



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**Diversidad y distribución del
género *Quercus* (Fagaceae) en el
estado de Chiapas, México.**

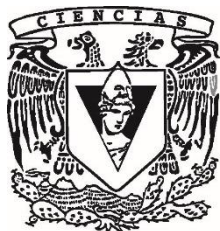
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

IVAN ALEJANDRO ROMERO MARTÍNEZ



DIRECTOR DE TESIS:
DRA. SUSANA VALENCIA AVALOS

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

1.- Datos del alumno

Romero
Martínez
Ivan Alejandro
58480200
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
411041403

2.- Datos del Tutor

Dra.
Susana
Valencia
Avalos

3.- Datos del Sinodal 1

Dra.
Natalia Ivalú
Cacho
González

4.- Datos del Sinodal 2

Dr.
Jaime
Jiménez
Ramírez

5.- Datos del Sinodal 3

M. en C.
Saddan
Morales
Saldaña

6.- Datos del Sinodal 4

Biól.
Yareli Joselin
Cadena
Rodríguez

7. Datos del trabajo escrito

Diversidad y distribución del género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de Chiapas, México.

71 p.

2020

....Y en ese momento no se necesitan fuerzas para apretar las manos y agarrar, la fuerza se necesita para abrirlas y soltar...

Odin Dupeyron

Índice General

Resumen	0
INTRODUCCIÓN.....	1
Características filogenéticas y morfológicas generales del género <i>Quercus</i>	3
Distribución y riqueza del género <i>Quercus</i>	4
Antecedentes	9
Trabajos previos sobre riqueza y distribución de <i>Quercus</i> en Chiapas y México ..	9
Riqueza.....	9
Distribución.....	9
JUSTIFICACIÓN	12
OBJETIVOS	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos	12
MÉTODO	13
Sitio de estudio: El estado de Chiapas.....	13
Áreas Naturales Protegidas (ANP) en el estado de Chiapas.....	22
Revisión de material de herbario	24
División de la zona de estudio	25
Curva de acumulación de especies	25
Mapa de proyección de puntos	26
Análisis altitudinal de las especies.....	26
Análisis de riqueza.....	26
Regionalización de la zona.....	26
RESULTADOS	28
Diversidad.....	28
Distribución altitudinal.....	33
Análisis de varianza de un factor (ANOVA) comparando sección <i>Lobatae</i> (encinos rojos) vs sección <i>Quercus</i> (encinos blancos) vs sección <i>Virentes</i> (<i>Q. oleoides</i>) .	35
Distribución geográfica	36
Riqueza y regionalización.....	38
Mapas de distribución de las especies.....	43
Mapa de Áreas Naturales Protegidas (ANP) y conservación de <i>Quercus</i>	50
DISCUSIÓN.....	52
CONCLUSIONES.....	60
LITERATURA CITADA	64

Resumen

Con 8790 especies de plantas vasculares, el estado de Chiapas es el segundo con mayor riqueza florística en México. Debido al impacto que muchas de sus comunidades de plantas presentan, es indispensable conocer qué especies crecen en esta entidad, así como su distribución. Esto es fundamental para reconocer regiones de alta riqueza y sustentar propuestas de posibles áreas de conservación.

Las especies del género *Quercus L.* (Fagaceae) son elementos clave en los bosques templados de las montañas del hemisferio norte; son proveedores de servicios ambientales y hospederos naturales de numerosas especies de animales, hongos, líquenes y plantas, por lo que son considerados keystone (piedra clave o grupo clave) en la mayoría de las comunidades de las que forman parte.

Este trabajo pretende explorar cuál es la diversidad del género *Quercus* en Chiapas, así como conocer los patrones de distribución y riqueza de los encinos en este estado a través del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG's).

Se busca aportar información básica que puede contribuir en la toma de decisiones en conservación y manejo de áreas.

La revisión de los ejemplares del género *Quercus* depositados en los herbarios MEXU, FCME, CHIP, HEM y ECO_S-H permitió generar una base de datos de 1223 registros. Con esta información se obtuvieron los siguientes resultados: 1.- Una lista de 38 especies de encinos para el estado de Chiapas (22 de la sección *Lobatae*, 15 de la sección *Quercus* y una a la sección *Virentes*) que representan aproximadamente el 75% de la riqueza de especies de encinos esperadas para la zona de estudio. 2.- La distribución altitudinal de las especies de encinos en Chiapas abarca de 0 a 3200 msnm, destacando *Quercus acutifolia*, *Q. benthamii*, *Q. crassifolia* de la sección *Lobatae* que sobrepasan los 3000 m. 3.- La riqueza específica más alta para el género *Quercus* se concentra tanto en la Sierra de Chiapas y Guatemala como en la Cordillera Centroamericana. 4.- La regionalización de la zona muestra cuatro grupos con índice de agrupación bajo. 5.-

Los puntos de mayor riqueza de especies no coinciden con las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de Chiapas; solo en pequeñas áreas existe un traslape.

Aunque este trabajo contribuye con el análisis de la distribución de 38 especies de encinos en el estado de Chiapas y superando el número de 27 especies señalado originalmente por Breedlove, aún es necesario hacer un mayor esfuerzo de muestreo para acercarse a las 45 especies estimadas para Chiapas.

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL GÉNERO *QUERCUS* (FAGACEAE) EN EL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO

INTRODUCCIÓN

Con 8790 especies de plantas vasculares, el estado de Chiapas es el segundo con mayor riqueza florística en México (Villaseñor, 2016), la cual se alberga en numerosos y diversos tipos de ecosistemas que van desde selvas secas caducifolias a selvas altas perennifolias, pasando por ecosistemas acuáticos (manglares y popales) y ecosistemas xéricos (selva baja espinosa).

Las áreas de conservación en México sólo cubren aproximadamente el 12% del territorio nacional (Suárez-Mota et al., 2018). Es indispensable conocer qué especies crecen en Chiapas, así como su distribución, para reconocer regiones de alta riqueza y así poder sustentar propuestas para posibles áreas de conservación.

La biogeografía se encarga del estudio de la distribución de los seres vivos en tiempo y espacio considerando los diversos factores que dieron lugar a tal distribución (Contreras-Medina, 2006). Ambos enfoques apoyados en la biogeografía cuantitativa (Murguía y Rojas, 2001), la cual ha desarrollado herramientas computacionales modernas. Entre ellas se encuentran los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Contreras-Medina, 2006), que permiten llevar a cabo análisis más eficientes de la información espacial de los taxa (Linder, 2001; Contreras-Medina, 2006; Morales- Saldaña, 2017).

Los SIG son un conjunto de herramientas que permiten, almacenar, recuperar y manipular grandes cantidades de datos referenciados, además de proveer los medios para llevar a cabo análisis que permiten la vinculación con diversas bases de datos, la organización y administración de los datos, haciendo accesible la información para los usuarios (INEGI, 2014). Estas herramientas también permiten evaluar la riqueza y estimar el área de distribución geográfica de las especies. Los análisis de riqueza son relevantes porque sirven como punto de partida para la identificación de regiones con alta diversidad y concentración de endemismo, así como para determinar regiones prioritarias de conservación,

permitiendo conservar el mayor número de especies en el menor número de área (Vargas-Amado et al., 2013).

Desde el punto de vista ecológico las especies del género *Quercus L.* (Fagaceae) son elementos clave en los bosques templados de las montañas del hemisferio norte (Nixon, 1993, 1997; Cavender-Bares, 2016), ya que proporcionan servicios ambientales como captación de bióxido de carbono, producción de oxígeno, filtración de ruido, reducción de la erosión del suelo, formación de suelo, regulación de la temperatura atmosférica y hospederos naturales de numerosas especies de ardillas, pájaros, avispas, escarabajos y líquenes (Cavender-Bares, 2016; Valencia et al., 2018). Por lo anterior, los *Quercus* son considerados keystone (piedra angular) en la mayoría de las comunidades en las que forman parte (Valencia-A. y Gual-Díaz, 2016).

Asimismo, desde el punto de vista económico, los *Quercus* son una de las fuentes de madera más importante en los países templados del hemisferio norte, y sus usos son diversos, por ejemplo para construcción de casas, pisos, lambrín, muebles, barricas. También han tenido gran importancia para la obtención de carbón y corcho para botellas de vino, el cual se obtiene de *Quercus suber* (Romero-Rangel et al., 2014). Las especies de *Quercus* también tiene importancia médica local: la corteza de encino se usa para curar y endurecer encías o calmar dolencias dentales; mientras que las hojas llegan a ser empleadas como antidiarreicos y astringentes en algunas regiones de Michoacán (Arizaga et al., 2009). Además pueden llegar a tener un uso alimenticio en las comunidades indígenas, las cuales enriquecen su dieta consumiendo las bellotas tratadas, flores y hojas (Luna-José et al., 2003).

México alberga el mayor número de especies del género *Quercus* a nivel mundial (Valencia-A., 2004), siendo los estados de Oaxaca y Jalisco los que presentan la mayor diversidad de encinos en el país (Valencia-A., 2004; Valencia-A. y Nixon, 2004), sin embargo, el conocimiento detallado de la diversidad de algunos estados es aún deficiente como el estado de Chiapas, que aun siendo reconocido como una de las entidades con mayor riqueza florística en el país, no se conoce con

detalle el número exacto de especies de encinos que habitan así como su distribución.

La última estimación de las especies de encinos para Chiapas fue presentada por Breedlove (1986), quien reconoció 27 especies. Sin embargo, durante los últimos 33 años se han encontrado nuevos registros y se han hecho algunos cambios nomenclaturales, debido a dichos cambios el número de especies reportado previamente debe ser actualizado.

Este trabajo pretende conocer la diversidad específica del género *Quercus* en el estado de Chiapas y evaluar los patrones espaciales de su distribución (riqueza) en Chiapas, así como la distribución altitudinal para las especies del género *Quercus* en el estado, contribuyendo al conocimiento de la diversidad en dicho estado y en general al conocimiento de las especies del género.

Características filogenéticas y morfológicas generales del género *Quercus*

El género *Quercus* es el más diverso de entre los 10 géneros que conforman la familia Fagaceae. De acuerdo con la filogenia propuesta por Manos et al. (2001, 2008), el género se ubica en el mismo clado formado por *Notholiticarpus* Manos, Cannon & S. Oh, *Castanea* Mill. y *Castanopsis* (D. Don) Spach (**Figura 1**). Los límites morfológico-taxonómicos entre géneros dentro de la Familia Fagaceae se basan en variaciones en las flores y los frutos (**Figura 1**) (Manos et al., 2001; 2008).

A lo largo de su historia el género *Quercus* ha tenido distintas clasificaciones filogenéticas, pero la más reciente considera que el género *Quercus* se divide en dos subgéneros *Cerris* que incluye las secciones *Cyclobalanopsis*, *Cerris* e *Ilex* y el subgénero *Quercus* con las secciones *Quercus*, *Ponticae*, *Virentes*, *Lobatae* y *Protobalanus*, de estas cuatro se encuentran distribuidas en México (*Quercus*, *Virentes*, *Lobatae* y *Protobalanus*) (Gil-Pelegrín, et al., 2017).

El género *Quercus* es considerado como un grupo monofilético (Manos et al., 1999 y Denk et al., 2017), cuyas sinapomorfías consisten en: flores con un solo pistilo, cúpulas sin valvas, estilos decurrentes con las superficies estigmáticas expandidas, inflorescencias unisexuales y polen con exina escabrada (Manos, et al., 1999). Sus integrantes son reconocidos por ser plantas leñosas, monoicas, que

pueden desarrollarse como árboles de entre 3 y 60 m de alto, o como arbustos de unos cuantos centímetros de alto o hasta 3 m. Las flores masculinas o estaminadas se encuentran distribuidas de manera laxa a lo largo de un eje, conformando inflorescencias conocidas como amentos; cada flor masculina puede tener de 6 a 12 estambres, el polen es tricolpado o tricolporoidado y es dispersado por el viento (anemofilia). Las flores femeninas surgen en dicasios reducidos, sobre ejes leñosos (Arizaga, et al., 2009), mientras que el fruto es una nuez conocida como bellota (Nixon, 1993, 1997).

Distribución y riqueza del género *Quercus*

El género *Quercus* es el más diverso de la familia Fagaceae. Se estima que

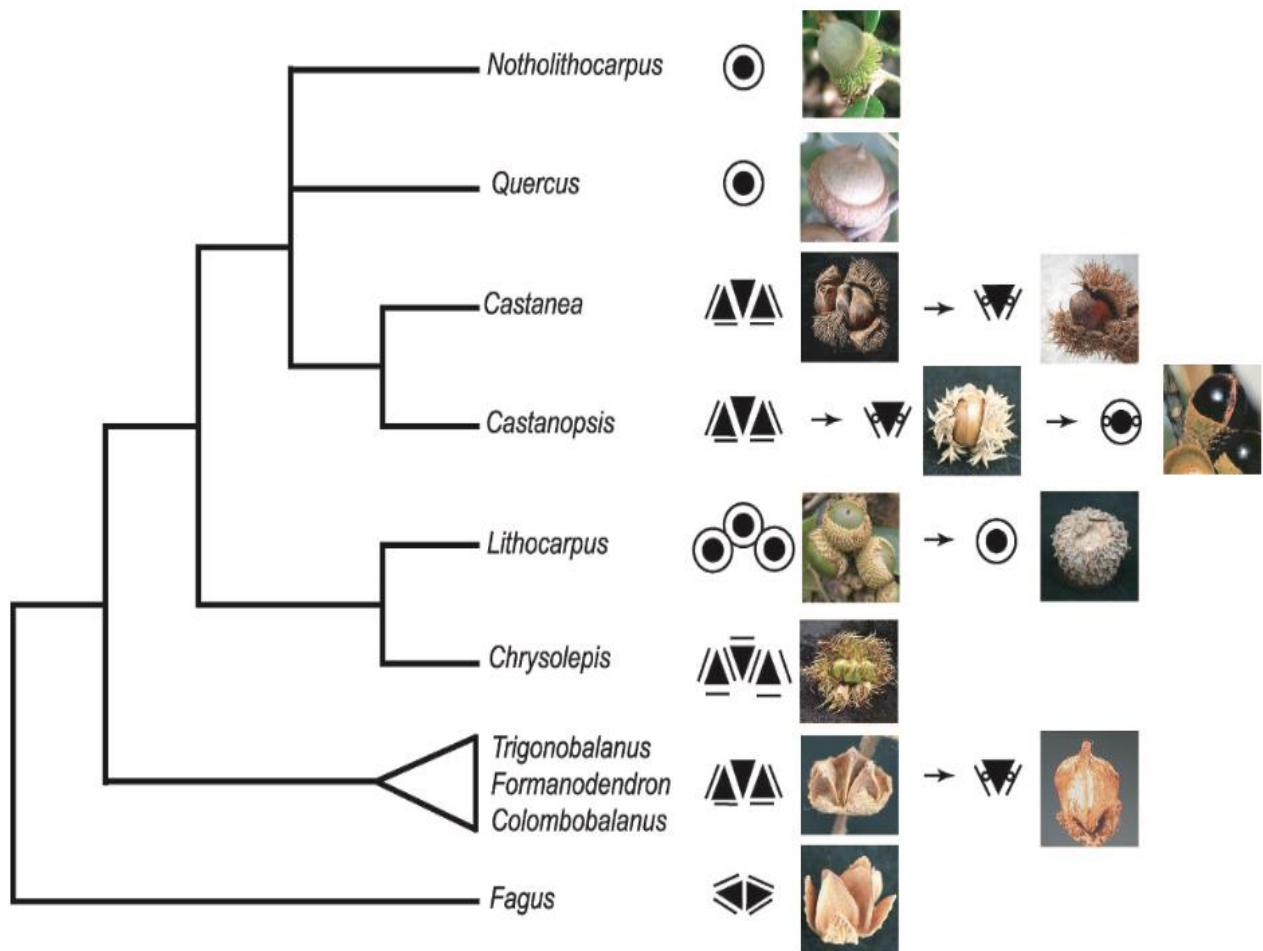


Figura 1. Relaciones filogenéticas de los géneros de Fagaceae. Se esquematizan los tipos de frutos y de cúpulas (Tomado de Manos et al., 2008).

el género alberga entre 400 y 531 especies en todo el mundo (Mabberley, 1997;

Nixon, 1997; Govaerts y Frodin, 1998; Valencia-A., 2004; Aldrich y Cavender-Bares, 2011). Los encinos se desarrollan ampliamente y de manera natural en los bosques templados, bosques tropicales, semitropicales y en los matorrales de climas secos del hemisferio norte. Por el contrario solo algunos encinos se asientan en los ecosistemas tropicales y semitropicales (América del Sur, Norte de Africa y el sureste de Asia) (Arizaga et al., 2009). Según estudios paleobotánicos y filogenéticos (Manos et al., 1999 y Hipp et al., 2018) los encinos migraron desde Asia (en donde se originaron durante el Eoceno) hacia América durante el Oligoceno un tiempo en el cual se estima sucedió una radiación rápida que dio lugar a los clados americanos. Hipp et al. (2018), menciona que la tasa de diversificación de especies aumentó en su traslado a México tanto en encinos rojos como en blancos; esta gran diversidad puede estar explicada como resultado de una mayor oportunidad ecológica y/o una mayor asignación en las áreas montañosas ecológicamente heterogéneas de México, además de que infieren que la alta labilidad a lo largo de los gradientes de humedad permitió a los encinos mexicanos diversificarse entre los hábitats templados recientemente disponibles creados por un conjunto diverso de construcción de montañas por ejemplo; la elevación de la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental y la Faja Volcánica Trans-Mexicana.

En América, el género se distribuye desde Canadá hasta el norte de Colombia en Sudamérica. Los límites meridionales de su distribución fueron alcanzados por migraciones sucedidas durante los cambios climáticos del Mioceno (Nixon, 2006); posteriormente durante las glaciaciones del Pleistoceno se conformó la distribución actual del género (Hipp et al., 2018). Nixon (2006) estimó el número de especies de *Quercus* de 202 a 300 especies en todo el continente Americano (Manos & Stanford, 2001; Valencia-A., 2004; Nixon, 2006), cuatro especies de encinos en Canadá, 91 en Estados Unidos, una en Cuba, 160-165 en México, nueve en Belice, 25-26 en Guatemala, 8-10 en El Salvador, 14-15 en Honduras, 14 en Nicaragua, 14 en Costa Rica, 12 en Panamá y una en Colombia.

A nivel mundial se reconocen dos centros de diversidad para el género: uno, en el sureste de Asia con aproximadamente 125 especies (Govaerts y Frodin, 1998); y otro en México, donde las estimaciones del número de especies son variables. Nixon (1993) reconoció entre 135 y 150 Rzedowski (1978) estimó entre 150 y 200, y Valencia-A. (2004) citó 161 especies. De las 161 especies de encinos nativos de México propuestas por Valencia-A. (2004) se menciona que 109 son endémicas del país, de las cuales 47 pertenecen a la sección *Quercus*, 61 a la sección *Lobatae*, y una a *Protobalanus*.

Las características de manera general para las secciones *Virentes*, *Quercus* y *Lobatae*, son las siguientes de acuerdo a Denk et al., 2017:

La sección *Virentes* se compone por árboles o arbustos rizomatosos; con ornamentación de polen verrugado; estilos cortos; fusionados o libres, elípticos en sección transversal; estigmas abruptamente o gradualmente dilatado; maduración de fruta anual; hojas perennes; madera difusa y porosa; cotiledones fusionados y germinación de semilla con radícula alargada.

La sección *Quercus* (encinos blancos) presenta flores masculinas con estambres mayor o igual que 7, ornamentación de polen verrugado; estilos cortos, fusionados o libres, elípticos en sección transversal; estigmas abruptos o gradualmente dilatados; superficie estigmática que se extiende a lo largo de la sutura estilar adaxialmente; fruta de maduración anual; endocarpio glabro o casi; cotiledones libres o fusionados; posición de los óvulos abortivos basales, placenta y funículo sésil; anillo de madera poroso, vasos grandes en madera temprana comúnmente tapados por tílides.

La sección *Lobatae* (encinos rojos) tiene flores femeninas con perianto pistilado; número de estambres 6; ornamentación de polen verrugado; estilos alargados, lineales, curvados, elípticos en sección transversal; estigmas ligeramente dilatados, espatulados a oblongos; superficie estigmática que se extiende adaxialmente a lo largo de la sutura estilar; perianto cónico, a menudo anulado; fruta de maduración bianual, rara vez anual; endocarpio tomentoso; cotiledones libres o algunas veces fusionados basalmente; posición de los óvulos

apical o raramente lateral a basal, placenta sésil o funículo alargado sésil; anillo de madera porosa o semi-porosa, madera tardía marcadamente porosa, tílides en vasos de madera temprana raramente presentes.

En cuanto a la distribución altitudinal se refiere, de manera general los encinos se encuentran en México desde el nivel del mar hasta los 3500 msnm, pero son más frecuentes entre 1000 y 2800 m. Las especies de encinos blancos se distribuyen entre 0 y 3500 msnm, con intervalos por especie que oscilan entre los 150 y 2000 msnm. Asimismo, los encinos rojos se distribuyen desde 150 hasta 3100 msnm, con intervalos altitudinales por especie de 150 a 1900 msnm (Valencia, 2004).

En México, se ha reportado a las montañas del sur como una de las regiones de mayor diversidad (Nixon, 1993; Morales-Saldaña, 2017), siendo los estados con mayor número de especies de *Quercus*, Oaxaca con 51 especies (Valencia y Nixon, 2004, 2011), seguido de Jalisco con 47 especies (González-Villarreal, 1986; 2003a; 2003b, 2018) y San Luis Potosí con 45 (Sabás-Rosales, 2011) (**Tabla 1**). De acuerdo con Valencia-A. (2004), la alta riqueza de estas entidades se debe a la compleja fisiografía determinada por la confluencia de cadenas montañosas. En contraste, el estado de Campeche sólo alberga a *Q. oleoides*. En Quintana Roo y Yucatán no se desarrolla ninguna especie de encino (Rzedowski, 1998).

Por su variedad de ecosistemas, el número de especies de flora y fauna silvestre, además de su endemismo, a México se le cataloga como un país poseedor de megadiversidad biológica (CONANP, 2009).

Áreas de conservación

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente considera nueve categorías de ANP: Reserva de la Biosfera; Reserva Especial de la Biosfera; Parque Nacional; Monumento Natural; Parque Marino Nacional; Áreas de Protección de Recursos Naturales; Áreas de Protección de Flora y Fauna; Parques Urbanos y Zonas Sujetas a Conservación Ecológica que incluye: reservas forestales, reservas forestales nacionales, zonas de restauración y propagación

forestal y zonas de protección de ríos, manantiales, depósitos y, en general, fuentes de abastecimiento de agua para el servicio de las poblaciones (SEMAVI, 2009).

Tabla 1. Relación de los estados de México más diversos en especies del género *Quercus* y su riqueza de encinos

ESTADO	RIQUEZA (NÚMERO DE ESPECIES)
Oaxaca	51 (Valencia y Nixon, 2004, 2011)
Jalisco	47(González-Villarreal, 1986, 2003a y 2003b)
Durango	46 (González-Elizondo et. al, 1991)
San Luis Potosí	45 (Sabás-Rosales, 2011)
Puebla	43 (Rodríguez-Acosta, et al, 2014)
Hidalgo	43 (Valencia-A, et al, 2017)
Veracruz	42 (Gallardo, en proceso)

Específicamente en el estado de Chiapas la superficie total protegida de competencia federal y estatal alcanza la cifra de 1276858 ha (SEMAVI, 2009), que corresponden a 16.89% de la superficie total del estado (7562440 ha). Las reservas de competencia federal comprenden 18 áreas naturales y un monumento arqueológico (Tonina), que constituyen una superficie protegida de 1187432.19 ha. Respecto a la competencia estatal, existen 24 áreas naturales protegidas con una superficie de 273 216 ha (Villalobos-Sánchez, 2013).

Antecedentes

Trabajos previos sobre riqueza y distribución de *Quercus* en Chiapas y México

Riqueza. Como parte de su estudio de los encinos de Centroamérica, Muller (1942) abordó las especies de encinos del estado de Chiapas y señaló la presencia de 20 especies. Más tarde, Breedlove (1986) reportó la presencia de 27 especies de *Quercus* para el estado.

Algunos estudios florísticos locales incluyen en sus listas la presencia de especies del género *Quercus*, pero ninguno de ellos aborda en su totalidad el estado de Chiapas. La mayoría de estos estudios se han realizado en la zona de la Sierra (Matuda, 1950a, 1950b; Miranda, 1952, 1957; Breedlove, 1981; Long y Heath, 1991; Williams-Linera, 1991; Bachem y Rojas, 1994; Castillo, 1996), existiendo pocos trabajos para las zonas norte y sur del estado (Martínez et al., 1994; Gutiérrez-Báez, 2004). Por otra parte, Ramírez-Marcial et al. (1998) llevó a cabo un análisis florístico y sucesional para el cerro Huitepec, en la meseta central del estado reportando siete especies entre las que incluye una afin y otra sp.

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2013), publicó “La Biodiversidad en Chiapas Estudio de Estado Volumen I” y en donde citan 11 especies de *Quercus*, incluyendo dos especies afines y dos especies sin determinación. En ese mismo año pero en el Volumen II de la publicación ya mencionada, González y Ramírez (2013) citan 27 especies para el género. Siendo este estudio el más reciente, el cual tiene una lista sobre las especies que habitan en territorio chiapaneco, aunque todavía existe la incertidumbre sobre la correcta identificación de las especies citadas en dicho estudio.

Distribución. Debido a que son considerados modelo de estudio por ser elementos clave en los ecosistemas montanos (Valencia-A. y Gual-Díaz, 2014; Cavender-Bares, 2016), los encinos se han utilizado para realizar diversos estudios sobre distribución y cambio climático.

Zavala (1998) reportó que la distribución de los encinos en México es variada y con diferencias entre regiones geográficas, sugiriendo una mayor riqueza de especies en la región central. Asimismo, reporta pocas especies consideradas de amplia distribución, algunas de ellas con distribución que sobrepasa las fronteras de México, mientras que el número de especies de distribución restringida al país fue del 49% de las especies consideradas para este trabajo, lo que significa que fueron alrededor de 55 especies de las 112. Asimismo, enfatiza que el factor más influyente en la distribución de los encinos es el clima, existiendo también factores no naturales como la sobreexplotación de recursos forestales, cambios de usos del suelo e incendios, entre las más importantes que podrían determinar su distribución.

Algunos estudios han señalado ciertos patrones regionales y nacionales sobre la distribución de las especies de encinos en México como los realizados por Nixon (1993); Valencia-A. (2004) y Torres Miranda et al., (2011 y 2013) particularmente para los encinos de la sección *Lobatae*, que de manera general citan que la distribución de los encinos es restringida a las zonas tropicales, subtropicales y montañas; además de que Torres Miranda et al., (2011) considera a las especies de encinos rojos (sección *Lobatae*) como un modelo para identificar áreas de conservación basadas en la riqueza, resultado de su amplia distribución geográfica y su alto número de especies. Por otro lado, existen estudios con enfoques locales como los realizados por Sabás-Rosales et al. (2015), quienes relacionan la distribución de las 45 especies de encinos de San Luis Potosí con las características del hábitat en el que se desarrollan las especies. Ramírez-Toro et al., (2017) quienes utilizando la distribución de las especies del género *Quercus* en el estado de Oaxaca proponen algunas áreas prioritarias para conservación con base en la distribución del género *Quercus*. Por su parte Uribe-Salas et al., (2019) estudiaron la distribución geográfica y ecológica de las especies de encinos en Michoacán, encontrando que a mayor heterogeneidad ambiental mayor es la riqueza de especies. Morales Saldaña (2017) incluye una superficie mayor en su análisis de distribución, riqueza, rareza y endemismo de los encinos en la Sierra Madre del Sur, este autor encuentra que la región Mixteca y las montañas de Jalisco son las zonas que albergan la mayor riqueza de especies de *Quercus*.

Gómez-Mendoza y Arriaga (2007); quienes estudiaron el efecto del cambio climático en la distribución de 17 especies de encinos mexicanos en donde se predijo que la distribución de los encinos disminuirá entre un 7 y 48% para el escenario de 2050. Gutiérrez y Trejo (2014) estudiaron el efecto del cambio climático en la distribución potencial de cinco especies arbóreas de bosque templado, incluyendo a *Q. laurina* y *Q. ocoteifolia*, las cuales al habitar en altitudes muy elevadas, son potencialmente más sensibles a los cambios del clima futuro.

Recientemente Aguilar-Romero et al. (2016) realizaron un estudio de los patrones de distribución de nueve especies de *Quercus* a lo largo de un gradiente ambiental, tomando como base los factores climáticos, edáficos y topográficos. Los autores también sugieren que las especies asociadas se reparten el hábitat para evitar competir por los recursos.

El único trabajo sobre distribución de encinos en el estado de Chiapas es el realizado por Álvarez et al. (1999), quienes estudiaron el hábitat y la distribución de cinco especies de *Quercus* (Fagaceae) en la Meseta Central de Chiapas. La altitud resultó ser la variable ambiental determinante para separar el hábitat de las especies del género *Quercus* en la Meseta Central de Chiapas. Además de la precipitación anual entre los meses de noviembre a abril, debido a que este periodo de menor precipitación ejerce mayor influencia sobre los periodos fenológicos de las especies vegetales. Se encontró que *Quercus peduncularis*, *Q. polymorpha*, *Q. segoviensis* y *Q. sebifera* pierden sus hojas durante la estación seca, estrategia desarrollada como respuesta al estrés hídrico (Madrigal-Jiménez, 1996-1997).

JUSTIFICACIÓN

A pesar de que los encinos son un grupo modelo que permite entender patrones generales de distribución (Torres-Miranda et al., 2011, 2013; Valencia-Avalos y Gual-Díaz, 2014; Cavender-Bares, 2016); existen escasos trabajos sobre la diversidad y distribución de encinos en ciertas regiones de México como el estado de Chiapas. Este trabajo pretende estimar la diversidad del género *Quercus* en Chiapas, así como conocer los patrones de distribución y riqueza de los encinos en este estado, lo cual puede ser utilizado como información básica para contribuir a la toma de decisiones en el manejo de áreas para la conservación.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la diversidad y distribución de las especies de *Quercus* en el estado de Chiapas.

Objetivos específicos

- 1) Enlistar las especies del género *Quercus* que se localizan en el estado de Chiapas.
- 2) Analizar la distribución altitudinal y latitudinal de las especies de *Quercus* en el estado de Chiapas.
- 3) Identificar las áreas de mayor riqueza de especies del género *Quercus* para Chiapas.
- 4) Proponer una potencial regionalización del estado con base en la distribución del género *Quercus*.

MÉTODO

Sitio de estudio: El estado de Chiapas

Chiapas se encuentra en el sureste de México y tiene una extensión territorial de 73670 km², equivalente al 3.8% de la superficie total del país. Esta entidad ocupa el noveno lugar en tamaño a nivel nacional y sus coordenadas geográficas extremas son: al norte 17°56'00" y al sur 14°32'00" de latitud N; al este 90°22'00" y al oeste 94°14'00" de longitud O (**Figura 2**). Al norte limita con el estado de Tabasco; al este y sureste con la República del Guatemala; al sur y suroeste con el Océano Pacífico y al oeste con los estados de Veracruz y Oaxaca (CONABIO, 2013).

Fisiografía. Chiapas es un estado con gran diversidad de recursos naturales, los cuales están limitados por regiones fisiográficas también conocidas como

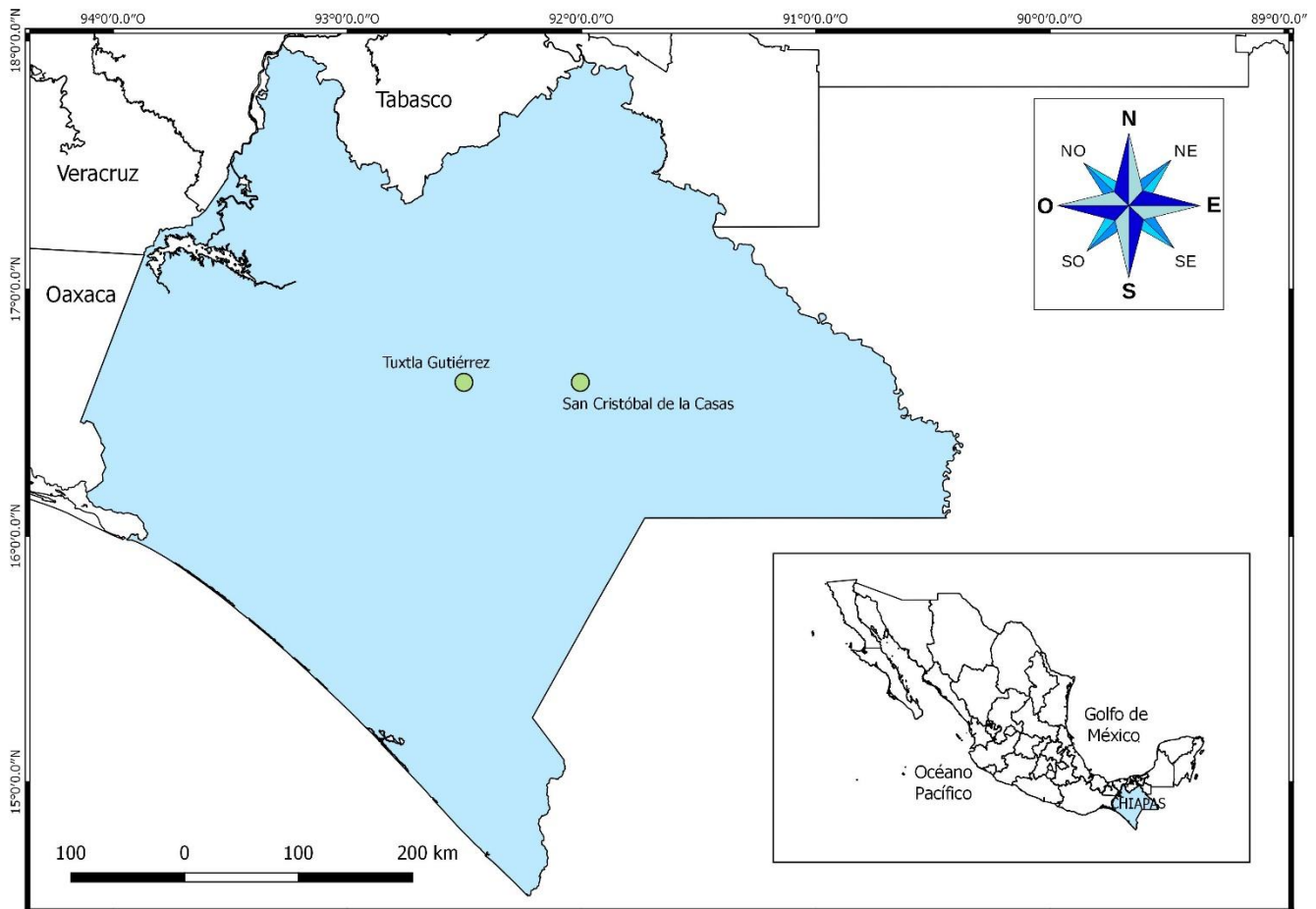


Figura 2. El estado de Chiapas y su ubicación respecto al territorio mexicano. El polígono del estado de Chiapas se delimitó utilizando cartografía digital de las provincias fisiográficas de México (INEGI, 2001).

regiones naturales. Chiapas de acuerdo a INEGI (2010) se divide en tres grande regiones como se puede observar en la **Figura 3**, las cuales son:

La Sierra de Chiapas y Guatemala. Es una cadena montañosa que se ubica desde el límite con Oaxaca hasta la frontera con la Republica de Guatemala.

La Cordillera Centroamericana. Es una zona montañosa localizada en el Sur de México, pero abarca principalmente los países septentrionales de la América Central. Políticamente abarca territorios de los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz, y cuya altura máxima se encuentra en el volcán Tacaná 4080 msnm.

Llanura Costera del Golfo Sur. Esta llanura es ocupada en su mayoría por el estado de Tabasco, por lo que también es llamada Llanura Tabasqueña. A Chiapas solo le corresponde las dos salientes que se prolongan al extremo norte, ocupa aproximadamente el 6% del territorio chiapaneco. El terreno es plano y presenta hondadas en las que se acumula agua durante la temporada de lluvias.

FUENTE: INEGI. Anuario Estadístico del estado de Chiapas.
INEGI. Continuo Nacional Topográfico S. II escala 1:250 000.
INEGI. Conjunto Geológico E15 y D15 escala 1:1 000 000.

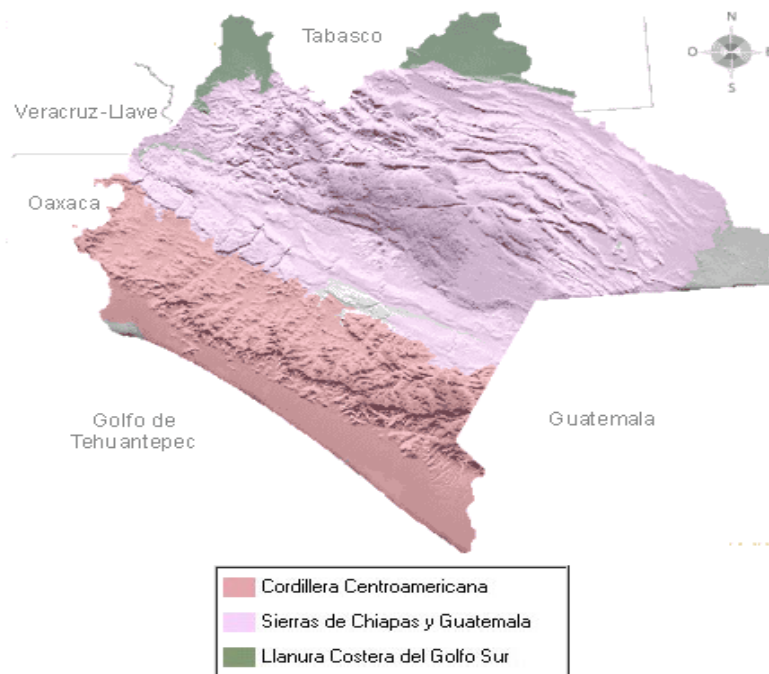


Figura 3. Relieve del estado de Chiapas. Fuente INEGI 2010.

Altimetría: Las partes más bajas del estado de Chiapas están ubicadas hacia las costas, con una altura que va de los 0 a 200 msnm. Gran parte del territorio chiapaneco tiene una altitud de 200 a 500 msnm, aunque cabe destacar que municipios como: San Cristóbal de la Casas, Comitán de Domínguez, Motozintla y Bochil (**Figura 4**), presentan una altitud que va de los 1500 a 3000 msnm. Siendo la altura máxima el volcán Tacaná con 4080 msnm mismo que comparte con Guatemala (**Figura 4**).

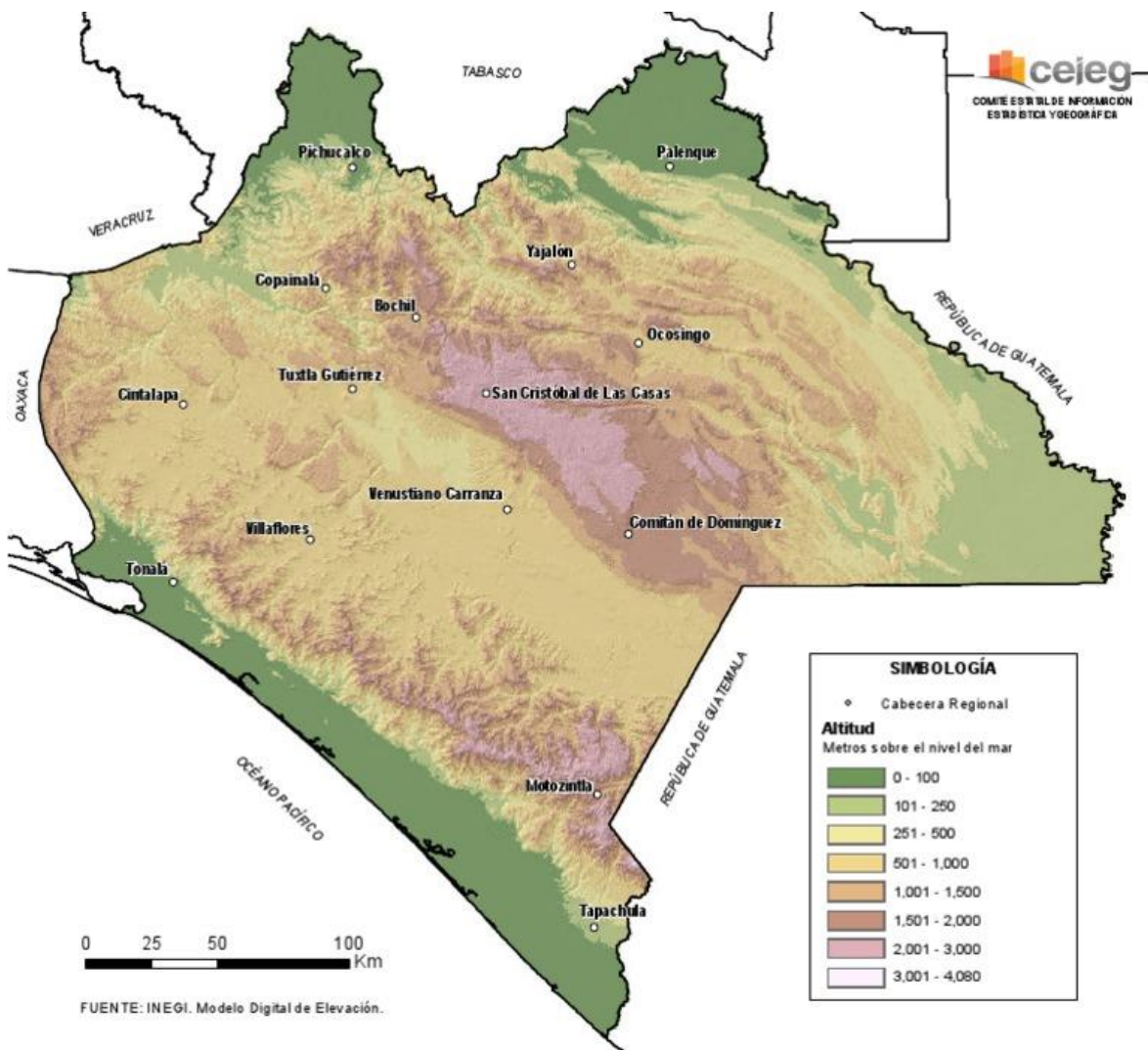


Figura 4. Altimetría del estado de Chiapas (tomado de www.ceieg.chiapas.gob.mx).

Clima. El tipo de clima predominante en el estado de Chiapas es cálido-húmedo con una temperatura de 22°C a 30°C y abarca un 74% del territorio chiapaneco. Seguido del semicálido-húmedo con temperaturas de 18°C a 22°C ocupando el 20% de la superficie y el menos recurrente es el templado-húmedo con temperaturas de 12°C a 18°C con una superficie de 6% del estado (**Figura 5**).

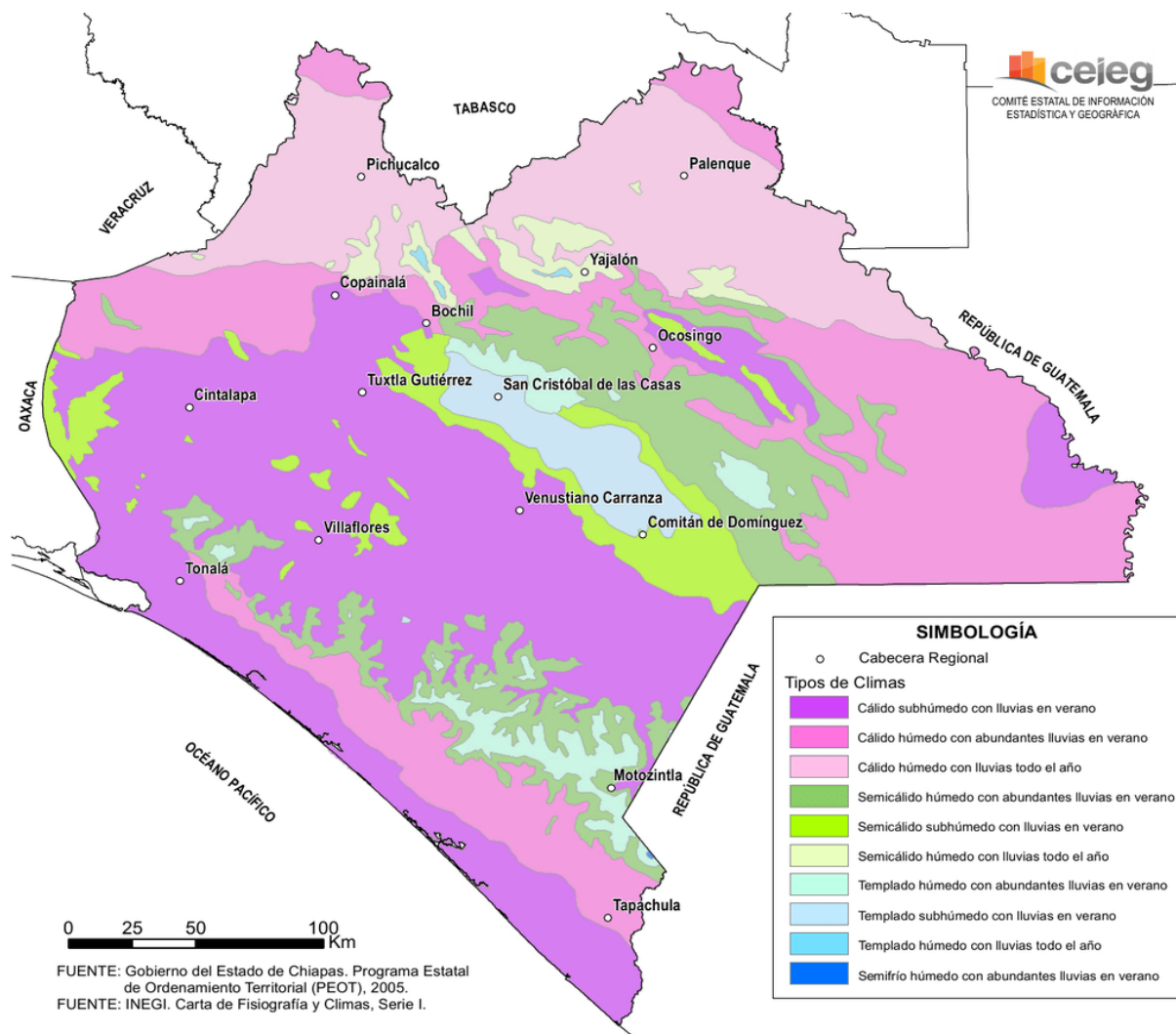


Figura 5. Tipos de clima en el estado de Chiapas (tomado de www.ceieg.chiapas.gob.mx).

Hidrografía. Chiapas se ubica en la región hidrológica número 30 Grijalva-Usumacinta, misma que comprende a los estados de Chiapas, Tabasco y parte de Oaxaca y Campeche. El estado también se encuentra incluido en la región número 23 Costa de Chiapas y en la región número 29 Coatzacoalcos (CONABIO, 2013). Con una superficie de 103573 km², la región hidrológica del Grijalva-Usumacinta, conformada por el río Grijalva y el Usumacinta, representa el 71% del territorio chiapaneco. Existe otra región hidrológica al sur del estado, conocida como Costa de Chiapas, la cual cubre una franja de 40 km de ancho aproximadamente e incluye la costa y parte de la Sierra Chiapaneca, sobre una superficie total de 10800 km² (CONABIO, 2013) (**Figura. 6**).

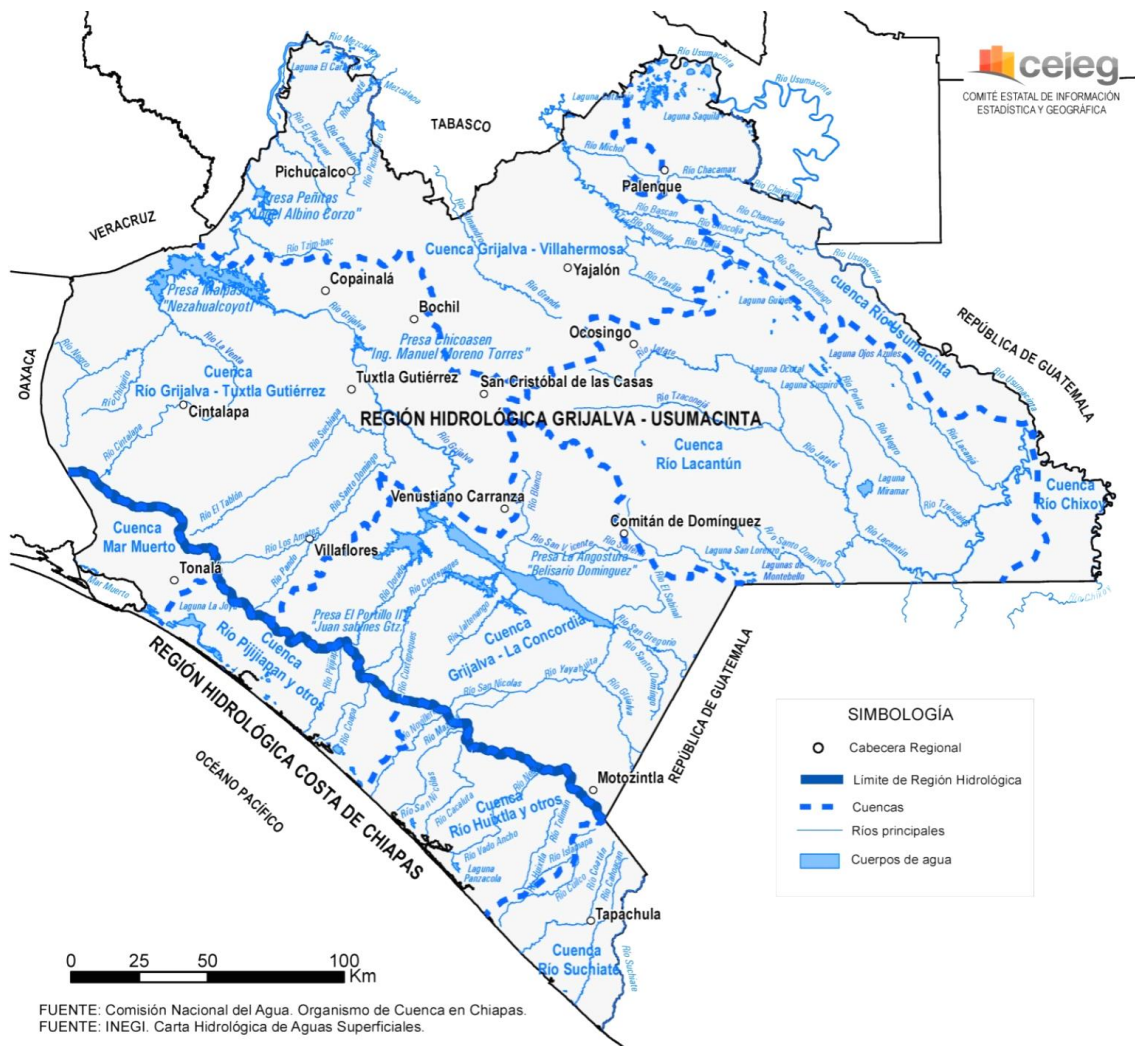


Figura 6. Hidrografía de Chiapas (tomado de www.ceieg.chiapas.gob.mx).

Tipos de vegetación. A lo largo del territorio chiapaneco se registran 17 tipos de vegetación señalados a continuación (CONABIO, 2013):

1. Bosque de encino. Es característico de zonas montañosas. La altura promedio del dosel es de 20 m y se presentan copas amplias e individuos dispersos. Predomina en la vertiente suroeste de Los Altos de Chiapas, específicamente en los municipios de Zinacantán, Bochil, Totolapa, Tzimol, Comitán, La Trinitaria y, marginalmente, en la vertiente de la Sierra Madre de Chiapas.
2. Bosque de pino. Se encuentra en suelos poco profundos a lo largo de algunos filos y crestas expuestos a los vientos; se seca en los meses menos húmedos. Ubicado en La Sierra de Chiapas en la vertiente exterior hacia el océano Pacífico, en los municipios de Zinacantán, Huixtla, Chanal y, de forma marginal, en Jitotol, Las Margaritas, Altamirano, Ocosingo, y otros de los Altos de Chiapas.
3. Bosque de pino-encino. Predominante entre los 1300 y 2500 msnm de altitud, en donde el dosel alcanza una altura entre los 20 y 40 m. Este tipo de vegetación abarca la vertiente interior de la Sierra de Chiapas, principalmente en los municipios de Cintalapa, Chicomuselo y Siltepec; en los Altos de Chiapas, en las estribaciones de la Selva Lacandona por los municipios de Ocosingo y Altamirano.
4. Bosque mesófilo de montaña. Con alta humedad atmosférica, se caracteriza por ser un bosque denso de hasta 35 m de altura. Se encuentra en la vertiente septentrional del Macizo Central y en ambos declives de la Sierra de Chiapas.
5. Chaparral. Es una asociación de árboles esclerófilos de 1 a 4 m de alto, generalmente resistentes al fuego. Se desarrolla sobre suelos pocos fértiles

y de textura granular, con clima semicálido, así como en los templados subhúmedos. Se ubica en los municipios de Las Margaritas y Comitán de forma marginal.

6. Manglar. Es una formación leñosa densa frecuentemente arbustiva o arborescente de hasta 20 m de altura. Los manglares se ubican en casi toda la línea de la costa del estado, desde el sistema lagunar Mar Muerto en el municipio de Arriaga hasta el municipio de Suchiate cerca de la frontera con la República de Guatemala, y presenta una mayor proporción en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola que comprende los municipios de Mapastepec, Acapetahua y Villa Comaltitlán.
7. Palmar. Las palmas alcanzan entre 20 y 40 m y se encuentran en pequeños manchones en los municipios de Tzimol y Benemérito de Las Américas.
8. Pastizal. Son comunidades donde el papel preponderante corresponde a la familia *Poaceae* y el pasto puede alcanzar alturas de hasta 60 cm. Se presenta en grandes extensiones en la costa de Chiapas, piedemonte de la Sierra de Chiapas al sur, en la Llanura costera del Golfo al norte, en la subregión Cañadas en la Selva Lacandona al oriente y, muy particularmente, en los municipios de Marqués de Comillas y Benemérito de las Américas y en la Depresión Central en la parte centro-oriente, entre los 0 y 1000 msnm y de manera marginal en casi todo el estado.
9. Popal y Tular. Son comunidades propias de lugares pantanosos, formadas por plantas herbáceas, flotantes, son masas densas en la superficie de los cuerpos de agua que cubren. Se caracterizan por su abundancia de monocotiledóneas de 1 a 3 m. Se ubican al sur del estado en la parte inundable de los municipios Masapastepec, Acapetahua, Villa Comaltitlán y Mazatán.

10. Pradera de montaña. La forman comunidades de pocos centímetros de altura, con aspecto cespitoso (pradera de montaña), amacollado (zacatonal) o arrosado, localizado arriba de los 3500 msnm, después del límite altitudinal de la vegetación arbórea. Su distribución está restringida a una pequeña parte en las laderas del volcán Tacaná. El suelo deriva de rocas volcánicas, frecuentemente de arenas o cenizas, es de textura generalmente ligera, reacción algo ácida, y presenta contenido elevado de materia orgánica y húmeda durante la mayor parte del año, al menos en las capas profundas.
11. Sabana. Son pastizales naturales con pequeños árboles espaciados que, por lo general, no rebasan alturas mayores de 20 m. Cubre pequeñas extensiones al norte del estado en la Depresión Central y el centro de Chiapas en el municipio de Ocozocoautla.
12. Selva alta perenifolia. Se caracteriza por un dosel superior a los 30 m y con árboles emergentes que pueden medir hasta 50 m. Se distribuye en altitudes entre los 0 y 1500 msnm. Ubicada en la parte centro y noroeste de la Selva Lacandona.
13. Selva mediana perennifolia. Se presenta a menos de 1000 msnm, en la Sierra Madre de Chiapas, cerca del volcán Tacaná y en los municipios de Cintalapa, Ocozocoautla, Berriozábal, San Fernando, así como al norte de Huituipan, Simojovel y Francisco León, entre otros.
14. Selva baja espinosa. Su distribución vertical va de 0 a 2200 msnm. Los suelos en donde por lo regular crece son más o menos arcillosos, con materia orgánica abundante. Estas selvas miden entre 8 y 10 m de alto. La mayor parte de las comunidades que se encuentran son caducifolias; se presenta en los municipios de Pijijiapan y Chicomuselo.

15. Selva baja perenifolia y subperenifolia. Se desarrolla bajo la influencia de climas cálido-húmedos y subhúmedos, bajo condiciones de inundación permanente. Se le puede encontrar entre 1400 y 1900 msnm. El estrato arbóreo está constituido por individuos con altura promedio de 7 m. Se presenta al norte en el municipio de Juárez, en pequeñas partes de Ocosingo, y en la Sierra Madre de Chiapas.
16. Selva baja caducifolia y subcaducifolia. Es una asociación vegetal diversa donde la altura media de los árboles es menor a 15 m; las especies que la constituyen pierden por completo sus hojas en la temporada de sequía, lo que crea un paisaje desolado donde predominan los tonos pardos y amarillentos. Se distribuye más comúnmente por debajo de los 1500 msnm. Se presenta principalmente en la Depresión Central de Chiapas y vertiente interior de la Sierra de Chiapas.
17. Selva mediana caducifolia y subcaducifolia. Se localiza entre los 150 y 1250 msnm. Este tipo de selva presenta árboles cuya altura máxima oscila entre 15 y 30 m. La cobertura puede ser tan densa en los meses de lluvia, que disminuye la incidencia de la luz solar en el suelo. Se localiza en los municipios de Cintalapa y la Concordia, además de Arriaga y Tonalá.

Áreas Naturales Protegidas (ANP) en el estado de Chiapas

De acuerdo con la CONABIO (2013) Chiapas es uno de los estados de la República Mexicana con mayor cantidad de Áreas Naturales Protegidas, comprendiendo una superficie de 1 353 545 ha, correspondientes a 18.4% del territorio estatal; de éstas, 18 ANP son de carácter federal y son administradas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y 24 ANP son de carácter estatal, las cuales son atendidas por el Gobierno del estado de Chiapas, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y la Vivienda. Esto contrasta con lo publicado por el Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica (CEIEG) del estado de Chiapas, donde en un mapa de ANP mencionan que el estado de Chiapas cuenta con 25 ANP estatales, 24 ANP federales y 6 áreas bajo otras modalidades de conservación.

El mapa de la **Figura 7** muestra las Áreas Naturales Protegidas (ANP) que se encuentran en el estado de Chiapas, en que municipio están ubicadas así como el nombre de las mismas y la categoría. En el mapa se indican tanto las ANP estatales como las federales, además de otras modalidades de conservación.



Figura 7. Mapa de Áreas Naturales Protegidas (ANP) del estado de Chiapas (tomado de www.ceieg.chiapas.gob.mx)

Revisión de material de herbario

Para sistematizar el conocimiento de *Quercus* en Chiapas, se revisaron los ejemplares herborizados de las especies correspondientes al género *Quercus* colectadas en el estado de Chiapas y depositados en los herbarios MEXU (Herbario Nacional de México), FCME (Herbario de la Facultad de Ciencias de la UNAM), CHIP (Herbario del Instituto de Historia Natural y Ecología; en donde fueron depositadas la mayor cantidad de las colectas de Breedlove de mediados de los años 80's), ECO_S-H (herbario de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal de las Casas) y HEM (herbario Eizi Matuda de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas). La determinación de los ejemplares de herbario fue corroborada o en su caso corregida con claves y descripciones.

Una vez depurada la información de los ejemplares revisados, se elaboró una base de datos (1223 registros) en Access 2007 enfatizando en la búsqueda y georreferencia de las localidades en donde fueron colectados los ejemplares. Posteriormente, mediante el software Google Earth Pro (Google, 2018) y el catálogo de localidades de INEGI (2015) se cotejaron las georreferencias de las colectas y se les asignó coordenadas a aquellos ejemplares que solamente contaban con la localidad y asimismo se eliminaron aquellos registros repetidos. La curación de los ejemplares de herbario y la depuración de la base de datos permitió determinar el número total de especies (38) y ejemplares para el estado y el número de especies por Unidades Geográficas Operacionales (OGU's) (en inglés "Operative Geographic Units") (en la parte de División de la zona de estudio se describe como fueron determinadas las OGU's) y construir una matriz de presencia-ausencia, que se codificó asignándole el 1 a las presencias y 0 a las ausencias, dicha matriz se empleó en análisis posteriores. Las OGU's son cuadros de tamaño regular, ya que permiten obtener unidades con áreas de igual tamaño. Esto permite que su comparación en cuanto el número de especies sea más válida que entre áreas de diferentes tamaños, pues en general, el número de especies aumenta con el tamaño del área (Murguía y Rojas, 2001)

Los valores de altitud para cada registro también se revisaron y se hizo una base de datos con la altitud mínima y la máxima para cada especie. Y con estos datos se hizo una gráfica de altitud para cada sección *Quercus* y *Lobatae*.

División de la zona de estudio

Con la finalidad de obtener unidades de tamaño similar, la zona de estudio se dividió en una cuadrícula. El tamaño de la gradilla se determinó siguiendo las recomendaciones de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), la cual menciona que el tamaño de la celda sea del 10% de la distancia total de los puntos extremos conocidos para esa especie. Se tomó el 10% de la distancia extrema de cada una de las especies bajo análisis y se obtuvo el valor de la mediana para determinar el tamaño de celda siendo este de 22.26 x 22.26 km². Estos datos fueron utilizados posteriormente para calcular la riqueza y analizar si existe una posible regionalización en el estado (Morales Saldaña, 2017 y Vargas-Amado et al., 2013).

Curva de acumulación de especies

Se construyó una curva de acumulación de especies con el objetivo de conocer el porcentaje de conocimiento de la riqueza del género *Quercus* en Chiapas. La cuadrícula resultante o el número de OGU's fue considerado como el esfuerzo de muestreo, es decir, para cada cuadro se determinó cuántas y cuáles especies se encontraban y con esto hacer una matriz de presencia-ausencia en Excel 2013. Posteriormente la matriz se exportó en el programa *Estimates 9.1.0* (Colwell, 2013) con el que se obtuvo el índice Chao 1 y se graficó para obtener la curva de acumulación de especies. Con base en la curva resultante se estimó el número de especies que aún faltan por muestrear en la zona de estudio. Los datos se ajustaron bajo la fórmula de la ecuación de Clench siendo el modelo más utilizado y que ha demostrado un buen ajuste en la mayoría de las situaciones reales y para con la mayoría de los taxones (Jiménez y Hortal, 2003).

Mapa de proyección de puntos

En este trabajo se utilizó “QGIS Desktop 2.18.4” para poder generar los mapas de distribución y riqueza, así como de una probable regionalización de la zona.

Análisis altitudinal de las especies

El análisis altitudinal de las especies se realizó con base en los valores de altitud para cada especie registrados en la base de datos; de los cuales se obtuvo una gráfica de caja y bigote. Para evidenciar las diferencias altitudinales existentes entre los encinos rojos (sección *Lobatae*) y los encinos blancos (sección *Quercus*).

Para comparar las altitudes entre secciones *Lobatae*, *Quercus* y *Virentes*, se hizo un análisis de varianza de un factor, para así poder identificar si estadísticamente existen diferencias significativas entre las secciones mencionadas del género *Quercus*.

Análisis de riqueza

El análisis de riqueza se hizo tomando la base de datos de Access 2007 (Encinos de Chiapas) con los registros de cada especie, para posteriormente exportarse al programa QGIS Desktop 2.18.4, en donde una vez que se tuvieron los registros mapeados se procedió a contar las especies que se encuentran dentro de los límites de cada una de las celdas, siendo este número la riqueza.

Regionalización de la zona

Las celdas sin registros de colecta de encinos fueron eliminadas, posteriormente se contabilizó el número de especies de cada celda y se obtuvo el valor del segundo cuartil (Q_2), debido a que este valor representa la mediana del conjunto de datos y está dado por el programa estadístico de Excel 2013, el valor obtenido fue 4. Enseguida, se fusionaron de manera latitudinal con su celda vecina, y si no la hubiese, longitudinalmente, a aquellas OGU's que no contaran con al menos 4 especies dentro de sus límites (valor de Q_2), teniendo como finalidad

eliminar la mayor cantidad de *outliers* presentes en el dendograma. Dicha fusión ocasiono un rearrreglo de OGU's. Posteriormente se construyó una matriz de datos de presencia y ausencia en donde las columnas de la matriz contienen los OGU's y las filas las especies.

La matriz de similitud se obtuvo a partir de la matriz básica de datos empleando el módulo Similarity del programa NTSYSpc 2.11T (Rohlf, 2004), utilizando el índice de Sorensen-Dice. Posteriormente se realizó un agrupamiento jerárquico (SAHN) utilizando el algoritmo UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) (Sokal y Michener, 1958).

RESULTADOS

Diversidad

En los 1223 registros obtenidos de la revisión de herbarios y la depuración de la información, están representadas 38 especies de encinos para el estado de Chiapas, 22 de la sección *Lobatae*, 15 de la sección *Quercus* y una de la sección *Virentes* (**Tabla 2**). Estas especies representan el 23% de la diversidad de *Quercus* conocida para México. De las 38 especies, 9 son endémicas para México (5 pertenecen a la sección *Lobatae* y 4 a la sección *Quercus*); y no se encontraron endemismos para el estado.

Tabla 2. Lista de las especies de encinos en el estado de Chiapas, divididas por secciones *Lobatae* (encinos rojos), *Quercus* (encinos blancos) y *Virentes*. El asterisco (*) después del nombre señala que la especie es endémica de México. La cruz (+) indica las especies que se comparten con el listado presentado por Breedlove (1986). Grado de amenaza de acuerdo a la (1) IUCN (<https://www.iucnredlist.org>). (2) The Red List of Mexican Cloud Forest Trees (González-Espinosa et al., 2011). MP: menor preocupación; VU: vulnerable; CA: casi amenazado; DD: datos deficientes; EN: en peligro de extinción; PC: peligro crítico; NR: no registrada.

<i>Sección Lobatae</i>	1	2	<i>Sección Quercus</i>	1	2
<i>Q. acatenangensis</i> Trel.	MP	NR	<i>Q. bumelioides</i> Liebm. +	MP	NR
<i>Q. acutifolia</i> Née. +	VU	NR	<i>Q. corrugata</i> Hook et Arn. +	MP	EN
<i>Q. benthamii</i> A.DC +	CA	EN	<i>Q. glaucescens</i> Humb. Et Bonpl. *	NE	NR
<i>Q. breedlovena</i> Nixon & Barrie. *	NR	NR	<i>Q. insignis</i> M.Martnes et Galeotti.+	EN	PC
<i>Q. calophylla</i> Schltld. Et Cham. +	MP	VU	<i>Q. lancifolia</i> Cham. et Schltld.	MP	CA
<i>Q. crassifolia</i> Humb. Et Bonpl. +	MP	NR	<i>Q. magnolifolia</i> Née.	MP	NR
<i>Q. crassipes</i> Humb. Et Bonpl. *	MP	NR	<i>Q. peduncularis</i> Née.+	MP	NR
<i>Q. crispifolia</i> Trel.	NR	NR	<i>Q. pilarius</i> Trel.	NE	NR
<i>Q. crispipilis</i> Trel. +	NR	VU	<i>Q. polymorpha</i> Schltld. Et Cham. +	MP	EN
<i>Q. dysophylla</i> Benth. *	NR	NR	<i>Q. purulhana</i> Trel.	VU	NR
<i>Q. elliptica</i> Née. +	MP	VU	<i>Q. rugosa</i> Née. +	MP	NR
<i>Q. guillemi-trelease</i> C.H. Müll.	DD	NR	<i>Q. sebifera</i> Trel. + *	MP	NR
<i>Q. laurina</i> Humb. Et Bonpl. +	MP	NR	<i>Q. segoviensis</i> Liebm. +	MP	VU
<i>Q. paxtalensis</i> C.H. Müll. + *	DD	PC	<i>Q. toxicodendrifolia</i> Trel. *	NE	NR
<i>Q. salicifolia</i> Née.	MP	NR	<i>Q. vicentensis</i> Trel. +	NE	NR
<i>Q. sapotifolia</i> Liebm. +	MP	VU			
<i>Q. scytophylla</i> Liebm. + *	MP	NR			

<i>Q. semmannii</i> Liebm.	NR	NR	Sección <i>Virentes</i>		
<i>Q. skinneri</i> Benth. +	VU	PC	<i>Q. oleoides</i> Schltldl. Et Cham. +	CA	NR
<i>Q. trinitatis</i> Trel.	DD	EN			
<i>Q. tristis</i> Liebm.	NR	NR			
<i>Q. xalapensis</i> Humb. Et Bonpl.+	MP	PC			

Las 38 especies de encinos para Chiapas documentadas en este estudio, equivalen al 75% de las estimadas y superan por 11 especies la propuesta anterior de Breedlove (1986) y de González y Ramírez, (2013) que enlistan 27 especies de encinos para Chiapas. Sin embargo, el análisis de acumulación de especies (**Figura 8**), señala que potencialmente podrían existir 45 especies en el estado de Chiapas, una cifra que de acuerdo con Sabás-Rosales (2011) es la misma representada en el estado de San Luis Potosí para el mismo género.

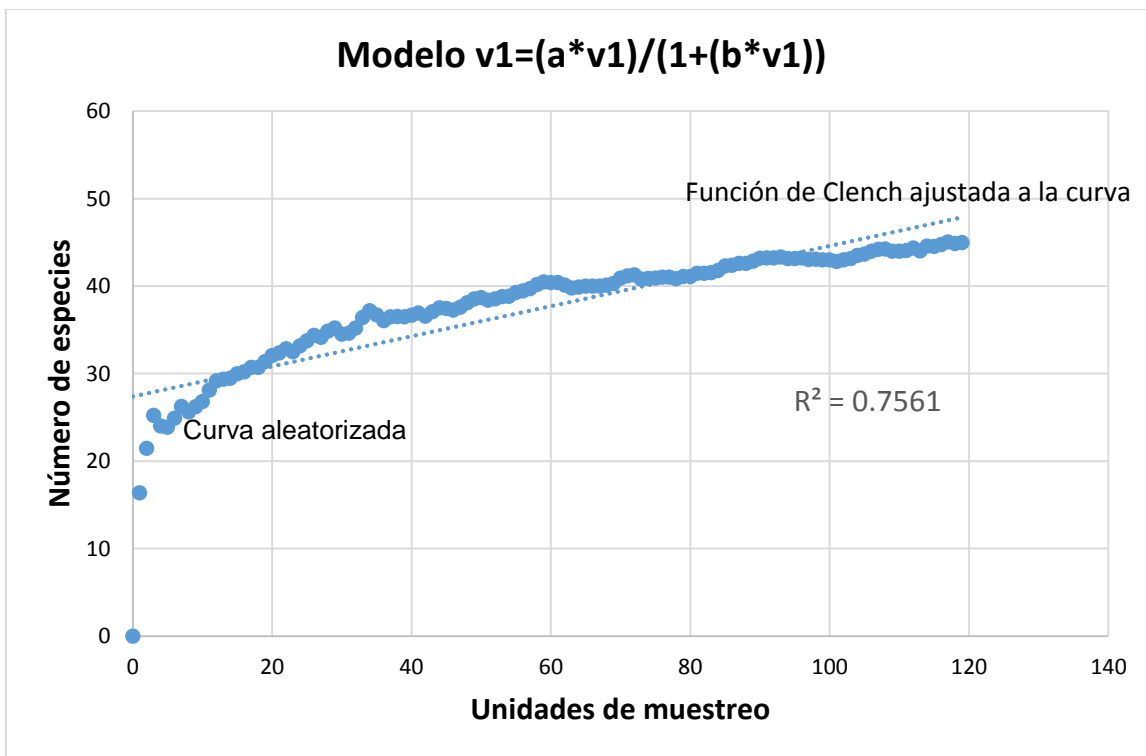


Figura 8. Curva de acumulación de especies calculada con el índice de Chao1 ajustada a la ecuación de Clench. Donde a (valor de acuerdo al índice de completitud)= 0.84 y b (ordenada a la pendiente)= 0.17. La ecuación de Clench ($Sobs/(a/b)=38/(0.84/0.17)=7.6 \cdot 10=76\%$)

Esta cifra de 38 especies de encinos ubica al estado de Chiapas en el octavo lugar de riqueza de encinos a nivel nacional, después de Oaxaca, Jalisco, Durango, San Luis Potosí, Puebla, Hidalgo y Veracruz (ver **Tabla 1**) (Valencia, 2004), y es cercano a las 40 especies señaladas por Nixon (2006) para todo Centroamérica.

De acuerdo con Oldfield y Eastwood (2007) en Chiapas las especies que se encuentran en “La Lista Roja de Encinos” son; *Q. xalapensis*, *Q. benthamii* en la categoría de Vulnerable (VU); *Q. polymorpha*, *Q. crispifolia*, *Q. bumelioides* y *Q. guillemi-trelease*, están en la categoría de Casi Amenazadas (CA).

La Tabla 2 muestra los grados de amenaza de acuerdo con González-Espinosa et al., (2011). Para la sección *Lobatae* (encinos rojos) está publicación incluye a *Q. benthamii* y *Q. trinitatis* en peligro de extinción (EN) al igual que *Q. corrugata* y *Q. polymorpha* pertenecientes a la sección *Quercus* (encinos blancos). En la categoría de peligro crítico (PC) están *Q. paxtalensis*, *Q. skinneri* y *Q. xalapensis* de la sección *Lobatae* (encinos rojos) y de la sección *Quercus* (encinos blancos) *Q. insignis*. En la categoría de casi amenazada (CA) esta *Q. lancifolia* (encinos blancos) y vulnerables (VU) son *Q. calophylla*, *Q. crispipilis*, *Q. elliptica*, *Q. sapotifolia* (encinos rojos) y *Q. segoviensis* (sección *Quercus*). Las demás especies encontradas en esta lista no están registradas (NR).

La misma tabla, muestra el grado de amenaza de acuerdo con la UICN, en ésta solo *Q. insignis* está señalada en peligro de extinción (EN); como vulnerables (VU) están *Q. acutifolia*, *Q. skinneri* y *Q. purulhana*, las especies restantes en la lista están categorizadas como de menor preocupación (MP), con datos deficientes (DD) o simplemente no se encuentran registradas. *Quercus oleoides* de la sección *Virentes* se encuentra casi amenazada (CA) de acuerdo con la UICN, en tanto que “The Red List of Mexican Cloud Forest Trees” (González-Espinosa et al., 2011) no la incluye.

Una comparación entre los estados de la república mexicana con base en las especies de encinos que albergan, muestra que Chiapas tiene una mayor similitud

con el estado de Oaxaca y estos a su vez con los estados de Hidalgo, Puebla, Veracruz y San Luis Potosí (**Figura 9**).

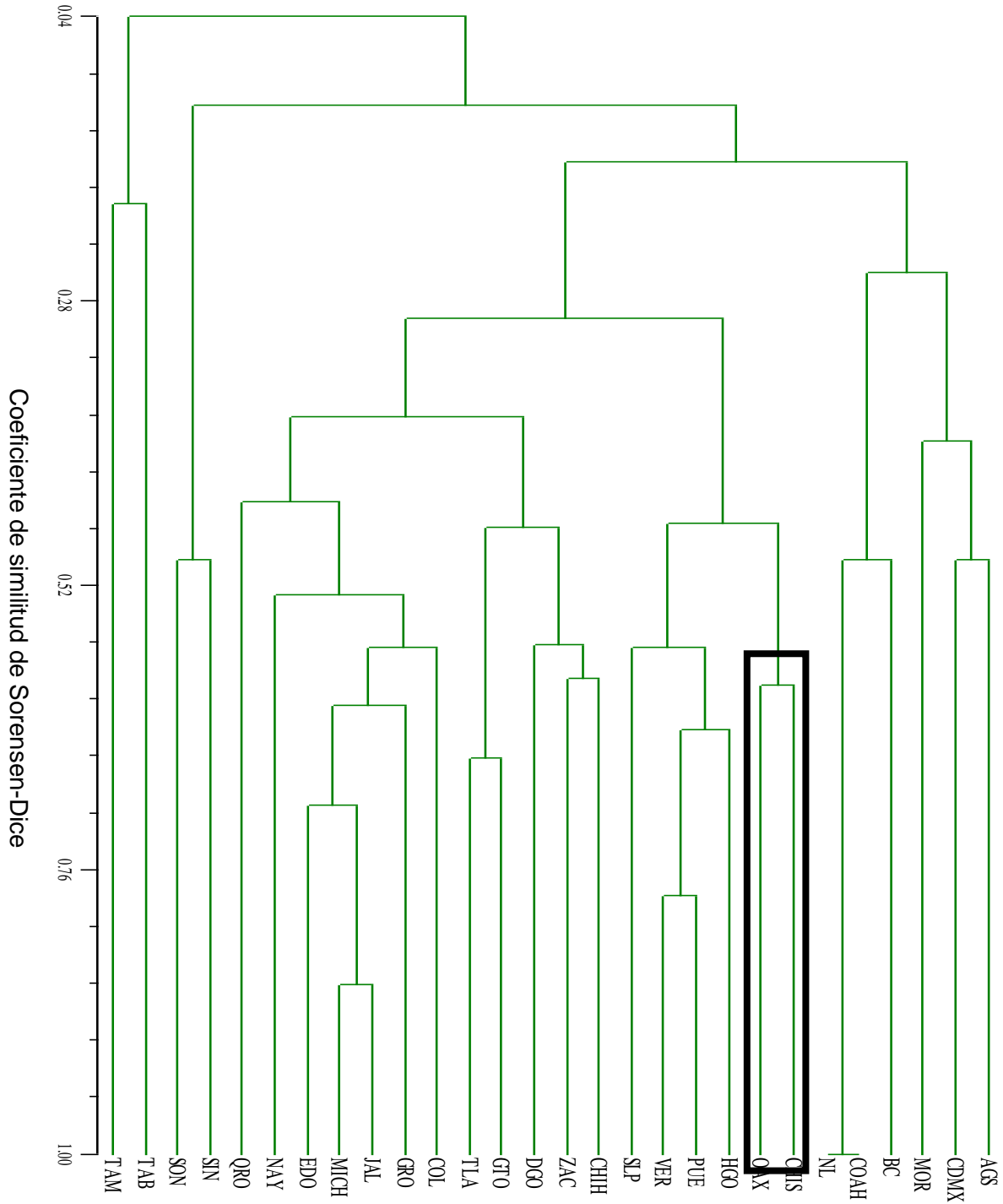


Figura 9. Dendrograma de similitud de la riqueza de encinos de Chiapas en comparación con otros estados de la República Mexicana. Coeficiente de similitud Sorensen-Dice. Método de agrupamiento UPGMA.

El número de ejemplares de herbario por especie de encinos en este análisis muestra que hay especies que están muy bien representadas como es el caso de *Q. peduncularis*, *Q. segoviensis* y *Q. acutifolia* que tienen más de 100 registros cada una, además de que se encuentran ampliamente distribuidas en número de OGU's (60, 40 y 46 respectivamente). En contra parte otras especies como *Q. bumelioides*, *Q. glaucescens*, *Q. gulielmi-trelease*, *Q. pilarius*, *Q. salicifolia*, *Q. scytophylla* y *Q. toxicodendrifolia*, solo cuentan con un registro, mientras que la mitad de las especies cuentan con más de 20 colectas en el estado (**Figura 10**).

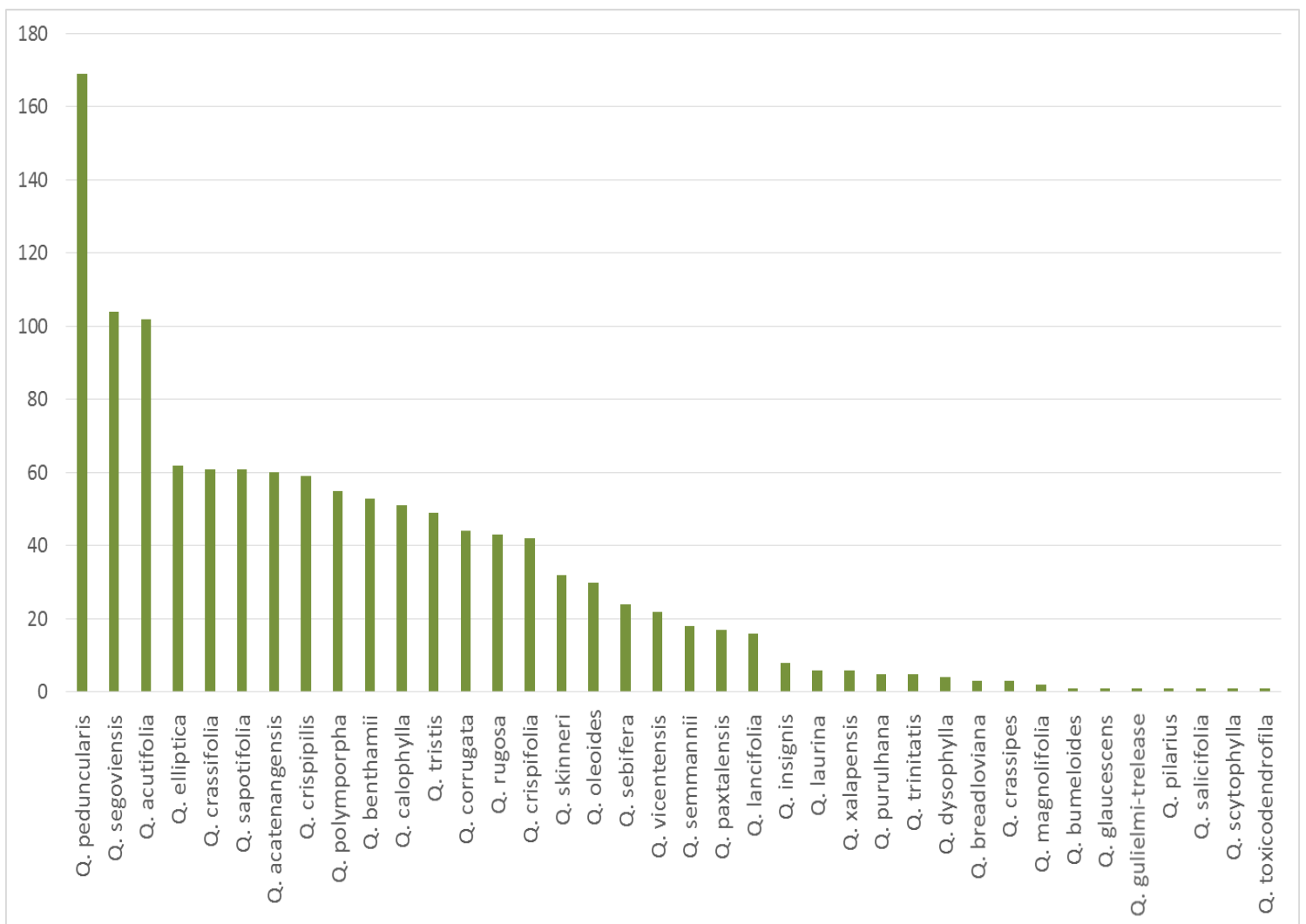


Figura 10. Gráfica de número de registros por especie.

Distribución altitudinal

Las especies del género *Quercus* en el estado de Chiapas se distribuyen desde el nivel del mar (*Quercus oleoides*), hasta los 3200 msnm (*Q. acutifolia*, *Q. benthamii* y *Q. crassifolia*). Los encinos de la sección *Lobatae* (encinos rojos) son los que alcanzan mayores altitudes; algunas especies como *Q. acutifolia*, *Q. benthamii* y *Q. crassifolia* sobrepasan los 3000 msnm de altitud; mientras que *Q. crispifolia* tiene un rango altitudinal que va de los 200 msnm hasta los 2400 msnm. La especie *Q. acutifolia* es la que tiene una mayor amplitud en su intervalo altitudinal encontrándose de los 500 a 3200 msnm, seguido de *Q. crispifolia* (200 a 2400 msnm), por último esta *Q. tristis* (900 a los 2300 msnm). Las especies con un intervalo altitudinal restringido son *Q. breedloveana* (1400 a 2200 msnm), *Q. crassipes* (1900 a 2300 msnm), *Q. dysophylla* (2200 a 2500 msnm), *Q. laurina* (1900 a 2400 msnm) y *Q. xalapensis* (1000 a 2500 msnm). Algunas especies registran rangos altitudinales muy estrechos como *Q. guillemi-trelease*, *Q. salicifolia* y *Q. scytophylla*, y éstas sólo cuentan con un solo registro en la zona de estudio (**Figura 11**).

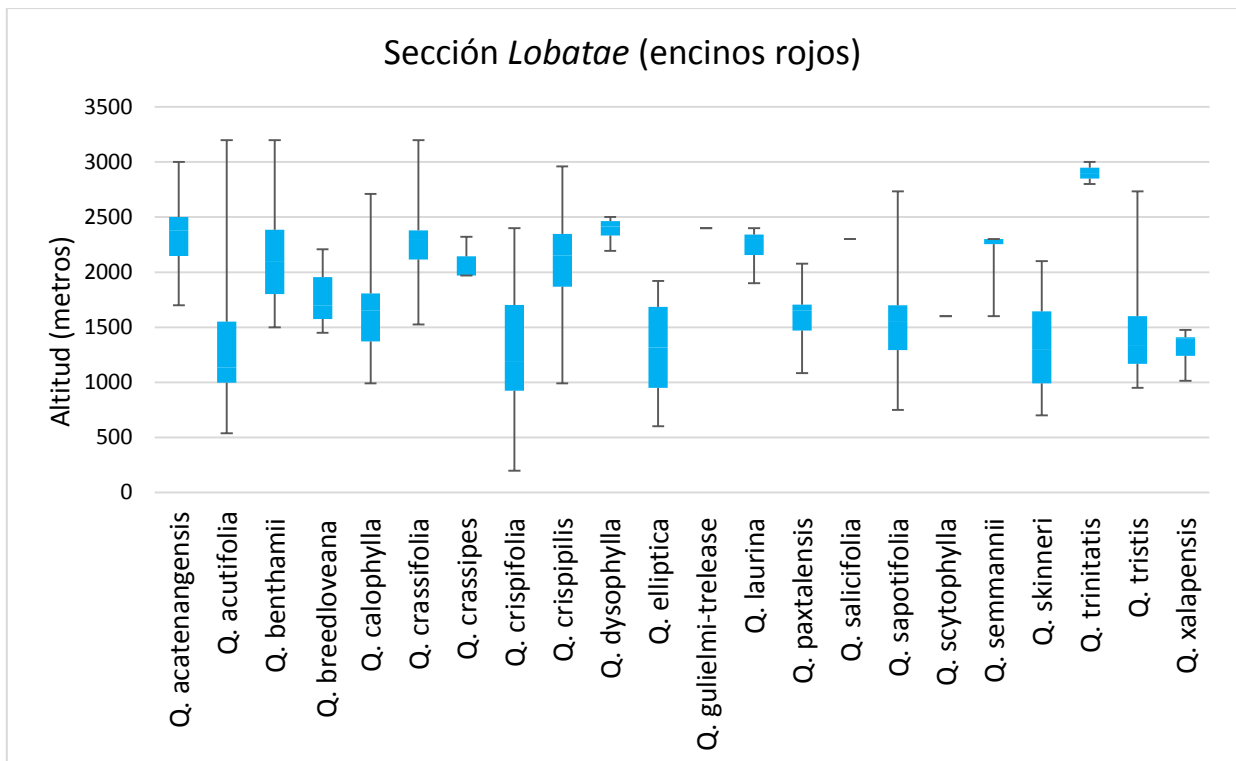


Figura 11. Gráfica de caja y bigote con los intervalos de variación altitudinal para las especies de encinos de la sección *Lobatae* (encinos rojos).

En la sección *Quercus* (encinos blancos), las especies que alcanzan mayores altitudes son *Q. magnoliifolia* (1600 a 2900 msnm), *Q. rugosa* (1200 a 3000 msnm) y *Q. toxicodendrifolia* (1900 a 3100 msnm), mientras que las que presentan un intervalo altitudinal más amplio son *Q. corrugata* (500 a 1800 msnm), *Q. rugosa* (1200 a 3000 msnm) y *Q. segoviensis* (700 a 2100 msnm). Por otro lado las especies que se distribuyen a menor altitud son *Q. bumelioides* (200 a 800 msnm), *Q. corrugata* (500 a 1800 msnm), *Q. peduncularis* (500 a 1600 msnm) y *Q. polymorpha* (400 a 1600 msnm), y con un intervalo altitudinal restringido se encuentran *Q. glaucescens* (900 a 1000 msnm), *Q. insignis* (1800 a 2100 msnm) y *Q. vicentensis* (1000 a 1700 msnm) (**Figura 12**).

De la sección *Virentes*, la única especie que se encuentra en Chiapas es *Q. oleoides*, y su rango de distribución altitudinal va de los 4 a 1000 msnm (**Figura 12**).

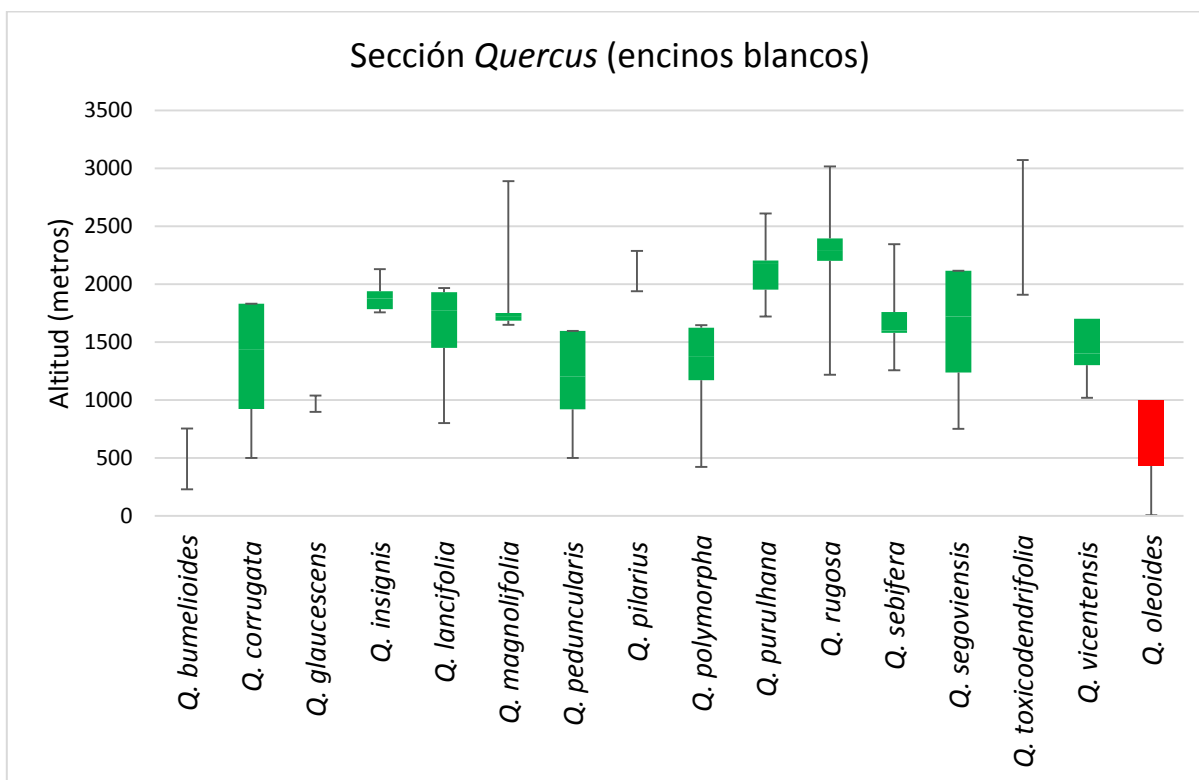


Figura 12. Gráfica de caja y bigote con los intervalos de variación altitudinal para la sección *Quercus* (encinos blancos, en color verde) y sección *Virentes* (*Q. oleoides*, en color rojo).

Análisis de varianza de un factor (ANOVA) comparando sección *Lobatae* (encinos rojos) vs sección *Quercus* (encinos blancos) vs sección *Virentes* (*Q. oleoides*)

Tabla 3. Análisis de varianza de un factor (ANOVA) para la sección *Lobatae* (encinos rojos) vs sección *Quercus* (encinos blancos) vs sección *Virentes* (*Q. oleoides*). Comparando los datos altitudinales entre las tres secciones.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR						
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Sección <i>Lobatae</i>	618	1067	1728.1	314234.3		
Sección <i>Quercus</i>	431	6566	1523.5	270501.2		
Sección <i>Virentes</i>	27	2154	797.8	199480.5		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	29475517.9	2	1473	50.14	0	3.004
Dentro de los grupos	3153	1073	293927.9			
Total	3448	1075				

La **Tabla 3** muestra los resultados del análisis de varianza de un factor (ANOVA) de una vía, en donde el valor numérico de F (calculada) es notablemente mayor que el valor crítico para F (valor de tablas), por lo tanto se demuestra que sí existen diferencias estadísticamente significativas entre las altitudes de las secciones *Lobatae*, *Quercus* y *Virentes*.

Distribución geográfica

La mayoría de las especies de encinos en Chiapas se distribuyen en las regiones montañosas de la Sierra de Chiapas y Guatemala y en la Cordillera Centroamericana; solamente *Q. oleoides* (sección *Virentes*) habita en la Llanura Costera del Golfo Sur, mientras que *Q. crispifolia* (sección *Lobatae*), *Q. segoviensis* (sección *Quercus*), *Q. peduncularis* (sección *Quercus*) y *Q. tristis* (sección *Lobatae*) también se encuentran en las tierras bajas de la vertiente del Pacífico (**Figura 13**).

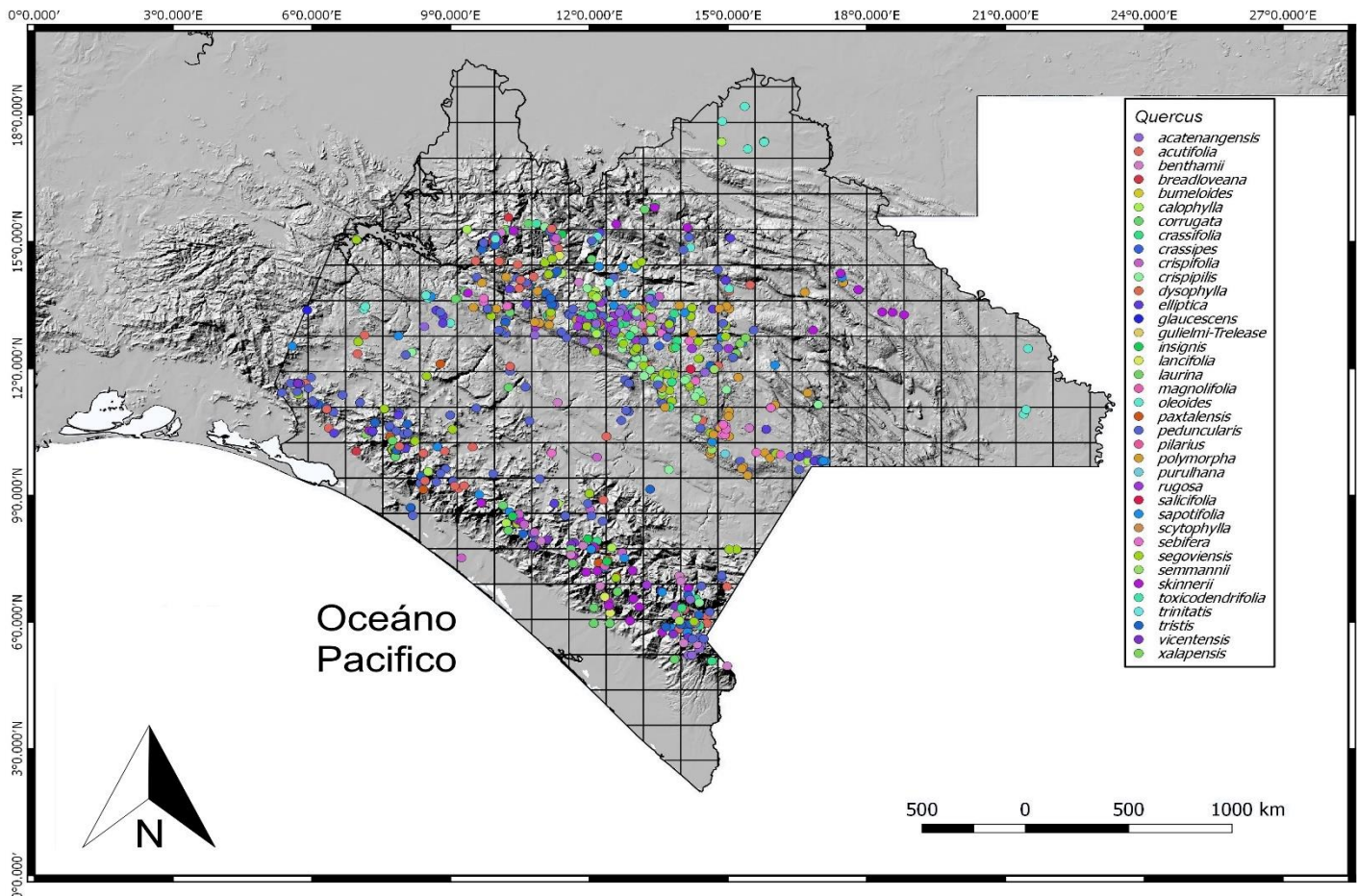


Figura 13. Distribución de las especies del Género *Quercus* en Chiapas.

El mapa de la **Figura 14** muestra las 273 OGU's (Unidades Geográficas Operacionales por sus siglas en español y Operational Geographic Units por sus siglas en inglés) en que fue dividida la zona de estudio, de las cuales, sólo 119 sí tienen colectas de encinos y 154 celdas no cuentan con ningún registro del género

Quercus. De las 154 celdas que no cuentan con registro, se encuentran ubicadas entre la Llanura Costera del Golfo, hacia la costa del Pacífico y en las partes bajas de la Sierra de Chiapas y Guatemala.

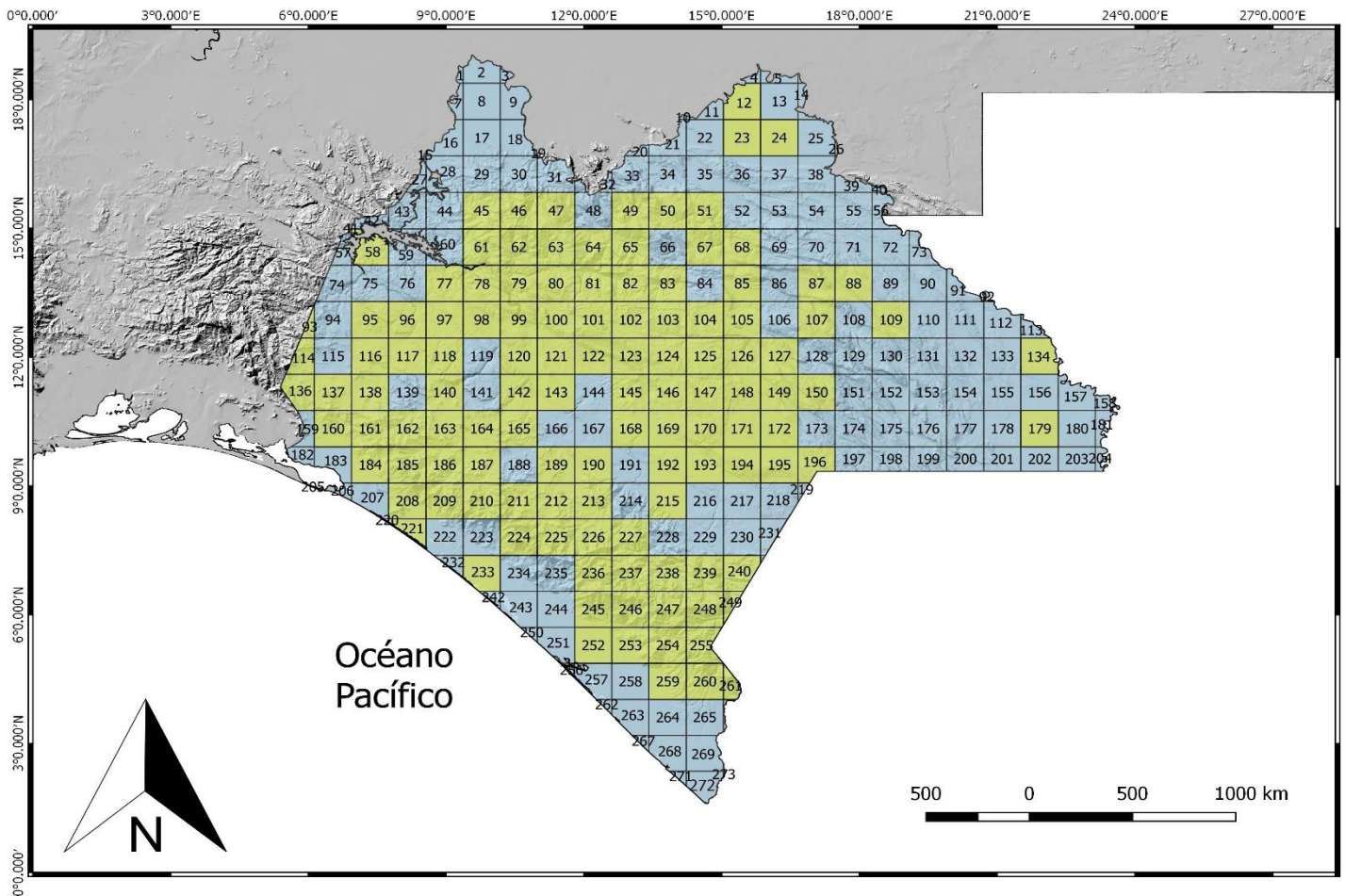


Figura 14. Representación de las 273 OGU's en las que se dividió la zona de estudio. Las celdas en color amarillo son en las que se registraron colectas de encinos, las azules no cuentan con ningún registro.

Riqueza y regionalización

La **Figura 15** muestra la riqueza de especies para la zona. La mayor diversidad específica se presenta en los OGU's ubicados en el norte de la Sierra de Chiapas y Guatemala y en el sur de la Cordillera Centroamericana cuya riqueza oscila entre 11 y 14 especies y 9 y 14 especies por OGU respectivamente. Las OGU's, 62 y 103 en la Sierra de Chiapas y Guatemala y la 255 en la Cordillera son las que alcanzan la mayor riqueza con 14 especies cada una. Por otro lado las OGU's que cuentan con la menor riqueza con 1 o 2 especies son las OGU's 12, 23, 24, 45, 49, 50, 134, 179, 221, 223 y 252, solo por mencionar algunas y se encuentran distribuidas entre la Llanura Costera del Golfo Sur, hacia la costa del Pacífico y en la zonas bajas de la Sierra de Chiapas y Guatemala.

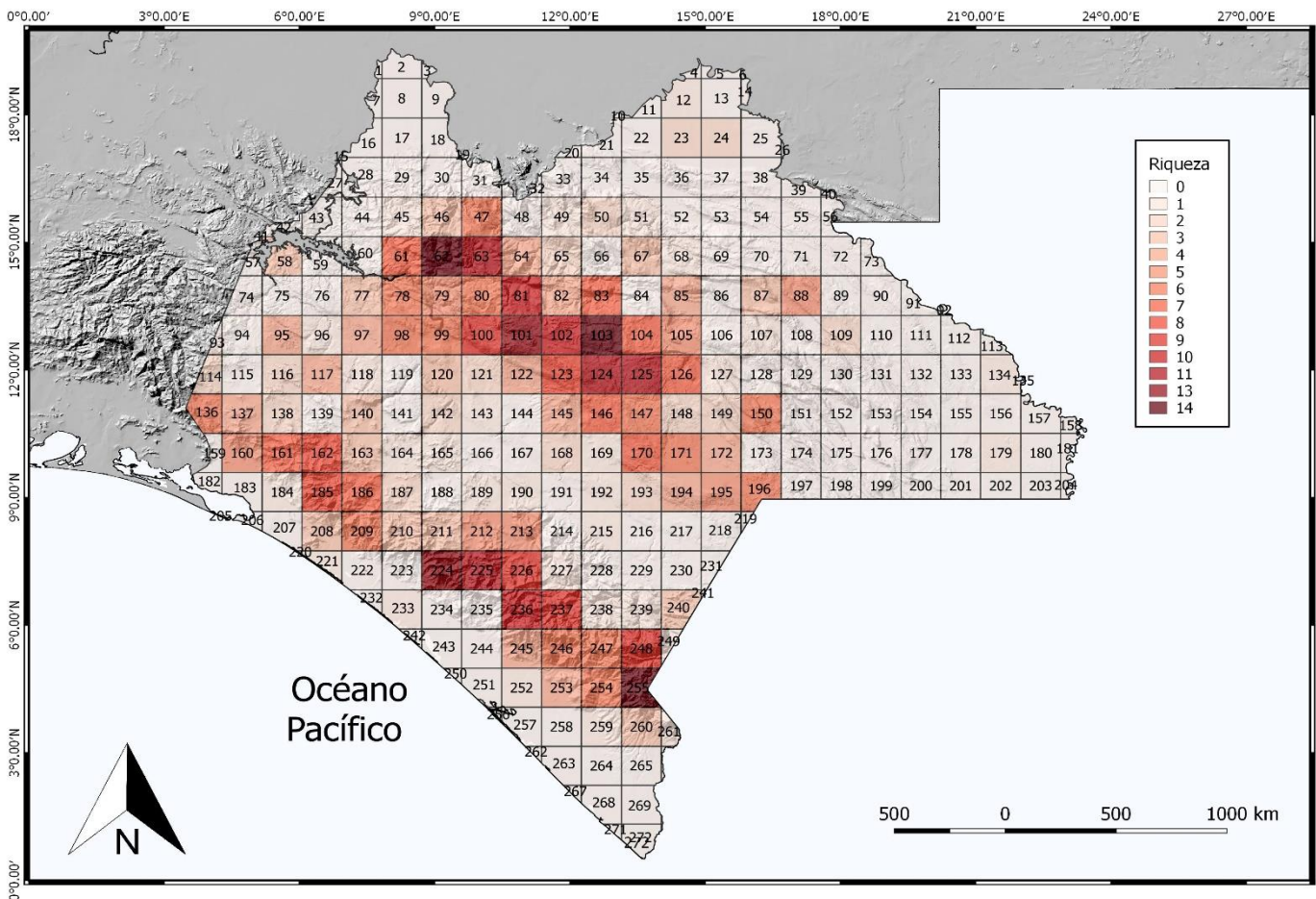


Figura 15. Riqueza de especies de Quercus en Chiapas.

Tabla 4. Riqueza de especies para cada OGU. La R=riqueza de especies.

OGU	R	OGU	R	OGU	R	OGU	R	OGU	R	OGU	R
12	1	80	6	109	2	145	4	186	7	227	1
23	2	81	10	114	2	146	7	187	2	233	1
24	2	82	4	116	2	147	6	189	1	236	10
45	1	83	7	117	4	148	2	190	1	237	9
46	3	85	4	118	1	149	2	192	1	238	1
47	6	87	3	120	3	150	6	193	2	239	1
49	1	88	5	121	2	160	5	194	4	240	3
50	2	93	1	122	4	161	7	195	5	245	4
51	1	95	4	123	8	162	8	196	6	246	6
58	3	96	1	124	11	163	3	208	3	247	6
61	7	97	4	125	11	164	1	209	6	248	9
62	14	98	6	126	7	165	1	210	3	249	1
63	11	99	6	127	1	168	2	211	3	252	1
64	4	100	9	134	1	169	1	212	5	253	4
65	2	101	13	136	6	170	7	213	5	254	6
67	3	102	10	137	4	171	6	215	1	255	14
68	1	103	14	138	2	172	4	221	1	259	1
77	3	104	7	140	3	179	1	224	13	260	3
78	6	105	5	142	2	184	1	225	11	261	1
79	5	107	1	143	1	185	8	226	9		

En la **Tabla 4** están registradas las OGU's que tienen por lo menos una especie dentro de sus límites, las OGU restantes que no cuentan con ninguna especie, no están registradas en la tabla.

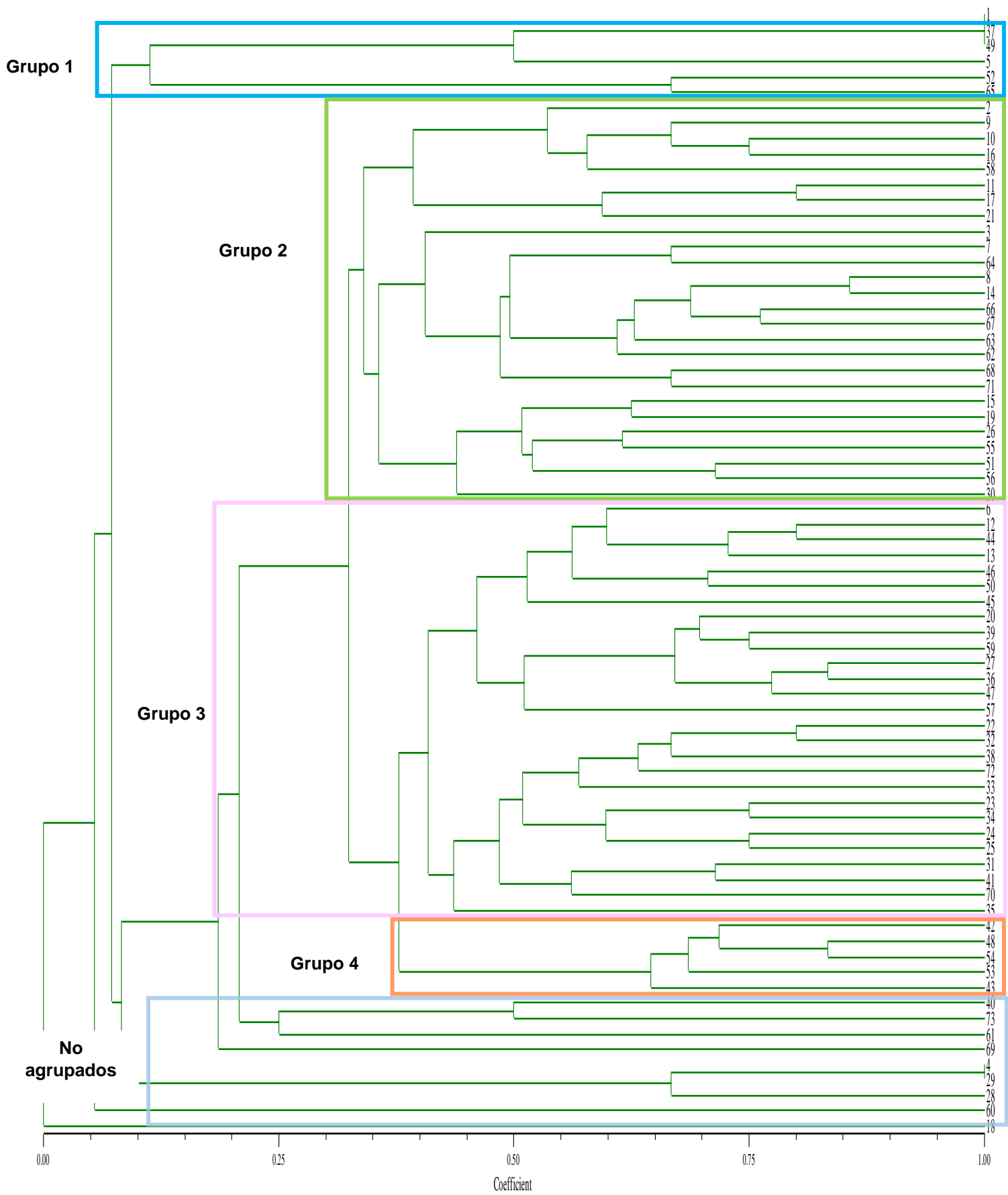


Figura 16. Dendrograma de las OGU's del estado de Chiapas.

La **Figura 16** muestra el dendograma obtenido del análisis de similitud entre las OGU's y la propuesta de regionalización con base en la distribución de las especies del género *Quercus*. Como se había comentado anteriormente, después de la división de la zona de estudio que resulto en 273 OGU's, las OGU's que cuentan con por lo menos un registro dentro de su área son 119, debido a que el dendograma obtenido con el programa NTSYSpc 2.11T en un principio era demasiado amplio y no era posible ver la similitud entre OGU's y hacer una posible regionalización. Se procedió a fusionar de manera latitudinal con su celda vecina, y si no la hubiese, longitudinalmente, aquellas OGU's que no contaran con al menos 4 especies dentro de sus límites (valor de Q_2), teniendo como finalidad eliminar la mayor cantidad de outliers presentes en el dendograma. Dicha fusión ocasiono un rearrreglo en 73 OGU's. Posteriormente se construyó una matriz de datos de presencia y ausencia donde las columnas de la matriz contienen los OGU's y las filas las especies.

El dendograma de la **Figura 16** muestra 4 grupos de OGU's relacionados, el grupo 1 tiene un índice de similitud del 0.12, el grupo 2 de 0.34, el grupo 3 de 0.41, el grupo 4 de 0.64 siendo este el grupo mejor relacionado y por último están las OGU's no agrupadas debido a que no tuvieron similitud con algún grupo, lo cual podría deberse a los sitios donde se encuentran distribuidas o que los individuos de las especies que se encuentran allí son menos frecuentes.

En el mapa de la **Figura 17** se observa la distribución de los grupos obtenidos en el dendograma de similitud de la **Figura 16**. En dicho mapa, no se observa un patrón de regionalización como tal dada por la distribución de las especies de *Quercus* en el estado de Chiapas. Las Unidades Geográficas Operacionales (OGU's) que conforman las ramas del grupo 1 están ubicadas en las orillas, probablemente porque las especies que se distribuyen en estas zonas son de distribución altitudinal restringida o de tierras bajas como es el caso de *Q. polymorpha*, *Q. bumelioides*, *Q. oloides* y *Q. crispifolia*. Por otro lado las OGU's de los grupos 2 y 3 presentan su principal distribución hacia el centro del país, mientras que en Chiapas se aglomeran más en los lugares con mayor altitud, aunque hay

algunas que también se descentralizan y se van a las orillas. El grupo 4 es el que tuvo un mayor índice de similitud y esto se ratifica en el mapa de regionalización, ubicándose en la Sierra de Chiapas y Guatemala en cuya zona las altitudes van de los 1000 a los 1500 msnm. Los OGU's que no están agrupadas, podría deberse a que las especies que se distribuyen en éstas, son raras o escasas.

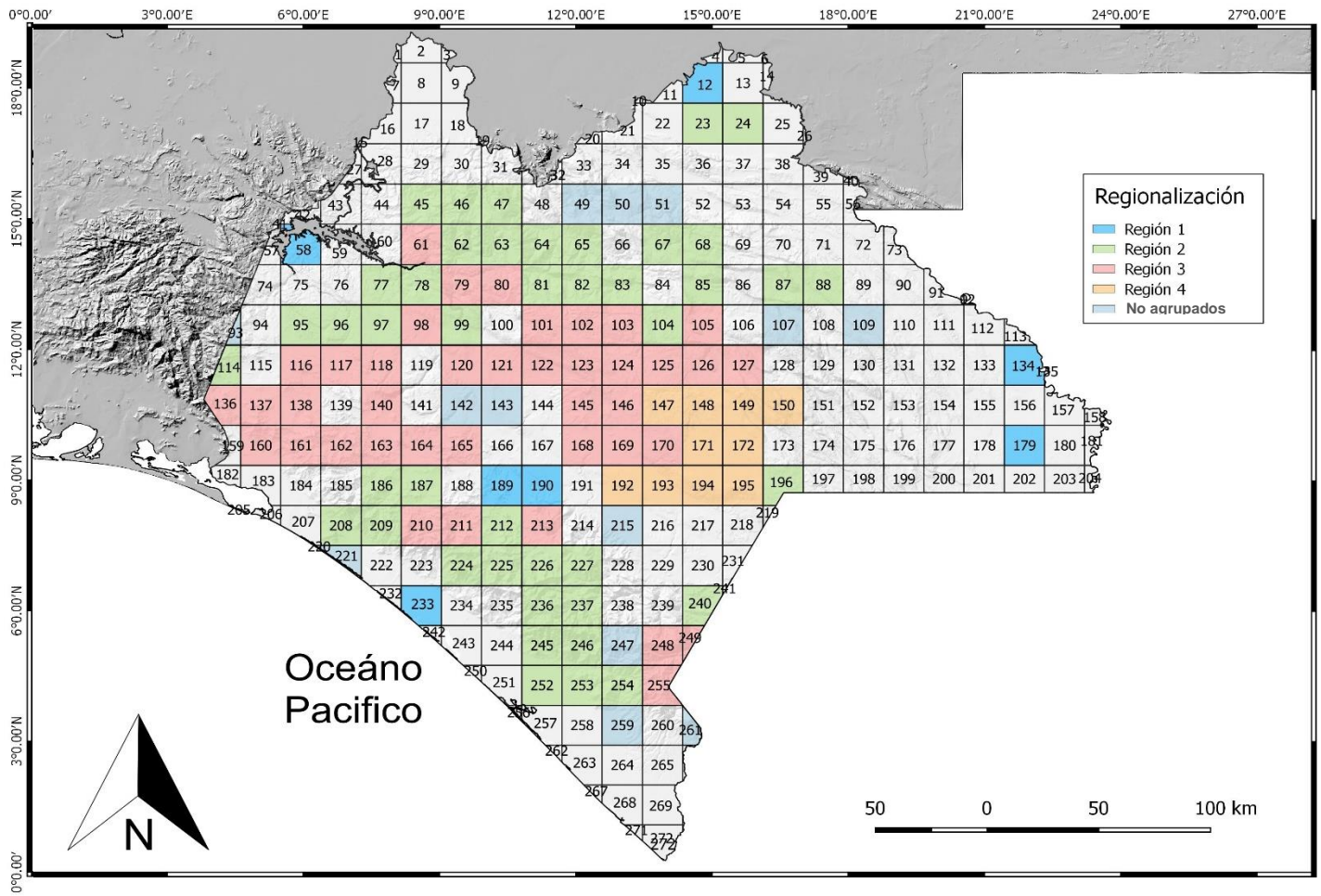


Figura 17. Mapa de la regionalización basada en el dendrograma de la Figura 16.

Mapas de distribución de las especies

Los mapas de las **Figuras 18-23**, muestra la distribución para el estado de cada una de las especies de *Quercus* registradas para Chiapas. Para describir su distribución, las especies fueron agrupadas de acuerdo con la similitud general de su distribución.

La Figura 18 muestra la distribución de *Q. acutifolia*, *Q. peduncularis*, *Q. segoviensis*, *Q. elliptica*, *Q. calophylla* y *Q. corrugata* con distribución en la Sierra de Chiapas y Guatemala y en la Cordillera Centroamericana. Aunque la distribución es similar de forma general, existen diferencias en altitud y extensión de área de distribución. *Q. calophylla* se ubica en las zonas semicálido húmedas de las montañas de la Sierra Madre de Chiapas y en la Cordillera Centroamericana, mientras que no tiene registros en la Depresión Central, a diferencia de las otras cinco especies de esta figura, que tienen registros en la Depresión Central. Asimismo, *Q. segoviensis* y *Q. peduncularis* son las únicas especies que llegan también a la Llanura Costera del Pacífico y se encuentran entre las especies con mayor distribución observada en Chiapas.

En la Figura 19 *Q. crispifolia*, *Q. benthamii*, *Q. insignis* y *Q. lancifolia* concentran los registros en el norte de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala y en el sur de la Cordillera Centroamericana. En el caso específico de *Q. benthamii* y *Q. lancifolia* las colectas están cerca del Volcán Tacaná, el cual se ubica en el estado de Chiapas y en Guatemala. Las especies *Q. crassifolia* y *Q. rugosa* presentan su mayor densidad de registros en la parte media de la Sierra de Chiapas y Guatemala, con algunos registros en la Cordillera Centroamericana, principalmente hacia el sur de ésta. En la Depresión Central prácticamente no hay registros de estas especies.

La Figura 20 muestra que *Q. polymorpha* y *Q. crispipilis* se distribuye de manera similar en la Sierra de Chiapas y Guatemala, aunque *Quercus crispipilis* cuenta con registros en la Cordillera Centroamericana. Las especies *Q. skinneri*, *Q.*

tristis, *Q. sapotifolia* y *Q. acatenangensis* tienen registros en la Sierra de Chiapas y Guatemala y en la Cordillera Centroamericana, aunque *Q. acatenangensis* está mejor representado en la Sierra de Chiapas y Guatemala.

Las especies de la **Figura 21** cuentan con menos registros que las anteriormente mencionadas y su distribución es más limitada. La especie *Q. paxtalensis* sólo está en la Cordillera Centroamericana. *Q. vicentensis* tiene su principal distribución en la Cordillera Centroamericana y solamente cuenta con dos registros en la Sierra de Chiapas y Guatemala. *Q. breedloveana* y *Q. laurina* tienen registros en la Sierra de Chiapas y Guatemala y en la Cordillera Centroamericana. *Q. crassipes* y *Q. dysophylla* se encuentran en la Sierra de Chiapas y Guatemala. *Q. dysophylla* tiene un origen híbrido de la cruce de *Q. crassipes* y *Q. crassifolia*; la distribución de las dos especies parentales parece coincidir en la Sierra de Chiapas y Guatemala, en donde está también presente *Q. dysophylla*.

En la **Figura 22**, *Q. oleoides* y *Q. sebifera* tienen registros a lo largo de la Sierra de Chiapas y Guatemala, aunque *Q. sebifera* tienen un solo registro en la Cordillera Centroamericana. *Q. magnolifolia*, *Q. purulhana*, *Q. semmannii* y *Q. trinitatis* tienen registros, aunque escasos, en la Sierra de Chiapas y Guatemala y en la Cordillera Centroamericana.

La **Figura 23** muestra la distribución de *Q. xalapensis*, que se ubica en la Sierra de Chiapas y Guatemala y en la Cordillera Centroamericana. Esta figura también muestra la distribución de las especies con un solo registro, mostrando que éstas están mayormente distribuidas en la Sierra de Chiapas y Guatemala; entre estas especies están *Q. bumelioides*, *Q. glaucescens*, *Q. pilarius*, *Q. salicifolia*, *Q. scytophylla* y *Q. toxicodendrifolia*. *Q. guilelmi-trelease* es la única especie con un solo registro en la Cordillera Centroamericana.

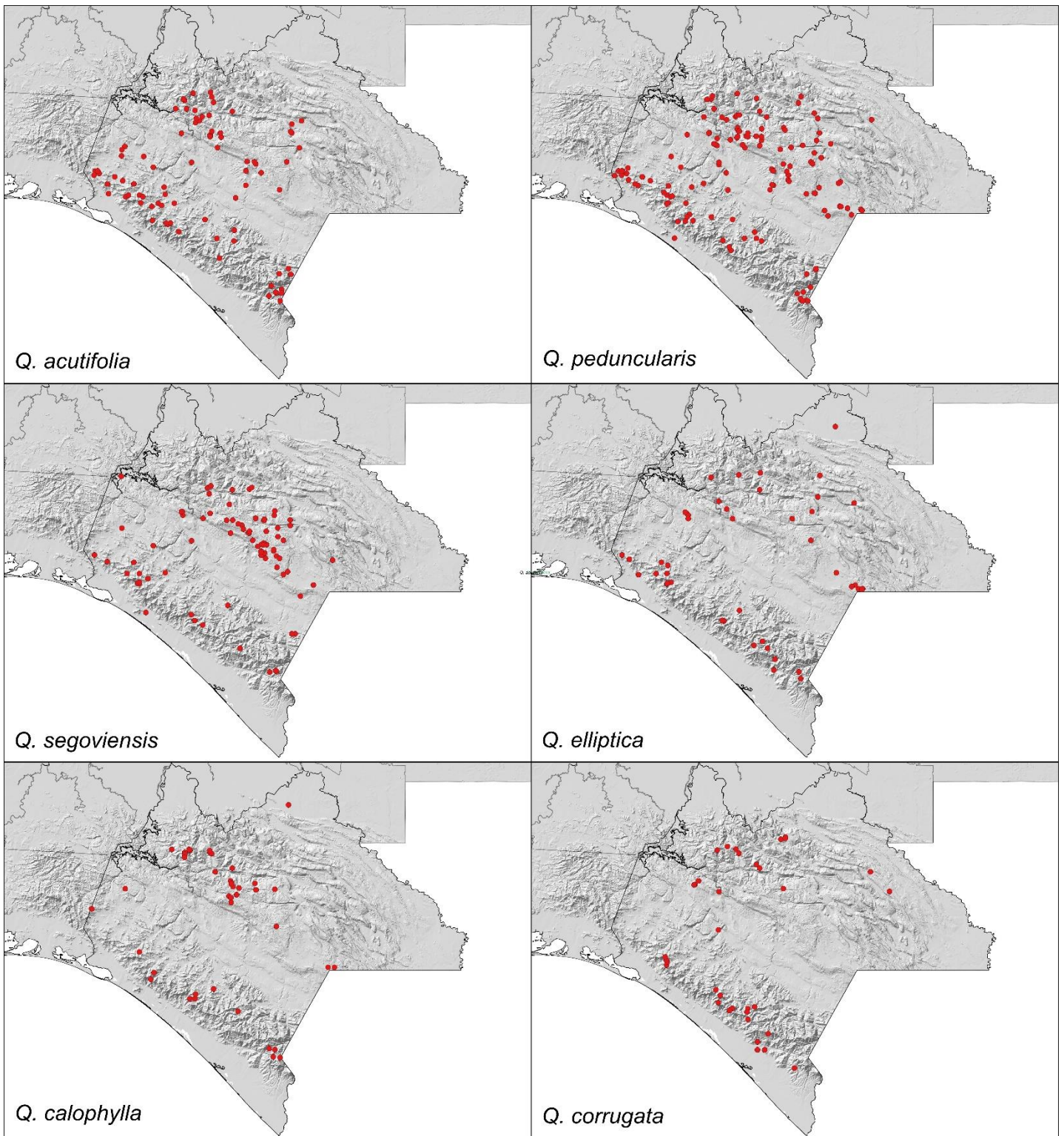


Figura 18. Distribución en el estado de Chiapas de *Quercus acutifolia*, *Q. peduncularis*, *Q. segoviensis*, *Q. elliptica*, *Q. calophylla* y *Q. corrugata*.

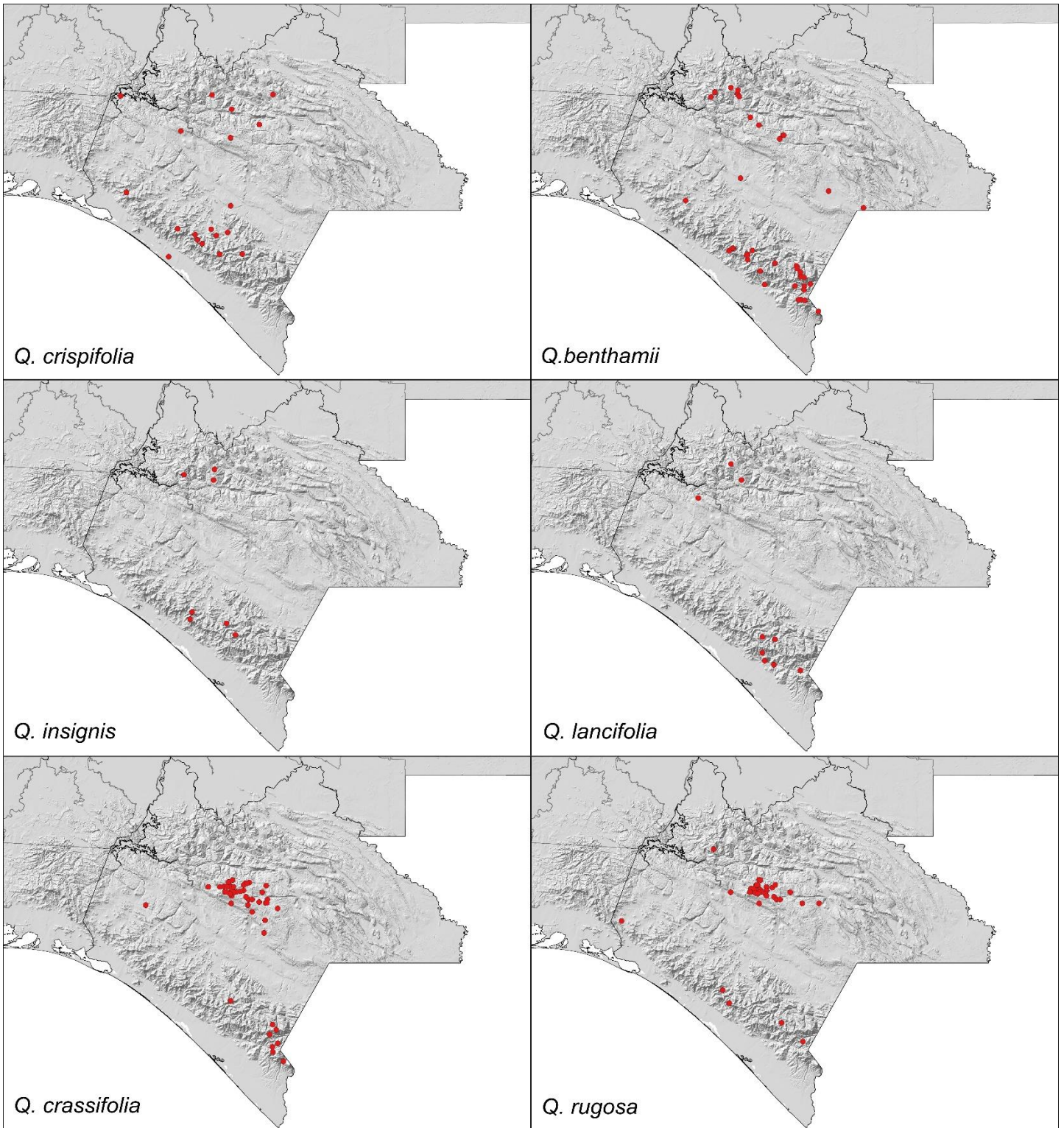


Figura 19. Distribución en el estado de Chiapas de *Quercus crispifolia*, *Q. benthamii*, *Q. insignis*, *Q. lancifolia*, *Q. crassifolia* y *Q. rugosa*.

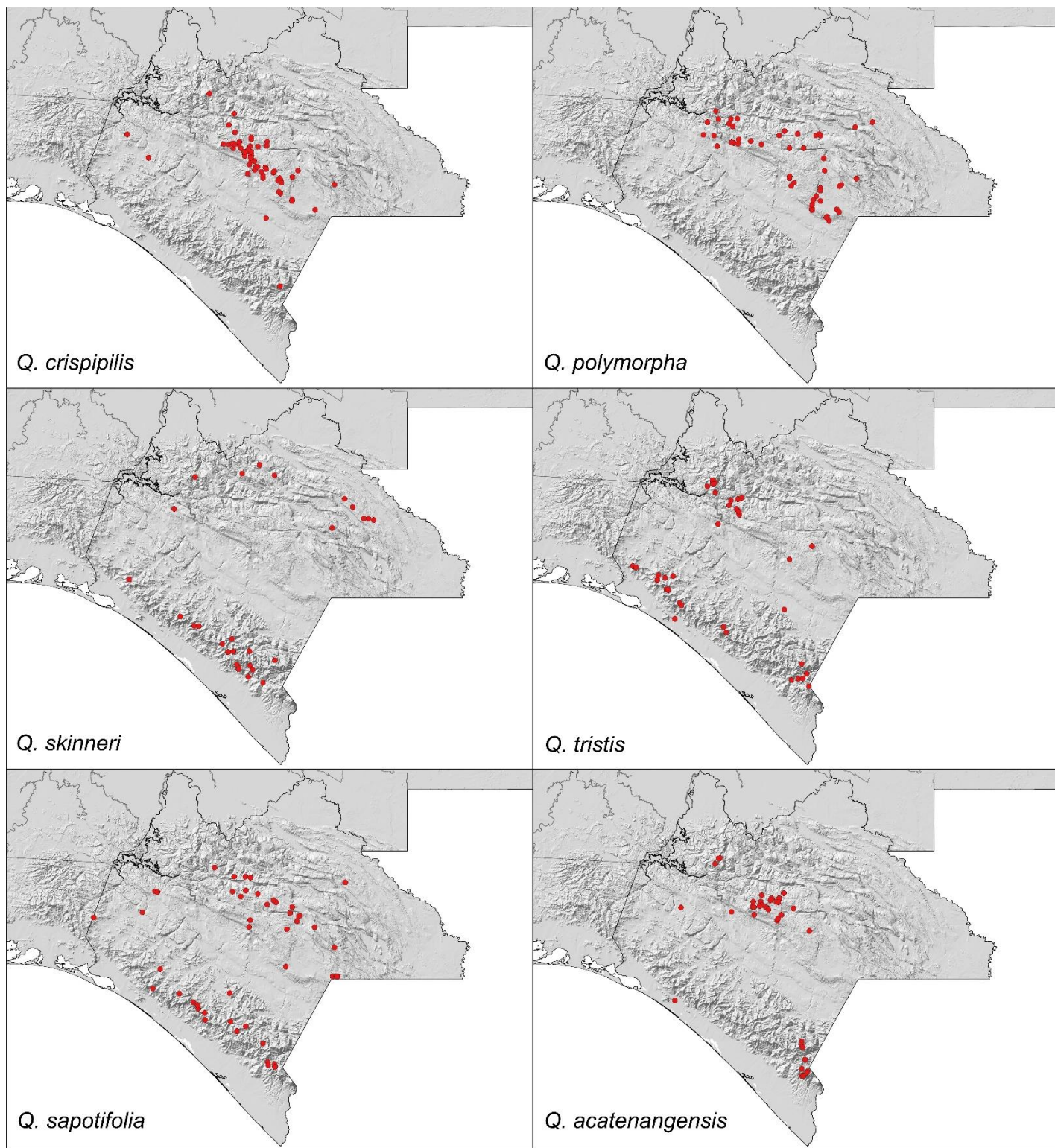


Figura 20. Distribución en el estado de Chiapas de *Quercus crispipilis*, *Q. polymorpha*, *Q. skinneri*, *Q. tristis*, *Q. sapotifolia* y *Q. acatenangensis*.

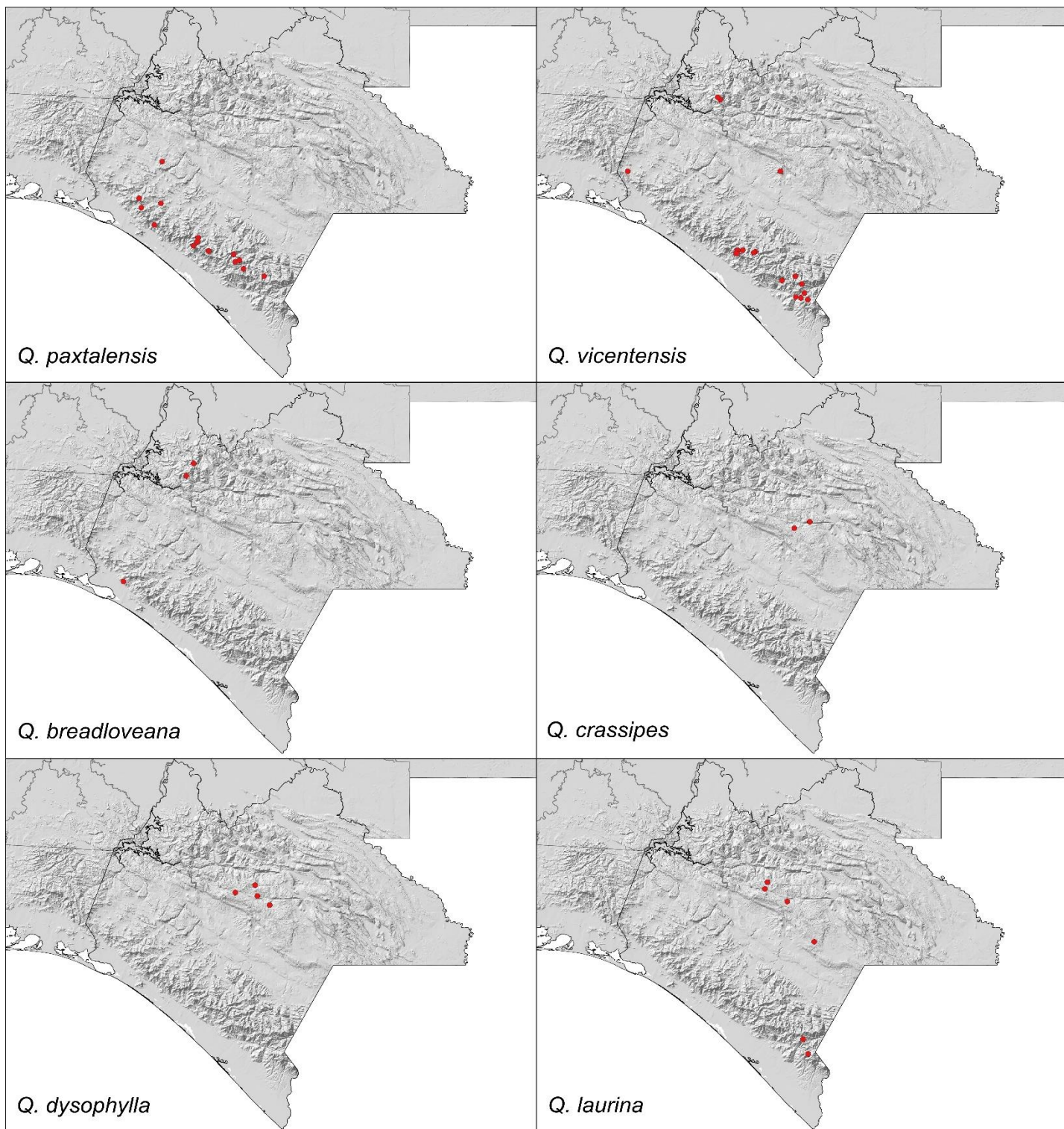


Figura 21. Distribución en el estado de Chiapas de *Quercus paxtalensis*, *Q. vicentensis*, *Q. breadloveana*, *Q. crassipes*, *Q. dysophylla* y *Q. laurina*.

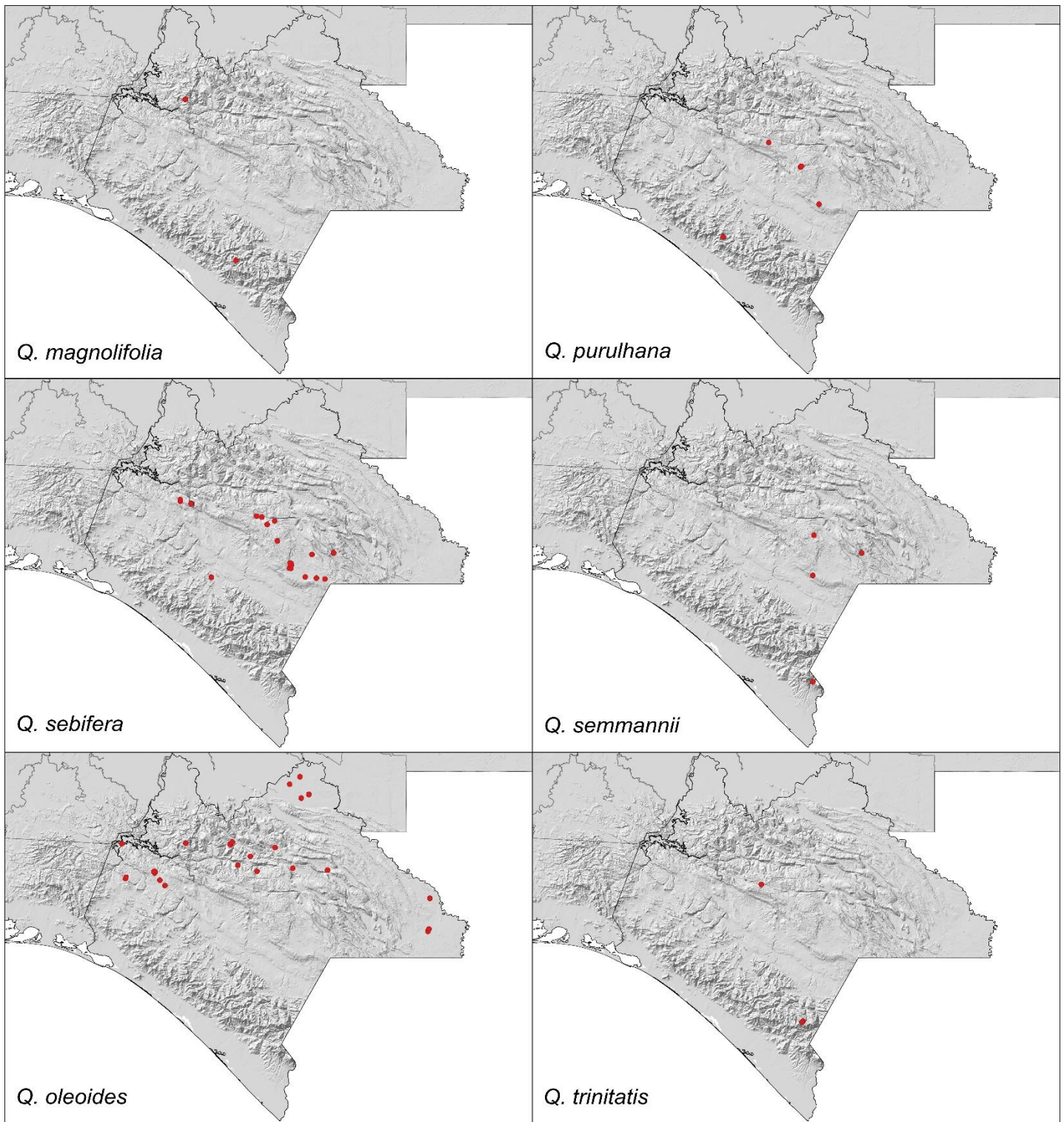


Figura 22. Distribución en el estado de Chiapas de *Quercus magnifolia*, *Q. purulhana*, *Q. sebifera*, *Q. semmannii*, *Q. oleoides* y *Q. trinitatis*.

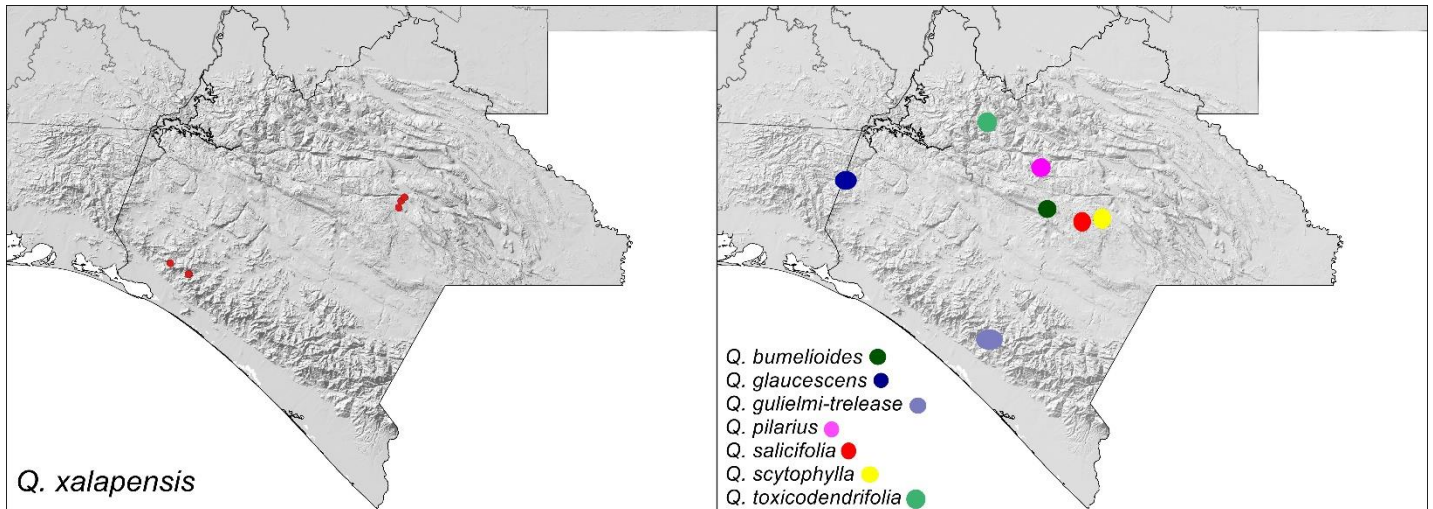


Figura 23. Distribución en el estado de Chiapas de *Quercus xalapensis*, *Q. bumelioides*, *Q. glaucescens*, *Q. guilmi-trelease*, *Q. pilarius*, *Q. salicifolia*, *Q. scytophylla* y *Q. toxicodendrifolia*.

Mapa de Áreas Naturales Protegidas (ANP) y conservación de *Quercus*

En lo que se refiere al análisis de la distribución de las especies de encinos relacionadas con las Áreas Naturales Protegidas (ANP) Estatales y Federales consideradas en el estado de Chiapas, y que de acuerdo con la CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y la CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) (**Figura 24**) puede observarse que son pocas las áreas de alta riqueza de encinos que coinciden con alguna ANP. En la región de la Cordillera Centroamericana las OGU´s 224, 225, 226, 236 y 239 son zonas con alta riqueza en un intervalo de 9 a 13 especies y que se encuentran dentro de la ANP Federal llamada “El Triunfo” considera una reserva de la biosfera. La OGU 255 es una zona de máxima riqueza (14 especies) y coincide con una fracción de ANP Estatal cuyo nombre es “Volcán Tacaná” y que al parecer se ubica cerca o en las faldas del mismo, que también comparte con Guatemala.

En la Sierra de Chiapas y Guatemala, las OGU 101, 102, 123 y 125, son las áreas donde se encuentra una riqueza de entre 10 y 13 especies que coinciden con un ANP Estatal, entre las que están “Humedales de Montaña María Eugenia”, “Rancho Nuevo” y “El Chanal”, sin embargo las OGU´s 62 y 103 consideradas de máxima riqueza (14 especies) no coinciden con ningún ANP Federal o Estatal, o con algún fragmento de la misma (**Figura 24**).

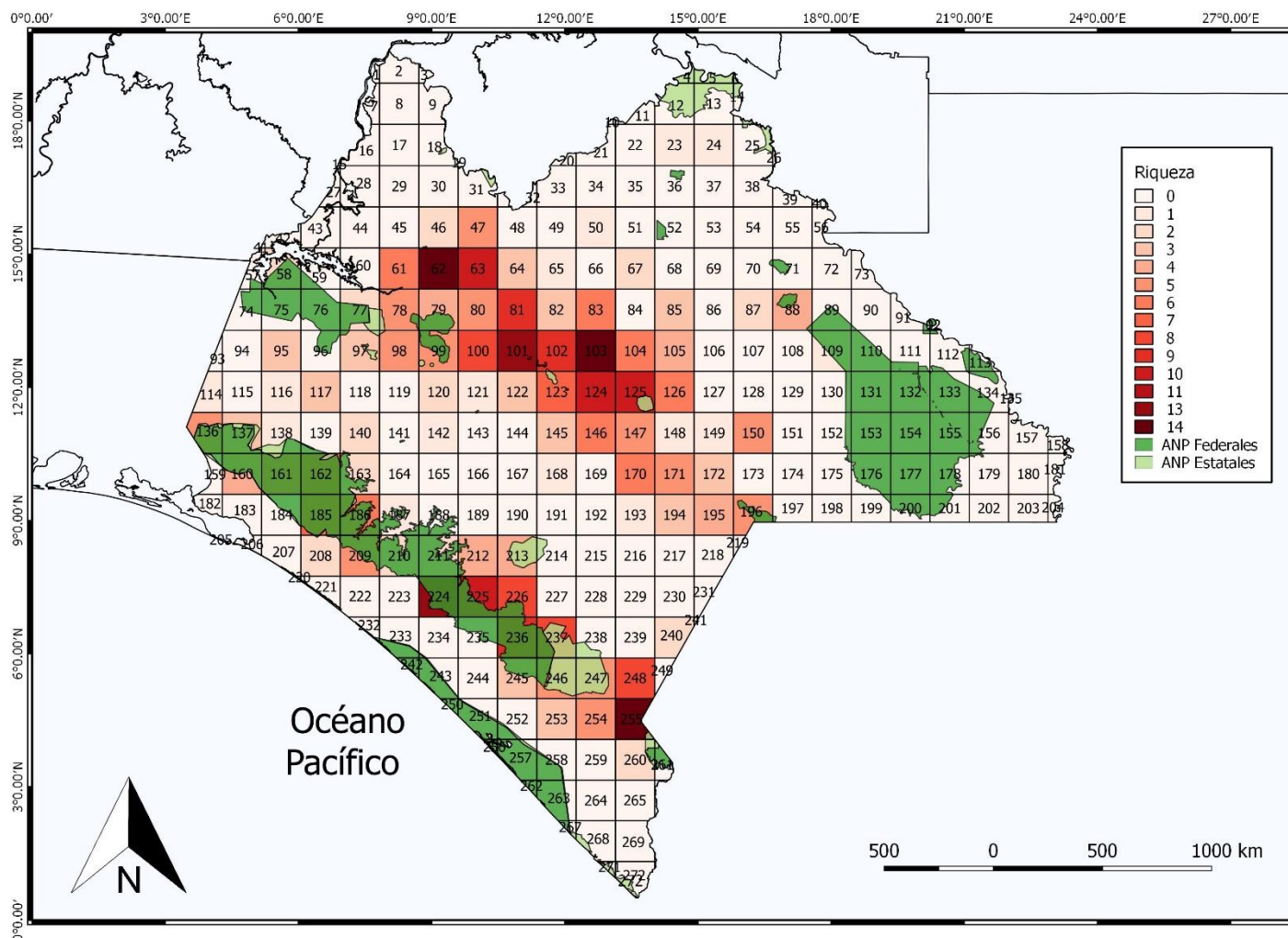


Figura 24. Mapa de riqueza de encinos en el contexto de las Áreas Naturales Protegidas Federales (Tomado de <http://sig.conanp.gob.mx/website/interactivo/anps/>) y Áreas Naturales Protegidas Estatales (Tomado de http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/anpe09gw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fqdc_html.xsl&_indent=no).

DISCUSIÓN

Después de la revisión del material para el género *Quercus* resguardado en las colecciones de los herbarios MEXU, FCME, CHIP, CH y HEM, se encontraron 38 especies del género *Quercus* distribuidas en el estado de Chiapas (**Tabla 2**). De éstas, 22 pertenecen a la sección *Lobatae*, 15 a la sección *Quercus* y una a la sección *Virentes*. Considerando que Chiapas cuenta con áreas en donde la precipitación y humedad son altas, éstas cifras son congruentes con lo mencionado por Nixon (1993), Zavala (1998) y Sabás-Rosales et al. (2015) respecto a que los encinos rojos (sección *Lobatae*) tienen mayor abundancia en zonas más húmedas con estacionalidad poco marcada, mientras que la sección *Quercus* es más diversa en las regiones norte del país (más secas o con clima marcadamente estacional).

La cifra reportada en este trabajo de 38 especies de *Quercus* para Chiapas es posible que se vea modificada a la luz de trabajo de campo. Mismo que tal vez permita alcanzar o llegar cerca de la cifra señalada por el análisis de acumulación de especies de 45 para el género en Chiapas (**Figura 8**). El déficit de alrededor de siete especies puede deberse a que haya zonas poco colectadas donde se encuentren especies de encinos aún no colectadas y esto se ve reflejado en las OGU's donde no se tuvo presencia de alguna especie de encino. La mayoría de las colectas están centradas en áreas cercanas a poblados, en bosques con buen acceso por carretera, o en especies útiles, como lo señalan García-Molina (2008) y Luna-José et al. (2003), quienes resaltan a los encinos como fuente de leña, calor y energía. Este trabajo revela la necesidad de esfuerzos de colecta con fines taxonómicos que incluya a todo el estado y que permita tener un muestreo sistematizado de la mayoría de las especies de *Quercus* en Chiapas.

La riqueza de especies encontrada en este estudio supera las 27 especies reconocidas por Breedlove (1986), y coincide con 24 de las especies citadas por este autor (**Tabla 1**). En este estudio no se encontraron *Q. brenesii*, *Q. eugeniifolia* y *Q. pacayana*; mientras que *Q. martinezii* fue identificada como *Q. vicentensis*, y *Q. castanea* fue identificada como *Q. tristis*. De esta forma, la revisión de los

principales herbarios que albergan colecciones botánicas del estado de Chiapas permitió incrementar en 11 especies la propuesta original de Breedlove (1986).

La diversidad de los encinos de Chiapas en relación con la riqueza conocida para otros estados muestra que con 38 especies de encinos, Chiapas se ubica con entre los 8 estados con mayor riqueza para el género *Quercus*, ya que está por debajo de las 51 reportadas para el vecino estado de Oaxaca (Valencia y Nixon, 2004), y otros estados como Jalisco con 47 especies, Durango con 46 especies, San Luis Potosí con 45 especies, Puebla e Hidalgo con 43 especies y Veracruz con 42 especies, pero superando a las citadas para los estados de Michoacán con 33 especies (Uribe-Salas et al., 2019), Chihuahua con 34 especies (Lebgue et al., 2015); Zacatecas con 36 (Sabás-Rosales, 2016), Querétaro con 37 (Romero et al., 2017), y Tamaulipas 37 (Pérez-Mojica y Valencia-A., 2017) y cercana a la señalada por Nixon (2006) para todo Centroamérica (40 especies).

En cuanto a la similitud florística el estado de Chiapas comparte dicha similitud con el estado de Oaxaca, con un índice de similitud de 0.6 (**Figura 9**). Esta similitud puede explicarse por la cercanía geográfica existente entre estos dos estados y por compartir la región fisiográfica de la Cordillera Centroamericana (**Figura 3**), que probablemente funcione como un corredor para las especies del género *Quercus*.

No existen especies del género que limiten su distribución al estado de Chiapas, y de las especies de encino que se encontraron en el estado, solamente nueve son endémicas de México; el resto se comparten con uno o más de los países Centroamericanos, y dos de éstas (*Q. rugosa* y *Q. polymorpha*) también se comparten con EUA.

En la gráfica de la **Figura 10** se muestran los registros por especie donde *Q. peduncularis* resultó ser la especie que mayor número de registros presentó con 169, seguida de *Q. segoviensis* con 104 y *Q. acutifolia* con 102, por otro lado existen

especies que presentan un solo registro como *Q. bumelioides*, *Q. glaucescens*, *Q. gulielmi-trelease*, *Q. pilarius*, *Q. salicifolia*, *Q. scytophylla* y *Q. toxicodendrofila*. Esto puede ser un resultado que refleja la realidad de la distribución de las especies. Es decir, pocas especies con distribuciones amplias y muchas con distribuciones limitadas. Pero también puede ser un efecto del muestreo, que generalmente es sesgado hacia las especies más abundantes o a ciertos sitios que son más accesibles y en donde podrían no estar algunas especies con necesidades ambientales específicas, lo que implica un número limitado de colectas de tales especies.

En lo que se refiere a la distribución altitudinal, la **Figura 11** muestra que la sección *Lobatae* (encinos rojos) tiene una distribución desde los 200 msnm de *Q. crispifolia* hasta los 3200 m de especies como *Q. acutifolia*, *Q. benthamii* y *Q. crassifolia*. La gráfica de altitud de la sección *Quercus* (encinos blancos) (**Figura 14**) muestra un patrón similar, desde los 200 msnm, en donde *Q. bumelioides* es la especie que llega a menores altitudes, hasta los 3000 m, en donde se encuentra *Q. rugosa* y *Q. toxicodendrofila*. Valencia-A. (2004) menciona que las especies de encinos blancos se distribuyen entre los 0 y 3500 msnm, mientras que las especies de los encinos rojos se encuentran desde los 150 hasta los 3100 msnm, con un intervalo ligeramente mayor en los encinos blancos respecto a los rojos. Sin embargo, algunas de las especies de encinos de diferente sección (*Q. rugosa* y *Q. crassifolia*) comparten pisos altitudinales y se encuentran distribuidas cerca del volcán Tacaná, que es la mayor elevación de Chiapas con 4093 msnm (**Figura 4**), donde crecen especies que alcanzan grandes altitudes (**Figura 11 y 12**). El patrón altitudinal de encinos para México se invierte en Chiapas: el intervalo altitudinal de los encinos rojos es ligeramente mayor que el de los blancos. Esto podría deberse a la mayor diversidad de especies de la sección *Lobatae* en Chiapas, y a la disponibilidad de hábitat húmedo en un rango altitudinal mayor en esta región montana húmeda del sur de México.

Se hizo una prueba de ANOVA para poder comprobar que no hay diferencias estadísticas significativas de altitud entre las secciones *Lobatae*, *Quercus* y *Virentes*. Estos resultados concuerdan con lo citado por Sabás-Rosales et al., (2015), en donde menciona que la mayor diversidad específica se encontró entre los 1201 y 2700 msnm de altitud, reconociendo que no hay diferencias significativas en el intervalo altitudinal de distribución a nivel de sección. Las especies de la sección *Quercus* (encinos blancos) son dominantes en altitudes mayores, y mayor número de estos se distribuyen en intervalos altitudinales más amplios, esto probablemente se relacione con la tendencia de los encinos blancos a ocupar mayor diversidad de hábitats (Nixon, 2009).

Aunque los resultados en este trabajo demuestran lo contrario a lo mencionado por Sabás-Rosales et al., (2015), siendo la sección *Lobatae* (encinos rojos) la que domina tanto en altitudes mayores como en mayor número de distribución en intervalos altitudinales amplios. Esto podría deberse a los tipos de vegetación que hay en Chiapas y que las condiciones de hábitat que proporcionan son más favorables para la distribución de los encinos de la sección *Lobatae* (encinos rojos), que para los encinos de la sección *Quercus* (encinos blancos).

La distribución de las especies de encinos se concentra tanto en la Sierra de Chiapas y Guatemala como en la Cordillera Centroamericana, lo que reafirma y al mismo tiempo resulta congruente con las preferencias ambientales y de altitud del género, que alcanza su mayor diversidad en las regiones montañosas del hemisferio norte (Nixon, 1993; Valencia-A., 2004; Rodríguez-Correa et al. 2017; Hipp et al., 2018). La concentración de las especies en las Sierras de Chiapas, y la falta de colecta de encinos en otras regiones del estado puede deberse a una combinación de la falta de hábitat adecuado para el establecimiento de las especies de este género con afinidad montana, y a la falta de exploración botánica para el género en dichas regiones.

El análisis del dendograma de las OGU's del estado de la **Figura 16**, nos muestra 4 posibles grupos relacionados entre sí para proponer una regionalización,

de estos el grupo 4 es el que tienen mayor relación con índice de similitud aproximado de 0.62 y al proyectarlo en el mapa se demuestra que efectivamente existe una relación, ya sea por el hábitat, las especies que se encuentran distribuidas, por la altitud, etc. Los grupos 1, 2 y 3 presentaron índices de similitud menores a 0.5 y en el mapa de la **Figura 17** se ve reflejado que en efecto no cuentan con una relación tan estrecha como las OGU's que conforman el grupo 4, siendo que en algunos lugares se agrupan y otros están dispersos hacia muy el sur o norte del estado de Chiapas. Asimismo, están las OGU's que no tuvieron cabida en ninguno de los grupos ya mencionados y están se encuentran ubicadas hacia las zonas costeras del estado. Como puede observarse tanto en el dendograma como en el mapa de regionalización, no existe una regionalización potencial para el estado de Chiapas. Esto podría deberse a la falta de datos, y quizá un aumento en la muestra podría darle una congruencia la regionalización.

La distribución general de la mayoría de las especies de encinos en Chiapas muestra un patrón de distribución en los dos sistemas montañosos. Sin embargo hay algunas variantes, como son *Q. oleoides*, que principalmente se distribuye en las regiones bajas del norte y del este del estado. Asimismo, se puede observar que especies como *Quercus xalapensis*, *Q. bumelioides*, *Q. glaucescens*, *Q. guillemi-trelease*, *Q. pilarius*, *Q. salicifolia*, *Q. scytophylla* y *Q. toxicodendrifolia* presentan una distribución muy restringida. Las tres últimas especies posiblemente presentan en Chiapas su límite de distribución austral. Para *Q. bumelioides* y *Q. guillemi-trelease*, Chiapas puede ser el límite norte de su distribución, ya que están mejor representadas en los países centroamericanos.

Por otro lado, con base en la información proporcionada en el mapa de climas del Comité Estatal de Información Estadística y Geografía (www.ceieg.chiapas.gob.mx), los climas predominantes en las regiones montañas en donde se encuentran la mayoría de las especies de encinos en Chiapas son el semicálido húmedo, semicálido subhúmedo, templado húmedo y templado subhúmedo, todos con lluvias en verano. Estos datos coinciden con los obtenidos

en el estudio de Morales-Saldaña (2017) para los encinos de la Sierra Madre del Sur, en donde señala que la mayor diversidad de las especies del género *Quercus* en esa región fisiográfica se distribuye preferentemente en altitudes con esos mismos climas.

Referente a las ANP y la distribución de encinos en Chiapas, al traslapar el mapa de riqueza de encinos de Chiapas con el mapa de ANP dio como resultado un empalme de los OGU's 101, 102, 123, 125, 224, 225, 226, 236, 239 y 255 que se encuentran en una ANP Federal y presentan una riqueza de entre 10 y 14 especies esto puede observarse en el mapa de la **Figura 23**. Cabe mencionar que el mapa utilizado para hacer el traslape de ANP fue tomado de la Base de Datos Geográfica de Áreas Naturales Protegidas Estatales y del Distrito Federal de México (2009). Esto es importante debido a que también está el mapa publicado por la CEIEG, pero debido a que no hubo un archivo Shape que pudiese ser utilizado para proyectarse en el programa QGIS, se tomó el mapa de la CONABIO.

En lo que se refiere a México no muchas de estas áreas consideradas como “protegidas” realmente lo llegan a ser, ya que las personas que las designan no cuentan con la preparación o los datos suficientes para poder asignarlas. En el caso específico de Chiapas, la CONABIO considera 42 ANP englobando estatales y federales y la CEIEG considera 49 de igual manera conjuntando estatales y federales.

El poco traslape de los OGU's con la alta riqueza de especies de *Quercus* con las áreas protegidas, puede deberse a que solo estamos tomando en cuenta la riqueza del género *Quercus* no de la biodiversidad en general, lo que modificaría totalmente los puntos de riqueza para el estado de Chiapas y probablemente las áreas consideradas como protegidas tienen alta diversidad biológica en general. Otra razón podría ser que efectivamente no sean ANP por las especies que albergan, sino por tener diversidad de tipos de vegetación y climas. O una última podría ser que al no estar actualizados los datos de riqueza de manera general en el estado de Chiapas y en específico del género *Quercus*, no lleguen a encontrarse

las OGU con mayor índice de riqueza para este trabajo dentro de alguna ANP. Siendo que la CEIEG considera 7 ANP más que la CONABIO y que si se pudiese hacer el traslape del mapa de riqueza con el de ANP de la CEIEG, probablemente un mayor número de OGU's coincidirían con las ANP.

Por otro lado, Cachón (2013) menciona en el libro "La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado" Volumen I, que una de estrategia de conservación que están trabajando en el estado de Chiapas, son los jardines botánicos que principalmente son un sitio de conservación *ex situ* (fuera de su lugar de origen) de la flora de una región, estado o país. Dichos jardines deben de cumplir cuatro objetivos principales: investigación, conservación, difusión y educación ambiental, además de que una condición importante es tener colecciones de plantas debidamente documentadas y sistematizadas, así como realizar programas de propagación de las especies prioritarias.

A nivel nacional, en el país existen 40 jardines botánicos miembros de la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos, A.C. (AMJB). En el estado de Chiapas, hay tres jardines botánicos reconocidos por la AMJB, aunque solo el primero tiene la categoría de miembro oficial, ya que es el único que cumple con todos los objetivos de un jardín botánico; los otros dos están considerados como miembros de consultor: 1. Jardín botánico Dr. Faustino Miranda del Instituto de Historia Natural del estado de Chiapas fundado en 1949, ubicado en Tuxtla Gutiérrez y con una colección que comprende a 99 familias y 722 especies. 2. Jardín Botánico de la Escuela de Agronomía de la Universidad Autónoma de Chiapas; ubicado en el municipio de Villaflores y concentra a 65 familias y 222 especies de plantas vasculares. 3. Jardín Botánico Regional El Soconusco de El Colegio de La Frontera Sur; localizado en el municipio de Tuzantán y que alberga más de 400 especies que se encuentran en proceso de documentación.

De los jardines botánicos mencionados, se visitó el primero Jardín botánico Dr. Faustino Miranda como ya se mencionó en el método y cuya colección fue revisada, siendo este el primer herbario revisado durante el trabajo de escritorio,

haciendo notar que además de que los ejemplares albergados allí en su mayoría son de ya mucho tiempo atrás y la falta de tener algún especialista en el género *Quercus* en dicha colección hace que los nombres no sean actualizados y por ende se pierda interés en los encinos a la hora de salir a coleccionar.

CONCLUSIONES

En la siguiente tabla se enlista el número de especies encontradas en el presente trabajo en comparación con lo citado por Breedlove (1986).

Breedlove, 1986.	Presente trabajo
	<i>Q. acatenangensis</i> Trel.
Breedlove la trato como <i>Q. conspersa</i>	<i>Q. acutifolia</i> Née.
<i>Q. benthamii</i> A. DC.	<i>Q. benthamii</i> A. DC.
	<i>Q. breedloveana</i> Nixon & Barrie.
<i>Q. brenessi</i> Trel.	
<i>Q. bumelioides</i> Liebm.	<i>Q. bumelioides</i> Liebm.
<i>Q. calophylla</i> Schltld. et Cham.	<i>Q. calophylla</i> Schltld. et Cham.
<i>Q. castanea</i> Née.	
<i>Q. conspersa</i> Benth.	Es sinónimo de <i>Q. acutifolia</i>
<i>Q. corrugata</i> Hook et Arn.	<i>Q. corrugata</i> Hook et Arn.
<i>Q. crassifolia</i> Humb. et Bonpl	<i>Q. crassifolia</i> Humb. et Bonpl
	<i>Q. crassipes</i> Humb.
	<i>Q. crispifolia</i> Trel.
<i>Q. crispipilis</i> Trel.	<i>Q. crispipilis</i> Trel.
	<i>Q. dysophylla</i> Benth.
<i>Q. elliptica</i> Née.	<i>Q. elliptica</i> Née.
<i>Q. eugenifolia</i> Liebm.	
	<i>Q. glaucescens</i> Humb. et Bonpl.
	<i>Q. gulielmi-trelease</i> C.H. Müll.
<i>Q. insignis</i> M. Martnes et Galeotti.	<i>Q. insignis</i> M. Martnes et Galeotti.
	<i>Q. lancifolia</i> Cham. et Schltld.
<i>Q. laurina</i> Humb. et Bonpl.	<i>Q. laurina</i> Humb. et Bonpl.
	<i>Q. magnolifolia</i> Née.
<i>Q. oleoides</i> Schltld. et Cham.	<i>Q. oleoides</i> Schltld. et Cham.
<i>Q. pacayana</i> C.H. Muller	
<i>Q. paxtalensis</i> C.H. Müll.	<i>Q. paxtalensis</i> C.H. Müll.

<i>Q. peduncularis</i> Née.	<i>Q. peduncularis</i> Née.
	<i>Q. pilarius</i> Trel.
<i>Q. polymorpha</i> Schltdl. et Cham.	<i>Q. polymorpha</i> Schltdl. et Cham.
	<i>Q. purulhana</i> Trel.
<i>Q. rugosa</i> Née.	<i>Q. rugosa</i> Née.
	<i>Q. salicifolia</i> Née.
<i>Q. sapotifolia</i> Liebm.	<i>Q. sapotifolia</i> Liebm.
<i>Q. scytophylla</i> Liebm.	<i>Q. scytophylla</i> Liebm.
<i>Q. sebifera</i> Trel.	<i>Q. sebifera</i> Trel.
<i>Q. segoviensis</i> Liebm.	<i>Q. segoviensis</i> Liebm.
	<i>Q. semmannii</i> Liebm.
<i>Q. skinneri</i> Benth.	<i>Q. skinneri</i> Benth.
	<i>Q. toxicodendrifolia</i> Trel
	<i>Q. trinitatis</i> Trel.
	<i>Q. tristis</i> Liebm.
	<i>Q. vicentensis</i> Trel.
<i>Q. xalapensis</i> Humb. et Bonpl.	<i>Q. xalapensis</i> Humb. et Bonpl.
Total	26 especies
	38 especies

La curva de acumulación de especies muestra que son 45 especies de encinos las que deben estar presentes en Chiapas, haciendo notar que faltarían siete especies para igualar a San Luis Potosí (Sabás-Rosales, 2011), que se encuentra en cuarto lugar en cuanto a riqueza de encinos, después de Oaxaca, Jalisco y Durango, respectivamente.

De las 38 especies citadas en este trabajo las especies *Q. paxtalensis*, *Q. skinneri*, *Q. xalapensis* y *Q. insignis*, se encuentran en Peligro Crítico según The Red List of Mexican Cloud Forest Trees (González-Espinosa et al., 2011), los factores pueden ser muchos tantos bióticos como abióticos, siendo la tala tanto para usos domésticos como industriales uno de los posibles principales.

En lo que se refiere a la distribución altitudinal de encinos cabe destacar que la sección *Lobatae* se encuentra distribuida tanto a mayor altitud superando los 3200 msnm en el caso de *Q. acutifolia*, *Q. benthamii* y *Q. crassifolia*, como en un rango altitudinal amplio tal como *Q. acutifolia* (500 a 3200 msnm) y *Q. crispifolia* (200 a 2400 msnm). Mientras que los encinos de la sección *Quercus* tienen una distribución altitudinal menor y no cuentan con rangos amplios de distribución altitudinal, siendo *Q. rugosa* la que se encuentra a una altitud mayor (3000 msnm), la más alta para encinos blancos, y *Q. bumelioides* la especie que se distribuye a menor altitud (200 msnm). Para el caso de la sección *Virentes* solo se encuentra *Q. oleoides* cuyo rango de distribución va de los 0 a los 1000 msnm.

No se observó un patrón de regionalización con base en la distribución de las especies del género *Quercus*, solamente una región (grupo 4) conformada por 10 OGU's están agrupadas de manera continua en una región, en comparación con las otras en las que las OGU's se agrupan en algunas partes y se dispersan en otras.

Respecto a la relación de la riqueza de especies de encino y las Áreas Naturales Protegidas (ANP), se encontró que ninguna de las OGU's con el mayor índice de riqueza (14 especies) coincide con alguna ANP.

Este es el primer trabajo después del de Breedlove (1986) que presenta una lista de las especies de encinos para Chiapas, con un incremento de 11 especies respecto a la lista de Breedlove. Asimismo se proporciona información específica de la distribución de las especies del género *Quercus* para dicho estado.

Los resultados aquí mostrados están actualizados de acuerdo a la información y a los datos disponibles en los herbarios, sin embargo, la tabla de acumulación de especies muestra que aún falta la información de siete especies por encontrar en Chiapas e incorporar sus datos para completar este estudio, por lo que

futuras colectas permitirán incrementar los registros de las ya conocidas y el posible hallazgo de otras especies.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, C., E. Martínez, y L. Arriaga. 2000. Deforestación y fragmentación de ecosistemas: qué tan grave es el problema en México. CONABIO. *Biodiversitas* 30:7-11.
- Aguilar-Romero, R., F. García-Oliva, F. Pineda-García, I. Torres, E. Peña-Vega, A. Chilardi y K. Oyama. 2016. Patterns of distribution of nine *Quercus* species along an environmental gradient in a fragmented landscape in central Mexico. *Botanical Sciences* 94: 471-482.
- Aldrich, R., y J. Cavender. 2011. Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources: Forest Trees, Chittaranjan Kole, Springer Heidelberg Dordrecht London, 89-131.
- Álvarez, J.G.; Ochoa, S.; De Jong, B.H.J. y Soto, M.L. 1999. Hábitat y distribución de cinco especies de *Quercus* (Fagaceae) en la Meseta Central de Chiapas, México. *Rev. biol. Trop.* pp. 351-358.
- Arizaga, S., Martínez-Cruz, Juan., Salcedo-Cabrales, Mauricio. y Bello-González Miguel Ángel. 2009. *Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos. SEMARNAT.* 146 p.
- Bachem U. y Rojas R. 1994. Contribución al estudio ecológico de la vegetación en la región de "La Fraylesca", Chiapas. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Los Reyes Iztacala, Edo. de México, 184 pp.
- Breedlove D.E. 1981. Flora of Chiapas. Part I. Introduction to the Flora of Chiapas. California Academy of Sciences, San Francisco.
- Breedlove, D. E. 1986. Listados Florísticos de México: 4. *Flora de Chiapas.* Instituto de Biología, UNAM, México.
- Castillo J.J. 1996. Vegetación de la Reserva de la Biosfera La Sepultura. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 40 pp.
- Cavender-Bares J. 2016. Diversity, distribution and ecosystem services of the North American Oaks. *Int Oaks* 27:37-48
- Cavender-Bares, J. 2018. Diversification, adaptation and community assembly of the American oaks (*Quercus*), a model clade for integrating ecology and evolution. *New Phytologist* 221_ 669-692.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2013. *La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. Comisión Nacional*

para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Gobierno del Estado de Chiapas. México.

- Contreras-Medina, R. 2006. Los métodos de análisis biogeográfico y su aplicación a la distribución de las gimnospermas en México. *Interciencia*, 31 (3), 176-182.
- Denk T., Grimm G.W., Manos P.S., Deng M., Hipp A.L. (2017) An Updated Infrageneric Classification of the Oaks: Review of Previous Taxonomic Schemes and Synthesis of Evolutionary Patterns. In: Gil-Pelegrián E., Peguero-Pina J., Sancho-Knapik D. (eds) *Oaks Physiological Ecology. Exploring the Functional Diversity of Genus Quercus L.*, Tree Physiology, Springer.
- García-Molina, J.G. 2008. Carbón de Encino: Fuente de calor y energía. CONABIO. *Biodiversitas* 77: 7-9.
- Gil-Pelegrián, E, J. J. Peguero-Pina, y D. Sancho-Knapik. 2017. *Oaks Physiological Ecology, Exploring the Functional Diversity of Genus Quercus L.*, Tree Physiology 7. Springer. pp. 513.
- Google, 2018. Google Earth Pro 7.3.2.5491., disponible en <https://www.google.com/intl/es/earth/versions/#download-pro>
- Gómez-Mendoza, L., y L. Arriaga. 2007. Modeling the effect of climate change on the distribution of oak and pine species of México. *Conservation Biology* 21: 1545-1555.
- González-Elizondo. M., González-Elizondo., S. y Herrera A. Y. 1991. Listados Florísticos de México: 9. *Flora de Durango*. Instituto de Biología, UNAM, México.
- González-Espinosa, M., Meave, J.A., Lorea-Hernández, F.G., Ibarra-Manríquez, G. y Newton, A.C. (eds). 2011. *The Red List of Mexican Cloud Forest Trees*. Fauna & Flora International, Cambridge, UK.
- González-Espinosa, M. y N. Ramírez-Marcial. 2013. Comunidades vegetales terrestres pp. 21-42. En: *La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio) y Gobierno del Estado de Chiapas, México.
- González-Villarreal, L. M. 1986. Contribución al conocimiento del género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de Jalisco. *Flora de Jalisco*. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal., México.
- González-Villarreal, L. M. 2003a. Two new species of oak (Fagaceae, *Quercus* sect. *Lobatae*) from the Sierra Madre del Sur, México. *Brittonia* 55: 49-60.

- González-Villarreal, L. M. 2003b. *Quercus tuitensis* (Fagaceae, *Quercus* sect. Lobatae) a new deciduous oak from western Jalisco, México. *Brittonia* 55: 42-48.
- González Villarreal, Luz María. 2018. Dos nuevas especies de encinos (*Quercus*: Fagaceae), adicionales para la Flora de Jalisco y Áreas Colindantes, en el Occidente de México. *Ibugana* 9. 47-71.
- Govaerts R., Frodin D. G. 1998. World Checklist y Bibliography of Fagales (Betulaceae, Corylaceae, Fagaceae, and Ticodendraceae). *Royal Botanical Gardens, Kew*. 45 p.
- Gutiérrez Báez, C. 2004. Listado florístico del norte de Chiapas: Catazajá y límites con Palenque. *Polibotanica*, (17), 107-124.
- Gutiérrez E., y Trejo, I. 2014. Efecto del cambio climático en la distribución potencial de cinco especies arbóreas de bosque templado en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85:79-188.
- Hipp, A. L., Manos, P. S., González- Rodríguez, A., Hahn, M., Kaproth, M., McVay, J. D., Valencia A., S y Cavender- Bares, J. 2018. Sympatric parallel diversification of major oak clades in the Americas and the origins of Mexican species diversity. *New Phytol*, 217: 439-452.
- INEGI. 2010. Relieve. Chiapas. Recuperado <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chis/territorio/relieve.aspx?tema=me&e=07>
- INEGI. 2015. Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades, Octubre 2015. <http://geoweb.inegi.org.mx/mgn2k/catalogo.jsp>
- IUCN 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-2. <<https://www.iucnredlist.org>>.
- Jiménez-Valverde, A. y Hortal, Joaquín. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. 8: 151-161.
- Lebgue K. T., Quintana M. G. y Soto C. R. A. 2015. Pinos y encinos de Chihuahua. Chihuahua, México. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Linder HP. 2001. Plant diversity and endemism in sub-Saharan tropical Africa. *J. Biogeography*. 28: 169-182.
- Long A. y Heath M. 1991. Flora of the El Triunfo Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico: A preliminary floristic inventory and the plant communities of Polygon I. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 62:133-172.

- Luna-José, A., Montalvo Espinosa, L., y Rendón Aguilar, B. 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. *Boletín de la Sociedad de Botánica de México*, (72), 107-117.
- Mabberley, D. J. 1997. *The Plant-book: A Portable Dictionary of the Vascular Plants*, Cambridge university press.
- Madrigal Jiménez, T.A. 1996-1997. Fenología y ecofisiología del *Quercus oocarpa* (Fagaceae), Cartago, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44/45: 117-123.
- Manos P.S., Cannon H.C. y Sang-Hun O. 2008. Phylogenetic relationships and taxonomic status of the paleoendemic Fagaceae of western north America: recognition of a new genus, *Notholithocarpus*. *Madroño* 55: 181-190.
- Manos, P. S., Doyle J. J. y Nixon K. C. 1999. Phylogeny, Biogeography, and Processes of Molecular Differentiation in *Quercus* Subgenus *Quercus* (Fagaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 12: 333-349.
- Manos, P. S. and Stanford A. M. 2001. The historical biogeography of Fagaceae: tracking the tertiary history of temperate and subtropical forests of the northern hemisphere. *International Journal of Plant Sciences* 162: S77:S93.
- Manos, P. S., Zhou Z-K. y Cannon C. H. 2001. Systematics of Fagaceae: Phylogenetic tests of reproductive trait evolution. *International Journal of Plant Sciences* 162: 1361-1379.
- Martínez E., Ramos C. y Chiang F. 1994. Lista florística de la Lacandona, Chiapas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 54:99-177.
- Matuda E. 1950a. A contribution to our knowledge of wild flora of Mt. Ovando. *The American Midland Naturalist* 43:195-223.
- Matuda E. 1950b. A contribution to our knowledge of the wild and cultivated flora of Chiapas. I. Districts Soconusco and Mariscal. *The American Midland Naturalist* 44:513-616.
- Miranda F. 1952. *La Vegetación de Chiapas*. 2 Vols. Gobierno del Estado de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chis.
- Miranda F. 1957. *Vegetación de la Vertiente del Pacífico de la Sierra Madre de Chiapas (México) y sus Relaciones Florísticas*. Instituto Botánico de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chis. [Reproducido en López-Sánchez C. Comp. 1993. *Lecturas Chiapanecas*, pp. 79-101, Gobierno del Estado de Chiapas, México, D.F.]
- Morales Saldaña, S. 2017. Riqueza y distribución del género *Quercus* en la Sierra Madre del Sur, México. Facultad de Ciencias, UNAM. México
- Muller C.H. 1942. The Central American species of *Quercus*. *Miscellaneous Publication* 477: 1-216.

- Murguía M. y Rojas F. 2001. Biogeografía cuantitativa. En Llorente Busquets J. y Morrone J.J (eds). Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. *Las prensas de Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.*
- Nixon, K. C. 1993. Infrageneric classification of *Quercus* (Fagaceae) and typification of sectional names. *Annales des Sciences Forestières* 50: 25-34.
- Nixon, K. C. y C. H. Muller. 1997. *Quercus* Linnaeus sect. *Quercus* en: Flora of North America North of Mexico. Vol. 3. *New York: Oxford University Press*, 471-506.
- Nixon, K. C. 2006. Global and Neotropical Distribution and Diversity of Oak (genus *Quercus*) and Oak Forests. In M. Kappelle (ed.) Ecology and conservation of Neotropical montane oak forests. *Ecological Studies* 185, 3-13. Springer, Berlin, Germany.
- Nixon K.C. 2009. An overview of *Quercus*: Classification and phylogenetics with comments on differences in wood anatomy.
- Oldfield S. y A. Eastwood. 2007. The Red List of Oaks. IUCN Red List of threatened species. *Published by Fauna and Flora International, Cambridge, UK*. <<http://www.globaltrees.org/downloads/RedListOaks.pdf>> (consultado 4 marzo 2019)
- Pérez Mojica, E. y S. Valencia-A. 2017. Estudio preliminar del género *Quercus* (Fagaceae) en Tamaulipas, México. *Acta Botánica Mexicana* 120: 59-111.
- QGIS Development Team. 2017. QGIS Geographic Information System, version 2.18.4. Open Source Geospatial Foundation. <http://qgis.osgeo.org>.
- Ramírez-Marcial N., Ochoa-Gaona S. y González-Espinosa M. 1998. Análisis florístico y sucesional en la Estación Biológica Cerro Huitepec, Chiapas, México. *Acta Botánica Mexicana* 44:59-85.
- Ramírez-Toro, W., A. Torres-Miranda, A. González-Rodríguez, E. Ruíz-Sánchez, I. Luna-Vega y K. Oyama. 2017. A multicriteria analysis for prioritizing areas for conservation of oaks (Fagaceae: *Quercus*) in Oaxaca, Southern Mexico. *Tropical Conservation Science*.
- Rodríguez-Acosta, M., J. L. Villaseñor, A. J. Coombes y A. B. Cerón-Carpio. 2014. *Flora del estado de Puebla*, México. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. 176 páginas.
- Rodríguez-Correa, Hernando y Oyama, Ken y Quesada, Mauricio y Fuchs, Eric y Quezada Aguilar, Maura y Ferrufino, Lilian y Avalos, S y Cascante, Alfredo y González-Rodríguez, Antonio. 2017. Complex phylogeographic patterns indicate Central American origin of two widespread Mesoamerican *Quercus* (Fagaceae) species. *Tree Genetics & Genomes*. 13:62

- Rohlf, F. 2004. NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system, version 2.11T. New York, Exeter Software.
- Romero-Rangel, S.; E.C. Rojas-Zenteno, y L.E. Rubio-Licona. 2014. Fagaceae. Fascículo 181. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Instituto de Ecología A. C. Pátzcuaro, Michoacán. 167 pp.
- Romero-Rangel, S.; E.C. Rojas-Zenteno; L.E. Rubio-Licona y S. Zamudio Ruiz. 2017. Encinos de México (Quercus, Fagaceae) Estado de Querétaro. FES, IZTACALA, UNAM. México.
- Rzedowski, J. 1978. Los tipos de Vegetación de México. *Limusa Wiley*. México.
- Rzedowski, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México, en T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 129-145.
- Sabás Rosales, J. L. 2011. "Taxonomía, diversidad y distribución de los encinos (Quercus spp.) del estado de San Luis Potosí, México". Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. 402 pp.
- Sabás, J. L., Sosa, J. y Luna J. de J. 2015. DIVERSIDAD, DISTRIBUCIÓN Y CARACTERIZACIÓN BÁSICA DEL HÁBITAT DE LOS ENCINOS (QUERCUS: FAGACEAE) DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO. *Botanical Sciences*, 93: 881-897.
- Sabás-Rosales, J. L. 2016. Encinos (Quercus: Fagaceae) de Zacatecas: Taxonomía, Diversidad y Distribución. Centro de Ciencias Básicas. Departamento de Biología. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México.
- SEMAVI. 2009. Resumen ejecutivo del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Sokal R. Robert y Michener D. Charles. 1958. A statical method for evaluating systematic relationships. *University of Kansas Science Bulletin*. 38: 1409-1438
- Suárez-Mota, M. E., Villaseñor, J. L. y Ramírez-Aguirre, M. B. 2018. Sitios prioritarios para la conservación de la riqueza florística y el endemismo de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Acta Botánica Mexicana*, (124), 28 p
- Torres-Miranda A., Luna-Vega I., Oyama K. 2011. Conservation biogeography in red oaks (Quercus, section Lobatae) in Mexico and Central America. *Am. J. Bot.* 98:290–305.
- Torres-Miranda A., Isolda Luna-Vega, Ken Oyama, 2013. New Approaches to the Biogeography and Areas of Endemism of Red Oaks (*Quercus* L., Section *Lobatae*), *Systematic Biology*. 62: 555–573

- Uribe-Salas, D., M.L. España-Boquera y A. Torres-Miranda. 2019. Aspectos biogeográficos y ecológicos del género *Quercus* (Fagaceae) en Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana*, (126): e1342.
- Valencia-A. S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 33-53.
- Valencia-A., S., Coombes, A. y Villaseñor, J.L. 2018. *Quercus candicans* (Fagaceae) is not a *Quercus* but a *Roldana* (Asteraceae). *Phytotaxa* 333: 251-258.
- Valencia-A., S., Flores-F. G., Jiménez-R., J. y Mora-J., M. 2017. Distribution and diversity of Fagaceae in Hidalgo, México. *Botanical Sciences* 95: 660-721.
- Valencia-A., S. y Gual-Díaz, M. 2016. La familia Fagaceae en el bosque mesófilo de montaña de México. *Botanical Sciences* 92: 1-12.
- Valencia-Á., S. y K.C. Nixon. 2004. Encinos. En: García-Mendoza, A.J., M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM. Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la naturaleza y WWF. México, pp. 219- 225.
- Valencia A. S. y Nixon K. 2011. Encinos. En: García Mendoza A., Ordoñez M.J. y Miguel Briones S. (eds.) Biodiversidad de Oaxaca, Instituto de Biología, UNAM, Fondo de Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza y World Wildlife Found. 219-225.
- Vargas-Amado, G., Castro, A., Harker, M., Villaseñor, J. L., Ortiz, E. y Rodríguez, A. 2013. Distribución geográfica y riqueza del género *Cosmos* (Asteraceae: Coreopsidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 84: 536-555
- Villalobos-Sánchez, G. 2013. El contexto físico y su importancia para la preservación de la Biodiversidad. pp. 27-40. En: *La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio) y Gobierno del Estado de Chiapas, México.
- Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 87, 559-902.
- Williams-Linera G. 1991. Nota sobre la estructura del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña en los alrededores del campamento "El Triunfo", Chiapas. *Acta Botánica Mexicana* 13:1-7.
- Zavala, F. 1998. OBSERVACIONES SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE ENCINOS EN MÉXICO. *POLIBOTÁNICA*, 8:47-64.

Tomado de

http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/wpcontent/uploads/downloads/prod/uctosdqe/CIGECH/CIGECH_GEOG_Y_MEDIO_AMB.pdf, Agosto, 2019.

Tomado de

http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/anpe09gw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no, Agosto, 2019.

Tomado de <http://sig.conanp.gob.mx/website/interactivo/anps/>, Agosto, 2019.

Tomado de <https://www.iucnredlist.org/>, Agosto, 2019.