



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

**Diversidad y estructura de encinares (*Quercus*) en dos Áreas Naturales  
Protegidas de Guanajuato**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestría en Ciencias

Presenta

Karla Nicol Hernández Puente

La presente obra está bajo la licencia:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

### Usted es libre de:

**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

### Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



**NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



**SinDerivadas** — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

**No hay restricciones adicionales** — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

### Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ciencias Naturales  
Maestría en Recursos Bióticos

DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DE ENCINARES (*Quercus*) EN DOS ÁREAS NATURALES  
PROTEGIDAS DE GUANAJUATO

**TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestra en Ciencias

**Presenta:**

Karla Nicol Hernández Puente

**Dirigido por:**

Mahinda Martínez y Díaz de Salas

**SINODALES**

Dra. Mahinda Martínez y Díaz de Salas  
Presidente

Dr. Rubén Pineda López  
Secretario

M. en C. Maricela Gómez Sánchez  
Vocal

Dr. Robert Jones  
Suplente

Firma  
Dra. Margarita Teresa de Jesús García Gasca  
Directora de la Facultad

Firma

Firma

Firma

Firma

Firma

Firma  
Dr. Irineo Torres Pacheco  
Director de Investigación y  
Posgrado

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
25 de noviembre del 2013  
México

## RESÚMEN

El presente trabajo describe la diversidad y la estructura de los ensambles de encinos (*Quercus*) en dos áreas naturales protegidas (Sierra de Lobos –SL- y Pinal del Zamorano –PZ-) de la Meseta Central de Guanajuato en función a su distribución altitudinal a partir de las similitudes y diferencias (diversidad beta) a diferentes escalas de análisis (localidades, intervalos altitudinales y ANP) y de los valores de importancia relativa (VIR) de las especies en intervalos altitudinales y en las ANP. El método de muestreo empleado para obtener los datos de los árboles (especie, DAP, altura) fue el de cuadrante al punto central. Se aplicaron estimadores no paramétricos (Jackknife 1 y 2) para conocer la suficiencia de muestreo. Se efectuó un análisis de agrupamiento de localidades utilizando como medida de similitud el índice de Jaccard. La diversidad beta fue calculada por el programa Partition 3.0 a partir de métricas de  $q$ . La estructura fue descrita a partir de Valor de importancia Relativa (VIR) de cada especie obtenida con datos de densidad, dominancia y frecuencias relativas. Se hicieron 16 transectos en PZ y 20 en SL en los cuales fueron incluidos 673 árboles y colectados 169 ejemplares a partir de los cuales fueron identificadas 11 especies. El muestreo está completo por encima del 72%. Las localidades se agrupan de acuerdo a los intervalos altitudinales y no a las ANP. El análisis de la diversidad mostró que la diversidad beta es significativa ( $p < 0.025$ ) entre intervalos altitudinales y entre ANP mas no entre localidades y que la mayor diversidad beta se encuentra entre intervalos altitudinales. Las 2 especies con mayor VIR fueron *Q. rugosa* y *Q. potosina*. Las especies con VIR mas bajos fueron *Q. crassifolia*, *Q. grisea*, *Q. mexicana*, *Q. obtusata*, *Q. resinosa* y *Q. sideroxyla*. Las ANP estudiadas albergan el 52% de la riqueza estatal de encinos y el 24% de la riqueza registrada en la Mesa Central. Las ANP son similares en cuanto a diversidad y estructura aunque la diversidad beta está más relacionada con la altitud (intervalos) que con la cercanía geográfica de las localidades y las ANP.

(**Palabras clave:** *Quercus*, ANP, diversidad beta)

## SUMMARY

This study focuses on the diversity and structure of oak assemblages (*Quercus*) in two nature reserves (NR) (Sierra de Lobos and Pinal -SL- Zamorano -PZ-) located in The Central Plateau of Guanajuato. We researched function of altitudinal distribution with beta diversity on three different analysis (localities and altitudinal intervals of the NR) and relative importance values (RIV) of the species altitudinal ranges and the NR. The sampling method used to obtain the data (species, DBH , height ) quadrant was the central point. Parametric estimators were applied (Jackknife 1 and 2) to determine the sufficiency of the sample. We performed a cluster analysis of locations and used similarity as a measure of the Jaccard index. Beta diversity was calculated by 3.0 Partition metric q. The structure was described by the Relative Importance Value (RIV) of each species. Density data was obtained as well as dominance and relative frequencies. Transects were PZ 16 and SL 20, which were included 673 and 169 specimens collected from the 11 species which were identified. Full sampling is above 72%. The locations are grouped according to altitudinal intervals. The diversity analysis showed that beta diversity is significantly different (  $p < .01$  ) between altitudinal intervals and between NR but not between locations and that most beta diversity is among altitudinal intervals. The two species with more VIR were *Q. rugosa* and *Q. potosina*. The fewer species VIR were *Q. crassifolia*, *Q. grisea*, *Q. mexicana*, *Q. obtusata*, *Q. resinosa* y *Q. sideroxylla*. The study states that the NP contain 52% of the state's oak richness and 24 % of the richness recorded in the Central Plateau. The NP are similar in diversity and beta diversity structure but is more related to the altitudinal intervals than with geographical proximity of the localities and the NP.

**(Key words:** *Quercus*, ANP, beta diversity)

## AGRADECIMIENTOS

*Al CONACyT por su apoyo económico durante mis estudios de maestría*

*Al CONCyTEQ por los recursos otorgados para la presentación de este trabajo en el XIX Congreso Mexicano de Botánica y en el IV Congreso de Ecología*

*A Mahinda Martínez por dirigir esta tesis y por su amistad*

*A Rubén Pineda por su valiosa ayuda en los análisis de diversidad y por su paciencia*

*A Robert Jones y Maricela Gómez por sus acertadas observaciones durante el desarrollo del trabajo*

*A la Dra. Silvia Romero por ayudarme en la identificación de algunos de los ejemplares de herbario*

*A Victor Cambrón por orientarme en la estadística relacionada al tamaño de muestreo*

*A Paty C., Mercy, Judith, Oscar, Yolanda, Liliana, María, Paty H., Frodo y Christopher quienes me ayudaron amablemente en el trabajo de campo*

*A Jesús, Adriana y Zuri con quienes compartí el gusto de investigar la diversidad de la vida en Sierra de Lobos y Pinal del Zamorano*

*A mi madre y a Margara por el infinito e incondicional amor y apoyo durante la maestría; a mi padre y a Sandor por enseñarme la fuerza para andar mi camino*

*A Elvira y a Javier por su sabia amistad curadora y a Maru por ser un ejemplo de persistencia en el camino de la biología y la conservación*

*A Diego, Cometa, Mía, Gitana y Mora por acompañarme con su amor en mi aventura de estudiar la maestría y por compartir la dicha de habitar la casa de luz en medio de un encinar*

*A mis amigos y hermanos Maya, Cecile, Cecilia, Luzma y David por la alegría compartida y su apoyo en tiempos difíciles*

*A mis amigos y amigas del son jarocho y del son huasteco por atizar mi alma con sus versos dedicados a la naturaleza en los fandangos bajo las estrellas*

*A los bosques de encino por inspirarme a estudiarles, por darme siempre un abrigo bajo su dosel y por hacerme escuchar el viento de la vida y la esperanza entre sus ramas, recordándome que hay raíces.*

## ÍNDICE

Resumen	1
Summary	2
Agradecimientos	3
Índice	4
Índice de cuadros	5
Índice de figuras	6
I. INTRODUCCION	7
II. ANTECEDENTES	
Marco Teórico	11
Estudios Previos	13
III. HIPÓTESIS	17
IV. OBJETIVO GENERAL	18
V. OBJETIVOS PARTICULARES	18
VI. METODOLOGIA	
Descripción de área de estudio	
Sierra de Lobos	19
Pinal del Zamorano	20
Localidades de muestreo	24
Método de muestreo	28
Tamaño de muestra	28
Diversidad	
Listado de especies	29
Similitud a diferentes escalas	30
Diversidad beta a diferentes escalas	31
Estructura	
Identificación de especies clave	34
VII. RESULTADOS	35
VIII. DISCUSIÓN	45
IX. CONSLUSIONES	50
LITERATURA CITADA	51
ANEXOS	57

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Características de las ANP consideradas en el estudio	10
2	Localidades de muestreo en las ANP estudiadas	25
3	Localidades de la ANP Pinal del Zamorano y Sierra de Lobos e intervalo de altitud correspondiente	32
4	Porcentaje de suficiencia de muestro de especies para el ANP Sierra de Lobos (SL) y Pinal de Zamorano (PZ) aplicando los indicadores no paramétricos basados en datos de abundancia.	36
5	Resultados del análisis de partición multiescalar de la diversidad en las tres escalas consideradas a partir de los modelos aditivo y multiplicativo y de números efectivos de especies .	40
6	Valores de Importancia Relativa de las especies en el ANP Pinal del Zamorano.	42
7	Valores de Importancia Relativa de las especies en el ANP Sierra de Lobos	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Ubicación de las ANP Sierra de Lobos y Pinal del Zamorano en el estado de Guanajuato.	21
2	Tipos de Vegetación en el ANP Sierra de Lobos, Guanajuato	22
3	Tipos de Vegetación en el ANP Pinal del Zamorano, Guanajuato	23
4	Ubicación de las localidades en el ANP Pinal del Zamorano	26
5	Ubicación de las localidades en el ANP Sierra de Lobos	27
6	Agrupación de las localidades muestreadas de Pinal del Zamorano (en rojo) y Sierra de Lobos (en azul) a partir de su similitud dada por el valor del índice de Jaccard (ver Cuadro 3 para significado de las siglas).	38
7	Valor de importancia relativa de las especies en los intervalos altitudinales (A= 1900-2150 m, B=2151-2400 m, C= 2401-2650 m, D= 2651-2900 m y E= 2901- 3150 m) de las dos ANP estudiadas.	44

## I. INTRODUCCIÓN

El género *Quercus* (“encinos” o “roble”) pertenece a la familia Fagaceae y agrupa entre 300 y 600 especies a nivel mundial. México es el país con mayor riqueza y endemismo específico para *Quercus* con 161 especies, de las cuales 109 son endémicas del país (Valencia, 2010). El género está distribuido en los bosques templados y cálidos del hemisferio Norte, que se desarrollan altitudinalmente entre 0 y 3,500 msnm aunque son más frecuentes entre los 1,000 y 3,000 msnm (Valencia, 2004).

Las especies pertenecientes al género *Quercus* son muy importantes en la historia de la humanidad. Han sido utilizadas ampliamente en todo el mundo por la calidad de su madera y por la amplia variedad de productos derivados como carbón, leña, corcho, taninos, colorantes, forraje para el ganado y material para la construcción, entre otros usos. Concretamente en México, existe el registro de utilización de 55 especies (40% del total) de encinos relacionadas a diferentes categorías de uso tales como: medicinal (problemas del aparato digestivo), alimenticio, artesanal (elaboración de juguetes), forraje (ganado porcino y caprino), taninos y colorantes naturales (curtir piel, mordiente y teñido de hilo). Es de notar una relación entre la presencia de grupos indígenas y el uso de los encinos, lo que evidencia su importancia cultural (Luna *et al.*, 2010).

En México, la importancia ecológica de los encinos reside en que son los elementos dominantes de la vegetación en muchas zonas, pues tienen la capacidad de habitar en regiones tropicales y subtropicales, en climas cálidos, templados o fríos (Valencia 2010); tan sólo en áreas de clima templado-frío y sub-húmedo representan la mayor cobertura vegetal con alrededor de 9,516,561 ha. Los bosques de encinos albergan una importante biodiversidad al proporcionar hábitats para la flora y fauna silvestres (Nixon, 1998; Estrada *et al.*, 2007); además, otros grupos tienen una relación estrecha con determinadas especies de encinos, como es el caso de los hongos micorrízicos, roedores, insectos, líquenes y epífitas (Mendoza-Díaz *et al.*, 2006; Sipman, 2006; Vázquez *et al.*, 2004). Los

encinares tienen también una influencia directa en la formación de suelo, previniendo la erosión y reteniendo la humedad (Granados *et al.*, 2007).

En el estado de Guanajuato se encuentran 3 provincias fisiográficas con diversidad de suelos y climas que favorecen una importante diversificación de la vegetación. Sin embargo, históricamente el ambiente natural del estado ha sido deteriorado por la población humana, la cual ha llevado a cabo desde tiempos coloniales diversas actividades agrícolas y, en los últimos tiempos, ha desarrollado diversas actividades industriales (Carranza, 2001). Antes del desarrollo intensivo de la agricultura, ganadería y minería, la mitad de la superficie del estado estaba cubierta por vegetación arbórea. Actualmente, de aquella porción sólo queda el 10%, de la cual sólo una pequeña parte son encinares (Rzedowski y Calderón, 2009). Una estimación de la cobertura potencial de encinares en Guanajuato señala que este tipo de vegetación pudo haber constituido el 20% del territorio estatal y que actualmente queda el 10%, así que se ha perdido la mitad de su cobertura original (Zamudio, 2012).

Una de las medidas para contrarrestar la degradación ambiental ha sido el decretar Áreas Naturales Protegidas (ANP), que son instrumentos de política ambiental que tienen el objetivo de conservar porciones del territorio nacional representativas de diversos ecosistemas que producen beneficios ecológicos y servicios ambientales (CONANP, 2012). Dado el contexto histórico del estado de Guanajuato antes referido, la importancia de la creación de ANP es fundamental para conservar y recuperar sus relictos de ecosistemas naturales. En el presente trabajo se estudian dos ANP: Sierra de Lobos (SL) y Pinal del Zamorano (PZ), caracterizadas por albergar una importante extensión forestal que incluye bosques de pino y encino. Si bien el objetivo general de las ANP es la protección de ecosistemas representativos, hay ciertas diferencias en cuanto al objetivo específico de la creación de las ANP estudiadas en este trabajo; Sierra de Lobos está registrada con la categoría de Uso Sustentable mientras que Pinal del Zamorano lo está con categoría de Reserva de Conservación (Cuadro 1).

A pesar de su importancia, la principal problemática de ambas áreas es la deforestación causada por la extracción clandestina de la madera, situación que podría regularse con programas de manejo que, en conjunto con la aplicación de la normatividad vigente, logren reducir los efectos de la actividad antropogénica en las áreas protegidas (PMSL, 2004).

Para la elaboración de programas de manejo de las ANP, es fundamental en principio conocer la diversidad de especies que están incluidas en dichas áreas, así como de sus patrones de distribución. En este contexto, en el presente trabajo se dan a conocer las especies de encinos que habitan las áreas protegidas de SL y PZ en función a su distribución altitudinal a partir de una comparación de su diversidad y del grado de importancia que cada especie tiene en el ensamble (conjunto de poblaciones de especies cercanas taxonómicamente). Los resultados de este estudio pueden considerarse para la elaboración de programas de conservación y manejo de los bosques de encino de las reservas estudiadas, dentro de un esquema que considere la distribución natural de las especies de encinos y su representatividad en el ensamble.

El presente trabajo forma parte del proyecto Inventario florístico y faunístico de Pinal del Zamorano y Sierra de Lobos, Guanajuato (Martínez et al., 2011).

Cuadro 1 .Características de las ANP consideradas en el estudio.

<u>ANP</u>	<u>SIERRA DE LOBOS</u>	<u>PINAL DEL ZAMORANO</u>
AÑO DE DECRETO	1997	2000
CATEGORÍA	Área de Uso Sustentable	Reserva de Conservación
OBJETIVO	<i>Producir bienes y servicios que respondan a las necesidades económicas y sociales, con base en el aprovechamiento sustentable.</i>	<i>Proteger, conservar y mantener fenómenos o procesos naturales inalterados.</i>
SUPERFICIE (Ha)	124,299.34 ha	13,862.55

## II. ANTECEDENTES

### *Marco teórico*

La diversidad ecológica es estudiada a partir de dos parámetros complementarios: la riqueza de especies (número de especies) y su estructura. Ésta última se refiere a la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, biomasa, cobertura, productividad, etc., Moreno, 2001). Ambos aspectos son numéricos y son caracterizados con índices que pueden aplicarse a diferentes escalas de diversidad.

La diversidad se clasifica en diferentes escalas temporales y espaciales. Por un lado, las escalas temporales en las que puede ubicarse un estudio de medición de la diversidad biológica son 3: el tiempo de muestreo (presencia de especies y abundancias), el tiempo ecológico (sucesión) y el tiempo evolucionario (especiación, extinción) (Preston, 1960, cit. en Magurran, 2011). En este estudio se aborda la diversidad en una escala de tiempo de muestreo.

Por otro lado, las escalas espaciales de la diversidad son 3: alfa, beta y gama. La diversidad alfa es la correspondiente a un hábitat homogéneo (o localidad). Cuando se compara la diversidad de dos localidades o comunidades a partir de su disimilitud se habla de una diversidad beta. Esta última se define como el grado de cambio en la diversidad de especies a lo largo de un gradiente (beta reemplazo) o en diferentes comunidades (beta diferenciación); mientras menos especies comparten las comunidades o secciones del gradiente, mayor es la diversidad beta. Existe un tercer tipo de diversidad beta que compara diferentes escalas (beta escalar). Finalmente, la diversidad gamma es aquella albergada en una unidad más grande como un paisaje o un área biogeográfica (Magurran, 1991; 2004; Moreno y Rodríguez, 2010).

Para analizar la beta escalar hay dos modelos de partición de la diversidad gamma: el multiplicativo (m) y el aditivo (a). En ambos casos la diversidad alfa es un alfa promedio.

$$m) \quad \gamma = \alpha * \beta \text{ por tanto } \beta = \gamma / \alpha$$

$$a) \quad \gamma = \alpha + \beta \text{ por tanto } \beta = \gamma - \alpha$$

En el modelo multiplicativo si beta es igual a 1, entonces hay igualdad en las comunidades muestreadas, por tanto beta es una medida de heterogeneidad en las comunidades. En el modelo aditivo la beta es el incremento de diversidad entre dos escalas y es insensible a diferencias de esfuerzo de muestreo entre réplicas (Chao *et al.*, 2012). Ambos modelos son calculados para todas las muestras al mismo tiempo y no miden las diferencias entre pares de sitios o comunidades.

Los modelos multiplicativo y aditivo son utilizados para conocer aspectos de la diversidad ecológica que puede ser explicada a partir de órdenes de diversidad representados por el valor de q, mismos que se derivan de los números de Hill. Hasta el momento, hay un consenso en que los números de Hill o números efectivos de especies deben usarse en lugar de las medidas convencionales de complejidad biológica (tales como el índice de entropía de Shannon) ya que tienen un comportamiento lógico con respecto a la interpretación biológica (Chao *et al.*, 2012).

Cuando se considera únicamente la riqueza de especies, dando el mismo peso a las especies raras que a las dominantes, el orden de diversidad y q tienen un valor de 0. Cuando el orden de diversidad es 1 (q=1), se considera la abundancia de cada especie y la diversidad es interpretada como el número de especies comunes en la comunidad. Cuando el orden es 2 (q=2) se da un mayor peso a las especies abundantes y la diversidad puede interpretarse como el número de especies más abundantes en la comunidad (Jost, 2006).

### *Estudios previos*

Los estudios florísticos relativos al género *Quercus* son pocos debido a la dificultad taxonómica que implica la identificación de las especies, por la alta variación morfológica entre diferentes poblaciones e incluso en un mismo individuo (De Casas *et al.*, 2007), así como de su alta capacidad de hibridación o introgresión (Albarrán-Lara *et.al.*, 2010).

En México, se han hecho trabajos sobre el tema, entre los que destaca el elaborado por Valencia (2004,) el cual es una revisión de la diversidad del género *Quercus* en el país haciendo referencia a 19 especies reportadas en Guanajuato: *Q. affinis*, *Q. castanea*, *Q. crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. deserticola*, *Q. x dysophylla*, *Q. eduardii*, *Q. grisea*, *Q. glaucoides*, *Q. jaralensis*, *Q. laurina*, *Q. laeta*, *Q. microphylla*, *Q. obtusata*, *Q. potosina*, *Q. resinosa*, *Q. rugosa*, *Q. sideroxyla* y *Q. viminea*. Incluye el intervalo altitudinal de distribución de cada una de ellas.

La biogeografía del género se ha revisado en trabajos como el de Zavala-Chávez (1998) quien comparó la concentración de especies de *Quercus* de los subgéneros *Lepidobalanus* (encinos blancos) y *Erythrobalanus* (encinos rojos) entre regiones y entidades federativas. A partir de calcular el índice de similitud de Sorensen y agrupando los estados que tuvieran una similitud >40% definió 5 regiones geográficas, entre ellas la región centro, que abarca Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Michoacán, Guerrero, Puebla y el Estado de México, tuvo la mayor diversidad con 66 especies. Menciona que la distribución observada de los encinos puede deberse a factores histórico-geológicos, pero también a factores antrópicos relacionados con el deterioro ambiental, como la sobreexplotación de recursos forestales, cambio de uso de suelo, incendios, etc.

Una revisión hecha por Nixon (1998) definió una regionalización en la distribución de encinos en el país en 6 grandes regiones geográficas, dentro de las cuales la región del centro y sur de México es la que incluye al estado de Guanajuato. Aunque es interesante la regionalización propuesta, las especies

presentes en dicha región no son mencionadas aquí debido a su amplitud (abarca 13 estados).

Las dos ANP estudiadas en el presente trabajo se encuentran incluidas en la provincia fisiográfica de la Meseta Central o Altiplanicie Mexicana (INEGI, 2011). Valencia (2010) señala a esta región fisiográfica como la segunda más diversa de *Quercus* del país porque alberga cerca de 46 especies, 13 pertenecientes a la sección *Lobatae* con 2 especies endémicas, y 32 de la sección *Quercus* con 10 endémicas (*Q. gravesii*, *Q. tardifolia* -*Q. gravesii* × *Q. coahuilensis*-, *Q. carmenensis*, *Q. deliquescens*, *Q. filiformis*, *Q. hinckleyi*, *Q. invaginata*, *Q. potosina*, *Q. pungens*, *Q. striatula*, *Q. tinkhamii* y *Q. undata*). También menciona a *Q. chrysolepis* como la única especie de la sección *Protobalanus* que ha sido colectada en la provincia de la Meseta Central.

En la lista preliminar de árboles silvestres del estado de Guanajuato, Rzedowski y Calderón (2009) reportan, basándose en colectas de herbario, la presencia de 26 especies de encinos de diferentes áreas de procedencia. Así, las especies de las zonas de bosque de encino y/o coníferas de diversas partes del estado, sin incluir a la Sierra Gorda, son: *Q. affinis*, *Q. candicans*, *Q. castanea*, *Q. cordifolia*, *Q. crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. desertícola*, *Q. eduardii*, *Q. gentryi*, *Q. glaucoides*, *Q. grisea*, *Q. jaralensis (rara)*, *Q. jonesii*, *Q. laeta*, *Q. laurina*, *Q. mexicana*, *Q. microphylla*, *Q. obtusata*, *Q. potosina*, *Q. resinosa*, *Q. rugosa* y *Q. sideroxylla*.

Por otra parte, existe un listado florístico general de la Sierra de Santa Rosa ubicada en Guanajuato aproximadamente a 18 km de Sierra de Lobos (Martínez-Cruz y Tellez-Valdés, 2004). Incluye 14 especies de encinos: *Q. aristata*, *Q. castanea*, *Q. coccolobifolia*, *Q. crassipes*, *Q. eduardii*, *Q. laeta*, *Q. laurina*, *Q. microphylla*, *Q. obtusata*, *Q. potosina*, *Q. repanda*, *Q. resinosa*, *Q. rugosa* y *Q. sideroxylla*. En la zona oriente de la misma sierra, Martínez-Cruz *et al.* (2009) estudiaron la estructura de los encinares compuestos por 36 especies arbóreas y arbustivas pertenecientes a 22 géneros y a 15 familias siendo las asociaciones

dominantes *Quercus potosina*- *Q. castanea*, *Q. laurina*-*Q. rugosa* y *Q. potosina*-*Q. eduardii*.

La SL abarca parte de los municipios de León, San Felipe y Ocampo, colinda al noroeste con el estado de Jalisco. Alberga cinco tipos de vegetación, destacando el encinar por su extensión (PMSL, 2004). A pesar de su importancia no hay un trabajo, hasta este momento, publicado sobre su flora o sus tipos de vegetación. Sin embargo, existe una caracterización de la declinación del bosque de encino en una sección del ANP ubicada en un intervalo de altitud de 2520 a 2690 msnm, en la cual Vázquez *et al.* (2004) identificaron 5 especies de encinos (*Q. eduardii*, *Q. laeta*, *Q. obtusata*, *Q. potosina* y *Q. rugosa*) susceptibles a agentes dañinos, tales como los hongos *Nectaria gallinea* e *Hypoxylon thouarsianum* que en conjunto con factores abióticos (sequías y nevadas) causaron la declinación del 87% del bosque en el área de estudio.

La vegetación de PZ ha sido estudiada por Gómez (2012) quien encontró 80 familias, 189 géneros, 310 especies, 4 subespecies y 8 variedades que representan el 12 % de la riqueza de plantas vasculares de Guanajuato. Específicamente, dentro de la familia Fagaceae identificó *Quercus aristata*, *Q. crassifolia*, *Q. eduardii*, *Q. laurina*, *Q. potosina* y *Q. rugosa*. El área de El Zamorano que corresponde al estado de Querétaro (Mpio. de Colón) fue incluida en la revisión florística-taxonómica del género *Quercus* realizada por Meraz (2010), que reporta 8 especies: *Q. aristata*, *Q. crassifolia*, *Q. eduardii*, *Q. grisea*, *Q. laurina*, *Q. potosina*, *Q. pringlei* y *Q. rugosa*.

Con respecto a los factores que determinan la distribución y coexistencia de especies de encinos, Olvera-Vargas *et al.* (2010) investigaron los patrones de composición florística de encinares en el centro-oeste de México en un intervalo altitudinal de los 2000 a los 2400 msnm. Además, estudiaron la diferenciación ambiental de las áreas dominadas por las especies con respecto a 26 variables ambientales. A este respecto, encontraron que la altitud es la variable que mejor explica los patrones de composición florística, por lo que las especies se

acomodan en un gradiente altitudinal: el área más baja (2000 msnm) está dominada por *Q. castanea*, *Q. obtusata* y *Q. candicans*; mientras que la de mayor altitud (2450 msnm) por *Q. scytophylla* y *Q. crassipes*. Observaron también que *Q. crassipes* es una especie dominante en zonas xéricas, expuestas a radiación solar.

Entre los estudios que muestran el cambio de dominancia de especies de encinos con respecto a la altitud, está el de Encina-Dominguez *et al.* (2009), quienes encontraron en Zapalinamé, Coahuila, dos asociaciones de encinos: *Q. saltillensis* - *Q. laeta* y *Q. greggii* - *Q. mexicana*, que se desarrollan respectivamente en altitudes de 2,000 a 2,300 msnm y de 2380 a 2600 msnm.

Otro estudio relacionado es el de Díaz *et al.* (2012) efectuado en el ANP Sierra Fría, Aguascalientes, sobre la distribución y abundancia de las especies arbóreas y arbustivas. Señalan la presencia de 11 especies de encinos distribuidos de los 2000 a los 3000 msnm: *Q. coccolobifolia*, *Q. chihuahuensis*, *Q. laeta*, *Q. grisea*, *Q. potosina*, *Q. microphylla*, *Q. resinosa*, *Q. rugosa*, *Q. sideroxylla*, *Q. eduardii* y *Q. obtusata*, de las cuales *Q. potosina* es la más dominante y se distribuye entre los 2,200 y los 2,900 msnm. También mencionan el intervalo de altitud en el que se distribuyen las especies dominantes de encino detectadas en el estudio.

### III. HIPÓTESIS

- ❖ Los ensambles de especies de *Quercus* de las ANP Pinal del Zamorano y Sierra de Lobos son similares dado que están ubicadas en la misma provincia fisiográfica.
- ❖ La distribución de las especies está relacionada con la altitud. Entonces, las especies no compartidas por las ANP son aquellas que habitan en altitudes no compartidas.
- ❖ Por tanto, la diversidad beta es mayor entre las localidades ubicadas a diferentes altitudes que entre las ANP.

#### **IV. OBJETIVO GENERAL**

Describir la diversidad y la estructura de los ensambles de encinos en dos áreas naturales protegidas de la Meseta Central de Guanajuato en función a su distribución altitudinal.

#### **V. OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Describir la diversidad a partir de las similitudes y diferencias (diversidad beta) a diferentes escalas de análisis: localidades, intervalos altitudinales y ANP.
2. Describir la estructura de los ensambles de *Quercus* a partir de los valores de importancia relativa (VIR) de las especies en intervalos altitudinales y en las ANP.

## **VI. METODOLOGÍA**

### *Área de estudio*

Las ANP Sierra de lobos y Pinal del Zamorano están ubicadas dentro de la provincia fisiográfica de la Mesa Central o Altiplanicie Mexicana, delimitada por la Sierra Madre Oriental y Occidental, así como por la Faja Volcánica Transmexicana. La Meseta Central abarca la mayor parte del estado de Guanajuato y parte de los estados de Querétaro, San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes y Jalisco (Ferrusquía,1998). Se caracteriza por sus amplias llanuras con elevaciones dispersas de origen volcánico. A su vez, la Meseta Central está dividida en dos subprovincias. La primera, los “Llanos de Ojuelos” está ubicada en la parte noroeste del estado en la cual se encuentran lomeríos y sierras escarpadas de naturaleza volcánica (riolita). El ANP Sierra de Lobos se encuentra dentro de esta subprovincia, mientras que el ANP Pinal del Zamorano pertenece a la subprovincia de las Sierras del Norte de Guanajuato, formada al centro por mesetas de erosión rodeadas por sierras y lomeríos formados por rocas volcánicas (con altos contenidos de sílice, basalto y rocas ígneas). Ambas subprovincias pertenecen a la provincia geológica conocida como Faja Ignimbrítica Mexicana en la que se han localizado las rocas más antiguas en Guanajuato provenientes del Triásico –Jurásico (Oliva, 2012).

### *Sierra de Lobos*

Esta ANP está ubicada en la zona noroeste del Estado de Guanajuato (Fig. 1). Abarca sierras con vegetación forestal que cumplen funciones como la regulación del flujo de agua desde las zonas altas de las montañas hasta las áreas urbanas de los municipios de León, Ocampo y San Felipe, reduciendo así las inundaciones a partir de la absorción de aguas en zonas altas recargando los acuíferos de la región (Gobierno del Estado de Guanajuato, 1997). Los tipos de vegetación registrados son bosque de pino-encino, chaparral, matorral subinerme y espinoso (Fig. 2).

Dentro del área comprendida en SL la elevación más alta es de 2800 msnm. Los principales ríos son el Cañón Oscuro, Los Tepozanes, Los Afligidos, Los Alisos, Los Altos de Ibarra y Río Grande. El clima es templado con lluvias en verano. La precipitación promedio anual es de 700 mm y su temperatura promedio anual es de 17°C (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2004).

### *Pinal del Zamorano*

El ANP está ubicada en la región noreste del estado de Guanajuato abarcando los municipios de Tierra Blanca y San José Iturbide (fig.1). Los complejos volcánicos como el cerro del Zamorano, funcionan como zonas de recepción de humedad por su altura y cobertura vegetal, generando corrientes superficiales importantes (Gobierno del Estado de Guanajuato, 1997). Comprende varios tipos de vegetación relictos como la selva baja caducifolia, con presencia de huajes y órganos, bosque de encino, bosque de pino piñonero, bosque de encino-pino y bosque de *Abies religiosa*, único en el estado (Fig. 3). La mayor elevación de PZ es el cerro El Zamorano con 3,300 msnm (PMPZ, 2002).

El área abarcada por el ANP PZ forma parte de la región hidrológica 26 del Pánuco, cuenca del río Moctezuma, subcuenca del río Extoraz. Los principales ríos son el río de la Garrapata, Pinal del Zamorano y río Las Moras.

El clima es de tipo semiseco en las zonas bajas y templado subhúmedo en las zonas elevadas. La precipitación promedio anual es de 550 mm y la temperatura promedio es de 20°C (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2002).

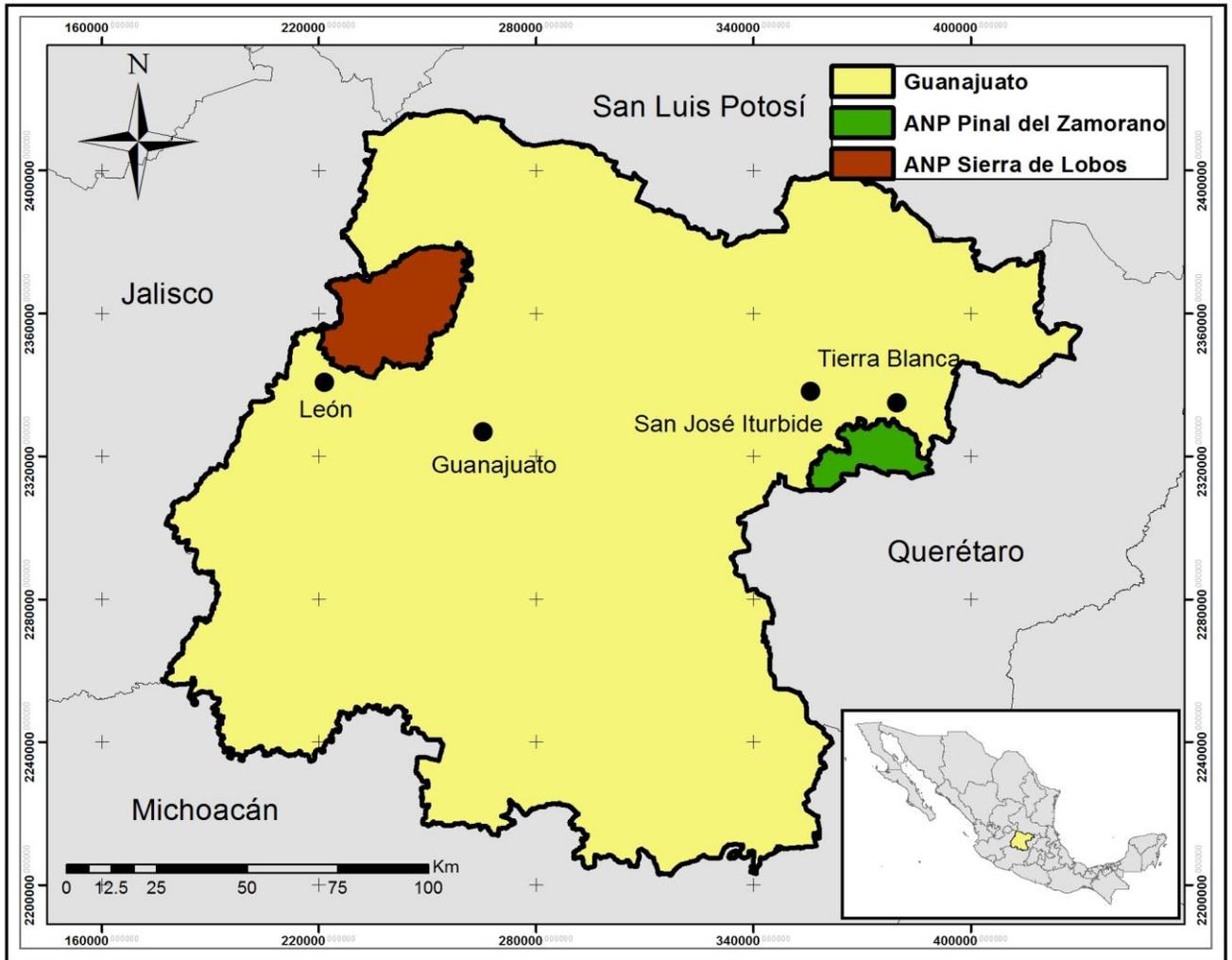


Figura 1. Ubicación de las ANP Sierra de Lobos y Pinal del Zamorano en el estado de Guanajuato.

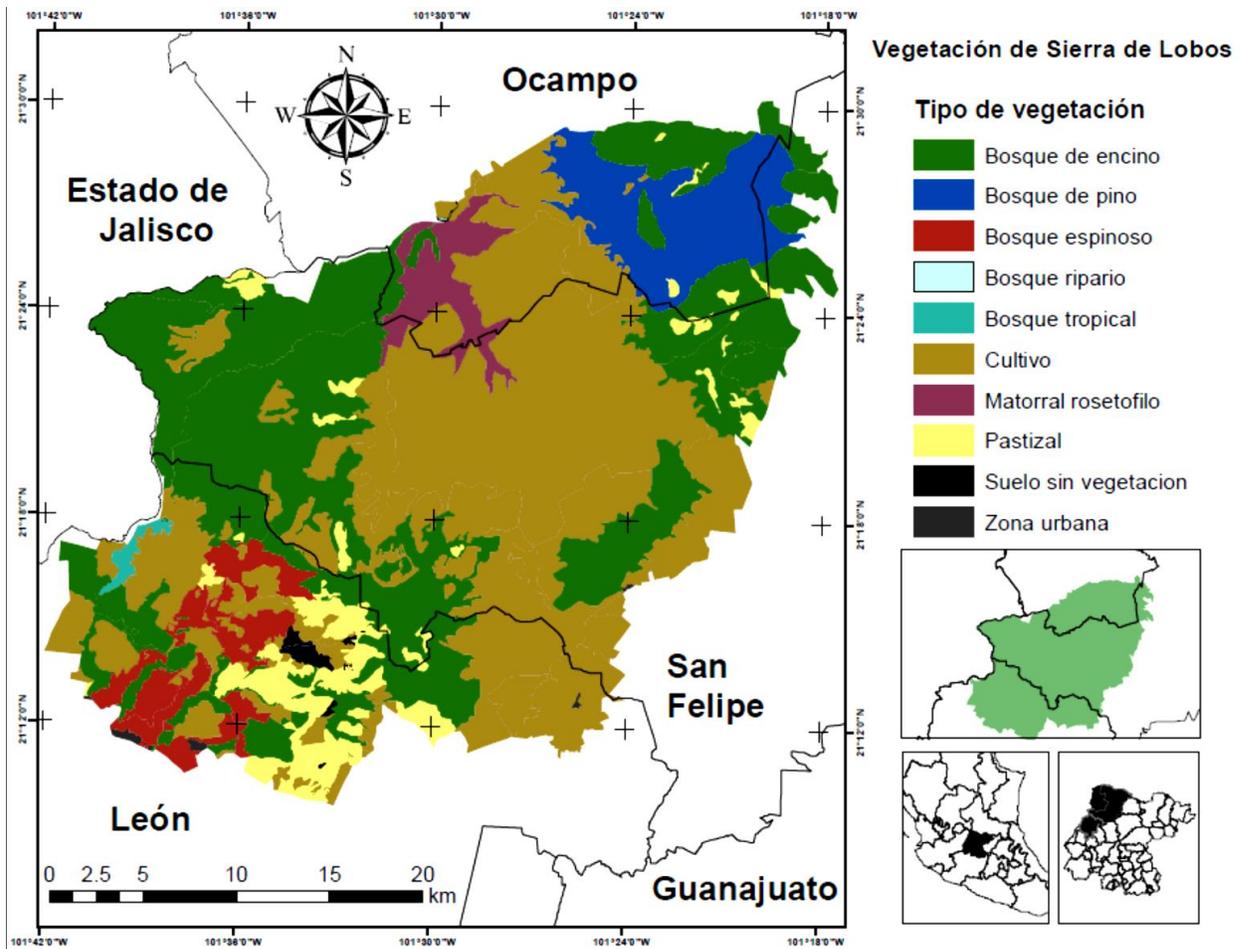


Figura 2. Tipos de Vegetación en el ANP Sierra de Lobos, Guanajuato

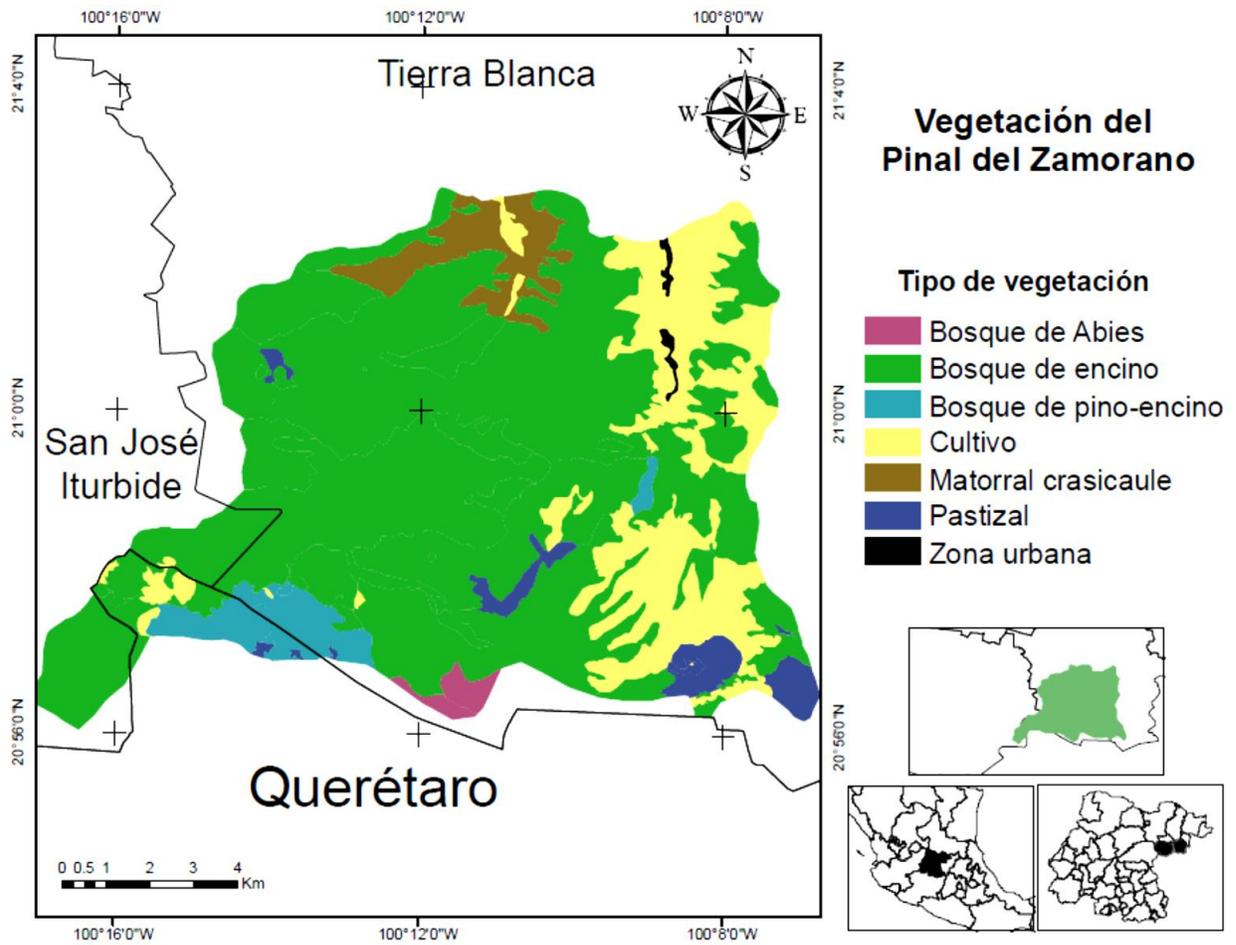


Figura 3. Tipos de Vegetación en el ANP Pinal del Zamorano, Guanajuato.

### *Localidades de muestreo*

Se incluyen localidades de muestreo a diferentes altitudes considerando que el presente trabajo pretende tener un inventario completo de las especies del género *Quercus* de las ANP y que los encinos están distribuidos en un amplio intervalo altitudinal.

La selección de las localidades de muestreo estuvo condicionada a la presencia de un fragmento, aunque pequeño, de bosque de encinos y fueron determinadas a partir de recorridos y colectas generales. El tamaño de muestreo es dependiente, aunque no proporcional, al tamaño del ANP. Así, en el ANP Sierra de Lobos (104,068.24 has) se definieron 8 sitios y en Pinal del Zamorano (13,862.55 has) 6 (Cuadro 2 y Figs. 4 y 5).

Cuadro 2. Localidades de muestreo en las ANP estudiadas (SL: Sierra de Lobos / PZ: Pinal del Zamorano).

LOCALIDAD	MUNICIPIO	ALTITUD
Rancho La Rebusca	San Felipe (SL)	2283
El Capulín	San Felipe (SL)	2297
Rancho El Dorado	Ocampo (SL)	2467
C.E.R.C.A.	San Felipe (SL)	2529
Vergel de la Sierra 1	San Felipe (SL)	2580
Vergel de la Sierra 2	San Felipe (SL)	2540
Ex Hacienda San Juan de Otates	León (SL)	2656
Cañada de Agua Fría	Cerca de San Felipe (SL)	2250
Río Grande	Tierra Blanca (PZ)	1922
El Cajón	Tierra Blanca (PZ)	2390
El Peral	San José Iturbide (PZ)	2540
Puerta del Madroño 1	Tierra Blanca (PZ)	3000
Puerta del Madroño 2	Tierra Blanca (PZ)	2750
Cerro Zamorano	Tierra Blanca (PZ)	3100

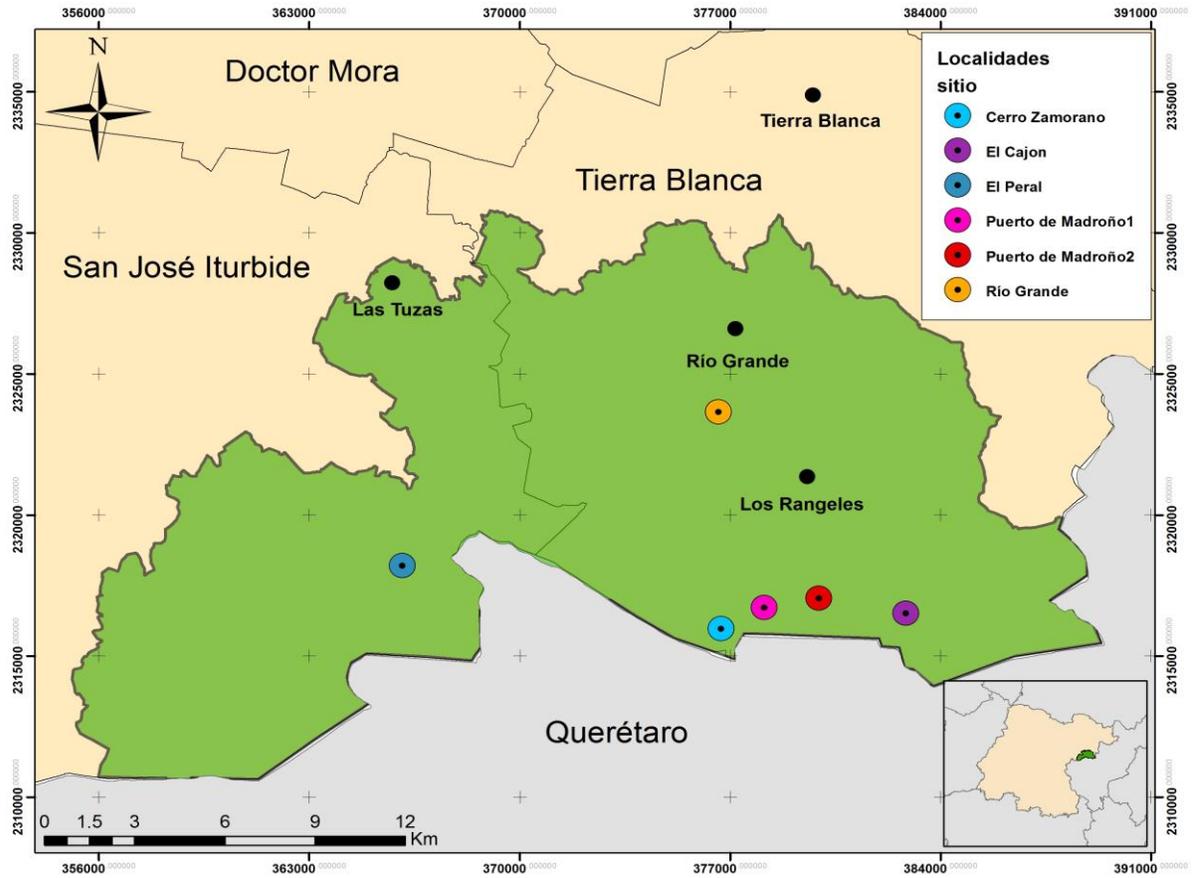


Figura 4. Ubicación de las localidades en el ANP Pinal del Zamorano.

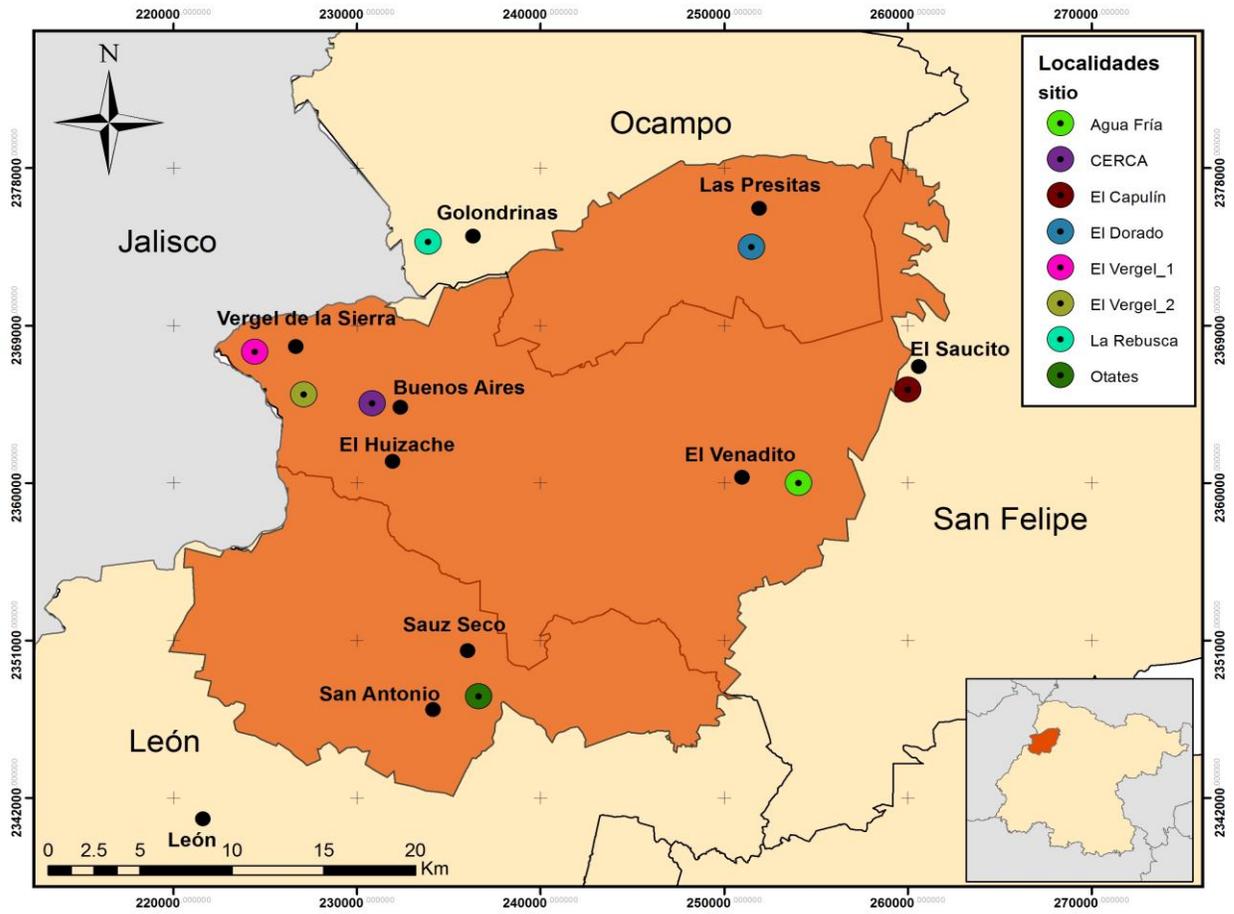


Figura 5. Ubicación de las localidades en el ANP Sierra de Lobos.

### *Método de muestreo*

Se aplicó el método de cuadrante del punto central que consiste en establecer un transecto de 50 m de largo sobre el cual serán ubicados 5 puntos a una distancia de 10 metros entre ellos. En cada punto se traza una línea imaginaria perpendicular que divide en cuatro cuadrantes el área de alrededor, teniendo como centro el punto sobre el transecto. Se consideran sólo los 4 árboles que estén más cercanos al punto central (1 árbol en cada cuadrante). Se incluyen 20 individuos por transecto. Los datos considerados para cada individuo incluido fueron:

- Especie (colecta de ejemplares para su identificación)
- DAP (a 1.3 m de altura)
- Altura
- Distancia del individuo al punto central

La altura y el DAP son tomados en cuenta para determinar el valor de importancia de las especies. El dato de distancia al punto central sirve para calcular la densidad de las especies.

### *Tamaño de muestra*

Con la finalidad de conocer el número óptimo de transectos en cada ANP inicialmente se hicieron 2 en cada localidad. Con los datos de altura (variable continua) de los individuos incluidos, se calculó el porcentaje del coeficiente de variación utilizando el programa JMP 8.0. Con dicha información se estimó el tamaño óptimo de muestra (número de transectos) a partir de la fórmula (Krebs, 1999):

$$n = \left[ \frac{200 * CV}{25} \right]^2$$

95% límites de confianza,  $t$  alfa= 2

↗

↘

% de precisión con respecto a la media

### *Listado de especies*

Para la identificación de las especies se usaron guías de identificación especializadas como el trabajo taxonómico de encinos en el estado de Querétaro (Meraz, 2012), el trabajo del género *Quercus* en el estado de Jalisco (González, 1986) y el de la Flora Novo-Galiciana (McVaugh, 1974). El material colectado para la identificación de las especies incluyó principalmente las hojas maduras del individuo, ya que es la parte que da la información más útil para la identificación, aunque pueden cometerse errores si ésta se basa sólo en hojas. Entonces, fueron observadas las características de las ramas, estípulas, yemas y frutos para tener mayor precisión en la identificación (Valencia, 2010). El material fue colectado y procesado siguiendo los lineamientos de Lot y Chiang (1986). Los ejemplares se depositaron en el Museo Dugés (Universidad Autónoma de Guanajuato), en el herbario del IEB (Pátzcuaro, Mich.) y en el herbario QMEX (Universidad Autónoma de Querétaro).

La riqueza de especies de una comunidad depende en gran medida del área censada o del número de individuos registrados. Para conocer si el inventario de especies está completo, se aplica un estimador de diversidad basado en datos de abundancia. Hay dos tipos de estimadores: paramétricos y no paramétricos. En este trabajo se utilizaron los estimadores sugeridos por Magurran *et al.* (2011) para datos de abundancia: Chao 1, ACE y Jackknife, todos incluidos en el segundo tipo de estimadores, los cuales calculan las especies no detectadas en el muestreo a partir de las abundancias de las especies más raras o sus frecuencias en una o más muestras. Estos autores señalan la eficiencia de los estimadores no

paramétricos sobre los paramétricos pues cuentan con un sustento teórico mejor establecido y comprobado en experimentos en campo. Específicamente en estudios de diversidad de árboles se ha demostrado la eficiencia de los estimadores Jackknife 1 y 2 (López-Gómez y Williams-Linera, 2006; Yih y Kleinn, 2008; Magurran, 2011). Sin embargo, antes de utilizar estos estimadores se recomienda que los datos provengan de cuadrantes del mismo tamaño y misma forma (Yih y Kleinn, 2008).

### *Similitud a diferentes escalas*

Para comparar la diversidad alfa de dos áreas se aplican los coeficientes de similitud los cuales se dividen en dos grupos: los coeficientes binarios (cualitativos) y los coeficientes cuantitativos (Magurran, 1991). Los coeficientes binarios son la medida más simple de similitud y se basan en datos de presencia-ausencia (incidencia) de especies en una escala nominal (Krebs, 1999). En este estudio fue utilizado el coeficiente de Jaccard en las escalas de localidades, intervalos altitudinales y ANP. Los datos básicos para calcularlo son:

		<i>Muestra A</i>	
		Número de especies presentes	Número de especies ausentes
<i>Muestra B</i>	Número de especies presentes	<i>a</i>	<i>b</i>
	Número de especies ausentes	<i>c</i>	<i>d</i>

Donde:

$a = \#$  de especies en muestra A y muestra B (ocurrencias simultaneas)

b= # de especies en mB pero no en mA

c= # de especies en mA pero no en mB

d= # de especies ausentes en ambas muestras

A partir de estos datos se despeja la fórmula siguiente:

$$\text{Coeficiente de Jaccard } S_j = \frac{a}{a + b + c}$$

El coeficiente de Jaccard se recomienda sobre el de Sorensen pues confiere un menor peso a las especies compartidas, por lo que es más útil que el coeficiente de Sorensen cuando es mayor la igualdad de las ocurrencias de las especies entre las muestras. Los coeficientes binarios tienen la ventaja de ser fáciles de calcular, pero tienen la desventaja de no incluir datos de abundancia al no considerar si las especies son raras o comunes, es decir, dan el mismo peso a todas las especies (Krebs, 1999; Magurran, 1991).

Dado que en el estudio se incluyen varias localidades, una buena representación de la similitud entre localidades es el análisis de agrupamiento (*Cluster*). Utilizamos como medida de similitud el índice de Jaccard que se recomienda cuando el esfuerzo de muestreo en las localidades no es el mismo (Magurran, 1991). El método de agrupamiento elegido fue el grupo pareado (*Paired group*) y los datos fueron procesados en el programa PAST 2.01 (Hammer *et al.*, 2001).

#### *Diversidad beta a diferentes escalas*

Se establecieron 5 intervalos de 250 m de altura entre los 1900 hasta los 3150 msnm (Cuadro 3) en los que están ubicadas las localidades muestreadas.

Cuadro 3. Localidades de la ANP Pinal del Zamorano (PZ) y Sierra de Lobos (SL) e intervalo de altitud correspondiente (msnm) (A= 1900-2150, B=2151-2400, C= 2401-2650, D= 2651-2900 y E= 2901- 3150).

<i>ANP</i>	<i>Intervalo</i>	<i>Localidad</i>	<i>Clave</i>	<i>Altitud</i>
PZ	A	Río Grande	PAR	1922
PZ	B	Cajones	PBC	2390
PZ	C	El Peral	PCP	2540
PZ	D	Puerta del Madroño 2	PDM	2750
PZ	E	Puerta del Madroño 1	PEM	3000
PZ	E	Cerro Zamorano	PEZ	3100
SL	B	Capulín	SBC	2297
SL	B	Rebusca	SBR	2283
SL	B	Agua Fría	SBA	2250
SL	C	Dorado	SCD	2467
SL	C	C.E.R.C.A	SCC	2529
SL	C	Vergel 1	SCV1	2580
SL	C	Vergel 2	SCV2	2540
SL	D	Otates	SDO	2656

Para conocer qué tan significativa es la diversidad beta entre las localidades, entre los intervalos altitudinales y entre las ANP, se utilizó el programa Partition 3.0 (Veech y Crist, 2009) el cual calcula la diversidad beta de diferentes escalas simultáneamente. Además, indica la probabilidad de que los valores de alfa y beta sean resultado del azar y no un patrón natural de la diversidad. El cálculo se basó en 1000 iteraciones usando el método de aleatorización basada en individuos y el valor de p considerado es  $p < 0.025$  debido a que se basa en una prueba de 2 colas (Veech y Crist, 2009). El programa descompone la diversidad gamma (total) en los componentes de la diversidad promedio dentro de las muestras (alfa) y de la diversidad entre las muestras (beta) a partir de los modelos aditivos y multiplicativos. En nuestro estudio, las fórmulas consideradas por el programa para hacer los cálculos antes mencionados son:

Modelo aditivo:

$$S \text{ total (gamma)} = \text{alfa localidades} + \text{beta localidades} + \text{beta intervalos altitudinales} + \text{beta ANP}$$

Modelo multiplicativo:

$$S \text{ total (gamma)} = \text{alfa localidades} * \text{beta localidades} * \text{beta intervalos altitudinales} * \text{beta ANP}$$

El programa permite analizar la diversidad multiescalar usando los números efectivos de especies (Jost, 2006) o números equivalentes (Pineda y Verdú, 2013) a diferentes valores de q (métrica Q en PARTITION), es decir, estima los valores de diversidad alfa y beta a partir de riqueza de especies ( $q=0$ ), de especies comunes ( $q=1$ ) y de especies abundantes ( $q=2$ ). Los valores para  $q=1$  y  $q=2$  se obtienen únicamente a partir del modelo multiplicativo (Veech y Crist, 2009).

## ESTRUCTURA

### *Identificación de especies clave*

Las especies clave son aquellas con el mayor valor de importancia (VI), obtenido a partir de los datos de densidad, dominancia y frecuencia absolutas y relativas. Es muy importante hacer el análisis del valor de importancia de las especies pues ayuda a tomar decisiones o hacer recomendaciones en favor de la conservación de ciertos taxa o áreas amenazadas. Por otro lado, la abundancia relativa de cada especie ayuda a identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales (Moreno, 2001). Para el cálculo del VI primero se promedian las distancias de los individuos de todas las especies a los puntos centrales para despejar la fórmula:

$$\text{Densidad total de todas las especies} = \frac{\text{unidad de área}}{(\text{promedio de la distancia del punto central al individuo})^2}$$

El valor de dominancia promedio de todas las especies es obtenido mediante la suma de la altura de todas las especies dividido entre el número de individuos de todas las especies (Cox, 1990).

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{individuos de la especie}}{\text{total de individuos de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{densidad relativa de la especie}}{100} \times \text{densidad total de todas las especies}$$

$$\text{Dominancia} = \text{densidad de la especie} \times \text{valor de dominancia promedio de todas las especies}$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{dominancia de la especie}}{\text{dominancia total para todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{número de puntos en los que se registró la especie}}{\text{numero total de puntos muestreados}}$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{valor de frecuencia de la especie}}{\text{valor de dominancia total de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Valor de importancia} = \text{densidad relativa} + \text{dominancia relativa} + \text{frecuencia relativa}$$

## VII. RESULTADOS

### *Tamaño de muestra*

Una vez realizados dos transectos por localidad, fue calculado el tamaño óptimo de muestreo, el cual fue de 16 transectos para Pinal del Zamorano y 20 para Sierra de Lobos.

### *DIVERSIDAD*

#### *Listado de especies*

Durante el trabajo de campo fueron colectados 169 ejemplares de herbario a partir de los cuales fueron identificadas las especies mostradas en el Anexo 1. Los resultados de los estimadores no paramétricos seleccionados, basados en abundancias (Anexo 2), indican que el muestreo está completo en más del 72% y 88% para SL y PZ respectivamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de suficiencia de muestro de especies para el ANP Sierra de Lobos (SL) y Pinal de Zamorano (PZ) aplicando los indicadores no paramétricos basados en datos de abundancia.

<b>ANP</b>	<b>ACE</b>	<b>Chao 1</b>	<b>Jack 1</b>	<b>Jack 2</b>
SL	95	100	78	72
PZ	88	100	89	89

#### *Similitud entre localidades, intervalos altitudinales y ANP*

En el dendrograma de agrupamiento (Fig. 6) se observa que las localidades se agrupan de acuerdo a los intervalos altitudinales y no a las ANP a las que pertenecen. Destacan dos grupos a una similitud de 0.2, el grupo más amplio formado por las localidades ubicadas entre los 1900 y los 2650 msnm

(intervalos A, B y C) mientras que el otro grupo está formado por las localidades ubicadas entre los 2651 y 3150 msnm (intervalos D y E). Dentro del grupo con el mayor número de localidades, se observan dos subgrupos con una similitud de 0.25, uno formado por localidades ubicadas entre los 1900 y 2650 msnm (intervalos A, B y C) y el otro conformado únicamente por la localidad SCD ubicada entre los 2401 y los 2650 msnm (intervalo C). A una similitud de 0.4, se observa un agrupamiento de localidades en función al intervalo; se distingue un subgrupo con localidades ubicadas entre 1900 y 2400 m de altitud y con una similitud de 0.6 (intervalos A y B) y por otro lado las localidades ubicadas entre los 2151 y los 2650 m de altitud (intervalos B y C) agrupándose con una similitud de 0.45. Por otra parte, en el otro subgrupo con localidades pertenecientes a las mayores altitudes, están agrupadas por un lado el par de localidades ubicadas entre 2651 y 2900 msnm (intervalo E) y por otro el par de localidades del intervalo 2901-3150 msnm (intervalo D). El mayor valor de similitud lo presenta el par de localidades SBC - SCV1 con un valor de 1.0 aunque también destacan los pares de localidades SBA - PAR y PCP - SCV2 con valor de 0.8.

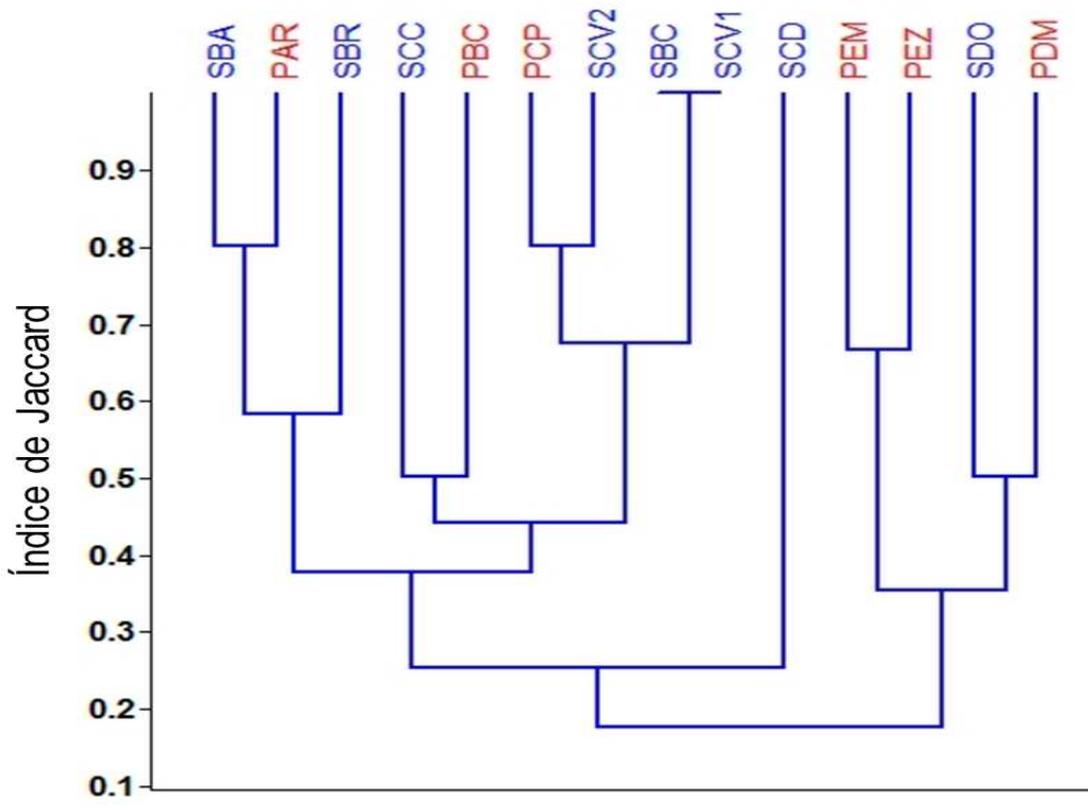


Figura 6. Agrupación de las localidades muestreadas de Pinal del Zamorano (en rojo) y Sierra de Lobos (en azul) a partir de su similitud dada por el valor del índice de Jaccard (ver Cuadro 3 para significado de las siglas).

### *Análisis de diversidad beta en diferentes escalas*

Los resultados muestran que los valores de diversidad en las escalas consideradas son diferentes de lo esperado por azar ( $p < 0.025$ ), excepto para el nivel de localidades, y que la mayor diversidad beta se encuentra entre intervalos altitudinales (Cuadro 5), de acuerdo a los siguientes modelos:

#### *Modelo multiplicativo*

*Riqueza total (11) = alfa promedio localidades (3.36) \* beta localidades (1.15) \* beta int. alt. (2.33) \* beta ANP (1.22)*

#### *Modelo aditivo*

*Riqueza total (11) = alfa promedio localidades (3.36) + beta localidades (0.51) + beta int. alt. (5.13) + beta ANP (2)*

Cuadro 5. Resultados del análisis de partición multiescalar de la diversidad en las tres escalas consideradas a partir de los modelos aditivo y multiplicativo y de números efectivos de especies (\* p<0.025).

Escala	Diversidad	Aditivo	Multiplicativo	q=0	q=1	q=2
Localidades	Alfa	3.36*	3.36*	3.36*	2.23*	1.84*
	Beta	0.51	1.15	1.15	1.08	1.05
Intervalos altitudinales	Alfa	3.87*	3.87*	3.87*	2.41*	1.93*
	Beta	5.13*	2.33*	2.32*	2.15*	2.14*
ANP	Alfa	9*	9*	8.99*	5.18*	4.13*
	Beta	2*	1.22*	1.22*	1.14*	1.08*

## ESTRUCTURA

### *Identificación de especies clave*

Se obtuvieron datos de altura de 673 árboles, 282 de los cuales corresponden a PZ y 391 a SL. A escala global, las 2 especies con mayor valor de importancia relativa (VIR) en ambas ANP fueron *Q. rugosa* y *Q. potosina*. Sin embargo, difiere la tercera especie con mayor valor: *Q. eduardii* para SL y *Q. laurina* para PZ. Por otra parte, los VIR más bajos en PZ corresponden a las especies *Q. obtusata*, *Q. mexicana*, *Q. resinosa*, *Q. crassifolia* y *Q. eduardii* mientras que en SL son las especies *Q. desertícola*, *Q. crassifolia*, *Q. sideroxyla*, *Q. resinosa*, *Q. grisea*, *Q. mexicana*, *Q. obtusata* las de menor VIR (Cuadro 6 y 7, Anexo 3).

Se observa que el VIR más alto entre los 1900 y los 2400 msnm (intervalos A y B) lo tiene *Q. potosina*, mientras que entre 2401 y 2900 msnm (intervalo C y D) *Q. rugosa* y entre los 2901 y 3150 msnm (intervalo E) lo tiene *Q. laurina* (Figura 7). El VIR de las especies cambia de un intervalo a otro. La especie *Q. potosina* tiene el valor más alto en el intervalo con la menor altitud (1900-2150 m), decrece entre los 2151 y 2400 m (intervalo B) y aún más en el C. De la misma forma la especie *Q. resinosa* tiene su valor más alto entre los 1900 y 2150 m (intervalo A), decrece en el B y no está presente en altitudes mayores a los 2400 m. Contrariamente a lo que sucede con las especies anteriores, *Q. eduardii* aunque está en el intervalo A, incrementa su importancia en el intervalo B, para luego desaparecer en los intervalos D y E. Las especies que fueron detectadas únicamente en un intervalo son *Q. grisea*, entre los 2151 y 2400 m (intervalo B), *Q. desertícola* y *Q. sideroxyla* entre los 2401 y 2650 m (intervalo C) y *Q. laurina* entre los 2901 y 3150 (intervalo E).

Cuadro 6. Valores de Importancia Relativa de las especies en el ANP Pinal del Zamorano.

ESPECIE	# individuos	Densidad relativa	Dominancia relativa	Frecuencia Relativa	VIR (%)
<i>Q. rugosa</i>	109	38.52	38.65	29.41	35.53
<i>Q. potosina</i>	83	29.33	29.43	20.59	26.45
<i>Q. laurina</i>	37	13.07	13.12	11.76	12.65
<i>Q. eduardii</i>	13	4.59	4.61	11.76	6.99
<i>Q. crassifolia</i>	16	5.65	5.67	8.82	6.72
<i>Q. resinosa</i>	16	5.65	5.67	8.82	6.72
<i>Q. mexicana</i>	7	2.47	2.48	5.88	3.61
<i>Q. obtusata</i>	1	0.35	0.35	2.94	1.22
total	282	100.00	100.00	100.00	100

Cuadro 7. Valores de Importancia Relativa de las especies en el ANP Sierra de Lobos.

ESPECIE	# individuos	Densidad relativa	Dominancia relativa	Frecuencia Relativa	VIR (%)
<i>Q. potosina</i>	123	31.46	31.46	24.53	29.15
<i>Q. rugosa</i>	97	24.81	24.81	22.64	24.09
<i>Q. eduardii</i>	87	22.25	22.25	22.64	22.38
<i>Q. obtusata</i>	30	7.67	7.67	9.43	8.26
<i>Q. mexicana</i>	23	5.88	5.88	7.55	6.44
<i>Q. grisea</i>	10	2.56	2.56	3.77	2.96
<i>Q. resinosa</i>	11	2.81	2.81	1.89	2.50
<i>Q. sideroxyla</i>	4	1.02	1.02	3.77	1.94
<i>Q. crassifolia</i>	5	1.28	1.28	1.89	1.48
<i>Q. deserticola</i>	1	0.26	0.26	1.89	0.80
TOTAL	391	100	100	100	100

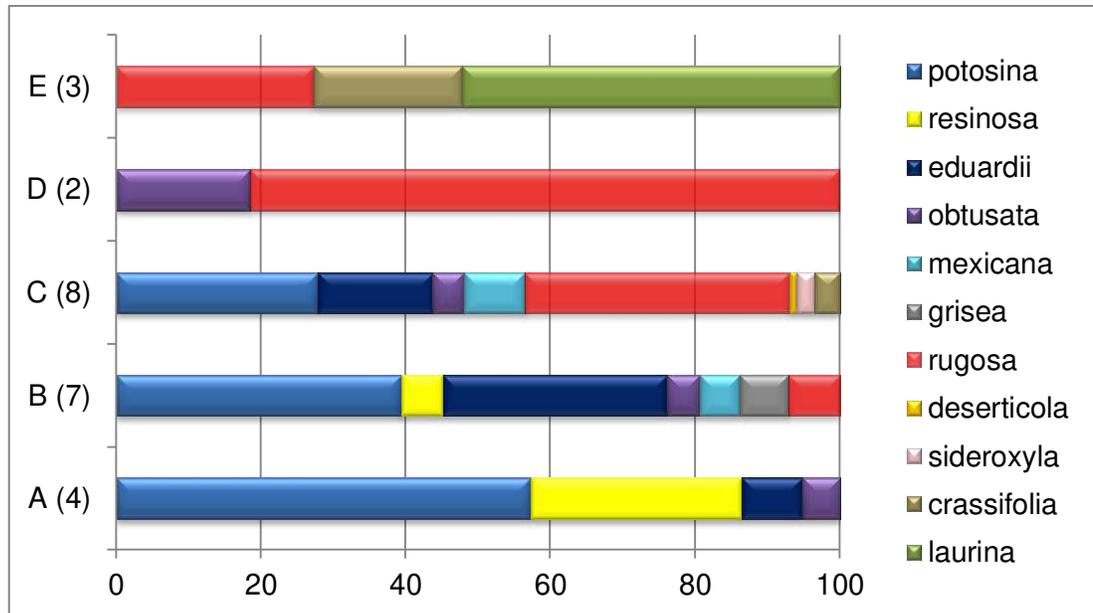


Figura 7. Valor de importancia relativa de las especies en los intervalos altitudinales (A= 1900-2150 m, B=2151-2400 m, C= 2401-2650 m, D= 2651-2900 m y E= 2901- 3150 m) de las dos ANP estudiadas.

## VIII. DISCUSIÓN

### *Listado de especies*

De las 19 especies de *Quercus* registradas por Valencia (2004) para el estado de Guanajuato, en las zonas de estudio encontramos 10 (*Q. crassifolia*, *Q. desertícola*, *Q. eduardii*, *Q. grisea*, *Q. laurina*, *Q. sideroxyla*, *Q. obtusata*, *Q. potosina*, *Q. resinosa* y *Q. rugosa*) y una especie (*Q. mexicana*) no mencionada por Valencia (2004) pero ya registrada anteriormente para Guanajuato (Rzedowski y Calderón, 2009).

De las 46 especies de encinos registradas y reportadas por Valencia (2010) para la provincia fisiográfica de la Meseta Central, en este trabajo encontramos 11 especies. Esto indica que las dos ANP en conjunto albergan el 24% de la riqueza de encinos de la Meseta Central. Fue identificada una especie (*Q. potosina*) de las 10 especies endémicas reportadas en la provincia por Valencia (2010), la cual presenta el mayor valor de importancia relativa del ANP Sierra de Lobos.

Con respecto al estudio de Rzedowski y Calderón (2009) de los árboles silvestres de Guanajuato, encontramos 11 de las 21 especies reportadas por ellos, lo cual indica que en las dos reservas albergan el 50% de las especies de encino del estado. Esto es relevante si se considera que en conjunto SL y PZ representan solo el 4.5% del territorio estatal (INEGI, 2013).

En comparación con el listado florístico general de la Sierra de Santa Rosa, ubicada muy cerca de SL (Martínez-Cruz y Tellez-Valdés, 2004), que incluye 14 especies de encinos, identificamos en común *Q. eduardii*, *Q. obtusata*, *Q. potosina*, *Q. resinosa*, *Q. rugosa* y *Q. sideroxyla*, pero en contraste identificamos 4 especies no registradas en ese estudio: *Q. crassifolia*, *Q. desertícola*, *Q. grisea* y *Q. mexicana*. Esto puede deberse probablemente a la

distribución puntual que mostraron estas especies en SL y PZ ya que en ambas áreas naturales estas 4 especies fueron colectadas únicamente en una o en un par de localidades. Otro aspecto a considerar es el relacionado con la historia de manejo de las áreas de muestreo, mismo que debe ser tomado en cuenta en futuras comparaciones.

De las 6 especies registradas por Gómez (2012) encontramos 5, faltando en nuestras colectas *Q. aristata*, mientras que encontramos 3 especies que no habían sido registradas anteriormente para PZ (*Q. mexicana*, *Q. resinosa*, *Q. obtusata*). Para corroborar la ausencia de *Q. aristata* probablemente sea necesaria una colecta general más extensa dado que no fue detectada en los transectos hechos en este trabajo. Sin embargo, es importante señalar la gran similitud entre los ejemplares observados en herbario de *Q. laurina* (si detectada en este trabajo) y *Q. aristata* por lo cual es necesaria una comparación de los ejemplares colectados anteriormente por esta autora y compararlos con nuestros ejemplares. Es posible que las especies *Q. resinosa* y *Q. mexicana* no hayan sido detectadas con anterioridad por Gómez puede explicarse conociendo la altitud en la cual fueron realizadas las colectas; *Q. resinosa* se distribuyen únicamente en sitios ubicados por debajo de los 2400 de altitud y *Q. mexicana* únicamente por debajo de los 2600 msnm.

#### *Similitud entre localidades e intervalos altitudinales*

El análisis de agrupamiento muestra una tendencia de las localidades a formar grupos en función del intervalo altitudinal al cual pertenecen. De esta forma podemos observar agrupados los pares de localidades de los intervalos A-B (1,900-2,400 msnm), B-C (2,151-2,650 msnm) y C-C (2,401-2,650 msnm), y por otra parte a los pares de localidades de intervalos D-D (2,651-2,900 msnm) y E-E (2,901-3,150 msnm). Las localidades no mostraron un agrupamiento por ANP. Lo anterior indica una mayor influencia de la altitud en la distribución de las especies que de la distancia geográfica entre las ANP.

Los resultados muestran que hay dos intervalos de altitud generales caracterizados por agrupar localidades similares considerando su composición de especies. Un intervalo abarca las localidades ubicadas entre los 1,900 y los 2,650 msnm y el otro las localidades encontradas entre los 2,651 y los 3,150 msnm. El hecho de que la localidad SCD no haya mostrado una similitud con otra localidad puede explicarse por sus características propias, como la de encontrarse aislada y rodeada de una gran extensión de pinar piñonero. Las localidades SBA y PAR mostraron un valor alto de similitud (0.8) debido a que fueron las únicas localidades en las cuales encontramos a la especie *Q. resinosa*.

#### *Diversidad beta*

Los resultados confirman la hipótesis de este estudio al mostrar que la diversidad beta es mayor entre intervalos altitudinales que entre localidades y entre ANP, lo cual indica una relación entre las especies y la altitud.

En el estudio altitudinal de especies de Encina-Dominguez *et al.* (2009) se reporta que la especie *Q. mexicana* se desarrolla en altitudes de 2,380 a 2,600 msnm. En nuestro estudio encontramos esta especie habitando a 2,390 m (El Cajón) y a 2,529 m (CERCA), lo que concuerda con el estudio anterior.

Encontramos que la especie *Q. resinosa* tiene una distribución mayor en los intervalos más bajos habitando únicamente localidades ubicadas entre los 1,900 y 2,400 msnm. En otro estudio (Díaz *et al.*, 2012) también se observó este comportamiento de la especie, observándose en un intervalo restringido de 2,200 a 2,400 msnm (el área más baja de la ANP Sierra Fría). Por otra parte, señalan la especie *Q. grisea* habitando entre los 2,000 y los 2,400 msnm coincidiendo con nuestros resultados ya que la detectamos entre los 2,000 y los 2,400 msnm.

#### *Identificación de especies clave*

Los VIR más altos en SL corresponden a *Q. potosina*, *Q. rugosa* y *Q. eduardii* lo cual coincide con los resultados de la estructura de los encinares de la

zona oriente de la sierra de Santa Rosa (Martínez-Cruz *et al.*, 2009) que indican asociaciones dominantes formadas por dichas especies. Lo cual significa que Sierra de Lobos y la Sierra de Santa Rosa son similares con respecto a su estructura. El valor máximo de dominancia de *Q. potosina* para el ANP SL, coincide con los resultados del estudio del ANP Sierra Fría, en donde esta especie fue la más dominante de entre las 11 especies de encino registradas para aquella zona de Aguascalientes (Días *et al.*, 2012).

Las especies que coinciden en cuanto al menor VIR en SL y PZ son *Q. obtusata*, *Q. mexicana*, *Q. resinosa* y *Q. crassifolia*. Sin embargo, es importante señalar que solamente en una localidad encontramos la especie *Q. deserticola* representada por un solo individuo, situación similar a la de la especie *Q. sideroxylla* también encontrada en una sola localidad y representada por 4 individuos. La baja representatividad de las especies mencionadas hace sugerir que son necesarias acciones especiales de conservación en las localidades en las cuales fueron registradas.

Los resultados del VIR de las especies en los intervalos altitudinales sugieren una distribución específica gradual de las especies a través del gradiente altitudinal. Esto confirma la idea del reemplazo de especies a través de variables ambientales, si bien este aspecto merece mayor atención en un estudio posterior en el cual se investigue la influencia de otras variables ambientales relacionadas con la altitud en cada una de las localidades muestreadas (p.e. temperatura, humedad, precipitación) y la influencia del microclima en la distribución de las especies. Se observó una distribución restringida de algunas especies a determinados intervalos, si bien habría que considerar el efecto micro climático para efectuar una descripción más completa de las causas determinantes en la distribución de tales especies. Un ejemplo de ello fue el hecho de comparar que en nuestro estudio *Q. sideroxylla* se encuentra distribuida entre los 2,400 y los 2,650 m de altitud, pero en otro estudio (Díaz *et al.*, 2012) se menciona como dominante en un intervalo que fue de los 2,400 hasta los 3,000 msnm. Este hecho hace pensar en la existencia de otros factores relacionados con la distribución de

especies además del factor micro climático, como por ejemplo la distancia entre las zonas de muestreo y la historia de manejo del área (deforestación selectiva).

El hecho de haber encontrado en SL 4 especies de las 5 identificadas por Vázquez *et al.* (2004) como susceptibles al hongo *Nectaria gallinea*, y que las 4 sean las especies con mayor VIR en el ANP, indica que deben tomarse urgentemente precauciones para evitar el contagio de las zonas sanas en las cuales registramos tales especies. Por lo tanto, será interesante efectuar estudios posteriores que evalúen la salud de las poblaciones de *Q. eduardii*, *Q. potosina*, *Q. rugosa* y *Q. obtusata* y que ayuden a recomendar acciones encaminadas a su sanidad y protección.

## IX. CONCLUSIONES:

1. Las ANP Sierra de Lobos y Pinal del Zamorano en conjunto albergan el 52% de la riqueza estatal de especies del género *Quercus* y el 24% de la riqueza registrada hasta el momento en la provincia fisiográfica de la Mesa Central.
2. Las ANP estudiadas son similares considerando los dos aspectos de la diversidad incluidos en el trabajo. Por un lado, en cuanto a su composición pues comparten 73% de las especies y por otro, en cuanto a la estructura de la comunidad de encinos ya que en ambos casos las especies *Q. potosina* y *Q. rugosa* presentaron los valores de importancia más altos.
3. La diversidad beta, obtenida a partir de riqueza, abundancia y dominancia de especies, está más relacionada con la altitud (intervalos) que con la cercanía geográfica de las localidades o de las ANP.
4. Es necesario estudios posteriores para conocer el motivo por el cual las especies registradas por otros autores no fueron detectadas en este trabajo. Hay tres motivos a investigar: a) reducción en la distribución de las especies debido al uso b) Falta de precisión en la determinación de ejemplares c) Muestreo en lugares distintos.
5. Se recomienda implementar medidas de conservación y monitoreo de las poblaciones de las especies cuyos valores de importancia relativa fueron menores, con el fin de preservarlas y evitar su extinción local.

## LITERATURA CITADA

- Albarran-Lara, A.L., Mendoza-Cuenca, L., Valencia-Avalos, S., González-Rodríguez, A. y Oyama, K. 2010. Leaf fluctuating asymmetry increases with hybridization and introgression between *Quercus magnoliifolia* and *Quercus resinosa* (Fagaceae) through an altitudinal gradient in Mexico. *Int. J. of Plant Sci.* 171(3):310–322.
- Carranza, E. 2001. Contribución al conocimiento de las plantas del género *Ipomoea* (Convolvulaceae) en el estado de Guanajuato, México. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo complementario XVIII.
- Chao, A., Chiu, C. y Hsieh, T. 2012. Proposing a resolution to debates on diversity partitioning. *Ecology* 93:2037-2051.
- Cox, G.W. 1990. Laboratory Manual of General Ecology Ed. Wm. C. Brown Publishers. Dubuque, Iowa. 251 p.
- CONANP, 2012. Áreas Naturales Protegidas. Consultado el 1 de noviembre del 2012 desde: [http://www.conanp.gob.mx/que\\_hacemos/](http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/)
- De Casas, R., Vargas, P; Pérez-Corona, M., Quintana, J., García-Verdugo, C., Balaguer, L. 2007. Field Patterns of Leaf Plasticity in Adults of the Long-lived Evergreen *Quercus coccoifera*. *Ann. Bot.* 100 (2) : 325-34.
- Díaz, V., Sosa-Ramírez, J. y Pérez-Salicrup, D. R. 2012. Distribución y abundancia de las especies arbóreas y arbustivas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Polibotánica* 34: 99-126.
- Encina-Dominguez, J.A, Zárate, A., Estrada, E., Valdés, J. y Villareal, J. 2009. Composición y aspectos estructurales de los bosques de encino de Zapalinamé, Coahuila, México. *Act. Bot. Mex.* 86:71-108.

- Estrada, E., Villareal, J.A, Cantú, C., Cabral, I., Scott, L. y Yen, C. 2007. Etnobotany in the Cumbres de Monterrey National Park, Nuevo León, México. *J Ethnobiol Ethnomed* 30; 3:8.
- Ferrusquía, I. 1998. Geología de México: una sinopsis. En: *Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución*. Compil. Ramamoorthy, T.P., Bye, R., Lot, A. y Fa, J. (pp. 3-108). Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Gobierno del Estado de Guanajuato. 1997. Decreto de declaración del ANP Sierra de Lobos. Periódico oficial del Estado de Guanajuato, 4 de noviembre. 9417-9437 pp.
- Gobierno del Estado de Guanajuato. 2000. Decreto de declaración del ANP Pinal del Zamorano. Periódico oficial del Estado de Guanajuato, 6 de junio. Sin dato de número de páginas.
- Gobierno del Estado de Guanajuato. 2002. Programa de Manejo del Área Natural Protegida Pinal del Zamorano. Periódico Oficial del Estado de Guanajuato no. 125. 18 de noviembre.
- Gobierno del Estado de Guanajuato. 2004. Resumen del programa de Manejo del Área Natural Protegida Sierras de Lobos. Periódico Oficial del Estado de Guanajuato. 6 de julio.
- Gómez, M. 2012. Vegetación y flora vascular del Zamorano: una aproximación. En *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado vol. II*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), 134-138 pp..
- González, L.M. 1986. Contribución al conocimiento del género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de Jalisco. *Colección Flora de Jalisco número 1*. Instituto de Botánica. Universidad de Guadalajara.

- Granados, D., López, G. y Hernández, M. 2007. Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales del ambiente*. 13: 1. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. Pp 67-83.
- Hammer, O., Harper, D.A.T. y Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4(1):9 pp.
- INEGI. 2011. Mapa de las provincias fisiográficas del estado de Guanajuato. Descargado desde:  
<http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/gto/fisio.cfm?c=444&e=26>
- INEGI, 2013. Información por entidad, superficie de Guanajuato. Descargado desde:  
<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/gto/territorio/default.aspx?tema=m&e=11>
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113:2.
- Krebs, Ch. J. 1999. *Ecological Methodology*. (pp. 581) 2<sup>nd</sup> ed. Addison-Wesley Educational Publishers, Inc. US.
- Lot, A. y Chiang, F. 1986. *Manual de Herbario*. UNAM. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México, México, D. F.
- López-Gómez, A.M. y Williams-Linera, G. 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 78: 7-15.
- Luna, A. L., Montalvo, L. y Rendón, B. 2010. Los usos no leñosos de los encinos en México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 74: 107-117.
- Magurran, A. E. 1991. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Ed. Chapman and Hall. London.

- Magurran, E. A. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Ed. Blackwell Publishing, Oxford.
- Magurran, E. A. 2011. *Biological Diversity: frontiers in measurement and assessment*. Edited by Anne E. Magurran and Brian McGill. Ed. Oxford University Press Inc., New York.
- Martínez, M., Hernández, L., Gómez, M., Herrera, P., Pineda, R., López, C., Jones, R., y Darío, M. 2011. *Protocolo de inventario florístico y faunístico de Pinal del Zamorano y Sierra de Lobos, Guanajuato*. Proyecto.
- Martínez-Cruz, J. y Téllez-Valdés, O. 2004. Listado Florístico de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 74:31-49.
- Martínez-Cruz, J., Téllez, O. e Ibarra-Manríquez, G. 2009. Estructura de los encinares de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. *Rev. Mex. Biodiv.* 80: 145-156.
- McVaugh, R. 1974. Flora Novo-Galiciana. *Contributions from the University of Michigan Herbarium* 12: 1-93.
- Mendoza-Díaz, M., Zavala, F. y Estrada, E. 2006. Hongos Asociados con encinos en la porción noroeste de la sierra de Pachuca, Hidalgo. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, Año/vol. 12, número 001. Universidad Autónoma de Chapingo, México. Pp. 13-18.
- Meraz, B. 2010. El Género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de Querétaro. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Autónoma de Querétaro. México.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España.
- Moreno, C. y Rodríguez, P. 2010. A consistent terminology for quantifying species diversity. *Oecologia* 163:279-282.

- Nixon, K. 1998. El género *Quercus* en México. En: Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución. Compil. Ramamoorthy, T.P., Bye, R., Lot, A. y Fa, J. (pp. 435-448). Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Olivia, V.R. 2012. *Fisiografía y geología en La biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado Vol 1*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) / Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE) 38-45 pp.
- Olvera-Vargas, M.; Figueroa-Rangel, B.; Vázquez-López, J. (2010). Is there environmental differentiation in the *Quercus*-dominated forests of west-central Mexico? *Plant Ecology* 211 (2):321-335.
- Pineda, R. y Verdú, J.R. 2013. Medición de la biodiversidad: diversidades alfa, beta y gamma. Cuaderno de prácticas. Universidad Autónoma de Querétaro y Universidad de Alicante. Editorial Universitaria, Colección Academia. Serie Nodos.
- Rzedowski, J. y Calderón, G. 2009. Lista preliminar de árboles silvestres del estado de Guanajuato. *Fascículo complementario XXIV, Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*.
- Resumen, PMSL. 2004. Programa de Manejo del Área Natural Protegida en la Categoría de Área de Uso Sustentable "Sierra de Lobos", ubicada en los Municipios de León, Ocampo y San Felipe. Publicado en el Periódico oficial del gobierno del estado de Guanajuato, No 108. 6 de Julio.
- Resumen PMPZ. 2002. Programa de Manejo del Área Natural Protegida en la Categoría de Reserva de Conservación "Pinal del Zamorano", de los Municipios de Tierra Blanca y San José Iturbide, Gto. Publicado en el Periódico Oficial del estado de Guanajuato, No. 125, Tercera Parte. 18 de Octubre.

- Sipman, H. 2006. Diversity and biogeography of lichens in neotropical montane oak forests. *Ecological Studies* 185: 69-81.
- Valencia, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Bol. Soc. Bot. Méx.*, 75: 33-53.
- Valencia, S. 2010. Notes on the genus *Quercus* in México. *International Oak Journal No. 21 páginas?*
- Vázquez, L., Tamarit, J., Quintanar, J. y Varela, L. 2004. Caracterización de la declinación de bosques de encinos en Sierra de Lobos, Guanajuato, México. *Polibotánica*. Agosto, número 017. Instituto Politécnico Nacional. Distrito Federal, México. Pp. 1-14.
- Veech, J.A. and T.O. Crist. 2009. PARTITION: software for hierarchical partitioning of species diversity, version 3.0. user' s Manual (unpublished document) <http://www.users.muohio.edu/cristto/partition.htm>
- Yih, L, T. y Kleinn, C. 2008. Estimation of tree species richness from large area forest inventory data: Evaluation and comparison of jackknife estimators. *Forest Ecol. Manag.* 225:1002-1010.
- Zamudio, S. 2012. "Diversidad de ecosistemas del Estado de Guanajuato" en La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 21-55.
- Zavala-Chávez, F. 1998. Observaciones sobre la distribución de encinos en México. *Polibotánica* 8: 47-64.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Abundancia general de las especies en el ANP Pinal del Zamorano (PZ) y en Sierra de Lobos (SL).

<b>Especie</b>	<b>PZ</b>	<b>SL</b>
<i>Q. crassifolia</i>	16	5
<i>Q. deserticola</i>	0	1
<i>Q. eduardii</i>	13	87
<i>Q. grisea</i>	0	10
<i>Q. laurina</i>	37	0
<i>Q. mexicana</i>	7	23
<i>Q. obtusata</i>	1	30
<i>Q. potosina</i>	83	125
<i>Q. resinosa</i>	16	11
<i>Q. rugosa</i>	109	98
<i>Q. sideroxylla</i>	0	4
Total	282	394

**Anexo 2.** Abundancias de las especies de encinos (*Quercus*) en las localidades muestreadas en Sierra de Lobos y Pinal del Zamorano.

ESPECIE	PAR	PBC	PCP	PDM	PEM	PEZ	SBA	SBC	SBR	SCC	SCD	SCV1	SCV2	SDO	Total
<i>Q. crassifolia</i>	0	0	3	0	13	0	0	0	0	0	0	0	5	0	21
<i>Q. deserticola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Q. eduardii</i>	4	0	9	0	0	0	36	18	4	4	0	23	2	0	100
<i>Q. grisea</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	9	0	0	0	0	0	10
<i>Q. laurina</i>	0	0	0	0	19	18	0	0	0	0	0	0	0	0	37
<i>Q. mexicana</i>	0	7	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	30
<i>Q. obtusata</i>	1	0	0	0	0	0	3	0	1	12	0	0	0	14	31
<i>Q. potosina</i>	43	25	15	0	0	0	9	17	25	14	57	2	1	0	208
<i>Q. resinosa</i>	16	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	27
<i>Q. rugosa</i>	0	1	52	40	8	8	0	5	1	23	0	15	28	26	207
<i>Q. sideroxylla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
<b>Total</b>	<b>64</b>	<b>33</b>	<b>79</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>26</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>77</b>	<b>57</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>676</b>

**Anexo 3. Valores de importancia relativa (VIR) de las especies de encinos del ANP Sierra de lobos (SL) y del ANP Pinal del Zamorano (PZ), Guanajuato.**

ESPECIE (SL)	# individuos	Densidad	Densidad relativa	Dominancia	Dominancia relativa	Frecuencia	Frecuencia Relativa	VIR (%)
<i>Q. potosina</i>	123.00	220.51	31.46	1403.16	31.46	0.65	24.53	29.15
<i>Q. rugosa</i>	97.00	173.90	24.81	1106.56	24.81	0.60	22.64	24.09
<i>Q. eduardii</i>	87.00	155.97	22.25	992.48	22.25	0.60	22.64	22.38
<i>Q. obtusata</i>	30.00	53.78	7.67	342.24	7.67	0.25	9.43	8.26
<i>Q. mexicana</i>	23.00	41.23	5.88	262.38	5.88	0.20	7.55	6.44
<i>Q. grisea</i>	10.00	17.93	2.56	114.08	2.56	0.10	3.77	2.96
<i>Q. resinosa</i>	11.00	19.72	2.81	125.49	2.81	0.05	1.89	2.50
<i>Q. sideroxylla</i>	4.00	7.17	1.02	45.63	1.02	0.10	3.77	1.94
<i>Q. crassifolia</i>	5.00	8.96	1.28	57.04	1.28	0.05	1.89	1.48
<i>Q. deserticola</i>	1.00	1.79	0.26	11.41	0.26	0.05	1.89	0.80
<i>Total</i>	391	701	100	4460	100	3	100	100

ESPECIE (PZ)	# individuos	Densidad	Densidad relativa	Dominancia	Dominancia relativa	Frecuencia	Frecuencia Relativa	VIR (%)
<i>Q. rugosa</i>	109	181.37	38.52	1640.634	38.652	0.625	29.41	35.53
<i>Q. potosina</i>	83	138.11	29.33	1249.290	29.433	0.4375	20.59	26.45
<i>Q. laurina</i>	37	61.57	13.07	556.913	13.121	0.25	11.76	12.65
<i>Q. eduardii</i>	13	21.63	4.59	195.672	4.610	0.25	11.76	6.99
<i>Q. crassifolia</i>	16	26.62	5.65	240.827	5.674	0.1875	8.82	6.72
<i>Q. resinosa</i>	16	26.62	5.65	240.827	5.674	0.1875	8.82	6.72
<i>Q. mexicana</i>	7	11.65	2.47	105.362	2.482	0.125	5.88	3.61
<i>Q. obtusata</i>	1	1.66	0.35	15.052	0.355	0.0625	2.94	1.22
<i>Total</i>	282	469.24	100.00	276806.34	100.00	2.125	100.00	100