



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo
Integral Regional Unidad-Oaxaca
Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos
Naturales
(Biodiversidad del Neotrópico)

“ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE MAMÍFEROS CARNÍVOROS EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
M A E S T R O E N C I E N C I A S

PRESENTA

Biól. Myriam Astrid Botero Arias

Director de tesis

Dr. José Antonio Santos Moreno

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

2011



SIP-14

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO**

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 30 del mes de noviembre del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: "Estructura de las comunidades de mamíferos carnívoros en un gradiente altitudinal en el Estado de Oaxaca, México" Presentada por el alumno:

Botero

Arias

Myriam Astrid

Con registro:

A	1	0	0	8	1	3
---	---	---	---	---	---	---

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

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

LA COMISION REVISORA
Director de tesis

Dr. José Antonio Santos Moreno

Dr. Rafael Felipe del Castillo Sánchez

Dr. Gabriel Ramos Fernández

Dra. Demetria Martha Mondragon Chaparro

M. en C. Sonia Trujillo Argueta

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dr. Juan Rodríguez Ramírez



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 30 del mes noviembre **del año 2011**, el (la) que suscribe **Botero Arias Myriam Astrid** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **A100813**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. José Antonio Santos Moreno y cede los derechos del trabajo titulado: **“Estructura de las comunidades de mamíferos carnívoros en un gradiente altitudinal en el Estado de Oaxaca, México”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgradoax@ipn.mx ó astra84@hotmail.com Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

ASTRID B.

Botero Arias Myriam Astrid



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.

AGRADECIMIENTOS

A la comunidad de Santa Catarina Ixtepeji por brindarme su hospitalidad y por permitirme realizar mi trabajo en sus localidades.

Al Conacyt por su apoyo financiero y al CIIDIR- Oaxaca por abrirme sus puertas, ya que sin ellos el sueño mexicano no hubiese sido posible.

Al Dr. José Antonio Santos por su apoyo económico y académico, por ser guía durante este proceso, por sus observaciones, valiosas correcciones y aportes académicos.

A cada uno de los miembros revisores de la tesis; Dr. Gabriel Ramos, Dr. Rafael del Castillo, Dra. Demetria Mondragón y Mtra. Sonia Trujillo, quienes contribuyeron en el desarrollo de esta con valiosos aportes y correcciones.

A Arturo Bautista y Tonatiuh Aldape por su gran apoyo y compañía en el trabajo en campo.

A mis amigos Tonatiuh Aldape, Abigail Colin, Arturo Ramírez, Niurka Mena y Yurani Palacios por acompañarme en este viaje en tierras lejanas, por ser mi apoyo incondicional en todo momento, por sus enseñanzas y múltiples reflexiones y por los miles de buenos momentos acompañados de risas y alegrías que pasamos juntos.

A Cristian Kraker, Paulina Mayoral, Juan Delgado, Hugo Echevoyen, Carlos Echevoyen, Enrique Argeo, Jesús Sanz, Carolina Arenas, Alejandro Bautista y demás compañeros del CIIDIR-Oaxaca por su excelente compañía, por los bellos y agradables momentos que pasamos juntos.

A México por abrirme sus puertas y recibirme en esta bella tierra, enseñarme su cultura, tradiciones, paisajes y deliciosa comida.

Finalmente, en mi amada Colombia, a mis amigos; Juliana Medina, Hernán López, Astrid Rodríguez, Natalia Uribe y Sebastián Ramírez, a mi hermanita Isabel Botero y mi sabio padre Víctor Botero, quienes a pesar de la distancia fueron mi apoyo, mi fuerza y aliento en momentos de frustración y desesperanza.

RESUMEN

Se describe la estructura de las comunidades de mamíferos carnívoros en un gradiente altitudinal en el municipio de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. El gradiente incluye cuatro niveles altitudinales con diferentes tipo de vegetación (Reynoso: 1960 msnm, encinar arbustivo; Lilesi: 2500 msnm, bosque mixto con predominancia de pino; El Cerezo: 2900 msnm, bosque de encino y Corral de piedra: 3138 msnm, bosque mixto de pino-encino). En cada nivel del gradiente se establecieron transectos lineales de 1.5 km de longitud y se obtuvieron registros indirectos por recorridos sobre el transecto y estaciones olfativas ubicadas cada 200 m. Los registros se ajustaron al modelo de acumulación de especies de Clench sin alcanzarse la asíntota en ningún nivel altitudinal. Se registraron siete especies de carnívoros pertenecientes a cinco familias. Las especies con mayor cantidad de registros fueron el coyote (*Canis latrans*) y la zorra (*Urocyon cinereoargenteus*). La cantidad de registros disminuyó con la altitud. En cuanto al número de especies, el nivel más alto fue el que presentó menor cantidad de especies los demás niveles no presentaron grandes diferencias en cuanto a cantidad de especies. La abundancia relativa de las especies disminuyó con la altura, debido principalmente al aporte de *C. latrans* y *U. Cinereoargenteus*, únicas que presentaron diferencias significativas en el gradiente. Esta relación inversa de la abundancia relativa con la altitud se explica principalmente por la heterogeneidad de hábitat, abundancia de presas, y en la parte más alta del gradiente por limitantes de la temperatura. La partición de la diversidad gamma indicó que el principal componente fue la diversidad alfa, indicando un bajo recambio de especies en la zona y una alta similitud al menos en las zonas más bajas del gradiente. Se concluye que el número de especies de mamíferos carnívoros en esta zona parece seguir un patrón de disminución con la altura, sin embargo esto es más evidente en la abundancia relativa. Se recomienda el estudio de patrones de distribución de presas en la zona y la adopción de técnicas completarias de muestreo más sensibles y que permitan hacer estimaciones más precisas de abundancia.

Palabras clave: *Mamíferos carnívoros, gradiente altitudinal, riqueza de especies, abundancia relativa, patrón de distribución, Santa Catarina Ixtepeji.*

ABSTRACT

In this study, the structure of the carnivorous mammals community along an altitudinal gradient in the District of Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca is described. This gradient includes four altitudinal levels with different types of vegetation (Reynoso: 1960 masl, oak scrub; Lilesi: 2500 masl, predominantly mixed forest of pine; Cerezo: 2900 masl, oak forest and Corral de Piedra: 3138 masl, mixed forest of pine-oak). In every gradient level, 1.5 km long lineal transects were established, indirect records were obtained on the transect and olfactory stations located every 200 m. The records were adjusted to Clench accumulation species model without reach asymptote at any altitudinal level. There were seven species of carnivores belonging to five families. The species with the highest number of records were coyote (*Canis latrans*) and common gray fox (*Urocyon cinereoargenteus*). The number of records decreased with altitude. Regarding the number of species, the highest altitudinal level showed the lowest number of species. The other levels showed no significant differences in terms of species number. The relative abundance of species decreased with altitude, mainly due to the contribution of *C. latrans* and *U. Cinereoargenteus*. This species were the only ones with significant differences in the gradient. This inverse relationship of relative abundance with altitude is mainly explained by the heterogeneity of habitat, prey abundance and, at the top of the gradient, temperature limitations. The partitioning of the gamma diversity indicated that the main component was the alpha diversity, indicating a low turnover of species in the area and a high similarity at least in the lower areas of the gradient. We conclude that the number of species of carnivorous mammals in this area appears to follow a pattern of decrease with elevation; however this is most evident in the relative abundance. We recommend the study of patterns of distribution of carnivorous' prey in the area and the use of complementary sampling techniques more sensitive to obtain more accurate estimates of abundance.

Keywords: *Carnivorous mammals, altitudinal gradient, species richness, relative abundance, distribution patterns, Santa Catarina Ixtepeji.*

Tabla de contenido

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	¡Error! Marcador no definido.
RESUMEN	IV
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE CUADROS	X
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1 Gradientes de riqueza de especies	11
1.2 Gradientes en mamíferos	13
1.3 Carnívoros	14
1.4 Antecedentes	15
II. JUSTIFICACIÓN	18
III. OBJETIVOS	19
3.1 Objetivo general	19
3.2 Objetivos específicos	19
VI. MÉTODOS	20
4.1 Área de estudio	20
4.1.1 Sitios de muestreo	21
4.2 Colecta e identificación de especímenes	23
4.3 Esfuerzo de muestreo	24
4.4 Modelos de acumulación de especies	24
4.5 Análisis de la diversidad	25
4.5.1 Riqueza de especies	25
4.5.2 Variación entre temporadas	25
4.5.3 Abundancia relativa	25
4.5.4 Diversidad alfa (α)	26

4.5.5 Diversidad beta (β).....	26
4.5.6 Partición aditiva de la diversidad gamma (γ).....	27
V. RESULTADOS	28
5.1 Esfuerzo de muestreo	28
5.2 Modelos de acumulación de especies	28
5.3 Análisis de diversidad	30
5.3.1 Riqueza de especies.....	30
5.3.2 Variación entre temporadas.....	31
5.3.3 Abundancia relativa.....	33
5.3.4 Diversidad alfa (α).....	36
5.3.5 Diversidad beta (β).....	36
5.3.4 Partición aditiva de la diversidad gamma (γ).....	38
VI. DISCUSIÓN	39
6.1 Modelos de acumulación de especies	39
6.2 Análisis de diversidad	39
6.2.1 Riqueza de especies.....	39
6.2.2 Variación entre temporadas.....	40
6.2.3 Abundancia relativa.....	41
6.2.4 Diversidad beta (β).....	43
6.2.5 Partición aditiva de la diversidad gamma (γ).....	43
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
VIII. LITERATURA CITADA	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de los sitios de estudio en el municipio de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca	22
Figura 2. Curvas de acumulación de especies observada y estimadas por el modelo de Clench para los cuatro niveles altitudinales estudiados	29
Figura 3. Riqueza de especies en los cuatro niveles del gradiente estudiados.....	31
Figura 4. Distribución mensual de las especies y el número de registros.....	32
Figura 5. Abundancia relativa en los diferentes niveles altitudinales del gradiente estudiado.....	34
Figura 6. Distribución de abundancias relativas por especie en los diferentes niveles altitudinales estudiados.....	34
Figura 7. Diversidad alfa estimada con el índice de Shannon para los cuatro niveles altitudinales	37
Figura 8. Dendrograma de similitud estimada con el índice de Ochiai	37
Figura 9. Porcentaje de la diversidad total del índice de Shannon-Weiner y de la riqueza total explicado por los componentes de diversidad alfa y beta en el gradiente altitudinal estudiado	38

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Valores de los modelos asintóticos evaluados para la estimación de la riqueza de especies en los cuatro niveles altitudinales	28
Cuadro 2. Especies colectadas, número de registros obtenidos por especie y por nivel del gradiente.....	30
Cuadro 3. Pruebas t y nivel de significancia aplicadas para evaluar las diferencias entre la cantidad de registros y la temporada de lluvia y sequia	33
Cuadro 4. Abundancia relativa por nivel altitudinal y por especie.....	35
Cuadro 5. Valores de similitud obtenidos con el coeficiente de Ochiai	38

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Gradientes de riqueza de especies.

Un gradiente se define como un cambio cuantitativo y susceptible de ser medido en un intervalo físico o ambiental en función de una variable dada. Se ha observado que en respuesta a determinados gradientes, las características de las comunidades naturales cambian (Lomolino, 2001). La latitud y altitud producen un número considerable de gradientes ambientales (ej., gradientes de temperatura, aislamiento, estacionalidad) que covarían e interactúan determinando patrones de distribución de especies.

Los cambios del número de especies a lo largo de gradientes latitudinales son conocidos y estudiados hace mucho tiempo (Wright, 1983; Currie, 1991; Rosenzweig, 1995; Lomolino, 2001). Uno de los patrones mejor conocidos es el del aumento del número de especies desde los polos hacia el ecuador (Rosenzweig, 1995; Lomolino, 2001). Una de las explicaciones más simples que se le ha dado a este patrón de diversidad es la influencia de la baja temperatura sobre la disminución de la diversidad (Navas, 1999). Así, la temperatura extrema mínima parece ser la principal limitante que reduce la proliferación de especies a medida que hay un acercamiento a los polos (Monjeau, *et al.*, 2009).

Sin embargo, se sabe poco acerca de los factores que determinan la riqueza de especies animales, especialmente a lo largo de gradientes altitudinales. Respecto a estos gradientes, se han identificado dos patrones generales con relación a la distribución de especies. Hasta hace poco, el patrón más ampliamente aceptado era el de una disminución gradual de la biodiversidad con el incremento de la altitud, siendo este un

reflejo a menor escala de un gradiente latitudinal (Graham, 1983, Patterson *et al.*, 1998; Brown y Lomolino, 1998). Sin embargo, trabajos recientes sugieren un segundo patrón, el del dominio Medio (MDE) en el que se presenta un máximo o “joroba” (*hump-shaped*) de diversidad en elevaciones intermedias (Rahbek, 1995, Brown, 2001; Lomolino, 2001; McCain, 2003; McCain, 2004, Storch *et al.*, 2006, Kerr *et al.*, 2006).

Rahbek (1995) en una revisión de literatura de varios taxa (vertebrados, invertebrados y plantas) encontró datos que confirman tanto el patrón del dominio medio como el patrón de disminución con la altitud. Además de otros que corroboran otras 3 criterios de distribución (Horizontal y luego decrecimiento, incremento con la altura y otros sin una tendencia particular). Sin encontrar un patrón claro de distribución del número de especies a lo largo de gradientes altitudinales, nivel regional, tipo de bioma o grupo taxonómico.

Se han propuesto una cantidad considerable de hipótesis para explicar los patrones de diversidad con la altitud, sugiriendo que factores históricos, climáticos (Stevens, 1992; Rosenzweig, 1995; Rahbek, 1995; Lomolino, 2001), el tipo de suelo, la precipitación, el grado de aislamiento, temperatura y disponibilidad de agua (Li, 2002; McCain, 2005), el grado de disturbio (Gao y Zhang, 2006) y la disponibilidad de alimento (Rojas *et al.*, 1998), son las principales causas de la variación de la riqueza con la altura y los que determinan los patrones de distribución y riqueza de especies en una zona en particular.

También se ha visto que los factores que influyen en la distribución de la riqueza de especies, dependen del taxa y de la escala de estudio (Rahbek, 1995; Hawkins *et al.*,

2003). Así, a una escala global los determinantes principales son la latitud, los periodos de radiación solar y los factores históricos evolutivos (Collins y Glenn, 1997), mientras que a una escala local hay influencia de factores como la complejidad del hábitat, la precipitación, las interacciones ecológicas y la capacidad de dispersión de las especies (Krebs, 2009).

1.2 Gradientes en mamíferos.

No todos los taxa, áreas o estudios muestran el mismo patrón de distribución del número de especies a lo largo de un gradiente altitudinal, pues para mamíferos se encuentran trabajos en los que el número de especies disminuye con la altitud (Graham, 1983; Paterson et al, 1989; Rickart, 1991; Briones-Salas, 2001) como aquellos que hacen evidente un patrón de dominio medio (Heaney, 2001; Sánchez-Cordero, 2001; Li *et al.*, 2003; McCain 2004) y aun otros en los que el número de especies ha aumentado con la altitud (Batteman *et. al.*, 2010; Rojas *et al.*, 1998).

Las principales explicaciones para los determinados patrones se enfocan a heterogeneidad de hábitat (Vargas-Contreras y Hernández-Huertas, 2001; Sánchez-Cordero, 2001; Ramos-Vizcano *et al.*, 2007), condiciones climatológicas, efectos antrópicos (Rojas *et al.*, 1998), relación especie- área ó submuestro (Lomolino, 2001), entre otras.

La mayoría de estudios a lo largo de gradientes altitudinales se han enfocado en encontrar el patrón seguido por el número de especies y la diversidad, pero pocos han considerado la abundancia relativa de individuos (Paterson *et al.*, 1989; Rickart, 1991; Yu,

1994; Heaney, 2001). En este sentido, se ha encontrado que la abundancia se comporta de igual manera que la riqueza de especies (Rickart, 1991; Heaney, 2001).

1.3 Carnívoros.

La característica principal de los carnívoros es la presencia de una dentición especializada para la alimentación basada en carne, presentando caninos muy desarrollados, premolares y molares adaptados para cortar y triturar y poderosos maxilares. Aunque en general se alimentan exclusivamente o en parte de carne, se encuentran especies en cuya dieta se incluye material vegetal, invertebrados y carroña (Ceballos y Oliva, 2005).

Dentro del grupo se presentan gran variedad de tamaños: desde especies de 45 gr como la comadreja pigmea (*Mustela nivalis*) hasta especies que sobrepasan los 700 kg como el oso pardo (*Ursus arctos*) (Ceballos y Oliva, 2005). Debido a sus grandes requerimientos energéticos necesitan ámbitos hogareños grandes, por lo que presentan un amplio rango de distribución. Además, se les considera como organismos que son capaces de dispersarse y desplazarse con facilidad, ya que no se ven afectados en gran medida por las barreras físicas generadas por la presencia de ecotonos (Monjeau *et al.*, 2009). Sus áreas de actividad comprenden desde pocos cientos de metros cuadrados en comadrejas (*Mustela sp.*) hasta decenas o centenas de kilómetros cuadrados en especies como el jaguar (*Panthera onca*) y el lobo (*Canis lupus*) (Ceballos y Oliva, 2005).

Ecológicamente, los carnívoros constituyen un grupo de gran importancia dentro de los mamíferos. Por una parte actúan como controladores de las poblaciones presa logrando el mantenimiento y estabilización de la estructura trófica de los ecosistemas

(Terborgh *et al.*, 1999; Gittleman *et al.*, 2001) y por otro lado son buenos indicadores de perturbación, ya que por sus pequeños tamaños poblacionales y sus bajas tasas de reproducción son vulnerables a cambios ambientales y efectos antrópicos (Weaver y Rabinowitz, 1996; Sunquist y Sunquist, 2001).

Se ha sugerido que la distribución latitudinal y altitudinal de los carnívoros está influenciada por la temperatura (Monjeau *et al.*, 2009), afirmando que los carnívoros son menos específicos del hábitat y más dependientes de los factores climáticos (Rojas *et al.*, 1998).

1.4 Antecedentes.

En cuanto a mamíferos, México es considerado como el país más diverso de América y el segundo a nivel mundial, solo superado por Indonesia, en su territorio se han registrado 12 órdenes, 47 familias, 193 géneros y 525 especies (46 especies acuáticas y 479 terrestres) (Ceballos y Oliva, 2005). El orden carnívora se encuentra representado por ocho familias, 27 géneros y 40 especies de las cuales tres son endémicas (Ceballos *et al.*, 2005). Para Oaxaca se registran cuatro familias, 18 géneros y 22 especies (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004).

Los estudios sobre mamíferos carnívoros en Oaxaca son escasos, habiéndose realizado algunos listados taxonómicos generales (Goodwin, 1969; García, 1999; Briones *et al.*, 2001; Luna, 2005; López *et al.*, 2009), comparaciones de metodologías de muestreo (Botello, 2004) y otros pocos que han evaluado la abundancia de algunas especies (Cruz, 2003; Pérez-Irineo, 2008). En México son pocos los estudios realizados sobre gradientes altitudinales de mamíferos y ninguno se ha enfocado particularmente a carnívoros.

Algunos estudios de la mastofauna en gradientes altitudinales en México han encontrado una distribución diferencial de las especies dentro del gradiente (Vargas-Contreras y Hernández-Huertas, 2001) y han mostrado un patrón de disminución de la riqueza de especies con la altitud (Vargas-Contreras y Hernández-Huertas, 2001; Monteagudo y León, 2002). Siendo esta tendencia más marcada en mamíferos voladores (Monteagudo y León, 2002). Se encuentra que los mamíferos no voladores y de talla pequeña pueden estar respondiendo a factores abióticos, mientras que la distribución de mamíferos medianos a grandes podrían variar de acuerdo a la heterogeneidad de hábitats (Vargas-Contreras y Hernández-Huertas, 2001).

Otros estudios, sin embargo, encuentran una mayor riqueza de mamíferos entre los 1000 y 1500 m y una menor riqueza entre los 4000 a 4500 msnm. Este patrón se explica por la heterogeneidad estructural en la vegetación y se señala la importancia de las variables ambientales sobre la distribución de las especies de mamíferos (Ramós-Vizcano *et al.*, 2007).

Para Oaxaca, estudios realizados con murciélagos y roedores han encontrado patrones diferentes entre los dos grupos; para los roedores se presentó una mayor riqueza de especies en elevaciones bajas en bosques tropicales semidecuidos, y en elevaciones intermedias o altas en hábitats montanos (Sánchez-Cordero, 2001). Para los murciélagos la riqueza de especies tuvo su máximo valor en elevaciones bajas a medias y declinó abruptamente con la elevación (Sánchez-Cordero, 2001; Briones-Salas *et al.*, 2005). La riqueza de roedores y murciélagos se explica por el tipo de hábitat siendo mayor en zonas estructuralmente complejas y florísticamente diversas (Sánchez-Cordero,

2001) y en murciélagos particularmente, por una combinación de factores abióticos y bióticos (Briones-Salas *et al.*, 2005).

Adicionalmente, para Oaxaca especialmente en la zona de la Sierra Norte, se han realizado estudios de gradientes en vegetación, encontrando una disminución de la riqueza de especies con la altura relacionando este patrón con variables tales como humedad y temperatura (Mondragón- Chaparro *et al.*, 2006; Zacarías-Eslava y Del Castillo, (2010). Esto es contrario a lo observado con macromicetes en la misma zona donde la riqueza específica y la productividad presentan una relación positiva con la altitud (Vásquez-Mendoza, 2008).

A un nivel general, no hay un patrón generalizado de la relación entre el número, la diversidad y la abundancia de especies con la elevación. Es notorio que hacen falta más estudios de mamíferos carnívoros a nivel de gradientes altitudinales para poder establecer patrones generalizados de distribución de riqueza a lo largo de tales gradientes. Además es necesaria la evaluación de que posibles factores adicionales a la altura que puedan afectar tales patrones, como condiciones climatológicas, heterogeneidad vegetal, presencia de presas, capacidad de desplazamiento de los individuos, etc.

II. JUSTIFICACIÓN

A pesar de que Oaxaca es uno de los estados con mayor diversidad de mamíferos por unidad de área en México y Centro América (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004) y una región de vital importancia para la conservación, son pocos los estudios de mamíferos carnívoros que se han realizado, razón por la cual se hace necesario el incremento de este tipo de trabajos. Por otro, dada la importancia ecológica de los carnívoros y su potencial uso como especies sombrilla (especies con grandes requerimientos de área, en donde protegiendo esta se protegen automáticamente otras especies; (Linnell *et al.*, 2000; Dalerum *et al.*, 2008) es de vital importancia elaborar estudios relacionados con este grupo que permitan un mejor conocimiento de su biología y de los posibles patrones que gobiernan su distribución.

Adicionalmente, son pocos los estudios que se han realizado a nivel de gradientes altitudinales lo que limita la descripción de patrones generales. Un estudio a nivel de gradientes permitirá conocer el comportamiento de las especies de carnívoros y evaluar la correspondencia o no de los patrones dentro y entre taxa a nivel regional.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general.

Describir la estructura de las comunidades de mamíferos carnívoros en relación a un gradiente altitudinal en el municipio de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca.

3.2 Objetivos específicos.

- Estimar la riqueza y abundancia relativa de especies de mamíferos carnívoros en los diferentes niveles del gradiente.

Hipótesis: La distribución de mamíferos carnívoros está relacionada con la disminución de la temperatura respecto al incremento de la altitud. Por lo cual se espera encontrar mayor riqueza y abundancia relativa de mamíferos carnívoros en los niveles más bajos del gradiente que en los niveles más altos.

- Estimar el grado de recambio en la composición de especies entre los diferentes niveles del gradiente (Diversidad β).

Hipótesis: La diversidad beta varía de acuerdo al gradiente ambiental, por lo tanto se espera encontrar un mayor recambio de especies en niveles altitudinales no contiguos en comparación con los niveles adyacentes.

VI. MÉTODOS

4.1 Área de estudio.

El estudio se realizó en un gradiente altitudinal en las laderas nororientales de la Sierra Juárez dentro de los terrenos comunales del municipio de Santa Catarina Ixtepeji (latitud 17° 09' y 17° 19' N; longitud 96° 32' y 96° 39' W), distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca (INEGI, 2000; Fig. 1). El municipio cuenta con un territorio de 21,094 ha, con una superficie de manejo forestal de 18,932 ha (extracción principalmente de oyamel (*Abies sp.*) y pino (*Pinus spp.*), una superficie de conservación, protección o reserva comunitaria de 1981 ha y una décima parte del territorio está destinada a la agricultura (Smarthwood, 2006). Dentro de la zona se consideran 7 tipos de vegetación: pinar de altura, mezclas de Pino-Oyamel-Encino, Pinabete-Encino-Pino, mezclas de Pino-Encino-Encineras, selva baja caducifolia y vegetación riparia (cactáceas, monjitas, maguey de flor, etc.) y de galerías (orquídeas) (Torres Colín, 2004).

La topografía del terreno es muy irregular, con laderas pronunciadas, las altitudes van desde los 1600 a los 3300 msnm, con pendientes entre el 5 y 80% (Smarthwood, 2006). Las variaciones en altitud y la topografía accidentada crean una gran diversidad de microclimas, la mayor parte de su territorio tiene un clima templado-subhúmedo (Cb (w1) (w)) con lluvias en verano, la temperatura promedio es de 17 °C y la precipitación media anual es de 834.3 mm. Las partes de mayor elevación presentan clima semifrío-subhúmedo(Cb) con lluvias en verano, la temperatura anual es de 5°-12°C; en la parte norte y algunas zonas del sur el clima es semicálido-subhúmedo ((A)C) con lluvias en verano y una temperatura media > 18°C (García, 2004). Para el territorio municipal la

época de lluvias comienza en el mes de mayo culminando en Octubre. La precipitación total es de 1 412.9 mm, con una media anual de 91 a 333 mm (CMDRS, 2008).

4.1.1 Sitios de muestreo

Se seleccionaron cuatro sitios de muestreo dentro de la zona de estudio a diferentes alturas con base en el tipo de vegetación y la accesibilidad (Fig. 1). Se abarcó un gradiente desde los 1960 hasta los 3138 msnm. Los sitios seleccionados fueron:

- 1) **Reynoso:** ubicado en la latitud 17°17'075" N, longitud 96°32'064" W con altitud promedio de 1960 m.s.n.m., aproximadamente a 1 km rumbo noroeste sobre la carretera que lleva a Latuvi. La vegetación predominante es encinar arbustivo (74% encinos, 26 % otras especies) con *Quercus glaucooides*, *Q. obtusata* y *Q. castanea* como especies dominantes y especies arbustivas entre las que predominan *Calea ternifolia*, *Gnaphalium* sp., *Stevia suaveolens*, *Lantana hispida*, *Fuchsia macrophylla* y cactáceas como; *Ferocactus recurvus* y *Opuntia guatemalensis* (Zacarías-Eslava y Del Castillo, 2010). Es la zona más seca y cálida de los sitios de estudio, presentando una notable diferenciación en la cobertura vegetal durante los periodos de lluvia y de sequía.
- 2) **Lilesi:** ubicado en la latitud 17°11'530" N, longitud 96°35'971" W con altitud promedio de 2500 m.s.n.m., se encuentra a dos kilómetros de la oficina de Ecoturismo La cumbre, rumbo a la zona de manejo forestal. La vegetación es bosque mixto con predominancia de pino.

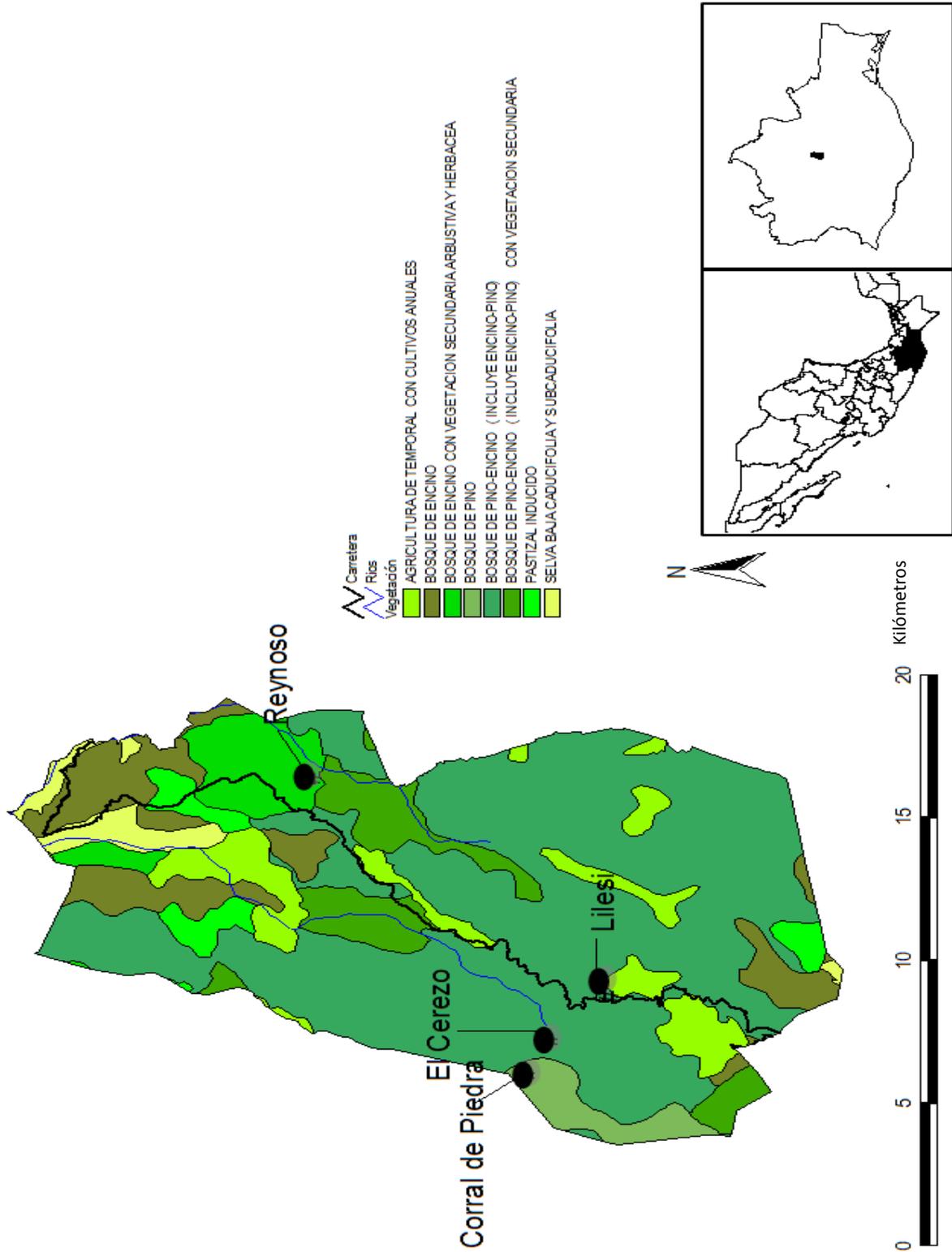


Figura 1. Ubicación de los sitios de estudio en el municipio de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca

- 3) **El Cerezo:** ubicado en la latitud 17°11'460" N, longitud 96°37'151" W y altitud promedio de 2900 m.s.n.m., en el kilómetro cuatro vía al campamento ecoturístico "La Cumbre-Ixtepeji". La vegetación predominante es bosque de encino (62% encino, 38% otras especies) con *Quercus*. aff. *laurina* como especie dominante acompañada de *Q. crassifolia* y *Q. rugosa* con algunos elementos de *Pinus patula*. y *A. aff. xalapensis*. En cuanto a la vegetación arbustiva la especie dominante es *Pernettya postrata*, acompañada de *Argeratina mairetiana* y *Comarostaphylis arbustoides* (Zacarías-Eslava y Del Castillo, 2010). La flora epífita comprende una gran variedad de orquídeas, helechos y bromelias (Mondragón-Chaparro *et al.*, 2006).
- 4) **Corral de Piedra:** ubicado en la latitud 17°11'958" N, longitud 96° 38'610" W y altitud promedio de 3138 msnm, a ocho kilómetros de la oficina de ecoturismo rumbo al campamento. La vegetación es bosque mixto de pino-encino dominado por *Pinus pseudostrobus* y *Quercus crassifolia*. En cuanto a especies arbustivas la densidad es muy baja, siendo la especie dominante *Piqueria trinervia* (Zacarías-Eslava y Del Castillo, 2010).

4.2 Colecta e identificación de especímenes.

En cada uno de los sitios seleccionados se establecieron dos transectos de 1.5 kilómetros de longitud. El registro de especies se realizó por medio de métodos indirectos como la presencia de rastros (huellas y excretas) a lo largo del transecto y se establecieron estaciones olfativas cada 200 metros, las cuales permanecieron activas durante dos noches. Las excretas fueron medidas, fotografiadas y almacenadas en bolsas de papel. Las

huellas fueron medidas, fotografiadas y se obtuvo la impresión con yeso odontológico. La identificación de especies se realizó con base en las guías de Aranda (2000), Chame (2002) y Elbroch (2003). El arreglo taxonómico seguido es el de Ramírez-Pulido *et al.* (2005).

4.3 Esfuerzo de muestreo.

El esfuerzo de muestreo para cada nivel altitudinal se calculó como el producto del total de estaciones olfativas por el número de días activos por el total de meses de muestreo. Para los rastros se consideró como el número total de kilómetros recorridos durante todo el periodo de muestreo. Para todo el gradiente, se calculó como la suma del esfuerzo de muestreo en los diferentes niveles altitudinales estudiados.

4.4 Modelos de acumulación de especies.

Se elaboraron curvas de acumulación de especies basadas en individuos (Gotelli y Colwell, 2001) para cada nivel altitudinal. Las curvas se obtuvieron mediante la elaboración de una matriz de presencia-ausencia, la cual se aleatorizó 100 veces empleando el programa EstimateS versión 8.2 (Colwell, 2009). Los datos aleatorizados se emplearon para evaluar el modelo asintótico de acumulación de especies que mejor se ajustara a los datos, esto con el fin de evaluar si el esfuerzo de muestreo fue suficiente para alcanzar una estimación aceptable de la riqueza de especies en cada zona. Para esto se empleó el programa *Species Accumulation* (Díaz-Frances y Soberón, 2005), los modelos evaluados fueron el de Clench y el modelo Exponencial. El mejor modelo se seleccionó usando el criterio de Máxima Verosimilitud (Aldrich, 1997). Luego de elegir el mejor modelo se calculó el valor de la asíntota, el esfuerzo adicional requerido para registrar el

95% de la riqueza necesaria para alcanzarla y la proporción de especies registrada durante el estudio en función de la predicción del modelo (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

4.5 Análisis de la diversidad.

4.5.1 Riqueza de especies.

Se determinó la riqueza de especies como el número total de especies de mamíferos carnívoros registradas en cada nivel del gradiente.

4.5.2 Variación entre temporadas.

Con el fin de evaluar si hubo diferencias significativas en la cantidad de registros obtenidos durante las temporadas de lluvia y sequía se elaboraron pruebas t-student para dos muestras empleando el programa Past versión 2.12 (Hammer *et al.*, 2001), las pruebas se aplicaron para todos los registros en general y posteriormente discriminando por especie.

4.5.3 Abundancia relativa.

Las huellas y excretas se tomaron como un estimador de la abundancia relativa. Para las huellas se consideró que todas las pisadas encontradas dentro de una trampa de huellas correspondían a un solo individuo, y en los casos donde se encontraron huellas y excretas en el mismo transecto y mismo periodo de colecta solo se consideraron las huellas, y sólo en los casos donde a lo largo del transecto el único registro fue excretas se le consideró como indicador de la presencia de un individuo.

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) para la abundancia relativa de cada especie por cada nivel del gradiente con el fin de evaluar si existen diferencias significativas entre estos. En el caso donde se presentaron diferencias significativas se

empleo una prueba de Tukey con el fin de conocer a que niveles se presentaron las diferencias.

4.5.4 Diversidad alfa (α).

La diversidad de especies se estimó por medio del índice de Shannon-Weiner (H'): $H' = -\sum p_i \ln p_i$, donde p_i es la proporción de las especies en cada sitio de muestreo (Moreno, 2001). Adicional a esto se realizó una prueba t modificada por Hutchitson con el fin de evaluar si había diferencias significativas entre los índices de diversidad de los diferentes niveles del gradiente, esta prueba se emplea para realizar comparaciones en forma pareada. Los cálculos se realizaron con el programa Past versión 2.12 (Hammer *et al.*, 2001).

4.5.5 Diversidad beta (β).

El grado de reemplazamiento de especies (diversidad beta, β) a través del gradiente se evaluó por medio de medidas de similitud empleando el coeficiente de Ochiai. Este coeficiente reduce el efecto de la riqueza de especies en la evaluación de la similitud en la composición, ya que a diferencia de otros índices más populares para datos de presencia – ausencia, como el de Jaccard, es menos afectado por el tamaño muestral (Santos-Moreno y Ruiz-Velásquez, 2011). El cálculo se realizó con el programa Past versión 2.12 (Hammer *et al.*, 2001) por medio de un Análisis de Conglomerados, con el método de Análisis de Grupos Pareados sin Ponderar, usando la Media Aritmética (UPGMA por sus siglas en inglés), el conjunto de similitudes pareadas se resumió y se presenta por medio de un dendrograma.

4.5.6 Partición aditiva de la diversidad gamma (γ).

La diversidad gamma se dividió en sus componentes alfa y beta siguiendo el modelo aditivo de Veech y Crist (2007), a fin de estimar la contribución de cada uno de estos componentes en la diversidad total. Para ello se estimó el porcentaje de riqueza y diversidad de especie explicada por la diversidad alfa y beta con base en la matriz de abundancias del total de especies encontradas en cada zona de estudio con el programa *Partition* (Veech y Crist, 2007). Se utilizó sólo un nivel de análisis, con un diseño de muestras balanceado y un método de aleatorización basado en los individuos y 1000 aleatorizaciones.

V. RESULTADOS

5.1 Esfuerzo de muestreo.

Se realizaron salidas de campo mensuales desde enero de 2011 hasta Octubre del mismo año, para un total de 10 meses de muestreo. El esfuerzo de muestreo en cada nivel del gradiente fue de 300 estaciones olfativas*día y 60 km. Para el gradiente en total fue de 1200 estaciones olfativas*día y 240 km recorridos.

5.2 Modelos de acumulación de especies.

El modelo de acumulación de especies que mejor se ajustó a los datos en los cuatro niveles altitudinales estudiados fue el de Clench (Cuadro 1, Fig. 2). Este modelo fue superior al modelo Exponencial 2967 veces para la zona de Reynoso, 1000000 para Lilesi, 478 para El Cerezo y 129 para Corral de Piedra. En ninguno de los cuatro niveles del gradiente estudiado se alcanzó la asíntota y el esfuerzo adicional necesario para alcanzar el 95% de esta es de 59, 25, 106 y 78 meses para Reynoso, Lilesi, El Cerezo y Corral de Piedra, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de los modelos asíntóticos evaluados para la estimación de la riqueza de especies en los cuatro niveles altitudinales. a y b= parámetros ajustados; LR= relación de verosimilitud entre el mejor modelo y el segundo modelo candidato; L= verosimilitud del modelo ; LR=Relación de verosimilitud de cada modelo con respecto al mejor de ellos; 1/LR=inverso de la relación entre la verosimilitud del modelo respectivo y el mejor modelo; S_{obs}=Riqueza observada; % Reg = Proporción de fauna registrada $\Delta t_{0.95}$ = Esfuerzo adicional en meses requerido para alcanzar el 95% de la asíntota.

ZONA	Modelo	A	b	L	LR	1/LR	Asíntota	S _{obs}	% Reg	$\Delta t_{0.95}$
REYNOSO	Clench	2.190	0.274	17.965	1.000000*	1	8	6	75%	59
	Exponencial	1.005	0.167	9.970	0.000337	2967.36				
LILESI	Clench	3.196	0.541	30.482	1.000000*	1	6	5	83.3%	25
	Exponencial	1.666	0.333	16.637	0.000001	1000000				
EL CEREZO	Clench	1.338	0.164	32.498	1.000000*	1	8	5	62.5%	106
	Exponencial	0.925	0.168	26.327	0.002091	478.24				
CORRAL DE PIEDRA	Clench	0.930	0.216	30.172	1.000000*	1	4	3	75%	78
	Exponencial	0.324	0.108	25.315	0.007774	128.63				

Los modelos de acumulación de especies realizados en la zona indican que no se ha alcanzado la asíntota y que se hace necesario un esfuerzo de muestreo adicional para obtener un panorama completo o representativo de la riqueza real (Fig. 2).

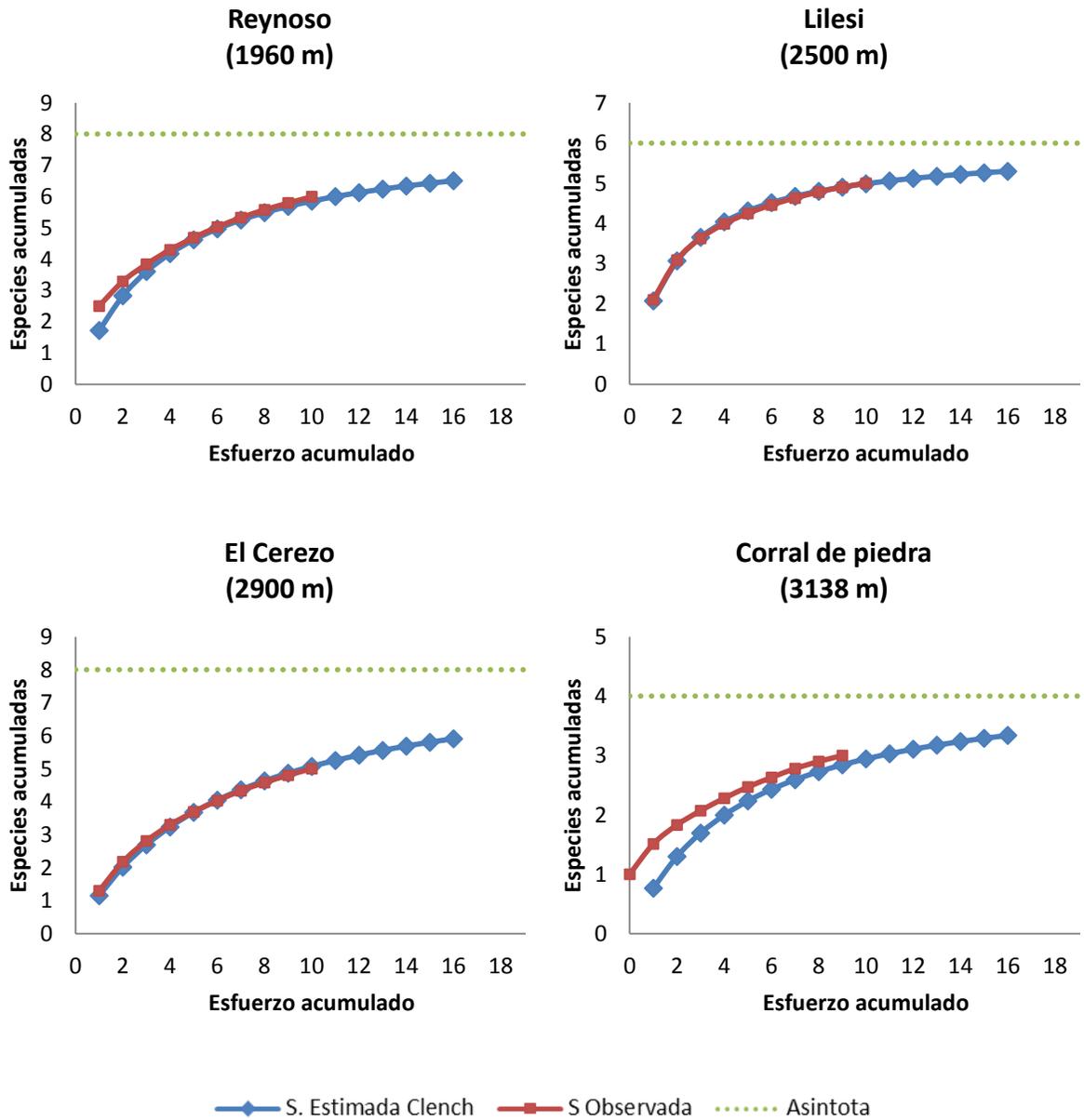


Figura 2. Curvas de acumulación de especies observada y estimadas por el modelo de Clench para los cuatro niveles altitudinales estudiados. El esfuerzo de muestreo está expresado en meses. Los cuadros indican el número acumulado aleatorizado de especies, el rombo la predicción de acumulación por el modelo de Clench, y la línea punteada la asíntota predicha por el mismo modelo

5.3 Análisis de diversidad.

5.3.1 Riqueza de especies.

Se obtuvo un total de 134 rastros de mamíferos carnívoros (99 huellas, 33 excretas y 2 restos alimenticios), correspondientes a siete especies; coyote (*Canis latrans*), zorra (*Urocyon cinereoargenteus*), mapache (*Procyon lotor*), comadreja (*Mustela frenata*), zorrillo espalda blanca (*Conepatus leuconotus*), zorrillo manchado (*Spilogale putorius*) y puma (*Puma concolor*), representantes de cinco familias (Cuadro 2). El mayor número de registros se obtuvo en la zona de Reynoso (61), seguida de Lilesi (40), El Cerezo (18) y finalmente la zona de Corral de Piedra (15) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies registradas y número de registros obtenidos por especie por nivel del gradiente.

(*H: Huella, E: Excreta, R: Restos alimenticios)

ESPECIE	Reynoso (1960 m)	Lilesi (2500 m)	El Cerezo (2900 m)	Corral de piedra (3138 m)	Total
CANIDAE					
<i>Canis latrans</i>	38 (31H* 7E)	19 (14H 5E)	9 (5H 4E)	12 (4H 8E)	78 (54H 24E)
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	16 (14H 2E)	14 (10H 4 E)	4 (2H 2E)	1 (1H)	35 (26 H 9E)
PROCYONIDAE					
<i>Procyon lotor</i>	3 (3H)	4 (4H)	1 (1H)	0	8 (8H)
MUSTELIDAE					
<i>Mustela frenata</i>	1 (1H)	1 (1H)	2 (2H)	0	4 (4H)
MEPHITIDAE					
<i>Conepatus leuconotus</i>	2 (2H)	2 (2H)	2 (2H)	0	6 (6H)
<i>Spilogale putorius</i>	1 (1H)	0	0	0	1 (1H)
FELIDAE					
<i>Puma concolor</i>	0	0	0	2 (2R)	2 (2R)
TOTAL	61 (52H 9E)	40 (31H 9 E)	18 (12H 6E)	15 (5 H 8E 2R)	134 (99H 33E 2 R)
TOTAL ESPECIES	6	5	5	3	

La mayor riqueza de especies se obtuvo en la zona de Reynoso con seis especies (*C. latrans*, *U. cinereoargenteus*, *P. lotor*, *M. frenata*, *C. leuconotus* y *S. putorius*), seguida de

Lilesi y el Cerezo, ambas con cinco especies compartidas entre los dos niveles (*C. latrans*, *U. cinereoargenteus*, *P. lotor*, *M. frenata* y *C. leuconotus*), finalmente, la zona con menor riqueza de especies fue Corral de Piedra con tres especies (*C. latrans*, *U. cinereoargenteus* y *Puma concolor*). Este último registro basado en restos de esqueleto de venado y ternero encontrados por los comuneros de la región que afirmaron ver al puma desplazándose por la zona con sus crías. A nivel general se observa una leve disminución de la riqueza con la altura haciéndose más obvia en la zona más alta, pasando de 6 especies en Reynoso (1960 m) a solo 3 en Corral de piedra (3138 m; Fig. 3).

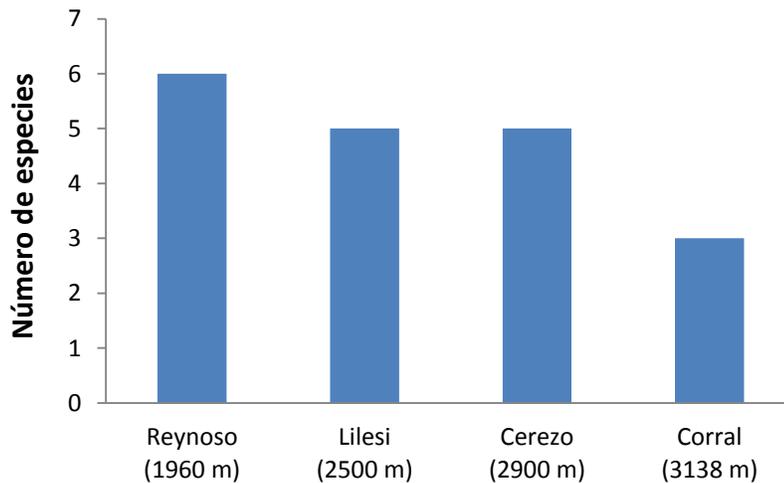


Figura 3. Riqueza de especies en los cuatro niveles del gradiente estudiados

5.3.2 Variación entre temporadas.

La mayor cantidad de registros se presentó en los primeros meses del año, en la temporada de sequia con el máximo en el mes de Marzo (22 registros), es notoria una disminución de registros a partir de este mes hasta octubre, en la temporada de lluvias, con un valor mínimo en el mes de julio (7 registros) (Fig. 4).

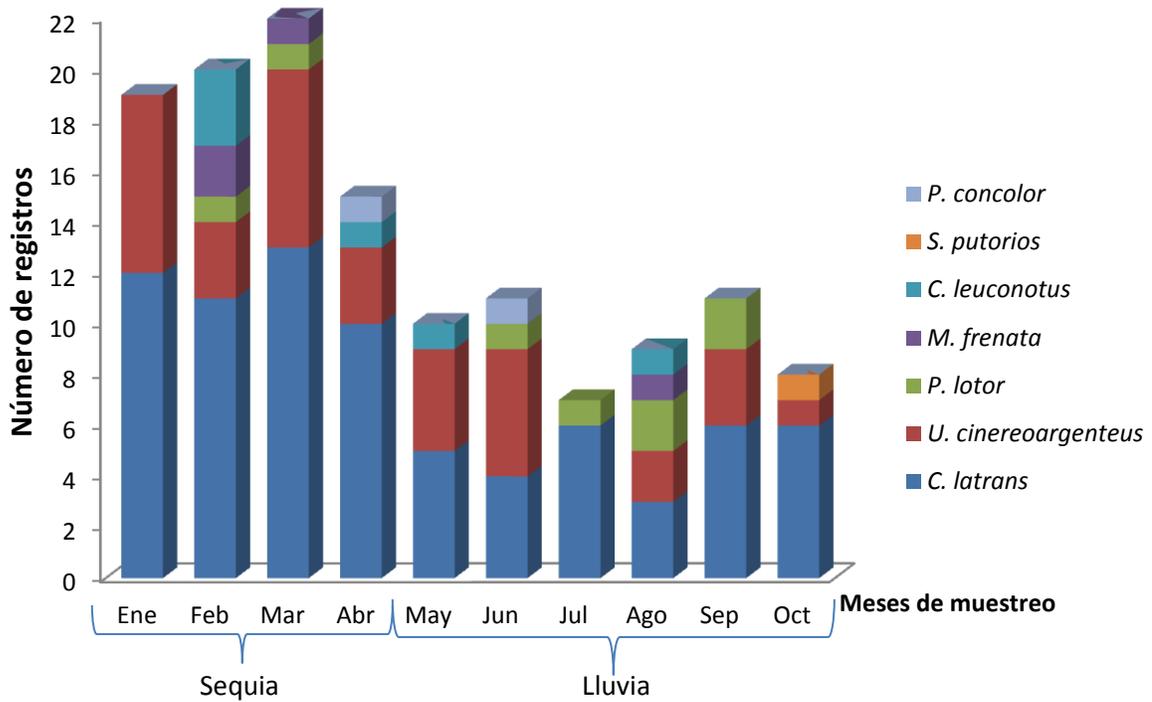


Figura 4. Distribución mensual de las especies y el número de registros

Se encontraron diferencias significativas para el total de registros entre las temporadas de lluvia y de sequia ($t=6.7538$, $p=0.000145$). Para los niveles del gradiente se encontró que en todos hubo diferencias significativas en los registros por temporadas, con excepción de El Cerezo ($t=1.6545$, $p=0.13662$) (Cuadro 3).

En cuanto a registros por especies, para todo el gradiente solo se encontraron diferencias significativas entre temporadas para *C. latrans* ($t=7.8994$, $p=4.78 \times 10^{-5}$). Para las especies por niveles del gradiente se encontraron diferencias significativas en el total de registros por temporadas para *C. latrans* en casi la totalidad de los niveles del gradiente excepto en El Cerezo ($t=1.7187$, $p=0.12399$). Para *U. cinereoargenteus* solo se encuentran diferencias significativas entre temporadas en la cantidad de registros en Lilesi ($t=2.6576$, $p=0.02891$), para El Cerezo solo se encontraron registros en lluvias y en Corral

de Piedra solo en sequia. Para el resto de especies no se encontraron diferencias estadísticas significativas sin embargo es de resaltar que tanto para *P. lotor* como *M. frenata*, solo se encontraron registros en temporadas de lluvia en Reynoso y en sequia para El Cerezo. *M. frenata* solo se encuentra en sequía en Lilesi. *C. leuconotus* solo se registró en sequia en El Cerezo y el único registro de *S. putorius* en Reynoso se obtuvo en temporada de lluvias (Cuadro 3).

Cuadro 3: Pruebas t y nivel de significancia aplicadas para evaluar las diferencias entre la cantidad de registros y la temporada de lluvia y sequia (*: Diferencia significativa).

Nivel del gradiente Especie	Reynoso (1960 m)	Lilesi (2500 m)	El Cerezo (2900 m)	Corral de piedra (3138 m)	Total gradiente
<i>C. latrans</i>	t= 2.7713 p=0.02425*	t=3.333 p=0.01034*	t=1.7187 p=0.12399	t=2.6568 p=0.0289*	t=7.8994 p=4.78*10 ⁻⁵ *
<i>U. cinereoargenteus</i>	t= 0.34216 p=0.74105	t=2.6576 p=0.02891*	Solo lluvia	Solo sequia	t=1.8926 p=0.0950
<i>P. lotor</i>	Solo lluvias	t=-0.29019 p=0.77903	Solo sequia	-	-
<i>M. frenata</i>	Solo lluvias	Solo sequia	Solo sequia	-	-
<i>C. leuconotus</i>	t=0.29019 p=0.77905	t=0.29010 p=0.77905	Solo sequia	-	t=1.0787 p=0.31216
<i>S. putorius</i>	Solo en lluvias	-	-	-	-
<i>P. concolor</i>	-	-	-	t=0.2901 p=0.77905*	-
Total	t=1.3558 p=0.21218*	t=5.164 p=0.008595*	t=1.6545 p=0.13662	t=2.4402 p=0.04055*	t=6.7538 p=0.000145*

5.3.3 Abundancia relativa.

En el gradiente se encontró una disminución de la abundancia relativa con el incremento de la altura para el total de registros (Fig. 5). Sin embargo, al analizar los registros por especie, se observó este mismo patrón principalmente para las abundancias relativas de *C. latrans* y *U. cinereoargenteus* (Fig. 6).

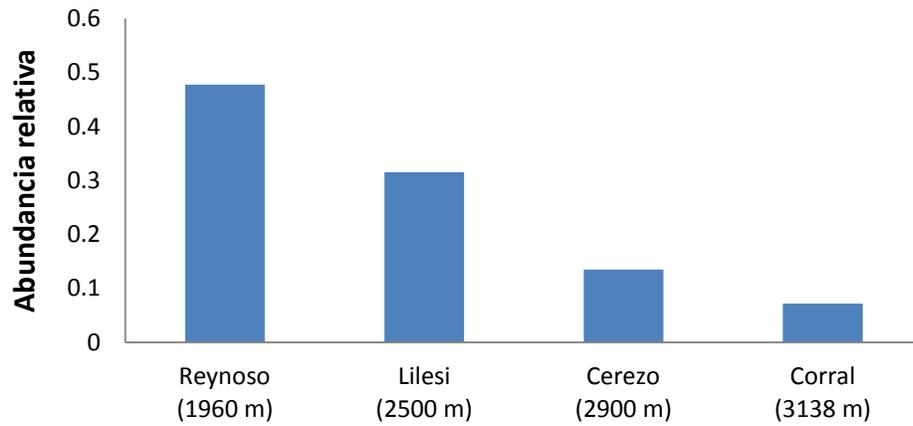


Figura 5. Abundancia relativa en los diferentes niveles altitudinales del gradiente estudiado

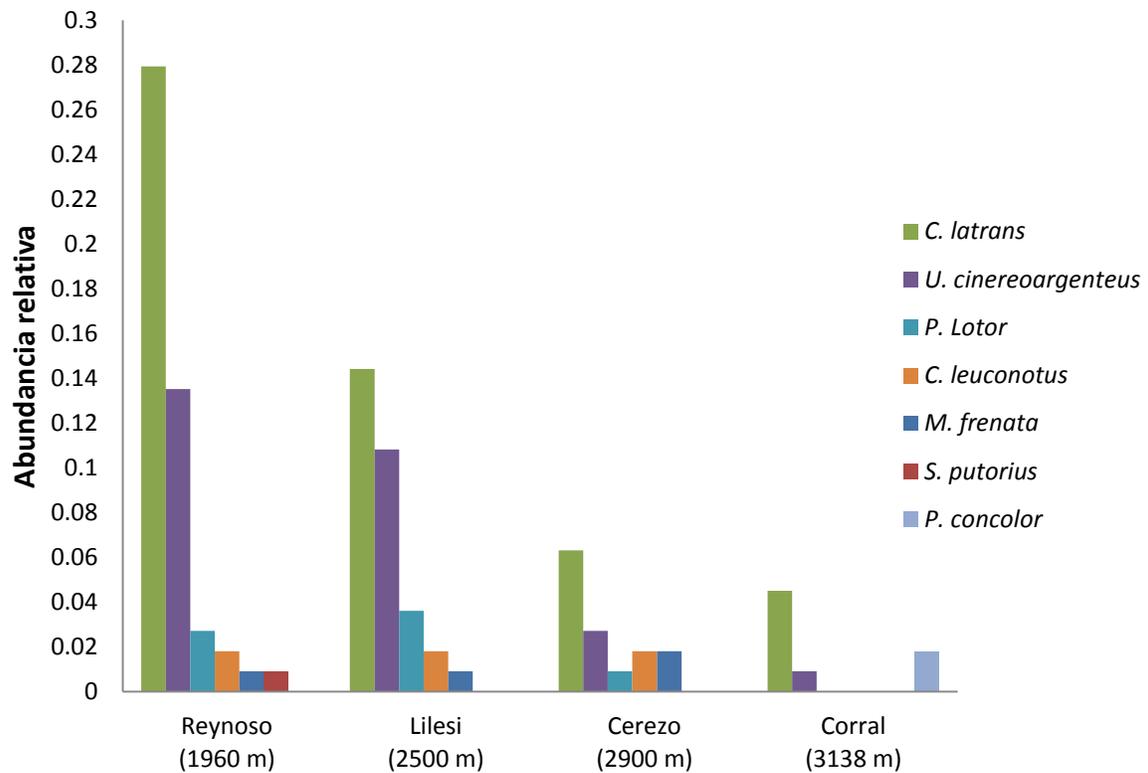


Figura 6. Distribución de abundancias relativas por especie en los diferentes niveles altitudinales estudiados

La mayor abundancia relativa para el gradiente fue de *C. latrans* (0.53153153) seguido de *U. cinereoargenteus* (0.27927928). La especie con menor abundancia relativa fue *S. putorius* (0.00900901) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de registros y abundancia relativa por nivel altitudinal y por especie

Especie	Reynoso (1960 m)	Lilesi (2500 m)	El Cerezo (2900 m)	Corral de piedra (3138 m)	Total
<i>Canis latrans</i>	31 0.279	16 0.144	7 0.063	5 0.045	59 0.532
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	15 0.135	12 0.108	3 0.027	1 0.009	31 0.279
<i>Procyon lotor</i>	3 0.027	4 0.036	1 0.009	0 0	8 0.072
<i>Mustela frenata</i>	1 0.009	1 0.009	2 0.018	0 0	4 0.036
<i>Conepatus leuconotus</i>	2 0.018	2 0.018	2 0.018	0 0	6 0.054
<i>Spilogale putorius</i>	1 0.009	0 0	0 0	0 0	1 0.009
<i>Puma concolor</i>	0 0	0 0	0 0	2 0.018	2 0.018
Total	53 0.478	35 0.315	15 0.135	8 0.072	111 1

Los ANOVA's indicaron diferencias significativas entre las abundancias relativas totales para los diferentes niveles dentro del gradiente ($F=13.35$; $p=5.17 \cdot 10^{-6}$) las diferencias se encontraron entre Reynoso y El Cerezo (0.002142) y Reynoso y Corral de Piedra ($1.66 \cdot 10^{-4}$). A nivel de especie solo se encontraron diferencias para *C. latrans* ($F=9.21$; $p=9.87 \cdot 10^{-5}$) y la prueba de Tukey reveló que estas diferencias se encontraron

entre la zona de Reynoso y Lilesi (0.02829), Reynoso y El Cerezo (0.0003546) y Reynoso y Corral de piedra (0.0005207). Para *U. cinereoargenteus* también se encontraron diferencias significativas ($F=5.44$, $p=0.00343$) las diferencias se dieron entre Reynoso y El Cerezo ($p=0.02031$) y Reynoso y Corral de piedra ($p=0.005394$). Para las demás especies no se encontraron diferencias significativas.

5.3.4 Diversidad alfa (α).

El índice de Shannon-Wiener indicó que la diversidad alfa fue mayor para la zona del El Cerezo ($H'=1.395$), seguida por Lilesi ($H'=1.238$), Reynoso ($H'=1.107$) y finalmente Corral de Piedra ($H'=0.9003$). La prueba t modificada de Hutchinson no indicó diferencias estadísticamente significativas en los índices de diversidad en los diferentes niveles evaluados dentro del gradiente. La diversidad mostró un leve incremento con la altura hasta El Cerezo y a partir de allí disminuyó hasta su mínimo valor en Corral de Piedra (Fig. 7).

5.3.5 Diversidad beta (β).

El índice de similitud de Ochiai generó un dendrograma en el cual los niveles El Cerezo y Lilesi son los más similares, seguidos de Reynoso, mientras que Corral de piedra es el nivel con menor similitud (Fig. 9). Los valores de similitud se indican en el Cuadro 5.

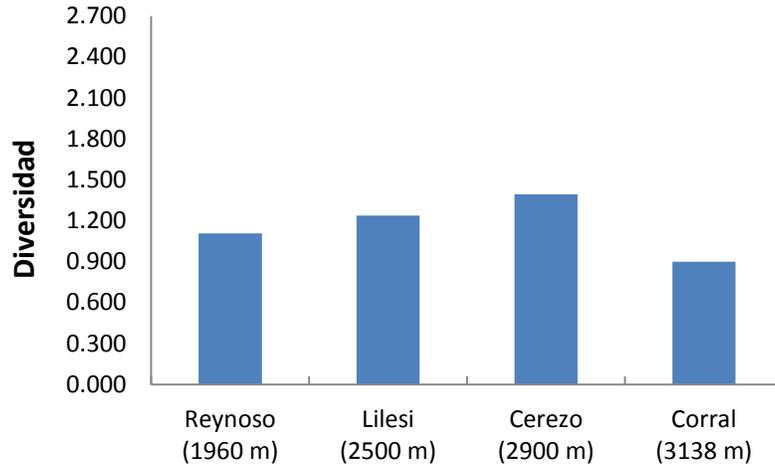


Figura 7. Diversidad alfa estimada con el índice de Shannon para los cuatro niveles altitudinales

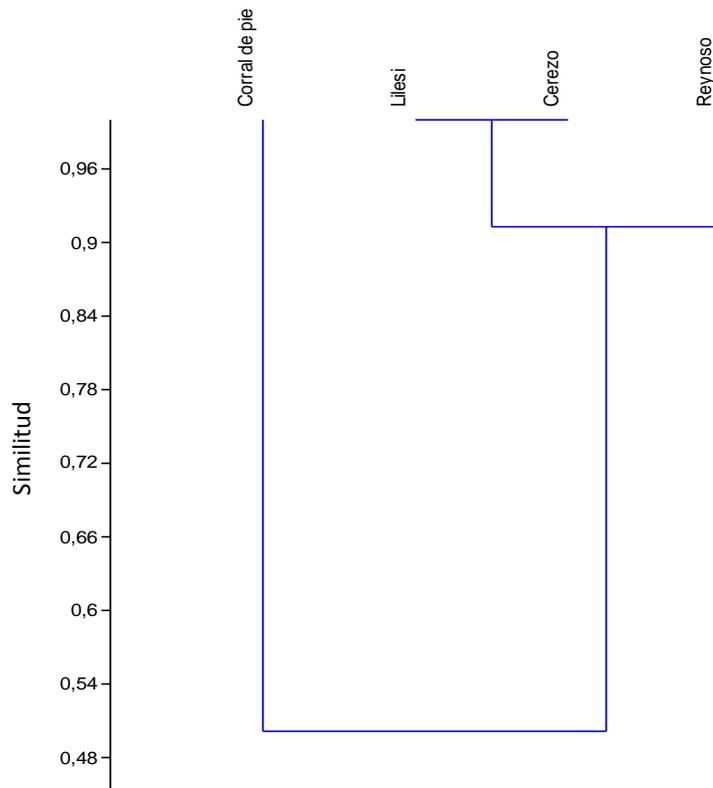


Figura 8. Dendrograma de similitud generado a partir del índice de Ochiai

Cuadro 5: Valores de similitud obtenidos con el coeficiente de Ochiai

	Reynoso	Lilesi	Cerezo	Corral de Piedra
Reynoso	1	0.91287	0.91287	0.4714
Lilesi		1	1	0.5164
Cerezo			1	0.5164
Corral de Piedra				1

5.3.4 Partición aditiva de la diversidad gamma (γ).

En el gradiente estudiado la diversidad alfa fue el principal componente de la diversidad gamma, tanto en términos de diversidad ecológica de Shannon-Weiner como en términos de riqueza aditiva. Para la diversidad ecológica de Shannon-Weiner el valor de alfa observado fue de 3.23 y el de beta de 1.11 y para la riqueza aditiva fueron de 5.33 y 1.67, respectivamente. No hubo diferencias considerables en los componentes de alfa y beta observados y esperados (Fig. 8).

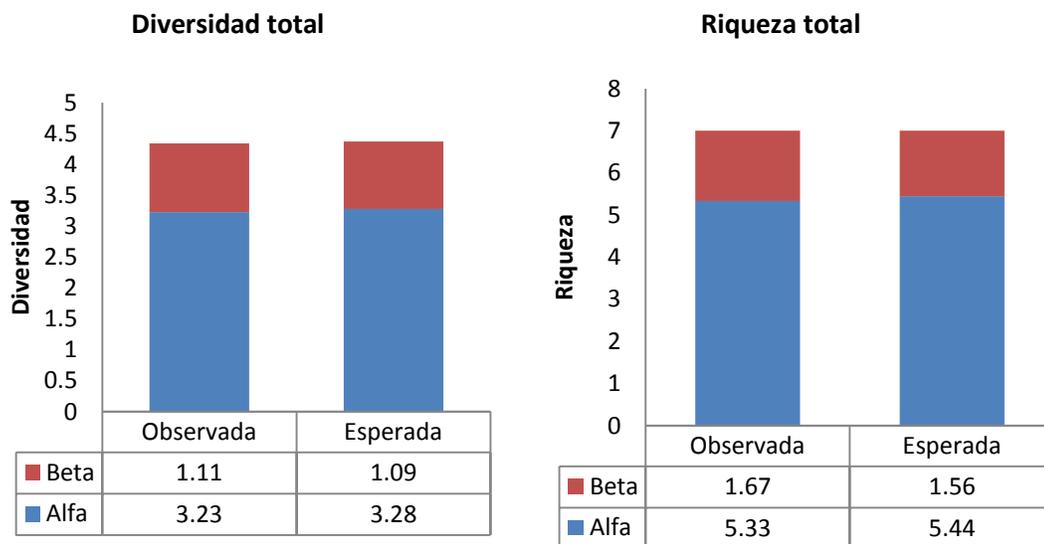


Figura 9 “Diversidad gamma explicada por los componentes alfa y beta para el índice de Shannon-Weiner y de la riqueza total”

VI. DISCUSIÓN

6.1 Modelos de acumulación de especies.

El modelo de acumulación de especies que mejor se adecuó a los muestreos en los cuatro niveles del gradiente fue el de Clench. Esto indica que la probabilidad de encontrar una nueva especie aumentará (hasta un máximo) conforme se incrementé el esfuerzo de colecta, es decir, la probabilidad de añadir especies nuevas eventualmente disminuye (Moreno, 2001).

Para el nivel Reynoso se registraron seis de las ocho especies predichas por el modelo de acumulación de especies, en Lilesi cinco de las seis predichas, en El Cerezo cinco de ocho y en Corral de piedra tres de cuatro. El hecho de que no se haya alcanzado la asíntota en ninguna de las cuatro zonas indica que hay un submuestreo y que es necesario esfuerzo de muestro adicional (59 meses para Reynoso, 25 para Lilesi, 106 para el Cerezo y 78 para Corral de Piedra) para alcanzar el 95% de la asíntota predichas por el modelo. Sin embargo, en tres de las cuatro zonas (excepto El Cerezo) se obtuvo más del 75 % de las especies predichas por el modelo, lo cual podría considerarse como una muestra de las tendencias de distribución de las especies en el gradiente.

6.2 Análisis de diversidad.

6.2.1 Riqueza de especies.

En el gradiente en general se registraron siete especies con presencia conocida en la zona (Botello, 2004). En este estudio no se registraron especies que estaban reportadas para la zona como el lince (*Linx rufus*), el cacomixtle (*Bassariscus astutus*), el coatí (*Nasua*

narica) y el tigrillo (*Leopardus wiedii*) y zorrillo manchado (*Spilogale gracilis*). La probable explicación para la ausencia de registros *L. wiedii* quizás se deba a sus hábitos sumamente arborícolas lo que disminuye la probabilidad de registro en las estaciones olfativa. Por otro lado, la ausencia de registros *S. gracilis* puede explicarse debido a sus bajas densidades las cuales para México se han reportado como de cinco individuos / km² (Ceballos y Oliva, 2005). Las demás especies posiblemente no se registraron por conductas elusivas, sensibilidad a presencia humana o abundancias muy bajas.

6.2.2 Variación entre temporadas.

La disminución de registros a partir del mes de mayo está relacionada con el inicio de la temporada de lluvias. En este sentido, las diferencias entre temporadas están marcadas principalmente por los registros de *C. latrans*, ya que las demás especies no presentaron diferencias significativas entre temporadas. Estas diferencias en cuanto a cantidad de registros para *C. latrans* puede deberse a que las estaciones olfativas son altamente sensibles a las lluvias, ya que estas lavan el cebo e impiden la correcta impresión de las huellas, esta misma debilidad fue reportada por Botello (2004) y por Pérez-Irineo (2008) quien plantea la necesidad de usar métodos complementarios con el fin de tener un panorama más amplio de la riqueza de mamíferos carnívoros en una zona.

La sensibilidad de las estaciones olfativas a la lluvia explicaría que en zonas como El Cerezo solo se haya registrado *P. lotor*, *M. frenata* y *C. leuconotus* en temporada de sequía. Sin embargo, contrario a lo anterior, en la zona de Reynoso *P. lotor*, *M. frenata* y *S. putorius* solo fueron registradas en temporada de lluvias. Esto puede deberse a las características del suelo de los diferentes niveles altitudinales, en Reynoso por ejemplo, a

pesar de que parte del transecto es rocosa también posee sitios con posibilidad de formación de lodo durante las lluvias, factor que aumenta el área disponible para la impresión de las huella adicional a las estaciones olfativas. Por otro lado, los demás sitios poseen suelos muy rocosos o arenosos y/o cubiertos de acículas o plántulas, lo que limita el área de impresión de las huellas en las estaciones olfativas, disminuyendo la posibilidad de registros durante la temporada de lluvias.

Dado el bajo número de registros para la mayoría de especies. No se puede afirmar con certeza que haya habido cambios poblacionales debido a las estaciones de lluvia y sequía, a pesar de que se sabe que la precipitación influencia fuertemente la actividad, distribución, patrones de dispersión y ciclo reproductivos de los mamíferos (Wilson *et al.*, 1996). Sin embargo, es probable que los cambios en la cantidad de registros entre temporadas observados en este estudio se deban en gran medida a la sensibilidad a los factores climáticos de los métodos de muestreo empleados, anteriormente descrita.

6.2.3 Abundancia relativa.

Las diferencias significativas en la abundancia relativa a lo largo del gradiente, pueden ser explicadas principalmente por las dos especies más abundantes en la zona *C. latrans* y *U. cinereoargenteus*. Estas abundancias mostraron el patrón de la disminución con la altura. En este sentido es más notoria la influencia de la altura sobre las abundancias relativas de las especies que sobre la riqueza de especies, al menos en especies generalistas y de gran capacidad de desplazamiento como *C. latrans* (Ámbito

hogareño de 2.4 a 5 Km²) y *U. cinereoargenteus* (Ámbito hogareño de 1.5 a 3 Km²)(Ceballos y Oliva, 2005).

La disminución de la abundancia relativa con la altura puede ser explicada por tres factores fundamentales, no excluyentes entre sí. El primero de ellos es la heterogeneidad de hábitat. Según el estudio realizado por Zacarías-Eslava y Del Castillo (2010) en la misma área de estudio, la heterogeneidad vegetal en la zona disminuyó con la altura. Con la abundancia de mamíferos carnívoros se encuentra un patrón similar, lo que sugiere que las zonas más complejas vegetalmente presentan mayor disponibilidad de refugio y de alimento favoreciendo la alta presencia de mamíferos carnívoros en la zona. Contrario a lo que ocurre en las zonas más homogéneas, donde los recursos son menos diversos. Esto concuerda con los estudios realizados por Vargas-Contreras y Hernández-Huertas (2001), Sánchez-Cordero (2001) y Ramos-Vizcano *et al.* (2007) sobre la influencia del hábitat en la distribución de los mamíferos.

El segundo factor es la temperatura. Es sabido que la temperatura influye en los patrones de actividad de los mamíferos y que limita la distribución de estos. La riqueza de especies es favorecida cuando los valores medios de temperatura caen dentro del rango óptimo para las necesidades fisiológicas de las especies, las bajas temperaturas actúan como un filtro selectivo que tiene un fuerte efecto sobre el número de especies capaz de sobrevivir en condiciones severas (Monjeau *et al.*, 2009). Esto podría explicar en parte el hecho de que en la zona más alta, donde la temperatura disminuye considerablemente, haya una baja cantidad de especies, diversidad y abundancia de individuos.

El tercer factor es la disponibilidad de presas. Estudios realizados con pequeños mamíferos (Sánchez-Cordero, 2001; Rojas *et al.*, 1998), anfibios y reptiles (Fu *et al.*, 2007), presas potenciales de los mamíferos carnívoros, han mostrado una baja riqueza de especies en zonas altas, esto es consistente con la baja abundancia de mamíferos carnívoros a grandes alturas.

6.2.4 Diversidad beta (β).

Por otro lado, la medida de similitud utilizada muestra que los niveles de El Cerezo y Lilesi son idénticos en cuanto a composición de especies, esto puede deberse en parte a las características vegetales de los dos sitios que son similares y a que se encuentran relativamente cerca sin presentar barreras evidentes lo que permite un flujo de especies fácil y continuo entre los dos niveles. Contrario a lo que ocurre con Reynoso, que se encuentra un poco más aislado y cuya composición vegetal es muy diferente. En cuanto a Corral de Piedra, quizá la baja temperatura y la homogeneidad vegetal no hagan muy llamativo el sitio para las especies.

Adicionalmente, el análisis de similitud evidencia la presencia de un gradiente en el cual la zona más alta y más baja son las más disimiles, mientras que las zonas intermedias presentan similitudes intermedias.

6.2.5 Partición aditiva de la diversidad gamma (γ).

Los valores obtenidos al evaluar la diversidad gama en sus componentes, muestran un bajo recambio de especies entre los diferentes niveles del gradiente, explicando la diversidad total más en términos de diversidad local. Este bajo recambio de especies entre las zonas puede explicarse a partir de la gran capacidad de desplazamiento de las especies

evaluadas. Los resultados obtenidos son contrarios a lo observado por Zacarías-Eslava y Del Castillo (2010) con respecto a la vegetación, en donde encontraron que el principal componente de la diversidad total de la zona es debida a la diversidad beta.

No se puede establecer si el comportamiento de la riqueza observado en la zona de estudio es uniforme o con picos, debido entre otras cosas a que el rango altitudinal evaluado no incluye zonas bajas (0–500 m) ni intermedias (600–1600 m). Sería interesante ampliar este rango altitudinal incluyendo estas franjas con el fin de observar si hay algún modelo de distribución de la riqueza que se ajuste a esta zona.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La riqueza de especies a lo largo del gradiente evaluado no mostró una tendencia marcada de disminución con la altura, sin embargo, la abundancia de especies exhibió un patrón de disminución con la altura.

La baja presencia de especies e individuos en la zona más alta (Reynoso, 3200 m) se explica a partir de factores de temperatura limitantes que pueden afectar tanto a los carnívoros como a las presas potenciales.

El patrón monotónico de disminución de la abundancia relativa con la altura probablemente está relacionado con la interacción de factores como la heterogeneidad vegetal, la distribución de presas y la disminución de la temperatura.

Las condiciones climáticas, particularmente la lluvia, influyen de manera importante en el método de muestreo empleado, y por tanto en la cantidad de registros obtenidos.

La riqueza y la abundancia relativa y diversidad de especies en la zona de estudio siguen patrones de comportamiento diferentes a lo largo del gradiente altitudinal. La riqueza no presenta grandes variaciones a lo largo del gradiente, mientras que la abundancia disminuye de manera gradual con el incremento de la altura.

Para trabajos futuros sería útil complementar el muestreo con otro tipo de técnicas que no sean tan sensibles a las condiciones climáticas tales como las cámaras trampa. Evaluar los patrones de distribución y abundancia de las presas potenciales de los mamíferos carnívoros y establecer protocolos de investigación que no solo estén enfocados a registrar los patrones de distribución de la riqueza de las especies a lo largo

de gradientes sino también enfocarlos a la abundancia de las especies y los patrones que esta exhiba.

Sería un gran complemento a este trabajo evaluar un gradiente altitudinal más amplio con vegetación y climas más contrastante con el fin de poder determinar si hay patrones claros que puedan explicar la distribución altitudinal de los mamíferos carnívoros.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aldrich J. (1997). R. A. Fisher and the Making of Maximum Likelihood 1912 – 1922. *Statistical Science*. Vol. 12, **3**: 162-176
- Aranda M. (2000). Huellas y otros rastros de mamíferos grandes y medianos de México. CONABIO. Veracruz, México.
- Batteman B. L., Kutt, A.S.; Vanderduys E. S y Kemp J.E. (2010) Small-mammal species richness and abundance along a tropical altitudinal gradient: an Australian example. *Journal of Tropical Ecology* (2010) **26**:139–149. Cambridge University Press
- Botello F. J. (2004). Comparación de cuatro metodologías para determinar la diversidad de carnívoros en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias-Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Briones-Salas M., Sánchez-Cordero V. y Quintero G. (2001). Listado de mamíferos terrestres del norte del estado de Oaxaca, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología, **72(1)**:125-161.
- Briones-Salas M.A y Sánchez-Cordero, V. (2004). Mamíferos. Pp. 423-447, in *Biodiversidad de Oaxaca* (García-Mendoza, A.J., Ordoñez, M.J. y Briones-Salas M., eds.), Instituto de Biología-UNAM/ Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza-World Wild life Fund, México.
- Briones-Salas M., Sánchez-Cordero, V. y Santos-Moreno, A. (2005). Diversidad de murciélagos en un gradiente altitudinal de la Sierra Mazateca, Oaxaca, México. Cap7: 67-76. En: Sánchez Cordero, V. y Medellín, R.A (eds.). Contribuciones mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa, 706 p. Instituto de Biología, UNAM; Instituto de Ecología UNAM; CONABIO. México.
- Brown J.H. (2001) Mammals on mountain sides: elevational patterns of diversity. *Global Ecology and Biogeography*, **10**: 101-109.
- Brown J.H. y Lomolino, M.V. (1998). *Biogeography*, 2nd ed. Sinauer, Sunderland

- Ceballos G. y Oliva G. (2005). Los mamíferos silvestres de México. CONABIO – Fondo de Cultura Económica, México D.F. 988 pp
- Ceballos G., Arroyo-Cabrales J. y Medellín R. (2005). Mamíferos de México. 377-413 *In: Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales*, Ceballos G y Simonetti J. (eds). CONABIO y Universidad Autónoma de México, México DF.
- Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable (CMDRS) (2008) Diagnóstico y plan municipal de desarrollo rural sustentable de Santa Catarina Ixtepeji, Ixtlán de Juárez, Oaxaca. 226 pp.
- Collins S y Glenn S. (1997) Effects of organismal and distance scaling on analysis of species distribution and abundance. *Ecological applications* **7**: 543-551
- Colwell, R.K. (2009). EstimateS version 8.2. Department of Ecology y Evolutionary Biology, University of Connecticut, Storrs, USA.
- Cruz, E. A. (2003). Abundancia relativa de carnívoros en un área comunal de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, Memoria de Residencia Profesional. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 23 Xoxocotlán Oaxaca, 40pp
- Currie D.J. (1991) Energy and large-scale patterns of animal- and plant-species richness. *American Naturalist*. **137**:27-49
- Chame M. (2002).Terrestrial Mammal Feces: a Morphometric Summary and Description. Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, **98 (Suppl. I)**: 71-94.
- Dalerum F., Somers M.J., Kunkel K.E y Cameron E. Z. (2008). The potential for large carnivores to act as biodiversity surrogates in southern Africa. *Biodiversity conservation*. **17**: 2939–2949
- Díaz-Francés E. y Soberón J. (2005) Statistical Estimation and Model Selection of Species-Accumulation Functions. *Conservation Biology*. **Vol. 19 (2)**: 569–573
- Elbroch, M. (2003).Mammal tracks y sign: a guide to North American species. Stackpole Books. EE.UU. 779 pág.
- Fu C., Wang J.,Pu,Z., Zhang S,Chen H, Zhao B, Chen J y Wu J.(2007) Elevational gradients of diversity for lizards and snakes in the Hengduan mountains, China. *Biodiversity and Conservation* **16**:707–726

- García, C. C. (1999). Presencia del orden carnívora en los municipios de Amatlan y Lachatao, Sierra Norte, Oaxaca, Instituto Tecnológico Agropecuario No. 23 Xoxocotlán Oaxaca.
- García-Mendoza, A.J.; Ordoñez M.J Y Briones-Salas M. (eds.) (2004). Introducción. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza- World Wildlife Fund, México, pp 19-26
- Gao Jun-feng y Zhang Yun-xiang (2006). Distributional patterns of species diversity of main plant communities along altitudinal gradient in secondary forest region, Guandi Mountain, China. *Journal of Forestry Research*, **17**(2): 111–115.
- Graham G.L. (1983) Changes in bat diversity along an elevational gradient up the Peruvian Andes. *Journal of Mammalogy*. **64**(4): 559-571
- Gittleman, J.L.; Funk S.M., Macdonald D.W. Y Wayne R.K. (2001). Carnivore conservation. Cambridge University Press. United Kingdom. 675 pp.
- Goodwin, G. G. (1969) Mammals from the state of Oaxaca, Mexico, in the American Museum of Natural History. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. **141**:1-269
- Gotelli, N.J. y Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, **4**: 379-391.
- Hammer, O, Harper, D.A.T y Ryan , P.D. (2001) PAST ver 2.12: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica* 4(1)9 pp.. [Http://folk.uio.no/ohammer/past](http://folk.uio.no/ohammer/past)
- Hawkins B., Field R., Cronell H., Currie D, Guégan J., Kaufman D, Kerr J., Mittelbach G., Oberdorff T., O'Brien E., Porter E. y Turner J (2003). Energy, water and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology* **84**: 3105-3117.
- Heaney, L.R. (2001). Small mammal diversity along elevational gradients in the Philippines: an assessment of patterns and hypotheses. *Global Ecology y Biogeography*. **10**: 15-39.
- INEGI. 2000. Anuario Estadístico del estado de Oaxaca. Instituto Nacional de Geografía e Informática. México, D. F.

- Jiménez-Valverde A. y Hortal J.(2003) Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. Vol. 8,: 151 – 161
- Kerr J.T.; Perring M. y Currie D.J. (2006). The missing Madagascar mid-domain effect. *Ecology Letters*. **9**: 149-159
- Krebs, J. C. 2009. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. 6ed.
- Li, J.S; Song, Y.L y Zeng, Z.G. (2003). Elevational gradients of small mammals diversity on the northern slopes of Mt. Quilian, China. *Global Ecology and Biogeography*. **12**: 449-460.
- Linnell J.D.C, Swenson J.E. y Andersen R. (2000) Conservation of biodiversity in Scandinavian boreal forests: large carnivores as flagships, umbrellas, indicators, or keystones? *Biodiversity and Conservation* **9**: 857–868.
- López J. A., Lorenzo C., Barragán F. y Bolaños J. (2009). Mamíferos terrestres de la zona lagunar del istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. **80**:491-505.
- Lomolino, M.V. (2001) Elevational gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography*, **10**: 3–13.
- Luna-Krauletz, M.D. (2005). Distribución, abundancia y conservación de carnívoros en Santiago Comaltepec, Sierra Madre de Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca, No. 23, Oaxaca, México.
- McCain C.M. (2003) North American deserto rodents: A test of the mid domain effect in species richness. *Journal of mammalogy*. **84(3)**: 967-980.
- McCain C.M. (2004) The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. *Journal of Biogeography*. **31**:19-31
- McCain C.M (2005) Elevational gradients in diversity of small mammals. *Ecology*. **86(2)**:366-372
- Mondragón-Chaparro, D.; Villa-Gúzman, D.M ; Escobedo-Sarti, G.J y Franco-Méndez, A.D (2006). La riqueza de bromelias epífitas a lo largo de un gradiente altitudinal en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, México. *Naturaleza y Desarrollo* 4(2) vol. 4 núm. 2 .

- Monjeau A.; Tort J.A.; Márquez J.; Jayat P.; Palmer Fry B.; Nazar A.; Di Vincenzo A. y Polop F. (2009) Latitudinal patterns of species richness distribution in south American carnivores. *Mastozoología Neotropical*, en prensa
- Monteagudo D. y León L. (2002). Estudio comparativo de los patrones de riqueza altitudinal de especies en mastofaunas de áreas montañosas mexicanas. *Revista Mexicana de Mastozoología* **6**: 60-82.
- Moreno, C.E. (2001) *Métodos para medir la biodiversidad*. MyT Manuales y Tesis SEA. Voll, Zaragoza: España. 84pp
- Navas, C.A. (1999). Biodiversidad de anfibios y reptiles en el páramo: Una visión ecofisiológica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* **23**: 465 – 474.
- Patterson, B.D; Meserve, P.L. y Lang, B.K. (1989). Distribution and abundance of smalls mammals along an elevational transect in temperate rainforest of Chile. *Journal of Mammalogy*.**70**:67-78
- Patterson, B.D; Stotz, D.; Solari, S.; Fitzpatrick, W.; Pacheco, V. (1998). Contrasting patterns of elevational zonation for birds and mammals in the Andes of southeastern Peru. *Journal of Biogeography*. **25**: 593-607.
- Pérez- Irineo G. (2008). Diversidad de mamíferos carnívoros terrestres en una selva mediana en el distrito de Tuxtepec, Oaxaca. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Rural. Unidad Oaxaca. México.
- Rahbek, C. (1995) The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography*, **18**: 200–205.
- Rámos-Vizcano, I., Guerrero-Vásquez, S. y Huerta-Martínez, F.M . (2007). Patrones de distribución geográfica de los mamíferos de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. **78**: 175-189.
- Ramírez-Pulido J., Arroyo-Cabrales J y Castro-Campillo A. (2005). Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana*, Nueva serie **21**: 21-82.

- Rickart E.A.; Heaney L.R. y Uzzurum C.B.(1991) Distribution and ecology of small mammals along an elevational transect in southeastern Luzon, Philippines. *Journal of Mammalogy*. **72(3)**: 458-469
- Rojas, A.B., Cobaleda J, Márquez A.L., Palomo, L.J. y Real R. (1998) Tendencias geográficas de la riqueza específica de micromamíferos y de carnívoros en Andalucía (España). *Galemys* **10** (nº especial):13-26
- Rosenzweig, M.L. (1995). Species diversity in space and time. Cambridge University press, New York.
- Sánchez-Cordero, V (2001). Elevation gradients of diversity for rodents and bats in Oaxaca, México. *Global Ecology and Biogeography*, **10**: 63-76.
- Santos-Moreno A y Ruiz-Velásquez E. (2011) Diversidad de mamíferos de la región de Nizanda, Juchitán, Oaxaca, México *Therya*, Vol.**2(2)**:155-168
- Smarthwood (2006). *Evaluación para la Certificación del Manejo Forestal de: Comunidad Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, Oax., México*. Certificado: SW-FM/COC-166. <http://www.rainforest-alliance.org/forestry/documents/comixtepejipubsum06spa.pdf>.
- Stevens (1992). The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *Am. Nat.* **140**: 893 – 911.
- Storch D.; Davies R.G.; Zajicek S.; Orme C.D.L; Olson V.; Thomas G.H.; Ding T.; Ramussen P.C.; Ridgely R.S.; Bennet P.M.; Blackburn T.M.; Owens I. y Gaston K.J. (2006) Energy, range dynamics and global species richness patterns: reconciling mid-domain effects and environmental determinants of avian diversity. *Ecology Letters*.**9**:1308-1320.
- Sunquist, M.E. y Sunquist F.C. (2001) *Changing landscapes: consequences for carnivores*. Pág: 399-418. En: Gittleman, J.L.; Funk S.M., Macdonald D.W. Y Wayne R.K. (eds.) Carnivore conservation. Cambridge University Press. United Kingdom. 675 pp.
- Terborgh J.; Estes J.A.; Paquet P.; Ralls K.; Boyd-Heger D.; Miller B.J. y Noss R.F. (1999). *The role of top carnivore in regulating terrestrial ecosystems*. Pág. 39-64. En: Soulé M. y Terborgh J. (eds). Continental Conservation. The Island Press. E.U.A. 227 pp.

- Torres-Colin R. (2004). Tipos de vegetación. En:A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza- World Wild life Fund, México, pp. 105-117
- Vásquez-Mendoza S. (2008). Ecología de comunidades de macromicetos a lo largo de un gradiente altitudinal en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, México. Pp. 68
- Vargas-Contreras, J. y Hernández-Huertas, A. (2001). Distribución altitudinal de la mastofauna en la reserva de la biosfera “El cielo”, Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) **82**: 83-109.
- Veech A.J. y Crist T.O. (2009). Partition: Software for the partitioning of species diversity, version 3.0. [<http://www.users.muohio.edu/cristto/partition.htm>] (Consultada octubre, 2011)
- Weaber W. y Rabinowitz A. (1996) A global perspective on large carnivore conservation. *Conservation Biology*. **10**: 1046-1056
- Wright D.H. (1983) Species-energy theory: an extension of species-area theory. *Oikos* **41**:496-506.
- Yu, H.T. (1994). Distribution and abundance of small mammals along a subtropical elevational gradient in central Taiwan. *Journal of Zoology, London*. **231**: 403-422
- Zacarías-Eslava y Del Castillo R. (2010). Comunidades vegetales templadas de la Sierra Juárez, Oaxaca: Pisos altitudinales y sus posibles implicaciones ante el cambio climático. *Boletín de la sociedad Botánica Mexicana* **87**: 13-28