultivos), en congruencia con Ortega *et al.* (1982) que mencionan que es probable que la presencia de ciertas lagartijas se relacione con la ocurrencia de determinados microhábitats, posiblemente este sitio de mayor riqueza de especies siga la Teoría de Connell (1978) cuya cita textual es: “en un ambiente de mediana perturbación y en lapsos medios, la presencia de especies será mayor que en la de un hábitat conservado o en la de uno sujeto a perturbación intensa, pues en ambientes intermedios pueden coexistir especies de zonas prístinas con las de zonas perturbadas”.

En cuanto al uso de microhábitats por parte de las lagartijas, 14 especies ocupan el microhábitat denominado “árbol”, los siguientes microhábitats más usados fueron “tronco” y “hojarasca”, las especies que comparten estos tres tipos de microhábitats fueron *Anolis nebulosus*, *Sceloporus utiformis* y *S. bulleri*. Estas especies resultaron tener los valores más altos de abundancia relativa en todo el estudio, las dos primeras especies tienen amplia distribución dentro del gradiente altitudinal, Bustos *et al.* (2013) mencionan que las especies que presentan amplia tolerancia térmica son capaces de aprovechar una gran variedad de microhábitats, lo que coincide con la capacidad que mostraron *Anolis nebulosus*, *S. utiformis* y *S. bulleri* al aprovechar mayor número de microhábitats.

De manera general la comunidad de lagartijas de Cerro Grande es muy susceptible a la pérdida de vegetación original, debido a que un gran número de sus especies ocupa el microhábitat “árbol” (*S. melanorhinus*, *S. utiformis*, *S. heterolepis*), o algún microhábitat que los establezca como especies arborícolas, este microhábitat es exclusivo para algunas especies (*Urosaurus bicarinatus*, *S. asper*, *S. grammicus*, *Phyllodactylus davisii*), lo que las hace más susceptibles a la pérdida de hábitat (Germaine y Wakeling, 2001; Munguia-Vega *et al.*, 2013; James y M'Closkey, 2003), algunas especies de lagartijas tienen alta especificidad por su microhábitat, por lo que se ha reconocido el riesgo de la pérdida de cobertura forestal en la extinción local de lagartijas arborícolas (Díaz *et al.*, 2000; Theisinger y Raticanarivo, 2015). Ortega *et al.* (1982) identificó a *Sceloporus grammicus*, *S. scalaris*, *Plestiodon brevirostris* y *Barisia imbricata* como especies que no muestran especificidad por hábitat, pero si exhiben especificidad por sustrato o microhábitat, estas especies fueron registradas en la zona con mayor altitud en Cerro Grande.

Las especies *Ctenosaura pectinata* y *Anolis nebulosus* presentaron con amplia distribución en todos los tipos de vegetación en la zona de estudio, Castro-Franco y Bustos (2003) en el Estado de Morelos, encontraron que estas mismas especies (entre otras) están presentes en la mayoría de los tipos de vegetación. En este estudio, *C. pectinata* fue observada en el sitio de mayor altitud a los 2245 msnm con vegetación de Pino-Encino, esta especie no se había reportado en este tipo de vegetación ni en las altitudes mencionadas. De acuerdo con Ramírez-Bautista y Arizmendi (2004), a esta especie se le encuentra en selva mediana caducifolia, selva baja caducifolia, así como sitios rocosos de la selva baja y en la costa, todos estos tipos de vegetación son típicos de altitudes de medias a bajas. Por otra parte, Gómez-Mora *et al.* (2012) encontraron que esta *C. pectinata* no llega a los sitios con vegetación de Bosque de Pino-Encino, sin embargo la reportan como abundante en zonas de bosque mixto (que consiste en una asociación de vegetación de selva baja caducifolia y encinos).

El registro de esta especie consistió únicamente en un individuo, dentro de un claro de bosque de pino-encino próximo a viviendas, por charlas con los habitantes del rancho, se sabe que estos organismos están alimentándose de chayotes y otros alimentos cultivados. La modificación del clima a nivel local, ocasionado por la modificación del hábitat por la actividad humana (Felix, 2007, Luskin y Potts, 2011), además de la constante modificación del clima asociado al cambio climático (McCain y Colwell, 2011; Sheldon *et al.*, 2011), parecen favorecer la presencia de esta especie a estas altitudes (Huey *et al.*, 2009; Buermann *et al.*, 2011; Chamaillé-Jammes *et al.*, 2006).

6.3 Riqueza de especies, de familias, abundancia relativa e Índice de Shannon

Loeza (2004) realizó una caracterización de la herpetofauna en la Sierra de Manantlán, dicho estudio no coincide con la zona de estudio del presente trabajo. El estudio en mención registró 26 especies de lagartijas, la diferencia en el número de especies se debe a diferencias en el esfuerzo de muestreo.

La riqueza específica de la zona de estudio es mayor comparada con la de otros sitios que tiene condiciones semejantes de vegetación, Vite-Silva *et al.* (2010) para la Barranca de Metztitlán en Hidalgo, registró 13 especies de lagartijas dentro de un gradiente de vegetación que incluye Matorral xerófilo, Bosque tropical caducifolio, Bosque de Pino-Encino. Reyna-Álvarez (2010) para el Municipio de Huetamo en Michoacán registra 18 especies de lagartijas, donde los tipos de vegetación son Bosque tropical caducifolio y bosque tropical espinoso. Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista (2012) registran 14 especies de lagartijas para el Sureste de Hidalgo, donde se presenta un gradiente altitudinal y de vegetación que incluye bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino y bosque de pino. García y Cabrera-Reyes (2008) registran 15 especies de lagartijas para la Reserva de Biosfera Chamela-Cuixmala en Jalisco, donde la vegetación es bosque tropical caducifolio y vegetación de arroyo.

En cuanto a la riqueza específica por temporada, las diferencias son no significativas basadas en la prueba de U-Mann Whitney, el incremento en el número de especies registradas en la temporada de lluvias se debió a la incorporación de las especies *Phyllodactylus davisi* y *Marisora unimarginata*. García y Cabrera-Reyes (2008) registran que la riqueza total de reptiles selva baja caducifolia durante la época de secas fue mayor respecto a la época de

lluvias, sus resultados son contrastantes con lo encontrado por este estudio ya que se encontró un valor ligeramente mayor durante la temporada de lluvias.

Para el número de especies por familia, la Familia Phrynosomatidae presentó mayor número de especies y mayor abundancia de individuos, el género *Sceloporus* se registró a lo largo de toda la zona de estudio, esta familia se caracteriza por presentar una gran capacidad de adaptación que ocupa una gran variedad de hábitats (Adolph, 2007; Hibbitts *et al.*, 2012; Woolrich-Piña *et al.*, 2006; Andrews, 1998). La Familia Phrynosomatidae se encuentra bien representada hacia la parte centro y norte del país, en muchas localidades se tienen especies de esta familia que son dominantes por su abundancia y destaca por ser la familia con mayor número de especies (Gallina-Tessaro *et al.*, 2003; Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista, 2012; Vite-Silva *et al.*, 2010; Ortega *et al.*, 1982). Como parte de la hipótesis de este estudio, se esperaba que la Familia Phrynosomatidae disminuyera en su riqueza y abundancia relativa conforme aumentaba la altitud, los resultados mostraron que hay dos picos en la abundancia relativa, uno en la parte más baja y otro en el cambio de la parte media a la parte alta (que coincide con el Sitio 4). Por otra parte, la riqueza de especies de esta familia tampoco presentó el patrón que se esperaba, puesto que no se tuvo una marcada disminución del número de especies de phrynosomatidos hacia la parte alta. Se identificó que en el Sitio 4 se tienen seis especies (mayor número de especies de esta familia), por otra parte, el piso altitudinal medio es el que presenta la mayor riqueza de especies de esta familia.

Para la Familia Scincidae y Anguillidae, que se esperaba un aumento en la abundancia relativa y en la riqueza específica hacia la parte alta, fue muy claro que siguen este patrón, las especies de esta familia están condicionadas a las partes altas donde se registra vegetación del tipo Pino-Encino, bajo estas condiciones de microhábitat han logrado altos niveles de adaptación.

En el caso de la Familia Phyllodactylidae se esperaba que disminuyeran conforme aumentará la altitud, el número registros para esta familia fueron escasos (ocho individuos), únicamente se tuvo una especie que se distribuyó en el piso altitudinal medio y bajo.

En cuanto a la Familia Teiidae se cumplió el patrón que se esperaba, ya que se registró una menor abundancia relativa y número de especies hacia la parte alta, concentrándose la mayor abundancia hacia la zona más tropical del gradiente. La Familia Iguanidae únicamente registró una especie, se presentó el patrón esperado ya que fue mayor la abundancia hacia la parte baja del gradiente.

En cuanto a la Familia Polychrotidae, se esperaba que la abundancia relativa y el número de especies disminuyeran conforme aumentaba la altitud, únicamente se registraron dos especies para esta familia, ambas en el piso altitudinal medio y bajo. Esta familia tuvo un incremento en la abundancia relativa dentro del Sitio 8 durante la temporada de secas, estos datos de abundancia se debieron a la conducta reproductiva de la especie *Anolis nebulosus* exhibió. Durante la temporada de secas (mes de abril), se observó un importante despliegue de actividad de machos de esta especie, esta observación coincide con lo reportado por Manjarrez y Zepeda (2004), que mencionan que durante la temporada de secas los machos son conspicuos al realizar despliegues de cortejo y delimitación de su territorio.

En cuanto a los valores del Índice de Shannon, de acuerdo con Riyanto (2011) en el Parque Nacional “Gunung Ciremai” en Indonesia, el Índice de Shannon alcanzo un valor de 2.804 para la herpetofauna de la región, estos valores son comparables con el valor obtenido para toda la zona del presente estudio, que alcanzó un valor de 2.55. De acuerdo con García y Cabrera-Reyes (2008) en la Reserva Chamela en Jalisco se han registrado valores del Índice

de Shannon de 1.79, 1.77 y 1.69 en diferentes puntos de la reserva, estos valores se encuentran por debajo de lo encontrado en el presente estudio.

Al comparar con otros tipos de hábitat donde se analizan gradientes, encontramos que García y Whalen (2003) registran en el desierto de Chihuahua diferentes valores del Índice de Shannon, que van de 1.14, a 0.31, los valores registrados en los once sitios de estudio van de 0.69 a 2.16, nuevamente los valores de diversidad fueron superiores. El sitio con menor diversidad fue el sitio de muestreo con mayor altitud (Sitio 1), el valor obtenido fue de 0.69, este valor es superior a los registrados por Genet *et al.* (2001), quienes registran un valor de Índice de Shannon de 0.48 para el Bosque Guánica en Puerto Rico.

6.4 Riqueza de especies, abundancia y diversidad filogenética a través del gradiente altitudinal

La riqueza específica dentro del gradiente altitudinal en Cerro Grande no se ajustó al tradicional patrón inverso, que consiste en la disminución lineal de la riqueza específica con el aumento de la altitud (Contreras-Lozano *et al.*, 2011; Chettri *et al.*, 2010; Fauth *et al.*, 1989; Kutt *et al.*, 2011; McCain, 2010; Macíp-Ríos y Muñoz-Alonso, 2008; Fu *et al.*, 2007). La riqueza específica mostró dos picos a lo largo del gradiente altitudinal, el primer pico correspondió al sitio con mayor temperatura y menor altitud (Sitio 11), el otro pico se presentó en la transición entre la zona media y alta (Sitio 4). Este sitio debe su diversidad a la heterogeneidad ambiental, que hace posible la presencia de un mayor número de microhábitats disponibles para las lagartijas, que ocasiona mayor número de especies presentes (García y Whalen, 2003; Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista, 2012; Macíp-Ríos y

Muñoz-Alonso, 2008; Cruz-Elizalde *et al.*, 2014), en el Sitio 4 las modificaciones en el hábitat propician la diversidad de hábitats, que también se refleja en abundancias más elevadas de lagartijas (Sauzo-Orduño *et al.*, 2008), de manera semejante a lo reportado por Shanas *et al.*, 2006 la cercanía a los sitios donde se practica la agricultura no parece afectar negativamente la riqueza de especies, al contrario esta es beneficiada por mayor productividad e incremento de asoleaderos.

La riqueza específica en los tres pisos altitudinales mostró que existe un patrón unimodal, los valores más altos se presentaron en el piso altitudinal medio, este patrón concuerda con lo reportado por otros autores (Fauth *et al.*, 1989; Ishwar *et al.*, 2001; Kutt *et al.*, 2011). La versatilidad para la interpretación de los datos y los posibles patrones aquí identificados, coincide con lo mencionado por McCain (2010) que indica que los patrones de riqueza de especies dependerán parcialmente de la forma en cómo se agrupen y analicen los datos.

La variación en la abundancia relativa para los tres pisos altitudinales fue congruente con lo obtenido por otros autores (Fauth *et al.*, 1989; Ishwar *et al.*, 2001; Kutt *et al.*, 2011), que reportan mayor abundancia de reptiles en altitudes bajas, así como la disminución de los valores de abundancia conforme aumenta la elevación. En Cerro Grande la mayor abundancia de lagartijas se encuentra en la zona más cálida (hacia la parte baja del gradiente), Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista (2012) mencionan que la abundancia de lagartijas podría ser el reflejo de una alta explotación de tipos de microhábitats disponibles en el medio, es decir, si el número de microhábitats es alto, la densidad de los individuos también lo será. Por otra parte, al analizar la abundancia relativa en cada sitio de muestreo, se encuentra que no se tiene un patrón claro, existen sitios como el 1, 4 y 8 que igualan a uno de los sitios más cálidos

que es el 10, es probable que cada una de las características particulares de estos sitios favorezca valores altos en la abundancia de lagartijas.

En cuanto a la diversidad filogenética, muchos de los estudios que se han realizado sobre temas filogenéticos en reptiles se han enfocado en desentrañar las relaciones que guardan las especies entre sí (Wiens *et al.*, 2010; Poe, 2004; Pyron *et al.*, 2013), escasos son aquellos donde se evalúa su diversidad filogenética (Safi *et al.*, 2015; Calba *et al.*, 2014; Kellar *et al.*, 2015). El avance que ha tenido la biología en el uso de la diversidad filogenética para valorar la importancia de las regiones aún es limitado, pero algunos autores han indagado en estos temas con la finalidad de proponer sitios de conservación con la mayor cantidad de información respaldada en dichas propuestas (Faith *et al.*, 2002; Rolland *et al.*, 2014; Morlon *et al.*, 2011).

La especie *Holcosus undulatus* que pertenece a la Familia Teiidae, obtuvo el valor más alto del parámetro W, de acuerdo con Eguiarte *et al.* (1999) al obtener el valor más alto es la especie que aporta mayor contenido de información filogenética. Las especies del género *Aspidoscelis* en la zona de estudio también se encontraron entre los valores más altos del parámetro W. De acuerdo con Losos (1995) la información filogenética y el análisis de las especies que alberga una comunidad, puede resultar útil en la comparación de la estructura entre dos comunidades, la diversidad filogenética puede contribuir al entendimiento de la forma en como la variación de especies incide en la estructura de las comunidades.

Actualmente los intentos por incorporar la información filogenética a hipótesis ecológicas han incrementado (Tucker y Cadotte, 2013; Chao *et al.*, 2015; Pavoine y Bonsall, 2010), la combinación de factores tanto ecológicos como evolutivos en un solo análisis genera

propuestas más completas. Losos (2010) reconoce la dificultad de usar la información filogenética, ya que se requieren hipótesis robustas de las relaciones filogenéticas de los linajes presentes en la comunidad particular que se desee analizar, aun cuando la información filogenética está en incremento constante, se tienen carencias de información que impiden un análisis formal. Webb (2000) sugiere que resulta adecuado generar filogenias particulares para cada comunidad, aun cuando se han propuesto diferentes índices para medir la diversidad filogenética (Schweiger *et al.*, 2008), en el presente trabajo se utilizó uno de los primeros métodos sugeridos para evaluar la diversidad filogenética (Vane-Wright, 1991), los análisis posibles de realizar con la información generada, se vieron comprometidos por la falta de información filogenética de algunas especies presentes en la zona de estudio, los alcances de nuestros análisis se limitan a reportar los valores del conteo de nodos para las especies registradas. Además de exponer la inquietud de indagar en aspectos filogenéticos de la comunidad de lagartijas en Cerro Grande, dirigido a realizar comparaciones con otras comunidades semejantes y buscar las causas históricas al interior de la comunidad que han delineado su estructura actual (Machac *et al.*, 2010).

6.5 Relación de las características del hábitat con la riqueza específica y abundancia de lagartijas, ensamble de la comunidad

El modelo lineal generalizado para la abundancia relativa, sugiere que las variables explicativas fueron la temperatura, humedad, riqueza de especies número de microhábitats, área basal y altitud, McCain *et al.* (2010) reconoce la influencia que tiene la temperatura con la abundancia de reptiles. Buckley y Jetz (2010) concluyen que la temperatura no tiene clara

relación con la abundancia total de organismos; sin embargo, Vitt y Caldwell (2009) mencionan que tanto la riqueza específica como la abundancia de reptiles están influidas por la ecología de las especies, tipo de hábitos, dieta y microhábitats a utilizar. Por otra parte, Garden *et al.* (2007) y Jellinek *et al.* (2004) reconocen el rol que tan importante de variables de la vegetación (estructura) para la presencia de reptiles.

El ACP realizado con las diferentes variables registradas en el estudio, así como la abundancia y riqueza específica, permitieron inferir que la abundancia y la temperatura al encontrarse en el mismo cuadrante guardan cierta relación, ya que sus vectores tienen dirección semejante, McCain *et al.* (2010) y Chettri *et al.* (2010) resaltan el fuerte vínculo de la temperatura con la riqueza de especies de reptiles y su abundancia. Por otra parte, la riqueza específica se ubicó dentro del mismo cuadrante que el número de microhábitats (tienen exactamente la misma dirección y magnitud), humedad y altura de los árboles, que coincide con lo que se ha discutido sobre la riqueza específica y la relación que guarda con el número de microhábitats o sustratos disponibles, lo cual también es congruente con lo sugerido por el modelo lineal para la abundancia. Vitt *et al.* (2007) reconocen que, la riqueza y abundancia de lagartijas está vinculado a características físicas y de vegetación a nivel microgeográfico de su zona de estudio, considera que lo mismo ocurre con cada una de las zonas donde se realice un análisis semejante, la presencia de troncos caídos, la apertura del dosel, suelo descubierto y área basal entre otros aspectos del microhábitat influyen en la presencia o ausencia de especies. Dias y Rocha (2014) identifican que la estructura de la vegetación (como altura y presencia de claros) afecta la abundancia y riqueza de especies de lagartijas, aunque reconocen que la composición de especies ha sido afectada por factores históricos particulares de cada región. Werneck *et al.* (2009) mencionan que el ensamble de lagartijas

para una zona de Brasil, la dieta es lo que determina la composición de especies. Un gran número de factores del microhábitat pueden ser analizados en la búsqueda de determinar cuál es la principal razón que determina la presencia o ausencia de especies de lagartijas, según las características de cada zona de estudio, es probable que más que factores individuales, se presente una sinergia de factores de origen ecológico e histórico, que igualmente dependerá de la escala del análisis que se desee realizar.

La distribución así como las abundancias para cada especie, muestran como es la estructura del ensamble de lagartijas dentro de la zona de estudio, las abundancias relativas presentadas dentro del apartado de resultados muestra un comportamiento único dentro de la zona. Se reconocen dos comunidades dentro de la zona de estudio, una corresponde a las lagartijas de la zona más tropical, incluye *Aspidoscelis communis*, *A. lineattissimus*, *Anolis nebulosus*, *Sceloporus horridus*, *S. pyrocephalus*, *S. utiformis*, *Holcosus undulatus* y *S. scalaris*, y otra consiste en las lagartijas que prefieren zonas más templadas, *Anolis nebuloides*, *S. heterolepis*, *Barisia imbricata*, *Plestiodon brevirostris*, *S. bulleri*, *P. parvulus* y *S. grammicus*, este mismo comportamiento es reportado por otros autores (Castro-Franco y Bustos, 2003; Meik y Lawing, 2008; Vega-Trejo *et al.*, 2013). Ishwar *et al.* (2001) señalan que en tema de la estructura de la comunidad es interesante el reemplazamiento de niveles más altos en los taxa, ya que son diferentes las familias que dominan en altitudes bajas de aquellas presentes en altitudes medias y así mismo en altitudes mayores. En nuestro estudio encontramos que la Familia Scincidae es exclusiva de altitudes mayores, así como la Familia Anguidae, por otra parte, en la zona con menor altitud se presentan la Familia Teiidae y Phyllodactylidae.

Finalmente, Cavender-Bares *et al.* (2009) sugieren que existen tres perspectivas sobre los factores que influyen en el ensamble de comunidades, la composición y diversidad, una es la clásica perspectiva relacionada a los procesos de nicho ecológico, dirigido por limitantes ambientales y principios de exclusión competitiva, la segunda es la derivada de procesos neutrales en el cual las especies son equivalentes ecológicos, y la tercera es la relacionada con el rol de los factores históricos que dictan como se ensambla una comunidad. La indagación que se realizó en el presente estudio se engloba en la perspectiva clásica a nivel ecológico.

7 Conclusiones

La zona de estudio dentro de Cerro Grande, Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán tiene una riqueza específica de 21 especies de lagartijas, pertenecientes a siete familias, dicha riqueza es comparable con la presente en la región. Se presentó un patrón de riqueza específica y abundancia relativa de acuerdo con lo esperado con la bibliografía, es decir la abundancia tiende a disminuir conforme aumenta la altitud. Como se ha presentado en otros estudios, la mayor riqueza y abundancia coincide con sitios de menor altitud de clima más tropical, con vegetación de selva baja.

La riqueza de especies presente en los once sitios presentó dos picos, uno en el Sitio 11 con la menor altitud y otro en el sitio 4 en una elevación intermedia; la riqueza de especies en los tres pisos altitudinales presento un patrón unimodal, con un pico en el piso altitudinal medio, concuerda con otros estudios realizado con reptiles. El valor del Índice de Shannon total fue

de 2.55, el valor del Índice de Shannon desciende conforme incrementa la altitud, los valores más altos se reportan en la vegetación de Selva Baja Caducifolia.

La especie *Holcosus undulatus* es la que aporta mayor información filogenética a la comunidad, el cálculo del parámetro W nos sugiere que el piso altitudinal medio tiene el valor más alto de diversidad filogenética.

El presente estudio permitió corroborar que la disponibilidad de microhábitat, así como la temperatura son variables que influyen fuertemente en la riqueza específica; por otra parte, la abundancia se encuentra explicada por la temperatura, humedad, riqueza, número de microhábitats, área basal y altitud. Finalmente, dentro de Cerro Grande existen dos grupos de lagartijas con afinidades ecológicas, uno es el grupo que se encuentra en la parte más templada a mayor altitud y otro grupo se encuentra en la parte cálida a menor altitud, ambas comunidades están definidas por la altitud y por parámetros asociados a esta como es la vegetación.

8 Literatura citada

Ah-Peng C., N. Wilding, J. Kluge, B. Descamps-Julien, J. Bardat, M. Chuah-Petiot, D. Strasberg, T. Hedderson. 2012. Bryophyte diversity and range size distribution along two altitudinal gradients: Continent vs. island. *Acta Oecologica* 42: 58-65.

Amo L., P. López, J. Martín. 2007. Habitat deterioration affects body condition of lizards: A behavioral approach with *Iberolacerta cyreni* lizards inhabiting ski resorts. *Biological Conservation* 135: 77-85.

Ballinger R. 1979. Intraspecific variation in demography and life history of the lizard, *Sceloporus jarrovi*, along an altitudinal gradient in Southeastern Arizona. *Ecology* 60: 901-909.

- Blake J., B. Loiselle. 2000. Diversity of birds along an elevational gradient in the Cordillera Central, Costa Rica. *The Auk* 117: 663–686.
- Brehm G., R. Colwell, J. Kluge. 2007. The role of environment and mid-domain effect on moth species richness along a tropical elevational gradient. *Global Ecology and Biogeography* 16: 205–219.
- Brown J. 1984. On the relationship between abundance and distribution of species. *American Naturalist* 124: 255-279.
- Brown, J. 2001. Mammals on mountainsides: elevational patterns of diversity. *Global Ecology & Biogeography* 10: 101–109.
- Buckley L, W. Jetz. 2010. Lizard community structure along environmental gradients. *Journal of Animal Ecology* 79: 358–365.
- Bustos M., J. Manjarrez, R. Castro-Franco. 2013. Uso de microhábitat y termorregulación en *Sceloporus horridus horridus* (Wiegmann 1939) (Sauria: Phrynosomatidae). *Acta Zoológica Mexicana* 29: 153-163.
- Cadotte M., J. Davies, J. Regetz, S. Kembel, E. Cleland, T. Oakley. 2010. Phylogenetic diversity metrics for ecological communities: integrating species richness, abundance and evolutionary history. *Ecology Letters* 13: 96–105.
- Calba S., V. Maris, V. Devictor. 2014. Measuring and explaining large-scale distribution of functional and phylogenetic diversity in birds: separating ecological drivers from methodological choices. *Global Ecology and Biogeography* 23: 669-678.
- Canseco, L. 1996. Estudio preliminar de la herpetofauna de la cañada de Cuicatlán y cerro Piedra Larga, Oaxaca. Tesis, Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. 180 p.
- Carothers J., F. Jaksic, P. Marquet. 1996. A model for species distribution along a gradient: lizards as study systems. *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 301-307.
- Castro-Franco R., M. Bustos. 2003. Lagartijas de Morelos, México: distribución, hábitat y conservación. *Acta Zoológica Mexicana* 88: 123-142.
- Cavenders-Bares J., K. Kozak, P. Fine, S. Kembel. 2009. The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecology Letters* 12: 693–715.
- Chao A., C. Chiu, L. Jost. 2010. Phylogenetic diversity measures based on Hill numbers. *Philosophical Transactions of The Royal Society B: Biological Sciences* 365: 3599-3609.
- Chettri B., S. Bhupathy, B. Kumar. 2010. Distribution pattern of reptiles along an eastern Himalayan elevation gradient, India. *Acta Oecologica* 36: 16–22.
- Connell J. 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310.

- Cortez-Fernandez, C. 2006. Variación altitudinal de la riqueza y abundancia relativa de los anuros del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Cotapata. *Ecología en Bolivia* 41: 46-64.
- Cottam G. 1949. The phytosociology of an oak woods in Southwestern Wisconsin. *Ecology* 30: 271-287.
- Cruz-Elizalde R., A. Ramírez-Bautista, J. Johnson, C. Moreno. 2014. Community structure of reptiles from the southern portion of the Chihuahuan Desert Region, Mexico. *North-Western Journal of Zoology* 10: 173-182.
- Cruz-Elizalde R., A. Ramírez-Bautista. 2012. Diversidad de reptiles en tres tipos de vegetación del estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 458-467.
- Curran M., M. Kopp, J. Beck, J. Fahr. 2012. Species diversity of bats along an altitudinal gradient on Mount Mulanje, Southern Malawi. *Journal of Tropical Ecology* 28: 243-253.
- Cutz-Pool L., J. Palacios-Vargas, Z. Cano-Santana, G. Castaño-Meneses. 2010. Diversity patterns of Collembola in an elevational gradient in the NW slope of Iztaccíhuatl Volcano, State of Mexico, Mexico. *News* 121: 249-261.
- Diamond J. 1988. Factors controlling species diversity: Overview and synthesis. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 117-129.
- Dias E., C. Rocha. 2014. Habitat Structural Effect on Squamata Fauna of the Restinga Ecosystem in Northeastern Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* 86: 359-371.
- Doody, S. 2009. Superficial lizards in cold climates: Nest site choice along an elevational gradient. *Austral Ecology* 34: 773–779.
- Duellman, E. W. 1987. Lizards in an Amazonian rain forest community resource utilization and abundance. *National Geographic Research* 3:489–500.
- Eguiarte L., J. Larson-Guerra, J. Nuñez-Farfan, A. Martínez -Palacios, K. Santos, H. Arita. 1999. Diversidad filogenética y conservación: ejemplos a diferentes escalas y una propuesta a nivel poblacional para *Agave victoriae-reginae* en el desierto de Chihuahua, México. *Revista Chilena de Historia Natural* 72: 475-492.
- Faith D. 1992. Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biological Conservation* 61: 1-10.
- Farfán M. 2009. De la percepción remota a la social: deforestación y conservación (1971-2000) en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco. Tesis en Maestría en Geografía. UNAM-Facultad de Filosofía.
- Fauth J., B. Crother, J. Slowinski. 1989. Elevational patterns of species richness, evenness, and abundance of the Costa Rican leaf-litter herpetofauna. *Biotropica* 21: 178-185.

- Felix Z. 2007. Response of forest herpetofauna to varying levels of overstory tree retention in northern Alabama. Dissertation Research requirements for the degree of Doctor of Philosophy in the Department of Plant & Soil Science in the School of Graduate Studies. Alabama A & M University 1-164.
- Fernández-Badillo L., I. Goyenechea-Mayer. 2010. Anfibios y reptiles del Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 705-712.
- Fischer A., M. Blaschke, C. Bässler. 2011. Altitudinal gradients in biodiversity research: the state of the art and future perspectives under climate change aspects. *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz* 11: 35-47.
- Fischer J., D. Lindenmayer. 2005. The sensitivity of lizards to elevation: A case study from South-Eastern Australia. *Diversity and Distributions* 11: 225–233.
- Foster K., C. Collins, T. Higham, T. Garland. 2015. Determinants of lizard escape performance: decision, motivation, ability, and opportunity In: *Escaping from predators: An integrative view of escape decisions*. Editors Cooper W., D. Blumstein. Cambridge University Press. 287-321.
- Fu C., J. Wang, Z. Pu, S. Zhang, H. Chen, B. Zhao, J. Chen, J. Wu. 2007. Elevational gradients of diversity for lizards and snakes in the Hengduan Mountains, China. *Biodiversity and Conservation* 16: 707–726.
- Gallina S., M. Maury, K. Rogovin, D. Semenov. 1985. Comparación de dos comunidades de lagartijas de los desiertos Chihuahuenses y de Karakum. *Acta Zoológica Mexicana* 11: 1-16.
- Gallina-Tessaro P., A. Castellanos-Vera, E. Troyo, G. Arnaud, A. Ortega-Rubio. 2003. Lizard assemblages in the Vizcaino Biosphere Reserve, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 12: 1321–1334.
- García A., 2006. Using ecological niche modelling to identify diversity hotspots for the herpetofauna of pacific lowlands and adjacent interior valleys of Mexico. *Biological Conservation* 130: 25-46.
- García A., A. Cabrera-Reyes. 2008. Estacionalidad y estructura de la vegetación en la comunidad de anfibios y reptiles de Chamela, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana* 24: 91-115.
- García A., D. Whalen. 2003. Lizard Community Response to a Desert Shrubland-Intertidal Transition Zone on the Coast of Sonora, Mexico. *Journal of Herpetology* 37: 378-382.
- García A., G. Casas-Andreu, R. Martínez-Ortega, O. Ávila. 2013. La herpetofauna de Colima: diversidad, distribución y estado de conservación. En *Estudio de Diversidad de Colima*. UNAM-UCOL-CONABIO (en prensa).
- García A., G. Ceballos. 1994. Guía de campo de los reptiles y anfibios de la costa de Jalisco, México. Fundación Ecológica de Cuixmala, A.C. Instituto de Biología, U.N.A.M.

- García-López A., E. Micó, E. Galante. 2012. From lowlands to highlands: searching for elevational patterns of species richness and distribution of scarab beetles in Costa Rica. *Diversity and Distributions* 18: 543-553
- Garden J., C. Mcalpine, H. Possingham, D. Jones. 2007. Habitat structure is more important than vegetation composition for local-level management of native terrestrial reptile and small mammal species living in urban remnants: A case study from Brisbane, Australia. *Austral Ecology* 32: 669-685.
- Genet K., J. Genet, T. Burton, P. Murphy. 2001. The lizard community of a subtropical dry forest: Guánica forest, Puerto Rico. *Tropical Ecology* 42: 97-109.
- Gerritsen P., J. Douwe. 2006. Dinámica espacial y temporal de la ganadería extensiva: estudio de caso de la Sierra de Manantlán en la costa sur de Jalisco. *Relaciones*. 26: 166-196.
- Goerck J. 1999. Distribution of birds along an elevational gradient in the Atlantic forest of Brazil: implications for the conservation of endemic and endangered species. *Bird Conservation International* 9:235-253.
- Gómez-Mora A., I. Suazo-Ortuño, J. Alvarado-Díaz. 2012. Distribución, abundancia y uso de hábitat de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) y la iguana verde (*Iguana iguana*) en el municipio de Buenavista, Michoacán. *Biológicas* 14: 67-74.
- Gosz J. 1992. Gradient analysis of ecological change in time and space: Implications for forest management. *Ecological Applications* 2: 248-261.
- Grant B., A. Dunham. 1990. Elevational covariation in environmental constraints and life histories of the desert lizard *Sceloporus merriami*. *Ecology* 71: 1765-1776.
- Grytnes J., C. McCain. 2007. Elevational trends in biodiversity. *Encyclopedia of Biodiversity* 1-8.
- Guerrero R., C. Sarmiento. 2010. Distribución altitudinal de hormigas (Hymenoptera, Formicidae) en la vertiente Noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). *Acta Zoológica Mexicana* 26: 279-302.
- Haslett J. 1997. Organism responses to environmental change, an introduction. *Global ecology and biogeography letters* 6: 3-6.
- Heaney L. 2001. Small mammal diversity along elevational gradients in the Philippines: an assessment of patterns and hypotheses. *Global Ecology & Biogeography* 10:15-39.
- Hodkinson I. 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 80: 489-513.
- Hofer U., L. Bersier, D. Borcard. 1999. Spatial organization of a herpetofauna on an elevational gradient revealed by null model test. *Ecology* 80: 976-988.

- Hofer U., L. Bersier, D. Borcard. 2000. Ecotones and gradient as determinants of herpetofaunal community structure in the primary forest of Mount Kupe, Cameroon. *Journal of Tropical Ecology* 16: 517-533.
- Huang S., M. Tu. 2009. Locomotor and elevational distribution of a mountainous lizard, *Takydromus hsuehshanensis*, in Taiwan. *Zoological Studies* 48: 477-484.
- Humphries C., P. Williams, R. Vane-Wright. 1995. Measuring Biodiversity Value for Conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26: 93-111.
- INEGI-Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2013. Conjunto de datos de Uso de Suelo y Vegetación, Serie V (Capa Unión); escala 1:250 000. Dirección General de Geografía. INEGI.
- Instituto Nacional de Ecología. 2000. Programa de manejo reserva de la biosfera Sierra de Manantlán. INE, México.
- Ishwar N., R. Chellam, A. Kumar. 2001. Distribution of forest floor reptiles in the rainforest of Kalakad-Mundanthurai Tiger Reserve, South India. Special Section: Kalakad-Mundanthurai Tiger Reserve. *Current Science* 80: 413-418.
- James S., R. M'Closkey. 2003. Lizard microhabitat and fire fuel management. *Biological Conservation* 114: 293-297.
- Jin Y., N. Liu, J. Li. 2007. Elevational variation in body size of *Phrynocephalus vlangalii* in the North Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau. *Belgian Journal of Zoology* 137: 197-202.
- Jordano P., J. Torres. 1981. Importancia de la estructura de la vegetación en la selección del hábitat para la nidificación en una comunidad de rapaces diurnas mediterráneas. *Ardeola* 28: 51-65.
- Kellar P., D. Ahrendsen, S. Aust, A. Jones, J. Pires. 2015. Biodiversity comparison among phylogenetic diversity metrics and between three North American prairies. *Applications in Plant Sciences* 3: 1-14.
- Kryštufek B., F. Janžekovič, N. Režek. 2008. Elevational diversity of reptiles on two dinaric mountains. *Journal of Natural History* 42: 399-408.
- Kutt A., B. Bateman, E. Vanderduys. 2011. Lizard diversity on a rainforest-savanna altitude gradient in North-Eastern Australia. *Australian Journal of Zoology* 59: 86-94.
- Lara-Reséndiz R., B. Larrain-Barrios, A. Díaz, F. Méndez-De la Cruz. 2014. Calidad térmica a través de un gradiente altitudinal para una comunidad de lagartijas en la sierra del Ajusco y el Pedregal de San Ángel, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 885-897.
- Larios B. 2013. Diversidad herpetofaunística a través de un gradiente altitudinal, en Cerro Grande, Sierra de Manantlán, Colima. Tesis para obtener el grado de Biólogo. Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas y agropecuarias pp. 95.

- Laurance W., D. Useche, L. Shoo, S. Herzog, M. Kessler, F. Escobar, G. Brehm, J. Axmacher, I. Chen, L. Arellano, P. Hietz, K. Fiedler, T. Pyrcz, J. Wolf, C. Merkord, C. Cardelus, A. Marshall, C. Ah-Peng, G. Aplet, M. del Coro, W. Baker, J. Barone, C. Brühl, R. Bussmann, D. Cicuzza, G. Eilu, M. Favila, A. Hemp, C. Hemp, J. Homeier, J. Hurtado, J. Jankowski, G. Kattán, J. Kluge, T. Krömer, D. Lees, M. Lehnert, J. Longino, J. Lovett, P. Martin, B. Patterson, R. Pearson, K. Peh, B. Richardson, M. Richardson, M. Samways, F. Senbeta, T. Smith, T. Utteridge, J. Watkins, R. Wilson, S. Williams, C. Thomas. 2011. Global warming, elevational ranges and the vulnerability of tropical biota. *Biological Conservation* 144: 548-557.
- Lobo J., G. Halffter. 2000. Biogeographical and ecological factors affecting the altitudinal variation of mountainous communities of coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea): A comparative study. *Annals of the Entomological Society of America* 93: 115-126.
- Loeza, A. 2004. Caracterización altitudinal de la herpetofauna en la región de cerro grande, Reserva de la Biosfera de Manantlán, Jalisco-Colima. Tesis que para obtener el grado de Maestro en Ciencias Biológicas, UNAM, Facultad de Ciencias pp. 85.
- Lomolino M. 2001. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography* 10: 3-13.
- Longino J., R. Colwell. 2011. Density compensation, species composition, and richness of ants on a neotropical elevational gradient. *Ecosphere* 2: 1-20.
- Losos J. 1996. Phylogenetic perspective on community ecology. *Ecology* 77: 1344-1354.
- Lozano J., D. Lazcano, A. Contreras-Balderas. 2011. Distribución ecológica de la herpetofauna en gradientes altitudinales superiores del Cerro El Potosí, Galeana, Nuevo León, México. *Acta Zoológica Mexicana* 27: 231-243.
- Luja V., S. Herrando-Pérez, D. González-Solís, L. Luiselli. 2008. Secondary rain forests are not havens for reptile species in tropical Mexico. *Biotropica* 40: 747-757.
- Luskin M., M. Potts. 2011. Microclimate and habitat heterogeneity through the oil palm lifecycle. *Basic and Applied Ecology* 12: 540-551.
- Machac A., M. Janda, R. Dunn, N. Sanders. 2010. Elevational gradients in phylogenetic structure of ant communities reveal the interplay of biotic and abiotic constraints on diversity. *Ecography* 34: 364-371.
- Macip-Ríos R., A. Muñoz-Alonso. 2008. Diversidad de lagartijas en cafetales y bosque primario en el soconusco chiapaeneco. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 185- 195.
- Manjarrez J., C. Zepeda. 2004. Dimorfismo sexual y actividad reproductiva de la lagartija *Anolis nebulosus* (Squamata: Polychrotidae) al final de una estación seca. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 12: 29-35.
- Martínez L., J. Ramírez. 1998. Unidades fisiográficas de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán bajo un sistema de información geográfica. *Terra Latinoamericana* 16: 195-203.

- Martínez R. 2005. Anfibios y reptiles del Estado de Colima. Tesis para obtener el título de Biólogo, UNAM, Facultad de Ciencias pp. 45.
- May R. 1990. Taxonomy as destiny. *Nature* 347:129-130.
- McCain C. 2005. Elevational gradients in diversity of small mammals. *Ecology* 86: 366-372.
- McCain C. 2010. Global analysis of reptile elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography* 19: 541-553.
- McCain C., J. Grytnes. 2010. Elevational gradients in species richness. In: *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester.
- McKinney M. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience* 52: 883-890.
- Naniwadekar R., K. Vasudevan. 2007. Patterns in diversity of anurans along an elevational gradient in the Western Ghats, South India. *Journal of Biogeography* 34: 842-853.
- Navarro A. 1992. Altitudinal distribution of birds in the Sierra Madre del Sur, Guerrero, Mexico. *The Condor* 94: 29-39.
- Navas C. 2003. Herpetological diversity along andean elevational gradients: links with physiological ecology and evolutionary physiology. *Comparative Biochemistry and Physiology* 133: 469-485.
- Olson D. 1994. The distribution of leaf litter invertebrates along a Neotropical altitudinal gradient. *Journal of Tropical Ecology* 10:129-150.
- Olvera M., L. Figueroa-Rangel, F. Bongers. 2000. Zonation and management of mountain forests in the Sierra de Manantlán, Mexico In: *Succession and zonation on mountains, particularly on volcanoes*. *Acta Phytogeographica Suecica* 85: 17-22.
- Ortega A., M. Maury, R. Barbault. 1982. Spatial organization and habitat partitioning in a mountain lizard community of Mexico. *Acta Ecologica* 3: 323-330.
- O-Toris J., B. Maldonado, C. Martínez-Garza. 2012. Efecto de la perturbación en la comunidad de herbáceas nativas y ruderales de una selva estacional mexicana. *Botanical Sciences* 90: 469-480.
- Palin O., P. Eggleton, Y. Malhi, C. Girardin, A. Rozas-Dávila, C. Parr. 2010. Termite diversity along an Amazon-Andes elevation gradient, Peru. *Biotropica* 43: 100-107.
- Patterson B. 1996. Distribution of bats along an elevational gradient in the Andes of South-Eastern Peru. *Journal of Zoology, Lond* 240: 637-658.
- Pavoine S., M. Bonsall. 2010. Measuring biodiversity to explain community assembly: a unified approach. *Biological Reviews* 86: 792-812.
- Phillips O., L. Hall, A. Gentry, S. Sawyer, R. Vázquez. 1996. Dynamics and species richness of tropical forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 91: 2805-2809.

- Pianka, E. 1993. The many dimensions of the lizard ecological niche. In Lacertids of the Mediterranean region. A biological approach, E. Valakos, W. Böhem, V. Pérez y P. Maragou. (eds.). Hellenic Zoological Society, Athens. p. 121–154.
- Pielou E. 1975. Ecological diversity and its measurement. John Wiley & Sons, Inc. USA pp. 165.
- Pincheira-Donoso D., D. Hodgson, T. Tregenza. 2008. The evolution of body size under environmental gradients in ectotherms: Why should Bergmann's rule apply to lizards? BMC Evolutionary Biology 8: 1-13.
- Poe S. 2004. Phylogeny of Anoles. Herpetological Monographs 18: 37-89.
- Rahbek C. 1997. The relationship among area, elevation, and regional species richness in neotropical birds. American Naturalist 149: 875-902.
- Ramírez-Bautista A., M. C. Arizmendi. 2004. *Ctenosaura pectinata*. Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W013. México. D.F.
- Ramírez-Bautista, A., 1994. Manual y claves ilustradas de los anfibios y reptiles de la región de Chamela, Jalisco, México. Cuadernos del Instituto de Biología 23, Universidad Nacional Autónoma de México. 127 p.
- Reyna-Álvarez J. I. Sauzo-Ortuño, J. Alvarado-Díaz. 2010. Herpetofauna del Municipio de Huetamo, Michoacán, México. Biológicas 12: 40-45.
- Riyanto A. 2011. Herpetofaunal community structure and habitat associations in Gunung Ciremai National Park, West Java, Indonesia. Biodiversitas 12: 38-44.
- Rowe R., J. Finarelli, E. Rickart. 2010. Range dynamics of small mammals along an elevational gradient over an 80-year interval. Global Change Biology 16: 2930–2943.
- Ruiz, R., J. Vargas, A. Antúnez. 1997. Tendencias biogeográficas de la avifauna en relación a la estructura de la vegetación en las sierras béticas occidentales. Actas de las XII Jornadas Ornitológicas Españolas, Instituto de Estudios Almerienses, Almería: 219-227.
- Salas-Morales S., J. Meave. 2012. Elevational patterns in the vascular flora of a highly diverse region in southern Mexico. Plant Ecology 213: 1209-1220.
- Sánchez L., G. Hernández, M. Carranza, M. Pineda, R. Cuevas, F. Aragón. 2002. Estructura arbórea del bosque tropical caducifolio usado para la ganadería extensiva en el norte de la Sierra de Manantlán, México: Antagonismos de usos. Polibotánica 13: 25-46.
- Sánchez-Cordero V. 2001. Elevation gradients of diversity for rodents and bats in Oaxaca, Mexico. Elevational Gradients in Mammals: Special Issue. Global Ecology & Biogeography 10: 63-76.

- Sánchez-González A., E. Álvarez, D. Tejero-Díez. 2010. Richness and distribution patterns of ferns and lycopods in Los Mármoles National Park, Hidalgo, Mexico. *The Journal of the Torrey Botanical Society* 137: 373-379.
- Sanchez-Rodriguez J., A. Baz. 1995. The effects of elevation on the butterfly communities of a Mediterranean Mountain, Sierra de Javalambre, Central Spain. *Journal of the Lepidopterists Society* 49: 192-207.
- Santos T., L. Tellería. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas* 15: 3-12.
- Santoyo-Brito E., J. Lemos-Espinal. 2010. Reparto de recursos de los gremios de lagartijas en el cañón de Chínipas, Chihuahua, México. *Acta Zoológica Mexicana* 26: 435-450.
- Sauzo-Orduño I., J. Alvarado-Díaz, M. Martínez-Ramos. 2008. Effects of Conversion of Dry Tropical Forest to Agricultural Mosaic on Herpetofaunal Assemblages. *Conservation Biology* 22: 362-374.
- Schweiger O., S. Klotz, W. Durka, I. Kühn. 2008. A comparative test of phylogenetic diversity indices. *Oecologia* 157:485-495.
- Semarnat. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), 30 de diciembre de 2010.
- Sites J., J. Archie, C. Cole, O. Flores-Villela. 1992. A review of phylogenetic hypotheses for lizards of the genus *Sceloporus* (Phrynosomatidae): Implications for ecological and evolutionary studies. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 213: 110 pp.
- Stern M., M. Quesada, K. Stoner. 2002. Changes in composition and structure of a tropical dry forest following intermittent cattle grazing. *Revista Biología Tropical* 50: 1021-1034.
- Tews J., U. Brose, V. Grimm, K. Tielbörger, M. Wichmann, M. Schwager, F. Jetsch. 2004. Animal species diversity driven by hábitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31: 79-92.
- Theisinger O., M. Ratianarivo. 2015. Patterns of reptile diversity loss in response to degradation in the spiny forest of southern Madagascar. *Herpetological Conservation and Biology* 10: 273-283.
- Towns D., G. Elliott. 1996. Effects of habitat structure on distribution and abundance of lizards at Pukerua Bay, Wellington, New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology* 20: 191-206.
- Tucker C., M. Cadotte. 2013. Unifying measures of biodiversity: understanding when richness and phylogenetic diversity should be congruent. *Diversity and Distributions* 19: 845-854.
- Urbina-Cardona N. 2008. Conservation of neotropical herpetofauna: research trends and challenges. *Tropical Conservation Science* 1: 359-375.

- Vane-Wright R., C. Humphries, P. Williams. 1991. What to protect? Systematics and agony of choice. *Biological Conservation* 55: 235-254.
- Vázquez A., T. Givnish. 1998. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlan. *Journal of Ecology* 88: 999-1020.
- Vázquez-García A., R. Cuevas, T. Cochrane, H. Iltis, F. Santana M. y L. Guzmán H. 1995. Flora de Manantlán: Plantas Vasculares de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. *Sida Botanical Miscellany* 13. Universidad de Guadalajara-University of Wisconsin-Madison. Botanical Reserach Institute of Texas, Inc. 316 pp.
- Vega-Trejo R., I. Trejo, O. Flores-Villela, V. Reynoso. 2013. Amphibian and reptile community structure in pristine coniferus forest: baseline data for conservation studies. *Herpetological Conservation and Biology* 8:622–640.
- Vellend M., W. Cornwell, K. Magnuson-Ford, A. Mooers. 2011. Measuring phylogenetic biodiversity. In Magurran A., B. McGill (editors). *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press, UK, 194-207.
- Vite-Silva V., A. Ramírez-Bautista, U. Hernández-Salinas. 2010. Diversidad de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 473- 485.
- Vitt L., G. Colli, J. Caldwell, D. Mesquita, A. Garda, F. Franca. 2007. Detecting variation in microhabitat use in low-diversity lizard assemblages across small-scale habitat gradients. *Journal of Herpetology*, 41:654-663.
- Vitt, L., C. Carvalho. 1995. Niche partitioning in a tropical wet season: lizards in the Lavrado area of Northern Brazil. *Copeia* 2: 305-329.
- Vitt, L., J. Caldwell. 2009. *Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles*. 3era Edición. Academic, New York 697 pp.
- Vitt, L., S. Sartorius, S. Ávila, Espósito y B. Miles. 2000b. Niche segregation among sympatric amazonian teid lizards. *Oecologia* 122:410–420.
- Webb C. 2000. Exploring the phylogenetic structure of ecological communities: An example for rain forest trees. *The American Naturalist* 156: 145-155.
- Werneck F., G. Colli, L. Vitt. 2009. Determinants of assemblage structure in Neotropical dry forest lizards. *Austral Ecology* 34: 97-115.
- Whittaker R., M. Araújo, P. Jepson, R. Ladle, J. Watson, K. Willis. 2005. Conservation Biogeography: Assessment and prospect. *Diversity and Distributions* 11: 3–23.
- Wiens J., W. Reeder. 1997. Phylogeny of the spiny lizards (Sceloporus) based on molecular and morphological evidence. *Herpetological Monographs* 11:1-101.
- Wiens, J. 2008 Habitat fragmentation: Island and landscape perspectives on bird conservation. *Ibis* 137: S97-S104.

Wilcox B., D. Murphy. 1985. The effects of fragmentation on extinction. *American Naturalist* 125: 879-887.

Zhang D., Y. Zhang, D. BouVord, H. Sun. 2009. Elevational patterns of species richness and endemism for some important taxa in the Hengduan Mountains, Southwestern China. *Biodiversity and Conservation* 18: 699-716.