



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

GRADIENTE ALTITUDINAL Y DIVERSIDAD DE PLANTAS
CON FLORES EN EL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN,
MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

Myriam Campos Aguilar

DIRECTOR DE TESIS: DR. MIGUEL MURGUÍA ROMERO



LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MÉXICO 2009



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.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a mi familia que siempre ha estado ahí en todo momento a mis padres Antonino y Teresa por apoyarme siempre y orientarme a seguir mi camino, también a mis hermanos Cesar y Sergio por siempre apoyarme para seguir adelante y protegerme de todo.

En especial a ti mamá por ser la persona de la que más he aprendido y de la que seguramente seguiré aprendiendo por tu sinceridad y cada uno de tus comentarios acertados y llenos de sabiduría. Que me inspiran a ser una mejor persona también quiero decirte que si alguna vez llego a ser madre tu eres mi ejemplo y espero poder ser tan solo un poco de la excelente madre que tu eres.

A ti papá ser el ejemplo para nunca rendirse y enseñarme que cuando algo se quiere no es una opción lograrlo sino que simplemente se tiene que lograr, a pesar de cualquier obstáculo, lo que fue esencial para llegar hasta este punto de mi vida y seguir superándome tanto en lo profesional como en lo personal.

A mi abuelita Enedina Páez por siempre escucharme, cuidarme y alentarme a seguir adelante y por ser el mejor ejemplo de fortaleza que se puede tener y transmitir siempre esa vitalidad y ese ángel que lleva por dentro.

A la familia Aguilar, mi familia en especial a mis tíos Federico y Rosa, a mis primos con los que eh creciendo y compartiendo cada etapa de mi vida, aun cuando estamos lejos gracias a todos ustedes por enseñarme el valor de una familia unida y que a la que me da mucho orgullo pertenecer.

A Alberto mi apoyo para seguir, gracias amor, por ser el responsable de mis momentos más felices, por tu gran amor y claro por dejarme ser parte de tu vida. Te amo. *“Quisalan elevas”*.

A todos aquellos que recorrieron conmigo esta carrera de resistencia y con quienes he compartido más que un salón de clases, muchas experiencias de vida buenas y malas a los que me alegro mucho llamar AMIGOS. Los quiero.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco antes que a nadie a mis padres por todo su apoyo tanto económico como todas sus enseñanzas para poder llegar hasta aquí.

A mi familia por siempre alentarme para seguir mis metas.

A Alberto por estar conmigo en todo este proceso y su comprensión, además de regalarme su talento en los dibujos de la flora de este trabajo.

Al Dr. Miguel Murguía Romero por toda su comprensión, paciencia, el conocimiento que me transmitió en todo este tiempo, además de toda la confianza que deposito en mí y por todos sus consejos que sin todo eso no se hubiera logrado este trabajo.

A la Dra. Patricia Koleff por su tiempo, comprensión y enriquecimiento de este trabajo, Además le agradezco el haberme permitido realizar con una estancia en sus oficinas de la CONABIO, donde aprendí bastante el significado de la c biología fuera de las aulas.

Al Dr. Rafael Villalobos por el apoyo persona y el otorgado por medio del CONACyT,

A mis sinodales Dra. Patricia Dávila. Dra. Patricia Kollef, Dr. Oswaldo Téllez y Dr. Héctor Godínez por sus comentarios tan acertados, comprensión y su apoyo para hacer esta tesis mejor.

Y a todas aquellas personas que estuvieron conmigo a lo largo de la carrera y hicieron de Iztacala mi segundo hogar.

GRACIAS.

“Prefiero equivocarme creyendo en un Dios que no existe, que equivocarme no creyendo en un Dios que existe. Porque si después no hay nada, evidentemente nunca lo sabré, cuando me hunda en la nada eterna; pero si hay algo, si hay Alguien, tendré que dar cuenta de mi actitud de rechazo.”

Blaise Pascal

“Las montañas siempre han hecho la guerra a las llanuras”

Victor Hugo

“La unidad es la variedad, y la variedad en la unidad es la ley suprema del universo”

Issac Newton

CONTENIDO

1.-	RESUMEN.....	7
2.-	INTRODUCCIÓN.....	8
1.1	Patrones de distribución de las especies.....	8
1.2	Biodiversidad	9
1.3	Componentes de la diversidad	10
1.4	Gradiente altitudinal.....	13
1.5	Flora.....	15
1.6	Justificación	20
3.-	OBJETIVOS	22
4.-	HIPOTESIS	23
	PREGUNTA.....	23
5.-	ANTECEDENTES	24
5.1	Riqueza y recambio de especies	24
5.2	Biodiversidad y gradiente altitudinal	25
6.-	ÁREA DE ESTUDIO.....	27
6.1	Fisiografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán	27
6.2	Diversidad vegetal en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	28
6.3	Diversidad faunística en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán	29
6.4	La Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán.....	30
7.-	MATERIAL Y MÉTODO	32
8.-	RESULTADOS	39
8.1	Base de datos FAC-βD.....	39
8.3	Gradiente altitudinal y riqueza de especies	44

8.4 Gradiente altitudinal y diversidad beta.....	47
9.- DISCUSIÓN.....	55
10.- CONCLUSIONES.....	60
REFERENCIAS.....	61
PÁGINAS WEB CONSULTADAS	72
LISTA DE FIGURAS	73
LISTA DE TABLAS.....	75
LISTADO DE FLORISTICO.....	76

1.- RESUMEN

La riqueza de especies de una región es el resultado de la conjugación de diferentes factores tanto geográficos como biológicos. La altitud tiene una fuerte influencia en la distribución de los organismos. En el presente trabajo se analiza la relación de la riqueza de tres familias de plantas con flores (Cactaceae, Asteraceae y Fabaceae) con el gradiente altitudinal en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. El análisis incluye 679 especies representadas en 7172 registros obtenidos de las bases de datos de la REMIB (CONABIO) disponibles en línea.

Se cuantificó la riqueza de especies en dos tipos de intervalos altitudinales (cada 250 m. La correlación de la riqueza de especies y la altitud fueron obtenidas por medio de la regresión polinomial de orden tres.

También se calculó la diversidad beta, por medio de los índices 1-Jaccard y Wilson y Shmida para los intervalos altitudinales de cada 250m.

Se encontró una fuerte correlación ($R^2= 0.9229$, $P < 0.05$) entre la riqueza total de las especies de las tres familias y la altitud. También se encontró una alta correlación entre la riqueza de cada familia estudiada (Cactaceae $R^2= 0.7365$; Fabaceae $R^2= 0.9126$; Asteraceae $R^2= 0.9264$) y la altitud, mostrando un aumento proporcional de la riqueza respecto a la altitud hasta llegar a los 2000 msnm, y a altitudes mayores la diversidad alfa decrece. La región con mayor riqueza de especies registrada en el presente estudio es la que corresponde a la zona de matorral xerófilo.

La diversidad beta mostró una relación negativa muy marcada con la riqueza de especies; el ajuste polinomial tiene una correlación alta para los dos índices utilizados (1-Jaccard $R^2=0.88$, $P < 0.05$ y Wilson y Shmida $R^2=0.92$, $P < 0.05$). Se concluye que uno de los factores de mayor importancia que definen la distribución de las especies vegetales dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, al menos para las tres familias contempladas en este trabajo, es la accidentada topografía del área, mostrando un patrón definido.

2.- INTRODUCCIÓN

La diversidad de especies no se distribuye de forma uniforme a lo largo de la Tierra, existen algunos ecosistemas como los bosques tropicales o los arrecifes coralinos que son los que presentan más variedad de vida. Por el contrario, existen sistemas que parecen tener una diversidad limitada de vida como lo son los desiertos totalmente áridos y las regiones polares (Gaston, 2000).

La riqueza de especies que habitan una región es el resultado de la conjugación de diferentes factores tanto geográficos como biológicos (Whittaker, 1960). A escala macroecológica las regiones con más riqueza son las más cercanas al ecuador. La riqueza de especies está compuesta por dos factores: la riqueza de todas las áreas pequeñas que componen una región y el recambio en la composición de especies entre las áreas pequeñas, dada por factores geográficos, como la confluencia de regiones biogeográficas. Otro factor fundamental en la composición de especies en los ecosistemas es el gradiente altitudinal, a lo largo del que se pueden encontrar dentro de una misma zona múltiples comunidades, las mismas que reflejan diferencias ambientales (Willig *et al.*, 2003).

1.1 Patrones de distribución de las especies

Debido a las diferencias en topografía y ubicación dentro del planeta existen países en el mundo que contienen una mayor diversidad biológica que otros. A estos países se les considera megadiversos. De los 170 países del mundo solo 17 cumplen esta condición y albergan cerca del 75% de las especies de plantas y animales del mundo. Dentro de estos países privilegiados se encuentra México que contiene aproximadamente 10% de la diversidad biológica mundial, destacando por su riqueza de especies de vertebrados, plantas vasculares y otros grupos taxonómicos (Rodríguez *et al.*, 2003).

Esta riqueza biológica de México es el resultado de la diversidad de regiones ecológicas, de su compleja topografía desde la alta meseta en las regiones centrales (1,000-1,800 msnm) a las llanuras costeras (0-60msnm), con complejos

sistemas de montañas, el clima, la geología y la ubicación geográfica. México se encuentra ubicado en la confluencia de dos importantes regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical, que proporcionan elementos de intercambio entre el norte de zonas templadas y el sur de regiones tropicales (Morrone, 2005).

Dadas estas circunstancias la variedad de seres vivos es vasta, además de que en México las confluencias antes mencionadas propician la aparición de una importante cantidad de organismos endémicos, aumentando así el valor ecológico del país.

1.2 Biodiversidad

Toledo (1994), el surgimiento de la palabra como un concepto sintético según se conoce actualmente surge de la necesidad científica de instituciones y científicos interesados en conocer la riqueza del país y la conservación de estas mismas partir de enfoques taxonómicos, ecológicos y biogeográficos, con la finalidad de evaluar los ambientes naturales y aquellos con perturbaciones hechas por el hombre. La diversidad ha sido por mucho tiempo un concepto importante en la teoría ecológica y en su aplicación, ha adquirido nuevas definiciones y nombres de acuerdo a la perspectiva científica, social o física y creando un desafío para un concepto realmente unificado (Patil & Taillie, 1982).

Con motivo de precisar un concepto que lograra unir la mayoría de los aspectos de la diversidad se planteó uno de tipo general durante la Convención sobre la Diversidad Biológica, realizada en Río de Janeiro, Brasil el cual indica que “por diversidad biológica se entiende la variabilidad de organismos vivos, de cualquier fuente, incluidos entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y los marinos además de otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas” (UNEP, 1992). Otro concepto que se propuso para cuestiones prácticas es el citado por Bonn y Gaston (2005), que define a la biodiversidad como un concepto jerárquico con tres principales niveles de organización: diversidad genética, de especies y de ecosistemas.

1.3 Componentes de la diversidad

“El fenómeno de la diversidad es una característica de la distribución de las especies en comunidades y como tal, no puede ser enteramente percibido sin un conocimiento completo de la composición de la comunidad” (Shmida & Wilson, 1985).

Para poder analizar correctamente la mayoría de los aspectos que implica la diversidad biológica, Whittaker (1960), en un estudio sobre la diversidad de cierto tipo de vegetación, propone una forma de medirla dependiendo de tres niveles establecidos de acuerdo con la escala espacial y de las características ecológicas de la comunidad.

El primero de ellos y quizás el más simple de medir es aquel en el que se cuantifica el número de especies de una fracción del total del territorio en el que se encuentra una comunidad, la cual se le denomina diversidad alfa. Sin embargo, en ocasiones este tipo de diversidad se ha interpretado como una muestra del total de una comunidad. Por tanto, para resolver este problema Halffter y Moreno (2005), consideran tres subniveles de la diversidad alfa que son: *Diversidad alfa puntual*, referida al número de especies que tiene una comunidad en un punto determinado; *diversidad alfa promedio*, valor promedio de diversidades alfa puntual de diferentes lugares en un mismo paisaje y *Diversidad alfa acumulada*, correspondiente al número de especies colectadas en un lugar determinado en un cierto tiempo.

El segundo nivel propuesto por Whittaker (1972) es el denominado diversidad beta, que es de gran importancia para los ecólogos pues compara las diferencias entre áreas de muestreo o diferentes comunidades ecológicas que ocupan un área (Legendre *et al.*, 2009). Esta diversidad mide el recambio espacial o el cambio en la composición de las especies, ya sea entre dos o más ensamblajes locales o entre ensamblajes locales y regionales, encontrando que al aumentar la riqueza (diversidad alfa), el recambio de las especies se va incrementando (Koleff *et al.*, 2003).

A diferencia de los demás componentes de la diversidad (alfa y gama), que son medidos respecto del número de especies encontradas en cierto lugar y tiempo, la diversidad entre hábitats (diversidad beta), es medida con respecto a las proporciones, diferencias o similitudes (Moreno, 2001), y es uno de los componentes menos estudiados. Tomando en cuenta que su estudio puede llevar a la mejor comprensión de la conservación de los ecosistemas, hoy en día se incrementa el número de investigaciones sobre el recambio de las especies (Gaston & Bleckburn, 2000; Rodríguez *et al.*, 2003). Aunado a esto se ha visto que es un elemento de total importancia para la comparación entre regiones locales.

Existe una relación inversa entre la diversidad beta de las regiones y el tamaño de área de distribución de las especies (Harrison *et al.*, 2006), es decir, si las especies de una región tienen áreas de distribución pequeñas la composición de sus especies difiere entre sí, por lo tanto la diversidad beta será alta. Por el contrario, si existen áreas de distribución amplias, la diversidad beta se reducirá (Scott *et al.*, 1999), lo cual demuestra que la diversidad beta se encuentra muy relacionada con la distancia (espacio y tiempo) entre los muestreos y la heterogeneidad ambiental (Halffter & Moreno, 2005). Este supuesto es una de las bases principales para la formulación de modelos matemáticos que permiten un mejor análisis y entendimiento de la diversidad (Arita & Rodríguez, 2002).

El último componente que Whittaker (1972) propone, es la diversidad gamma, que es la riqueza de especies de un grupo de hábitats. Esta diversidad engloba las dos anteriores (Figura 1). Cabe mencionar que por grupo de hábitats (paisaje) se entiende “un área heterogénea pero distinguible, integrada por un conjunto de ecosistemas interactuantes que se repiten de forma similar” (Forman & Godron, 1986). Es importante destacar que una parte de un paisaje comparte, en cierta medida, las condiciones ambientales, pero lo más importante es que las especies dentro de este paisaje comparten una historia biogeográfica común (Halffter & Moreno, 2005).

Un componente más, que no es muy común encontrar en la literatura, es la denominada diversidad epsilon, esta diversidad mide la riqueza de las especies de

toda una región fisiográfica (Magurran, 2004). existe otro concepto denominado diversidad delta que no se ocupa con mucha frecuencia y que aún no es del todo aceptado. Este tipo de diversidad mide el cambio en la composición de las especies y su abundancia entre áreas de la diversidad gamma, lo cual ocurre dentro de un área de épsilon (Magurran, 1988).

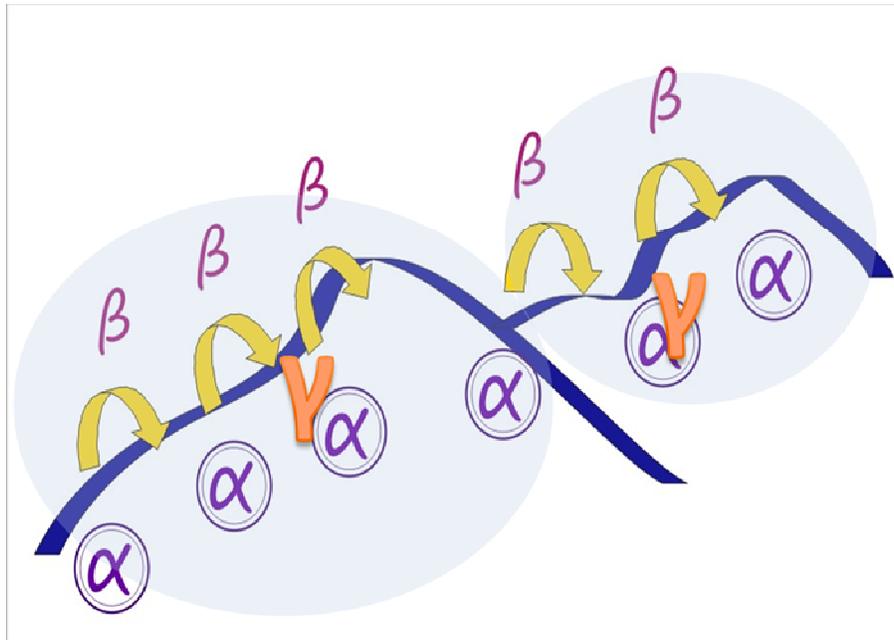


Figura 1. Representación gráfica del análisis de la diversidad en sus componentes alfa (α), beta (β) y gamma (γ)

1.4 Gradiente altitudinal

Cuando los factores determinantes de la distribución de las especies tales como la topografía y los suelos actúan, se forman micrositios que a su vez crean nichos ecológicos para el establecimiento de especies de la flora y la fauna. Estos valores se relacionan de tal manera que, al medir la riqueza de especies de animales, se refleja también la riqueza específica de plantas a lo largo de los gradientes de elevación (Colwell & Less, 2000).

Los gradientes altitudinales y los latitudinales han sido correlacionados con la diversidad biológica y a partir de ellos se han planteado hipótesis que, en muchas ocasiones, han generado controversia (Willig *et al.*, 2003). Rahbek (2005) afirma que los estudios realizados mediante gradientes ambientales son eficaces, ya que muestran una división natural de las especies dentro de su área de distribución.

La diversidad de especies respecto a un gradiente altitudinal, responde a factores ecológicos y evolutivos, así como características geofísicas, tales como la temperatura. Además existen principalmente dos categorías de cambios en el ambiente respecto a la altitud. Uno de ellos está ligado principalmente a la elevación sobre el nivel del mar, que provoca cambios en la presión atmosférica y temperatura, entre otros. Otra categoría es la que incluye factores que no están directamente relacionados entre sí, tales como la humedad, horas de radiación solar, viento, longitud de ubicación, geología e incluso la perturbación humana (Körner, 2007).

Por lo anterior, se podría decir que la distribución de la riqueza de especies a lo largo de un gradiente de elevación, es regulada por una serie de interacciones biofísicas e históricas (Colwell & Less, 2000).

Zonas Áridas y Semiáridas

Las zonas áridas y semiáridas del mundo se establecen en las partes norte y sur del ecuador y frecuentemente coinciden con áreas de alta presión atmosférica (Walton, 2007). Estas forman un amplio cinturón, donde el aire de la atmosfera se eleva y es calentado por los rayos del sol perdiendo así el agua en forma de vapor. Eventualmente este vapor se calienta y baja cientos de kilómetros desde el ecuador. es comprimido manteniendo el vapor de agua encerrado, con el aire seco moviéndose casi siempre hacia arriba (Adam & Zeng, 2007). De forma simplificada, este es el proceso por el cual se crean los climas tanto áridos como semiáridos. Otro factor es la topografía del lugar, ya que si hay montañas éstas pueden bloquear el paso de viento húmedo del mar, forzando al aire a subir, enfriándolo y haciendo que llueva en las cuestas o en la vertiente de barlovento (Adam & Zeng, 2007), Este cinturón se encuentra en México entre los 20 y 40 grados de latitud norte, acentuándose de sur a norte, con lo que los estados más secos del país son Sonora y Baja California (Bravo, 1978). Como es el caso de las zonas áridas en el altiplano que por su orientación paralela a la Sierra Madre Occidental se detienen los vientos húmedos que provienen del mar, obstruyendo su paso a otras siendo el caso del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, además de esto su aridez se debe también a macizos montañosos perpendiculares a la dirección de los vientos (Bravo, 1978).

Las zonas áridas y semiáridas son los ecosistemas que ocupan mayor territorio en México con un porcentaje de entre 50% y 60% (Challenger, 1998) estableciéndose aproximadamente en 58,472,398 ha (FAO, 2000). Estas zonas se encuentran principalmente ubicadas desde el norte hasta el centro del país (Rzedowski, 1978; Orozco-Almanza, 2003).

El clima de estas regiones se caracteriza por tener lluvias escasas, irregulares, de tipo torrencial, insolación intensa, temperatura con oscilaciones diurna y estacional extremas, y vientos fuertes, que afectan el crecimiento de las plantas y la

vegetación. Entre las plantas que pueden sobrevivir dentro de este medio agreste son las xerófilas pudiendo ser leñosas, suculentas o herbáceas, y aún arbustivas con un tallo bajo según se incrementa el desarrollo de los tejidos leñosos o de los parénquimas acuíferos (Bravo, 1978).

1.5 Flora

Dentro de VTC se han reportado 180 familias de plantas vasculares (Dávila *et al.*, 2002). En el presente estudio se tomarán en cuenta tres de las familias más representativas dentro del valle.

Asteraceae

La familia Asteraceae clasificada así por Cronquist (1981), o Compositae en otros sistemas de clasificación, es fácilmente identificada por la agrupación de flores en capítulos o cabezuelas rodeados por involucro de brácteas (Spichinger *et al.*, 2004), sus especies tienen diferentes formas de vida; árboles, arbustos, suculentas, lianas y epifitas (Funk, 2005) (Figura 2).

Esta familia es la más diversa en el mundo, tiene entre 24000-34000 especies distribuidas en 1600-1700 géneros. Por tanto, una de cada 10 plantas vasculares es una Asteraceae.

La familia se encuentran en todo el mundo, exceptuando la Antártida y es una familia monofilética (Funk, 2005).

En lo que respecta a su distribución en México, la familia presenta una alta riqueza con 3,012 especies, en 362 géneros (Balleza & Villaseñor, 2002; Villaseñor, 2004). En el VTC se reportan 345 especies que representan 14.4% de la riqueza total del país (Dávila *et al.*, 2002).

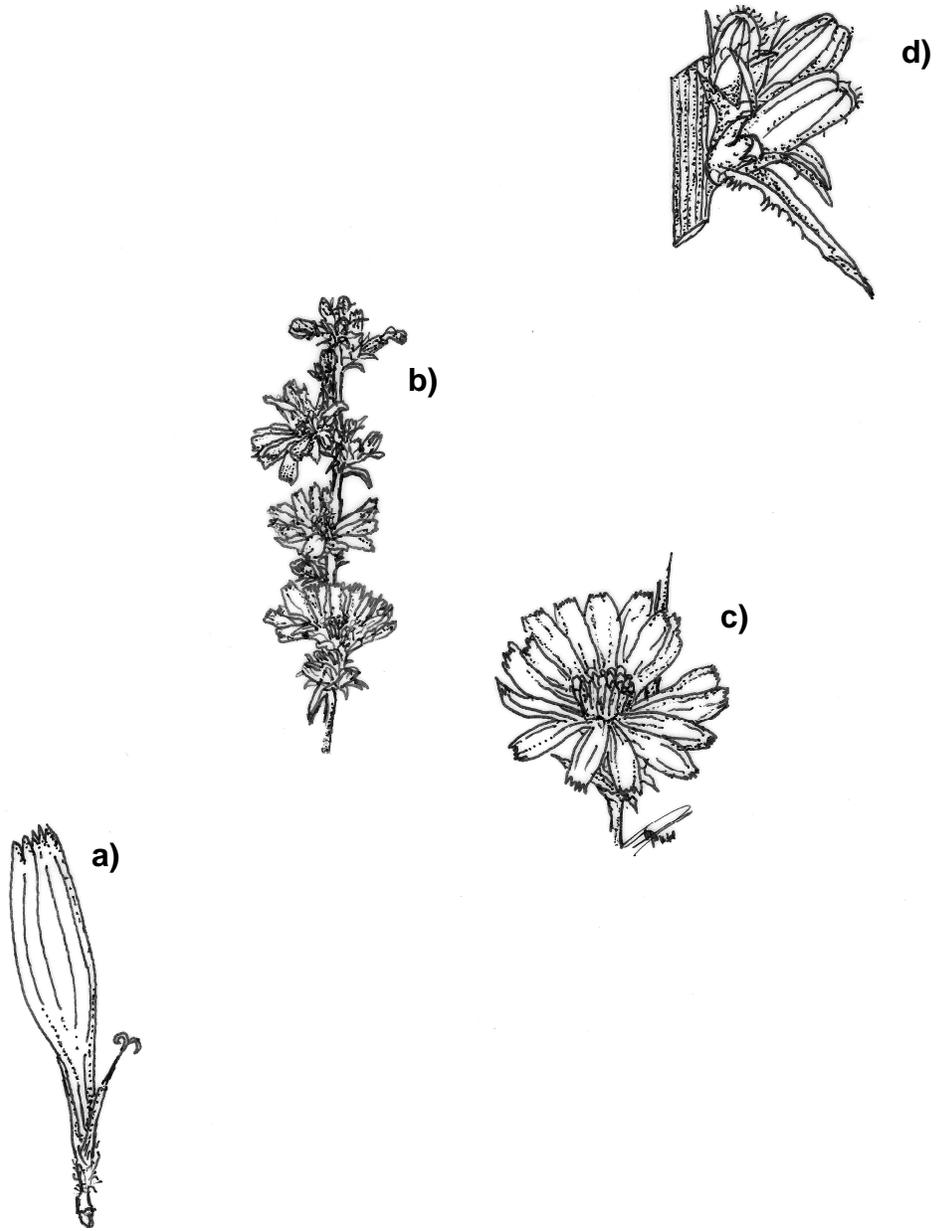


Figura 2. Asteraceae, a) Flor ligulada, con cinco pétalos en la corola; **b)** Parte más superior de un tallo en floración; **c)** Cabeza de flor característica; **d)** Racimo de cabezas en una axila de una bráctea.

Fabaceae

La familia Fabaceae (Cronquist, 1988) es una familia de árboles, arbustos y hierbas perennes o anuales que algunas veces tienen tallos espinosos. La familia Fabaceae, incluida en otros sistemas de clasificación dentro de las Leguminosae, se distribuye principalmente en las zonas tropicales, presentando 50-56 géneros y 3000 especies. Representa una de las familia de plantas con flores más diversa en el mundo después de las Asteraceae (Spichinger *et al.*, 2004).

Una de las ventajas en la sobrevivencia de esta familia es la simbiosis existente con las bacterias del género *Rhizobium* en sus raíces Su fruto es una legumbre (Spichinger *et al.*, 2004; Figura 3).

En cuanto al número de especies en México, Villaseñor *et al.* (2007) reportan 1913 especies de esta familia contenidas en 93 géneros (Villaseñor, 2003), siendo reportadas para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán 290 especies que representan el 16.1% del total de especies en México (Dávila *et al.*, 2002).

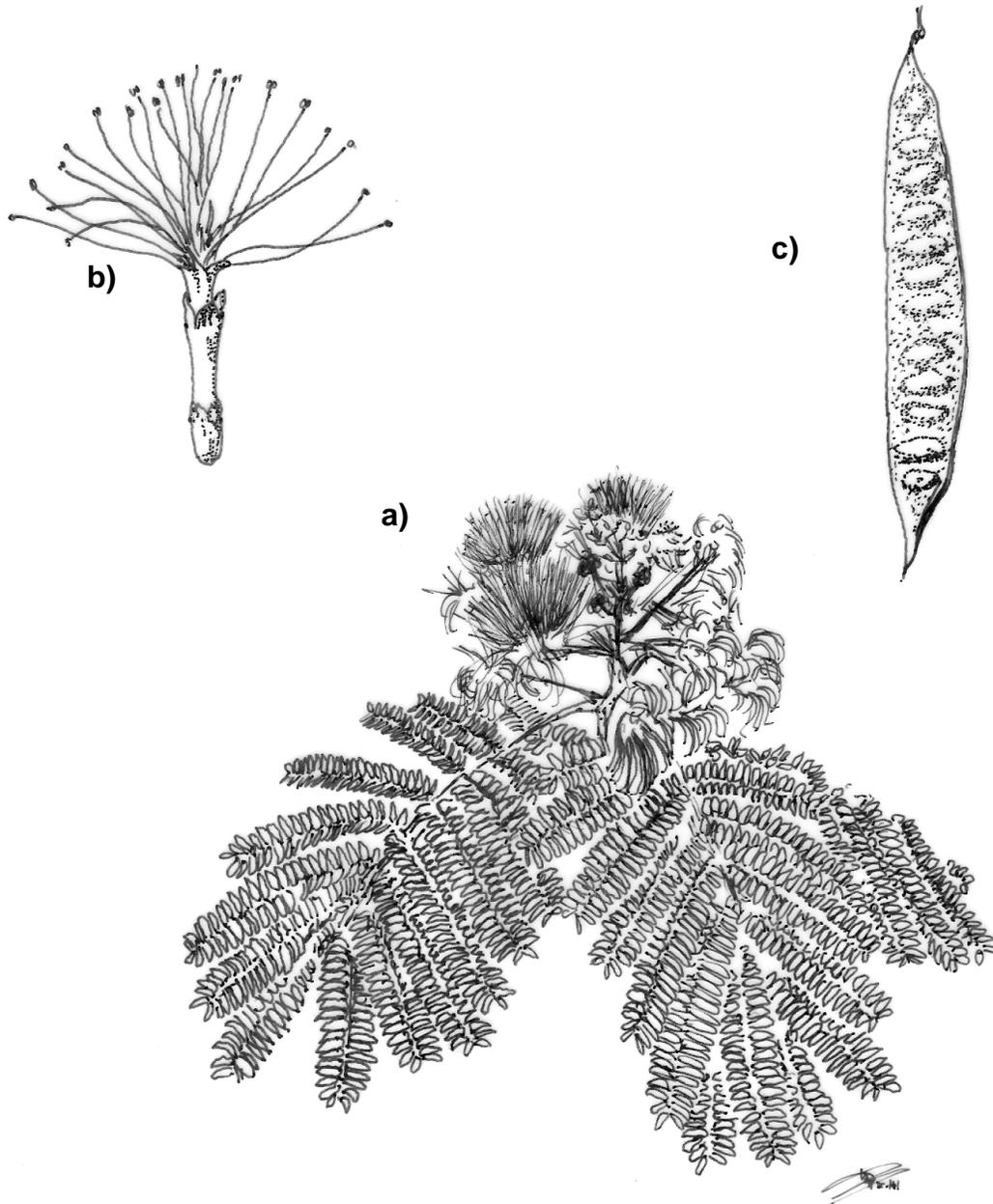


Figura 3. Fabaceae, a) Rama con flores; b) Flor bisexual central de una inflorescencia individual; c) Fruto maduro.

Cactaceae

Las cactáceas son plantas con una distribución amplia a lo largo de América, desde Canadá hasta Argentina. Esta familia se desarrolla principalmente en climas semiáridos y áridos. Se localizan, a nivel del mar hasta altitudes de 5000 msnm (Ortega & Godínez, 2006).

Las cactáceas se caracterizan por la ausencia o rara aparición de hojas, tienen generalmente un tronco suculento y bien desarrollado. Esta familia posee dos características muy importantes y, que son la presencia de costillas y areolas, las cuales son zonas reproductivas (Cronquist, 1981) (Figura 4)

México ha sido considerado uno de los países con alta importancia para la conservación de especies de cactáceas (Ortega & Godínez, 2006), pues su mayor riqueza se encuentra en nuestro país (36%) así como el alto número de endemismos (Ortega & Godínez, 2006).

Se reconocen para México 913 taxones entre especies (669) y subespecies (244) aceptadas, que se agrupan en 63 géneros. De los anteriores 25 géneros, 518 especies y 206 subespecies son endémicas (Guzmán *et al.*, 2003). En el VTC se encuentran 81 especies de cactáceas (Dávila *et al.*, 2002).

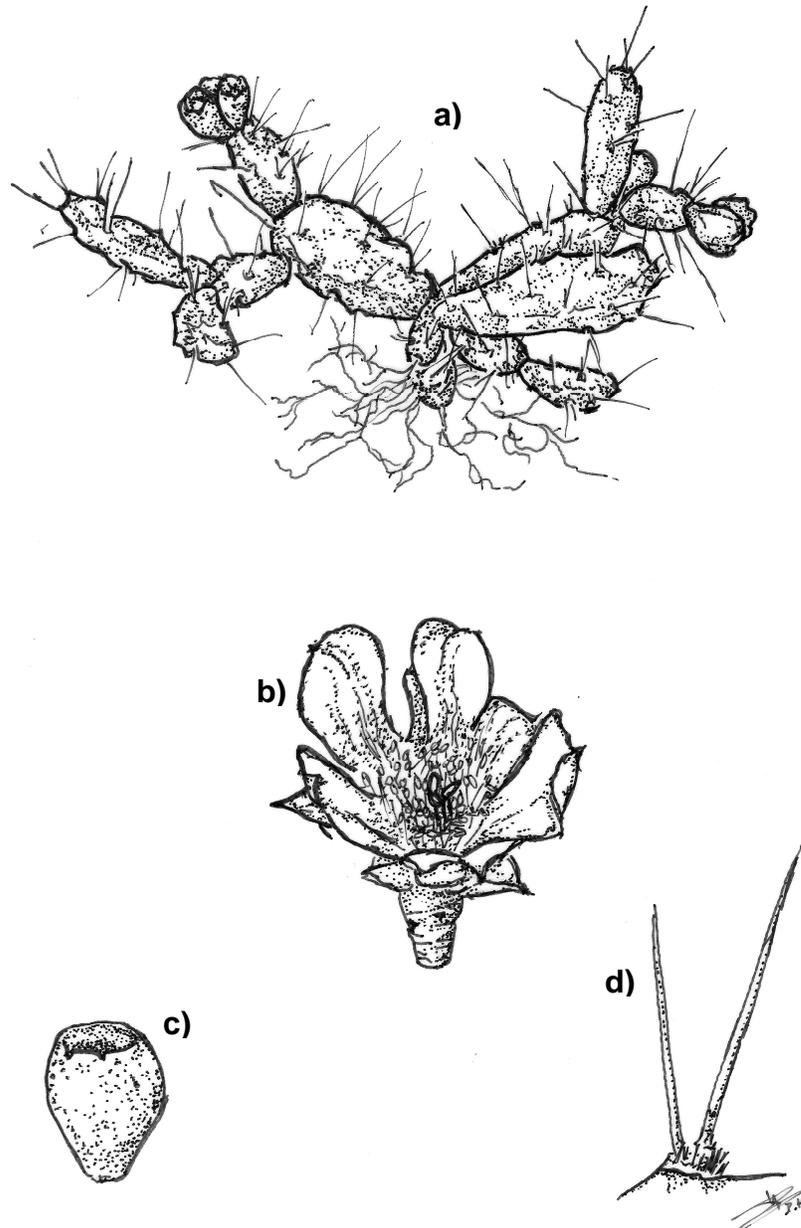


Figura 4. Cactaceae, a) Planta con frutos inmaduros; **b)** Flor; **c)** Fruto maduro; **d)** Areola con espinas y gloquidas.

1.6 Justificación

Se seleccionaron las familias Fabaceae y Asteraceae por ser grupos taxonómicos con una amplia riqueza tanto en la zona de estudio como en todo el mundo

(Villaseñor, 2007), y las cactáceas, por ser el grupo que predomina en el paisaje (Rzedowski, 1978).

Tomando en consideración la diversidad, endemidad e importancia económica de estas familias es importante realizar estudios que aporten información más detallada de la manera en que estos tres grupos vegetales se distribuyen en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

El VTC es una zona de alta importancia para la conservación de organismos , por lo que estudiar su distribución dentro de esta zona es de vital importancia para apoyar trabajos de conservación. Este trabajo se enfoca a estudiar la distribución de estas tres familias vegetales, en relación a su riqueza de especies y su recambio a lo largo del gradiente altitudinal en el VTC.

El VTC es un área de diversificación de las cactáceas y es importante su cuidado, ya que las cactáceas son organismos con una alta vulnerabilidad por la perturbación del medio, sus ciclos de vida son largos y la tasa de crecimiento individual es baja. Su reproducción (polinización y dispersión de semillas) y éxito para vivir depende, en gran parte, de otros organismos.

Ademas no existe antecedente de algún trabajo que haya cuantificado la riqueza de especies y su recambio dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Por tal razón es importante realizar estudios de biodiversidad y desarrollo de propuestas de conservación de las comunidades vegetales de México, pues las plantas forman numerosas interacciones entre ellas y con los animales (Ortega & Godínez, 2006).

3.- OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar la riqueza de especies de tres familias de plantas y el cambio en su composición en un gradiente altitudinal en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México.

Objetivos particulares

1. Conocer la riqueza de especies o diversidad alfa de Asteraceae, Fabaceae y Cactaceae en las diferentes zonas del interior del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (VTC).
2. Conocer las diferencias en la composición de especies a lo largo del territorio del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, mediante la cuantificación de la diversidad beta.
3. Conocer la influencia de la altitud en la composición de especies del VTC.
4. Establecer la importancia del gradiente altitudinal como una de las posibles causas de las semejanzas y diferencias en la diversidad de especies de plantas con flores de las familias Fabaceae, Asteraceae y Cactaceae en el VTC.

4.- HIPOTESIS

Dado que la altitud es un factor importante en la distribución de las especies y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán presenta una geografía accidentada, se espera que exista una amplia riqueza de especies de estas tres familias a lo largo del VTC y una diversidad beta alta con la existencia de un patrón de distribución marcado para estos dos aspectos de la diversidad de especies a lo largo del gradiente altitudinal.

PREGUNTA

¿Conocer la variedad de especies de estas tres familias y su composición en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán?

¿Cómo influye el gradiente altitudinal en la distribución de especies vegetales en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán?

5.- ANTECEDENTES

5.1 Riqueza y recambio de especies

Existe una gran variedad de trabajos que se enfocan principalmente a explicar el comportamiento de las comunidades naturales y la forma en la que se presenta la distribución de los organismos (Whittaker, 1960, 1972; Shmida & Wilson, 1985; Anderson *et al.*, 2006). De manera específica se estudia cómo es la diversidad de los organismos y se generan patrones que explican la diversidad de los organismos mediante sus componentes (α , β y γ) (Gaston, 2000; Koleff, 2003; Anderson *et al.*, 2006).

Hay muchos estudios sobre la composición de las especies en zonas específicas y los patrones de la distribución que se generaron de estos análisis (Arita, 1997; Fointaine *et al.*, 2006). Se destaca el trabajo realizado por Tonn y Magnuson (1982) quienes estudiaron los patrones en la composición de organismos acuáticos.

Existen trabajos donde el tema principal es el análisis de la diversidad de organismos en sus componentes, tanto alfa como beta, en diferentes grupos de organismos, principalmente en grupos faunísticos que incluyen invertebrados (Troch *et al.*, 2001), vertebrados, tales como artrópodos (Clough, 2007, Brehem *et al.*, 2003; Novotny & Weiblen, 2005 y Novotny *et al.*, 2007), aves (Bonn & Gaston, 2005; Gaston *et al.*, 2007, Mac Nally *et al.*, 2004) y mamíferos (Rodríguez *et al.*, 2003). También hay estudios acerca de la diversidad beta a lo largo de un gradiente latitudinal para uso en acciones de conservación (v.gr. Rodríguez & Arita, 2004).

Dentro de los ambientes acuáticos se encuentra el trabajo realizado por Izsak y Price (2001), quienes midieron la diversidad beta de equinodermos en las islas Laccadive en el océano en relación a la escala espacial. Los autores encontraron que aun en zonas pequeñas, los equinodermos pueden tener una diversidad beta muy alta, lo que no sucede generalmente en organismos terrestres.

Respecto a los estudios de diversidad de organismos vegetales, la cantidad de trabajos es menor que para animales, pero ha aumentado considerablemente en los últimos años (Condit *et al.*, 2002; Contreras & Luna, 2007; Burnham, 2002; López & Dirzo, 2007; Harrison *et al.*, 2006). Cabe destacar el trabajo de Passy y Blanchet (2007), quienes midieron la diversidad beta de unas comunidades algales, donde existe un impacto humano, señalando que la restauración ambiental está disminuyendo el recambio de las especies haciendo que solo sobrevivan pocas especies y perdiendo otras muchas.

Goettsch y Hernández (2006), estudiaron el recambio de especies de la familia Cactaceae en la región del desierto de Chihuahua, encontrando que la diversidad beta va de alta a moderada. También encontraron que la riqueza de especies es muy alta en esta zona, lo cual podría ser explicado porque el desierto de Chihuahua es una de las zonas de diversificación más importantes de esta familia.

5.2 Biodiversidad y gradiente altitudinal

Otros trabajos sobre las medidas de biodiversidad en diferentes organismos también incluyeron la correlación con parámetros ambientales, principalmente los relacionados con la latitud y la altitud (este último parámetro utilizado en el presente trabajo) (Yang *et al.*, 2007; Burnham, 2004; Ellinseng & Gray, 2002; Groot *et al.*, 2006; Hegazy *et al.*, 1998; Inoue *et al.*, 2006, Ohlemüller & Wilson, 2000 y Gairola *et al.*, 2008).

Hernández *et al.* (2008) estudiaron la riqueza de especies y el recambio de las mismas a lo largo de un gradiente altitudinal en el desierto de Chihuahua. Ellos encontraron que no existe una influencia marcada de la altitud y la distribución de las especies a lo largo del gradiente altitudinal, explicando que la diferencia entre un extremo y otro del desierto, no es muy grande.

Respecto a la familia Asteraceae, Mbatudde *et al.* (2007) estudiaron la diversidad y la distribución de las especies a lo largo de un gradiente de precipitación. Los autores encontraron que la región donde existe la mayor riqueza de especies es la

confluencia entre las zonas más secas y las más húmedas. Sin embargo, la diversidad fue similar en las zonas con precipitaciones más altas y más bajas. En la región de transición no se encontraron especies características ni de las zonas de precipitación altas, ni de las bajas. Los autores mencionan también que diversos factores tales como tipo del suelo, niveles de nutrientes y competencia asociada podrían explicar en parte el patrón observado.

Sánchez-González y López-Mata (2005), midieron la riqueza y la diversidad de especies de plantas a lo largo de un gradiente altitudinal en la Sierra Nevada, en una zona perteneciente al cinturón volcánico trans-mexicano. Estos encontraron que la máxima riqueza se presenta a altitudes aproximadas de 3000 msnm, aumentando a altitudes menores y disminuyendo a altitudes superiores. Se presenta una correlación de $R^2= 0.64$ a partir de la cual se comprueba que la altitud influye en la distribución de las especies de plantas de dicha zona.

6.- ÁREA DE ESTUDIO

6.1 Fisiografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán

La región semidesértica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (VTC) se localiza en la parte central de México, siendo uno de los principales centros de endemismo en el país. Y un centro de diversidad de plantas y animales.

Esta región está situada al sureste de Puebla y al noroeste de Oaxaca, entre las coordenadas 17°32' y 18°52' latitud norte y 96°15' y 97°50' longitud Oeste, con un área aproximada de 9,900 km² (Méndez *et al.*, 2004).

El VTC está considerado dentro de la provincia fisiográfica de la mixteca oaxaqueña, la cual es formada por el valle del río Papaloapan. El lavado del río Balsas también influye en esta región (Rzedowski, 1978).

La zona está limitada por la Sierra Madre Oriental al norte en la formación de un importante pico denominado la Sierra de Zongolica y al sur por la Sierra Madre Oaxaqueña, teniendo a la Sierra de Juárez como límite. A esta región se le ha denominado provincia florística de Tehuacán-Cuicatlán (Smith, 1965; Villaseñor *et al.*, 1990; Dávila *et al.*, 1993).

La región está físicamente aislada de las zonas completamente áridas de la meseta central, por la provincia de la faja trans-volcánica. El clima es semiseco caliente (semiárido), con veranos lluviosos y leves oscilaciones de temperatura.

El promedio anual de precipitación es 400-600 mm, tiene un régimen de lluvias de verano y la temperatura media anual es de 20°C. Las altitudes oscilan entre los 500 y 3200 msnm. Los suelos son rocosos y poco profundos, bien drenados y principalmente derivados de rocas sedimentarias y metamórficas (Zavala-Hurtado & Hernández-Cárdenas, 1998).

La Sierra de Zongolica y la Sierra de Juárez muestran una forma orográfica de cortina, la cual propicia un ambiente árido único en México. Existe una variedad de

asociaciones de plantas que pueden ser reconocidas en esta región (Jaramillo-Luque & González-Medrano, 1983).

La presencia, desarrollo y abundancia de organismos dependen en gran parte, de las condiciones del suelo, clima y topografía en el Valle. En el lavado del Papaloapan, el cardón (*Pachycereus weberi*) se encuentra en abundancia, al igual que el quiotillo (*Escontria chiotilla*). Por su parte el tetecho (*Neobuxbaumia tetetzo*) se encuentra en un estrato bien desarrollado compuesto por *Mimosa luisana*, *Prosopis laevigata*, *Parkinsonia praecox*, y *Acacia coulteri*, entre otras (Rzedowski 1978).

Las agregaciones de *Cephalocereus columna-trajani* pueden crecer hasta diez metros de alto y son acompañadas por *Morkillia mexicana*, *Mimosa luisana*, *Castella tortuosa* y *Echinocactus platyacanthus*. A más altas elevaciones en esta zona (2400-2700 m), hay arbustos de *Opuntia macdougaliana*, *O. huajuapensis* y *Polaskia chichipe*, especialmente en suelos de orígenes volcánicos (Rzedowski, 1978).

Lo anterior demuestra que el VTC es una isla ecológica de gran biodiversidad y ensamblajes únicos, que tiene una alta representación de especies endémicas.

6.2 Diversidad vegetal en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán

También en esta zona se han realizado estudios relacionados con la gran diversidad de especies faunísticas y florísticas, así como de conservación (Méndez *et al.*, 2006; Méndez *et al.*, 2004; Téllez-Valdés & Dávila-Aranda, 2003; Pavón *et al.*, 2000).

En lo que respecta a las plantas vasculares se han reportado aproximadamente 2700 especies de las cuales cerca de 30% se consideran endémicas (Dávila *et al.*, 2002; Rodríguez-Arévalo *et al.*, 2006).

Dávila *et al.* (2002) cuantificaron la biodiversidad vegetal del Valle de Tehuacán-Cuicatlán encontrando que el Valle posee aproximadamente 10 – 11.4% de la flora

de México, con 365 especies endémicas, 11 especies de anfibios, 48 especies de reptiles, y 91 especies de aves.

En el VTC también se han estudiado los procesos biológicos referentes a algunas especies (v.gr. Esparza-Olguín *et al.*, 2002; Rodríguez *et al.*, 2006; Valverde & Zavala-Hurtado, 2006; Pérez-Negrón & Casas, 2007; Valiente-Banuet *et al.*, 2007).

La región del VTC es considerada como un centro de diversidad de plantas para los géneros *Hechtia*, *Salvia* (Labiatae) y algunos de la familia Asteraceae (Dávila *et al.*, 1990). Contiene cuatro géneros endémicos de angiospermas: *Gypsacanthus*, *Oaxacania*, *Pringleochloa* y *Solisia* (Rzedowski, 1978). Por lo menos 50 especies de Asteraceae son conocidas como endémicas dentro del VTC (Ocaña-Nava & Villaseñor-Ríos, 1995). Del total de especies conocidas para México, en el caso de las Asteraceae el 9.86% habita en esta región con 445 endémicas. Del total de especies de cactáceas columnares mexicanas, 55% están presentes en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán y 30% de estas especies son endémicas (Valiente-Banuet *et al.*, 1995).

El VTC también es considerado como centro de origen y diversificación del género *Agave*; existen más especies de este género en este desierto que en ningún otro lado de las zonas áridas mexicanas (Challenger, 1998). Un total de 75 especies de Agavaceae las 151 presentes en México tienen una distribución restringida a áreas que sirvieron como islas ecológicas o refugios, y la región del VTC fue una de estas áreas (García-Mendoza, 1995).

6.3 Diversidad ornitológica en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán

En lo que respecta a la biodiversidad faunística, el VTC es considerado dentro de la categoría de áreas endémicas de aves del mundo por el consejo internacional de preservación de aves, debido a que contiene una composición única de avifauna (Bibby *et al.*, 1992).

Por lo menos se han registrado 90 especies de aves para esta región (Arizmendi & Espinosa de los Monteros, 1996); muchas de éstas contribuyen a la dispersión de cactáceas columnares (Valiente-Banuet *et al.*, 1996).

6.4 La Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán

Parte de esta región recibe protección federal decretada como Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán en 1998 (RBTC) (Diario Oficial de la Federación, 1998) (Figura 5). Uno de los principales retos es poder tener un programa de manejo que tome en cuenta las necesidades de las poblaciones locales y combinarlos con las metas de la conservación biológica de la zona.

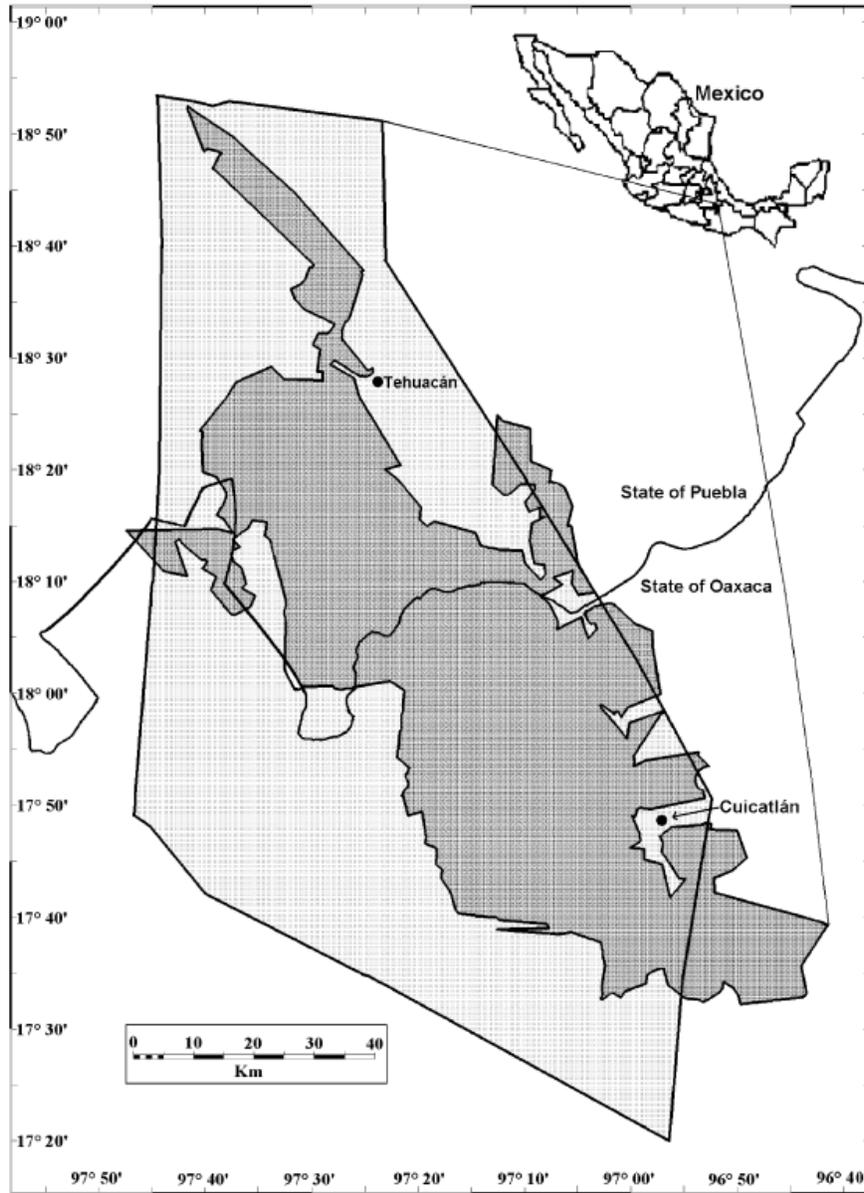


Figura 1. Área de la reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (área oscura) (DOF, 1998) y limite del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (área clara) (Tomada de Villaseñor *et al.* 1998).

7.- MATERIALES Y MÉTODO

Obtención de datos

Se obtuvieron los datos de los sitios de colecta registrados en las bases de datos de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB) Esta red está constituida por diferentes instituciones que aportan registros a la base de datos disponibles en Internet en las páginas de la CONABIO (www.conabio.gob.mx/remib). También se integraron registros de la base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO (www.conabio.gob.mx/institucion/snib/doctos/acerca.html).

Se seleccionaron los registros de los ejemplares de los sitios de colecta en los estados de Puebla y Oaxaca de las familias Asteraceae, Fabaceae y Cactaceae. Con estos registros se integró una base de datos en el programa Microsoft Access y la interfaz de bases de datos X-FESI v.2 (Murguía & Campos, 2009a) denominada FAC-βD integrada por tablas, consultas e informes correspondientes. Esta base de datos y representa la columna vertebral del presente trabajo. Y se encuentra normalizada de acuerdo al modelo relacional (Codd, 1970, 1990) e integra 24,202 registros de 2,508 especies.

De los múltiples campos de los registros de sitios de colecta, se seleccionaron solo los siguientes:

- Familia,
- Género,
- Especie,
- Id_ de la fuente de datos (REMIB o SNIB)
- Latitud (en grados, minutos y segundos)
- Longitud (en grados, minutos y segundos)

Los campos de la latitud y longitud fueron transformados a grados decimales.

Los registros de la base de datos con sus datos correspondientes se exportaron a un sistema de información geográfica (ArcView), donde se utilizó la siguiente cartografía digital:

1. Polígono del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Dávila *et al.*, 1993; versión digital tomada de Serrano & Murguía, 2009)
2. Modelo digital de elevación (INEGI, 2008) (Figura 6).

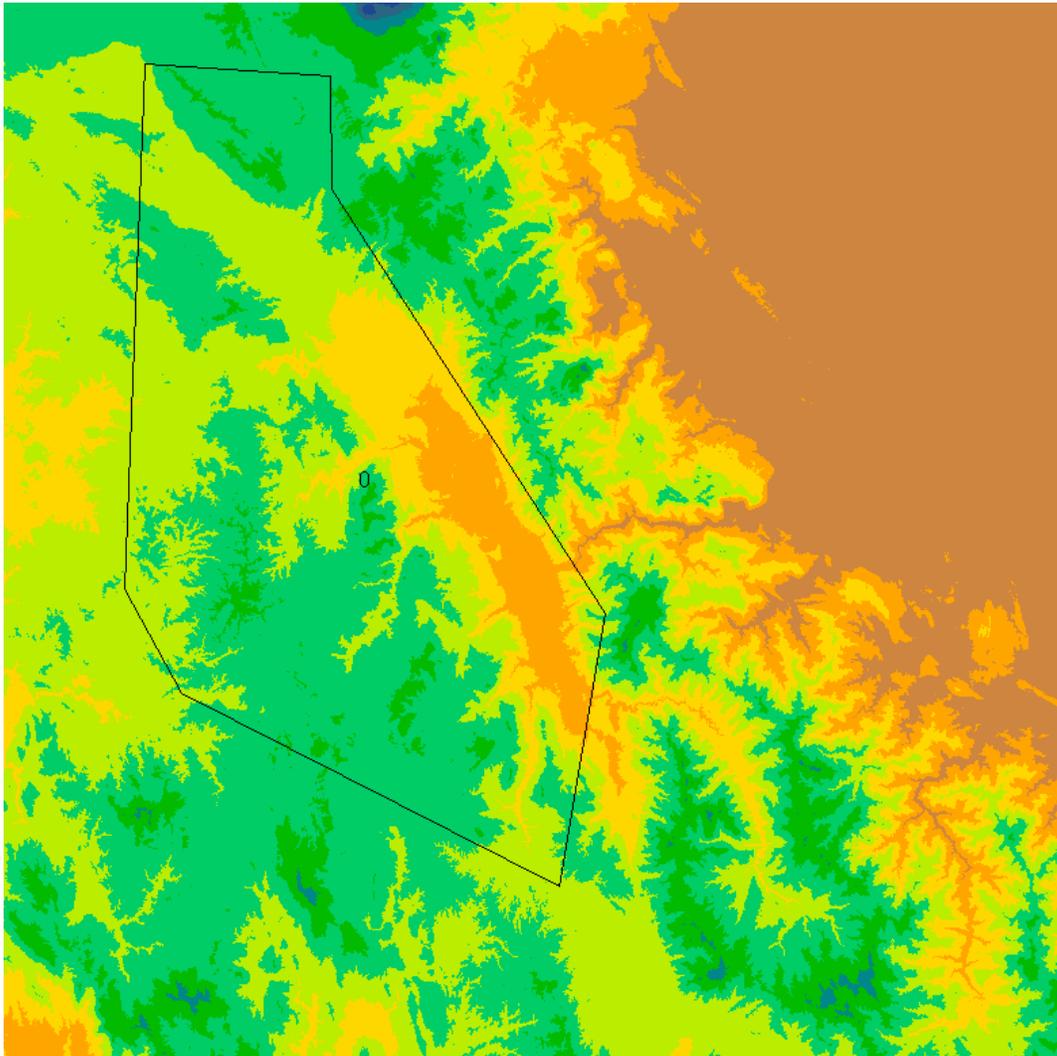


Figura 1. Polígono del VTC (Dávila *et al.*, 1993) y modelo digital de elevación (INEGI, 2008).

Cada uno de los puntos de sitios de colecta se superpuso en el modelo digital de elevación (INEGI, 2008), de donde se obtuvo la altitud para cada sitio de colecta que se tiene en el registro. Posteriormente se agregó al proyecto de ArcView el polígono perteneciente al Valle de Tehuacán Cuicatlán (Dávila *et al.*, 1993; Méndez *et al.*, 2006), para poder obtener solamente los datos de aquellas especies que estuvieran registradas en coordenadas que se encontraran dentro del polígono del VTC, lo que redujo el número de datos a un total de 7,494 registros de sitios de colecta, pertenecientes a 679 especies de plantas de las familias seleccionadas.

Validación de registros

Los datos de registros de sitios de colecta encontrados dentro del polígono del Valle de Tehuacán-Cuicatlán se llevaron a Access para identificar el número de sitios de colectas por especie. Se decidió disminuir el error de muestreo, excluyendo del estudio a las especies que presentaban menos de tres sitios de colecta. También se realizó la validación taxonómica de las especies, verificando que los nombres estuvieran en catálogos taxonómicos realizados para México. Para la familia Asteraceae fue utilizado el catálogo de especies de compuestas de México elaborado por J.L. Panero (disponible en la página web de la CONABIO <http://www.conabio.gob.mx>). Para la familia Fabaceae en México, se usó la lista de géneros de Fabaceae de México (Villaseñor *et al.*, 2003) En lo que respecta a las especies de la familia Cactaceae, se tomó en cuenta el Catálogo de cactáceas Mexicanas (Guzmán *et al.*, 2003) para revisar la validez de los nombres de las especies y resolver las sinonimias que pudieran resultar.

Las dudas de taxonomía y sinonimia que no lograron ser resueltas con las fuentes anteriores para las tres familias fueron investigados en la base de datos del Jardín Botánico de Missouri, USA (<http://www.tropicos.org>).

Para realizar la validación geográfica se comparó la distribución por estado reportada para las especies en la base de datos. Los nombres se buscaron en fuentes confiables que reportan su distribución (Guzmán *et al.*, 2003;

<http://www.tropicos.org>). Así, se excluyen de la base de datos aquellos registros de especies para los que estas fuentes no reportan su distribución en los estados de Puebla o Oaxaca.

Más tarde todos estos datos fueron comparados con los de la base de datos del catálogo del Capital Natural de México (CONABIO, 2009), donde se corroboró la existencia de cada una de las especies (Anexo I Listado de especies).

Una de las consecuencias del proceso de validación fue la exclusión para efectos de este trabajo de los registros de especies no encontradas en los catálogos, Así, después de esta depuración, el universo del trabajo incluyó un total de 448 especies y 7,172 registros de sitios de colecta. A estos registros se les aplicó un método estimador no paramétrico de riqueza Chao2 (Colwell & Codington, 1994), por medio del sistema MEXTIMATES (Murguía & Campos, 2009b), a partir del cual se estimó la riqueza total del VTC, utilizando una superficie en franjas latitudinales de 20 minutos.

Análisis de datos

Mediante el sistema de información geográfica se obtuvo el intervalo altitudinal de los diferentes puntos de recolecta registrados en el modelo digital de elevación. Los valores de altitud de cada sitio se integraron a la base de datos FAC-βD. Los registros de los sitios de colecta, se agruparon por niveles de altitud a la que fueron registrados.

Al aplicarse las diferentes pruebas de los intervalos altitudinales, al se decidió tomar en cuenta el rango de cada 250 m (0-250m, 250-500 m).

Riqueza de especies

La riqueza de especies se cuantificó por medio de la suma de las especies de las tres familias estudiadas (Asteraceae, Fabaceae y Cactaceae) en cada uno de los

intervalos altitudinales De esa manera se construyó una tabla de diversidad alfa por intervalo altitudinal.

Diversidad beta

El recambio de especies se calculó tomando en cuenta dos índices de medición. El primero de ellos fue el índice de similitud (Jaccard) y el segundo correspondió a un índice de remplazo de especies (Wilson & Shmida) (Moreno, 2001).

Índice de Jaccard

Este es un índice de similitud cualitativo que refleja las semejanzas en los patrones de distribución de las especies entre dos sitios y por lo tanto representanta lo inverso a la diversidad beta (Magurran, 1988). En el presente estudio se hace una comparación entre la diferencia de medir semejanzas o diferencias entre sitios. Se calculó el índice de Jaccard para obtener la similitud entre los intervalos:

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

I_j = índice de Jaccard

Para poder calcular la diversidad beta mediante la fórmula de Jaccard, se obtuvo el complemento a uno para poder obtener la disimilitud entre intervalos altitudinales:

$$\beta_j = 1 - \frac{c}{a + b - c}$$

Índice de Wilson y Shmida.

El índice de Wilson y Shimida se encuentra agrupado dentro de los métodos de medición de diversidad beta, analizando de remplazo de especies (Moreno, 2001). Este método toma en cuenta datos cualitativos de ganancia y pérdida de especies a lo largo de un gradiente, por medio de una estandarización con base en el promedio de la riqueza de las especies (Wilson & Shmida, 1984).

$$\beta_{ws} = \frac{g(H) + p(H)}{2\bar{\alpha}}$$

Donde:

g(H)= número de especies ganadas a través del gradiente altitudinal

p(H)= número de especies perdidas a través del mismo gradiente altitudinal.

$\bar{\alpha}$ = riqueza promedio de especies en los intervalos altitudinales.

Correlación de variables estudiadas

Para analizar la correlación de las variables de riqueza de especies con la altitud, se utilizó un análisis de regresión polinomial de orden tres realizado en el programa estadístico graph pad prism v4, con ayuda de este mismo programa se obtuvo el valor de sigficancia para los datos.

8.- RESULTADOS

8.1 Base de datos FAC-βD.

La base de datos FAC-βD (Fabaceae, Asteraceae Cactaceae – Base de datos o β- Diversity) tiene un total de 46 tablas, 79 consultas y algunos informes. Almacena datos de sitios de colecta de las especies de las familias Asteraceae, Fabaceae y Cactaceae. Tiene un total de 24,202 registros de 2,508 especies de la zona del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y regiones aledañas (Figura 7).



Figura 1. Menú principal de FAC-βD.

Como se mencionó antes en el apartado de materiales y métodos, por influencia de la delimitación del VTC, limpieza de datos y reducción de errores por muestreo, el número de especies y registros de sitios de colecta disminuyó de manera considerable. las cifras se muestran en la tabla 1 y en la figura 8.

Tabla 1. Número de especies y sitios de colectas registradas para las tres familias estudiadas en el VTC.

Familia	Dávila et al. (1993)	Especies	Sitios de Recolecta
Asteraceae	345	267	3655
Cactaceae	81	64	812
Fabaceae	290	117	2705
Total	716	448	7172
%	100%	62.57%	

Las cantidades de especies y sitios de colecta utilizados en este estudio, representan el 62.57% de la riqueza de especies reportadas de dichas familias para el VTC (Dávila *et al.* 1993) (Tabla 2).

Los resultados muestran que efectivamente la familia con mayor número de registros (3655) y de especies (267), dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán es Asteraceae, seguida de las Fabaceae y posteriormente las Cactaceae (Figura 9).

Dávila *et al.* (1993) reportan el número de especies por familia de plantas con flores dentro del VTC. Que al ser comparada con los resultados obtenidos aquí, existe una congruencia alta (Figura 8).

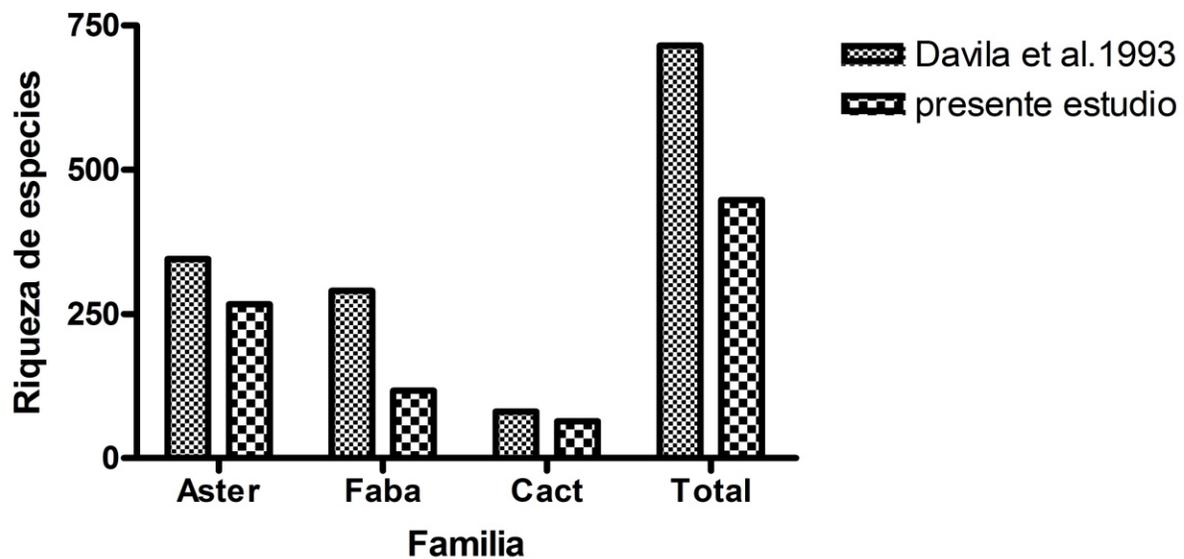
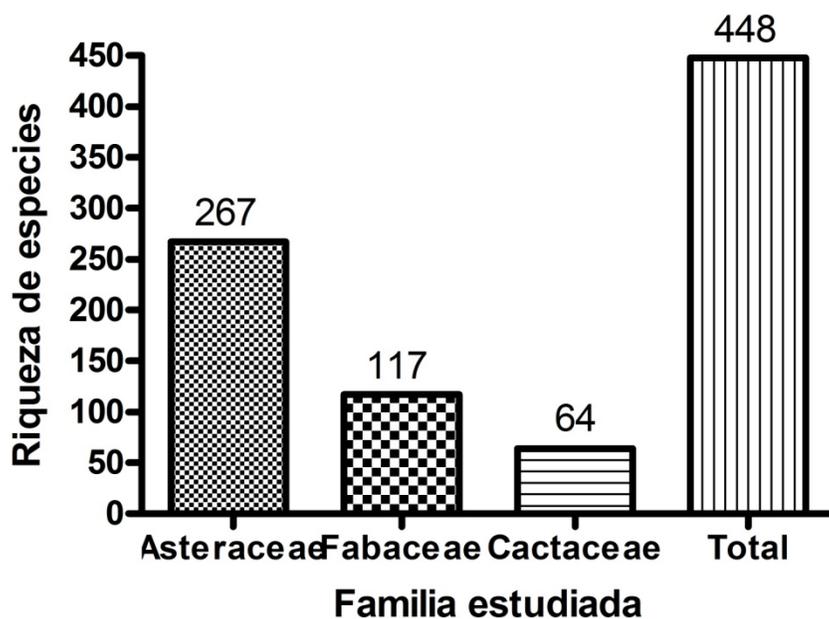


Figura 2. Comparación de riqueza de especies reportadas para el VTC (Dávila *et al.*, 1993) y las consideradas en el presente trabajo. Dávila (1993) reporta para la familia Asteraceae (Aster) 345 especies, Fabaceae (Faba) 290 especies y para la familia Cactaceae (Cact) 81. (Total 716).

a)



b)

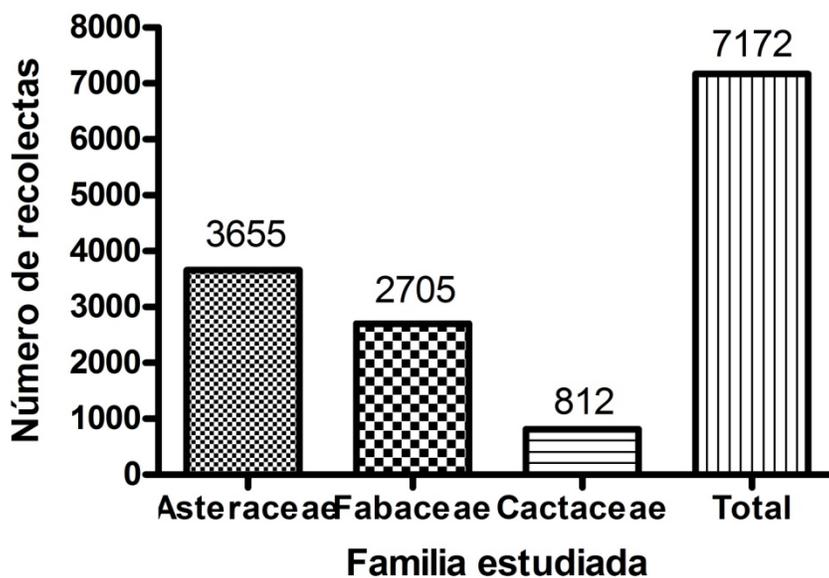


Figura 3. Número de registros y especies de la base de datos usada en el presente estudio para las tres seleccionadas. a) Número de especies por familia, b) Número de registros de sitios de colecta por familias (Asteraceae, Fabaceae y Cactaceae) consideradas en el presente estudio.

8.2 Error de estimación de riqueza de especies

El error de muestreo de las especies analizadas en el presente estudio resultó ser bajo (Tabla 2), encontrando errores desde los 0.08 hasta 0.48 especies por intervalo altitudinal (Figura 10).

Tabla 2. Estimación de riqueza total de especies de las tres familias estudiadas (Asteraceae, Fabaceae y Cactaceae).

Intervalo altitudinal (mnsn)	Chao2	Sobs	Error (Sobs/Chao2)
500-750	153	94	0.38
750-1000	204	157	0.23
1000-1250	312	288	0.08
1250-1500	267	219	0.18
1500-1750	299	267	0.17
1750-2000	315	276	0.12
2000-2250	234	195	0.17
2250-2500	144	107	0.26
2500-2750	109	86	0.21
2750-3000	29	15	0.48

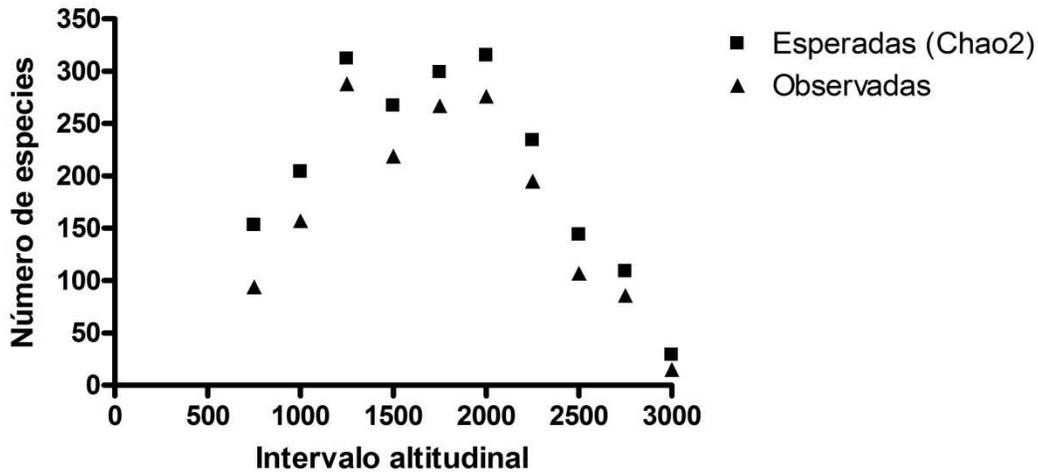


Figura 4. Número de especies observadas y esperadas en el VTC, por medio del estimador de riqueza Chao2.

8.3 Gradiente altitudinal y riqueza de especies

Al comparar la riqueza de las especies entre cada familia cada 250 m (Figura 11), se encontró un patrón en la distribución de las especies de forma de campana. Este patrón en forma de campana también lo reportan otros análisis de diversidad alfa en relación con parámetros ambientales (Nogués *et al.*, 2008). La mayor riqueza se encuentra entre los 2000msnm; en altitudes tanto mayores como menores, la riqueza de las especies es menor. Este comportamiento se encontró en las tres familias analizadas.

La familia Asteraceae resulta ser el grupo con mayor número de especies; es la familia con mayor riqueza en todo el mundo y el VTC no es la excepción. En este grupo se encuentra un patrón con un pico de riqueza a los 2000 msnm (Figura 12).

En lo que respecta a la familia Fabaceae se encuentra el mismo patrón de campana, poco menos marcado que en Asteraceae, quizás por el efecto del número de registros (Figura 12).

En lo que respecta a la familia Cactaceae se muestra un patrón de campana pero no tan marcado, porque existe un número menor de registros. Se muestra un intervalo menor de distribución, ya que no existen registros en el intervalo de los 3000 m (Figura 12).

Se muestra una relación muy marcada entre la altitud y la riqueza de las especies. Para mostrar la relación que existe entre estos dos parámetros se realizó una regresión polinomial del orden de 3 como se menciona en la sección de material y método (Figura 12 y Figura 13).

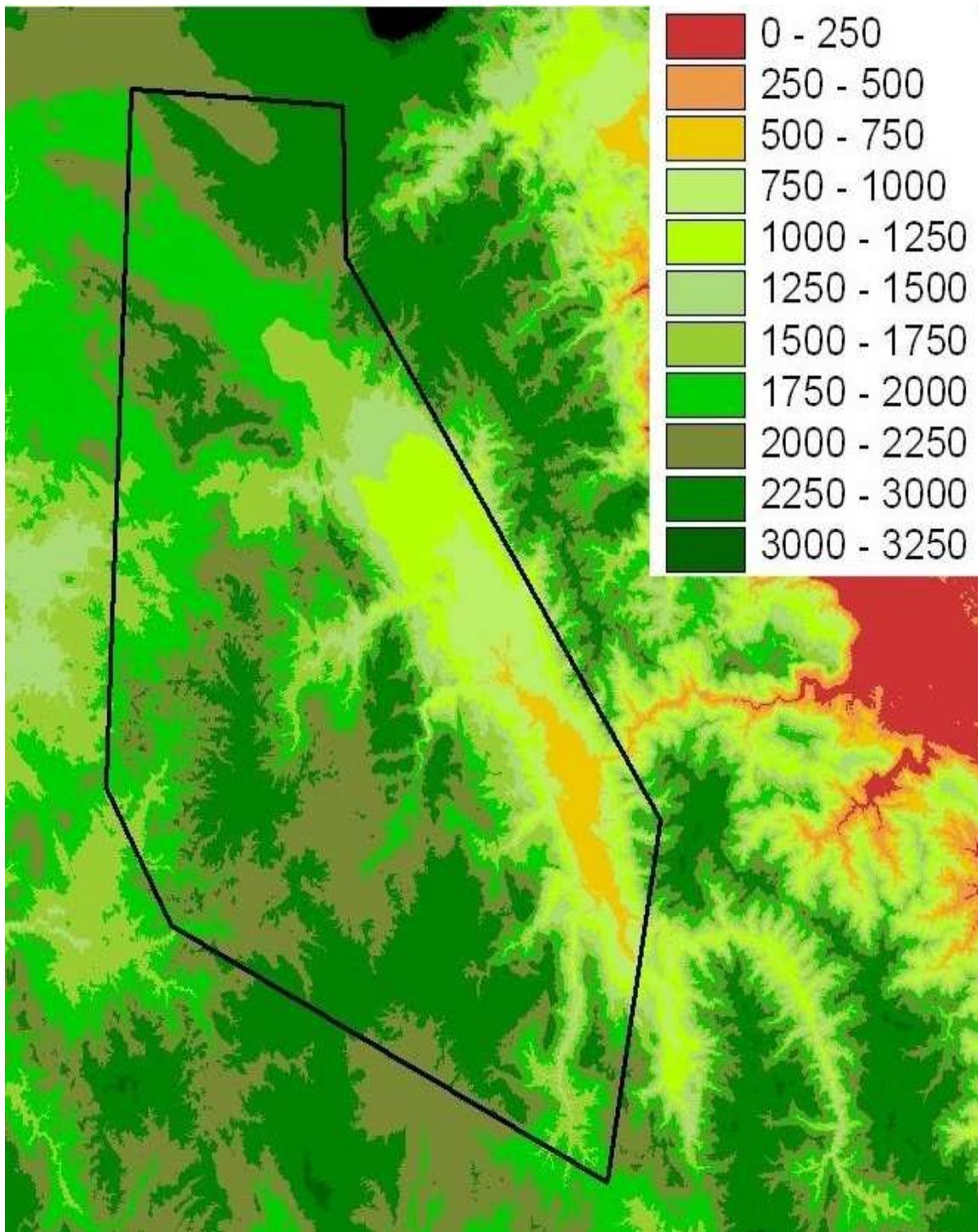


Figura 5. Delimitación del VTC (Polígono en negro), mostrando los intervalos altitudinales correspondientes al escenario elegido para el análisis de diversidad (250msnm).

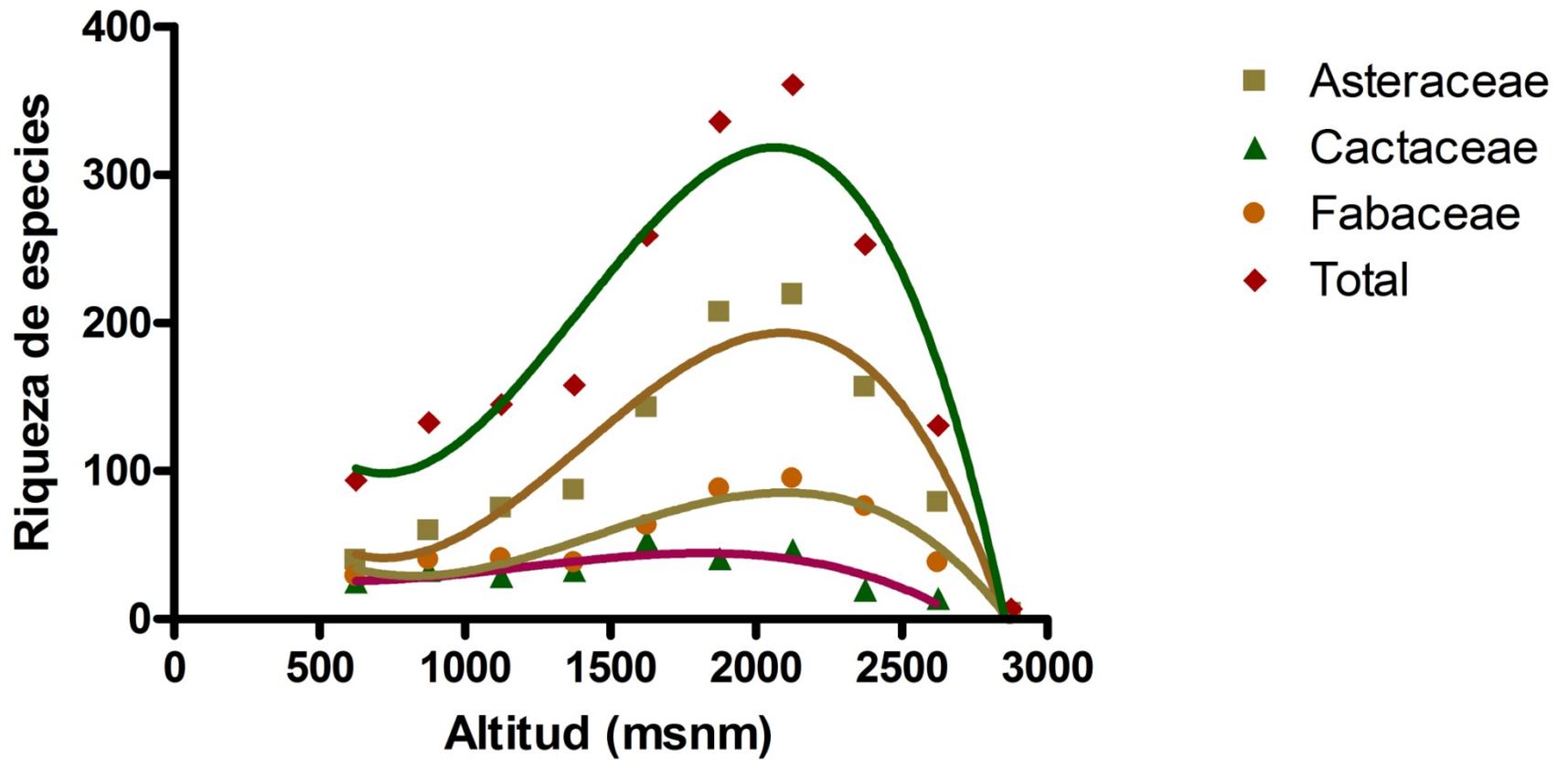


Figura 6. Riqueza de especies a lo largo de los intervalos de 250m. Correlación polinomial de orden 3, Asteraceae (Aster) $R^2= 0.9264$, Cactaceae (Cact) $R^2= 0.7365$, Fabaceae (Faba) $R^2= 0.9126$ y, total de los registros $R^2=0.9229$, $P < 0.05$.

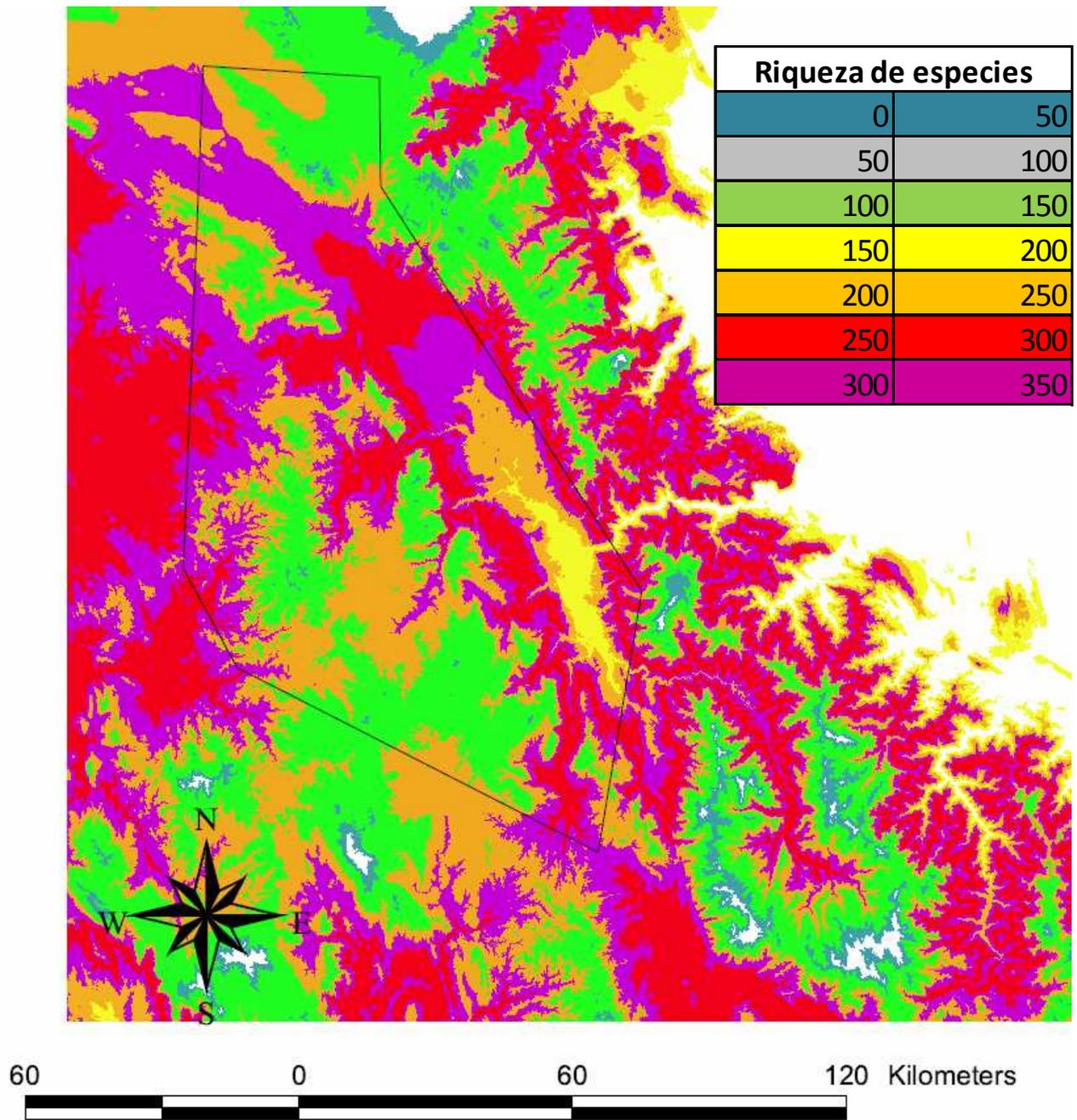


Figura 7. Riqueza de especies, el patrón de colores muestra el número de especies en intervalos de cada 50 especies.

8.4 Gradiente altitudinal y diversidad beta

Se realizó el cálculo de la similitud de la composición de especies y de la diversidad beta de estas tres familias para poder dejar en claro la diferencia entre estos dos conceptos. La similitud de especies se realizó por medio del Índice de Jaccard.

En la tabla 2 se muestran las similitudes entre los diferentes intervalos altitudinales cada 250 m, las cantidades más alejadas del 100% señalan menor similitud entre los intervalos altitudinales. En la tabla 3 se muestra con marcas de colores la similitud entre estos intervalos, en donde los colores rojos muestran los intervalos entre los que se encontró mayor similitud y los colores amarillos y verdes la disminución de dicha similitud.

El intervalo altitudinal en el que se encontró mayor similitud de especies fue entre los 2250 y 2500 m, que corresponde a una similitud del 39% lo y a la mayoría de los intervalos altitudinales donde se encuentra la diversidad alfa más alta, seguido de los intervalos 2000 y 2250 m donde la similitud es del 38%.

Como se puede ver en la tabla 3, los colores verdes se encuentran en los intervalos pertenecientes a las altitudes mayores. Resaltando que el recambio de especies entre el intervalo con un promedio de 750 m y el de 3000m así como los 1000 m y 3000 m y 2750 m con 3000 m, no existen especies que se compartan.

Se encuentra una relación proporcional marcada entre la riqueza de especies ($R^2=0.92$, $P < 0.05$) y la similitud ($R^2=0.89$, $P < 0.05$) (Figuras 12 y 13).

Tabla 3. Similitud (índice de Jaccard) de especies entre cada uno de los intervalos seleccionados (escenario 1: cada 250m).

Altitud (msnm)	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
750	100%									
1000	23%	100%								
1250	14%	27%	100%							
1500	12%	15%	22%	100%						
1750	9%	14%	16%	22%	100%					
2000	10%	14%	14%	15%	31%	100%				
2250	10%	12%	12%	13%	29%	38%	100%			
2500	8%	10%	10%	11%	19%	27%	39%	100%		
2750	8%	5%	6%	6%	8%	11%	14%	19%	100%	
3000	0%	0%	2%	5%	3%	1%	2%	2%	0%	100%

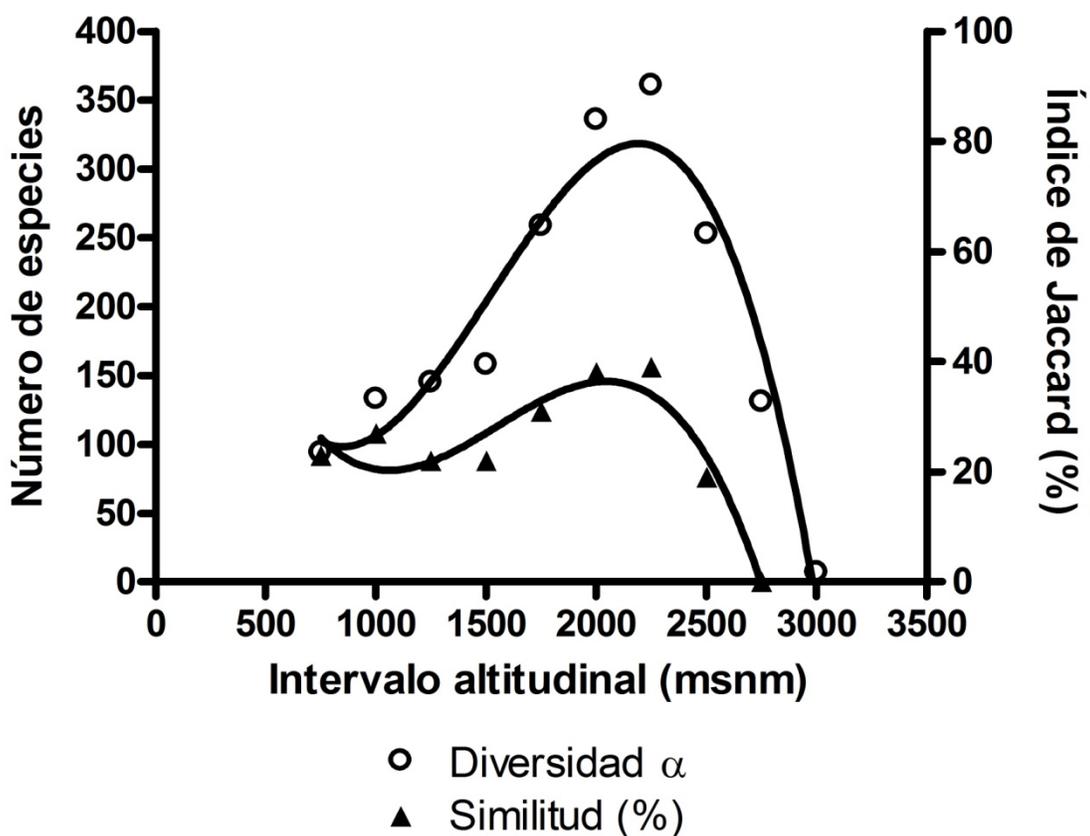


Figura 8. Similitud (índice de Jaccard) entre rangos altitudinales contiguos. Ajuste polinomial de grado 3 ($R^2=0.89$) en comparación con la diversidad alfa encontrada en el VTC ($R^2=0.92$, $P < 0.05$).

Índice de Jaccard

Como se mencionó en el apartado de material y método una de las formas de calcular la diversidad beta para este trabajo fue por medio de la ecuación 1-Jaccard. Las tablas 3 y 4 usan el mismo patrón de colores, con la diferencia de que en este índice (tabla 4) el patrón se invierte, ya que lo que se busca aquí son las disimilitudes entre las especies y no las semejanzas. Un valor de 0% indica que se comparten todas las especies; valores altos del porcentaje indican menor semejanza.

El intervalo altitudinal donde existen más disimilitudes de especies es el de los 3000 m, donde se registran porcentajes cercanos al 100% de disimilitud con el índice de 1-Jaccard (Tabla 4).

En lo que respecta al índice de Wilson y Shmida (Tabla 5) se tiene el mismo patrón de disimilitud de especies. Sin embargo los porcentajes de disimilitud resultan ser menores a los de la tabla 4 observándose claramente en la Figuras 15 y 16.

Tabla 4. Diversidad beta (1- índice de Jaccard) de especies entre cada uno de los intervalos altitudinales (escenario 1: cada 250m).

Altitud (msnm)	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
750	0%									
1000	77%	0%								
1250	86%	73%	0%							
1500	88%	85%	78%	0%						
1750	91%	86%	84%	78%	0%					
2000	90%	86%	86%	85%	69%	0%				
2250	90%	88%	88%	87%	71%	62%	0%			
2500	92%	90%	90%	89%	81%	73%	61%	0%		
2750	92%	95%	94%	94%	92%	89%	86%	81%	0%	
3000	99%	99%	98%	95%	97%	99%	98%	98%	99%	0%

Índice de Wilson y Shmida

Tabla 5. Diversidad beta de especies por intervalo altitudinal (índice de Wilson y Shmida).

Altitud (msnm)	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
750	0%									
1000	64%	0%								
1250	75%	61%	0%							
1500	79%	74%	65%	0%						
1750	85%	76%	73%	65%	0%					
2000	82%	76%	76%	75%	54%	0%				
2250	83%	79%	80%	77%	56%	47%	0%			
2500	86%	81%	83%	80%	69%	59%	45%	0%		
2750	86%	90%	88%	89%	85%	81%	76%	70%	0%	
3000	98%	98%	97%	91%	95%	97%	96%	96%	98%	0%

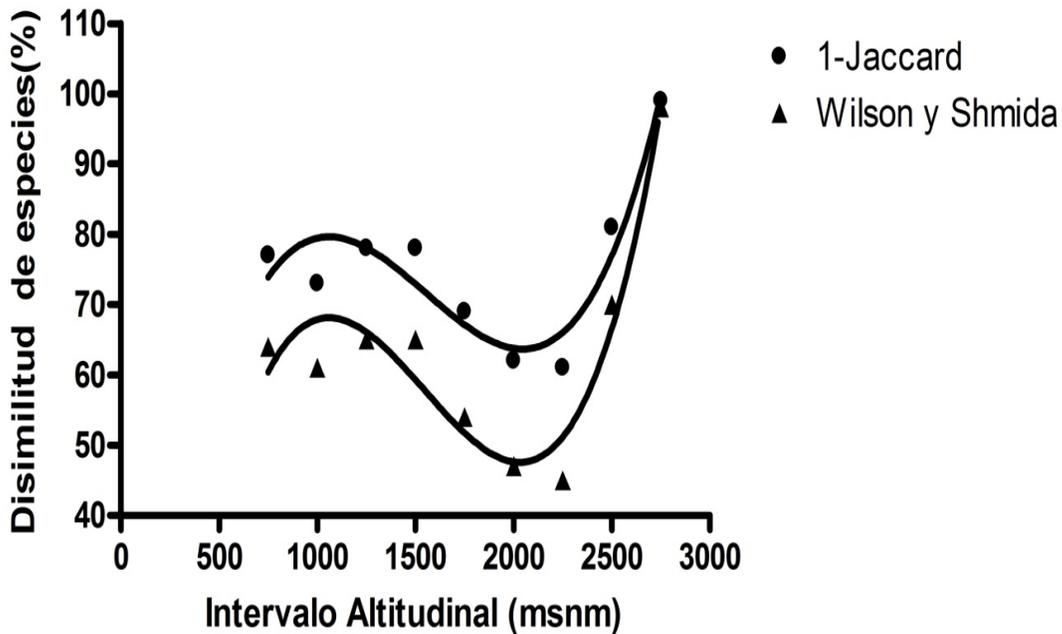


Figura 9. Recambio de especies con un ajuste polinomial de orden 3 ($R^2= 0.88$, $P< 0.05$ para el índice de 1-Jaccard; $R^2= 0.92$, $P< 0.05$ para Wilson y Shmida).

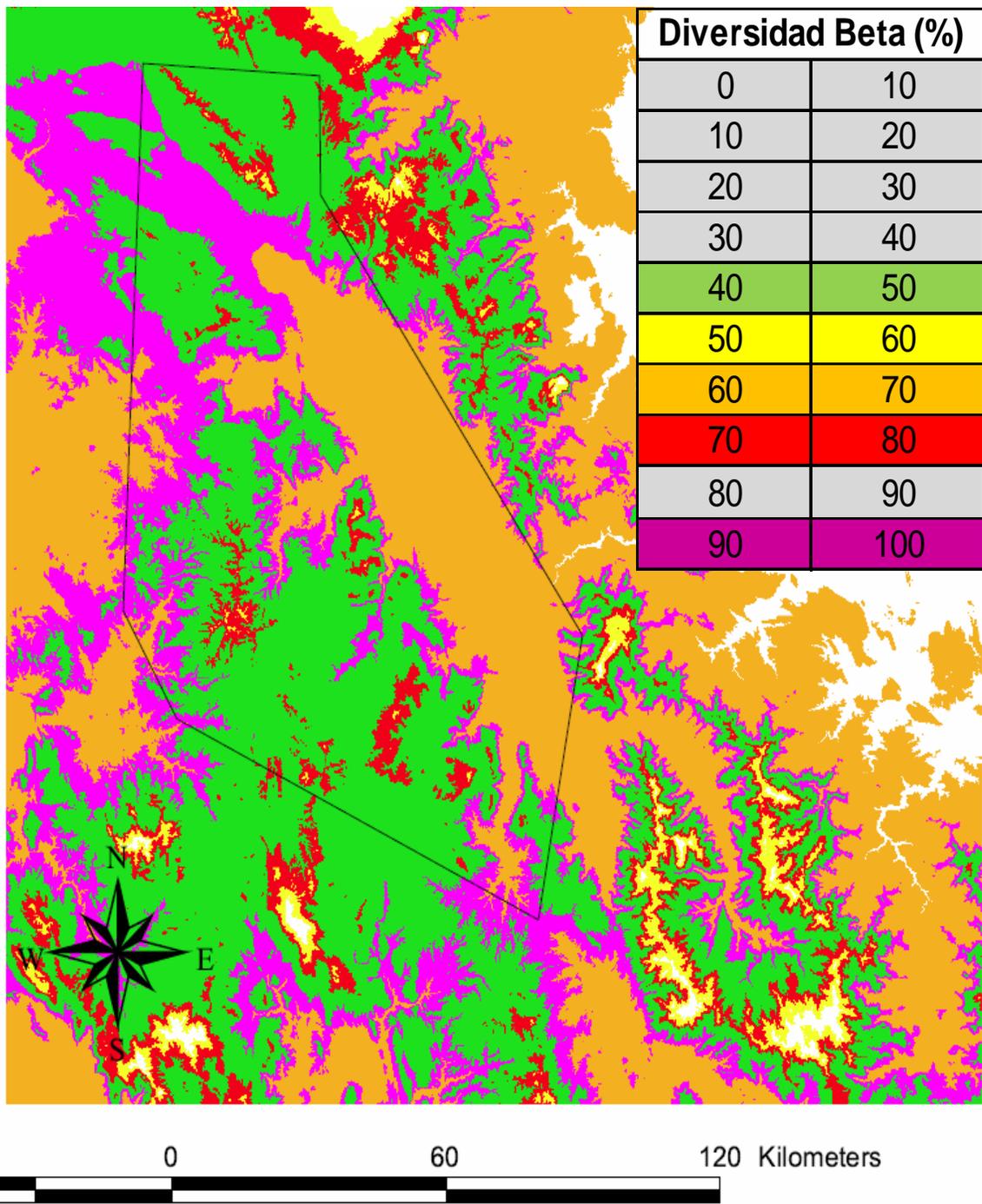
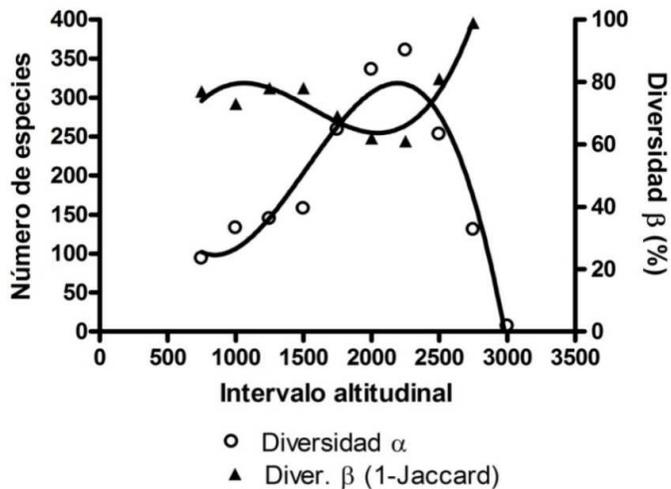


Figura 10. Recambio de especies entre los intervalos altitudinales, el patrón de colores representa el porcentaje de recambio.

8.5 Relación entre diversidad alfa y beta

La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán presenta una riqueza de especies inversa a la diversidad beta, (Figura 17). En las altitudes con mayor riqueza se encuentra el menor recambio de especies y el mayor recambio es encontrado a las mayores altitudes. Lo que indica que la diversidad beta muestra una relación negativa con la riqueza de especies.

a)



b)

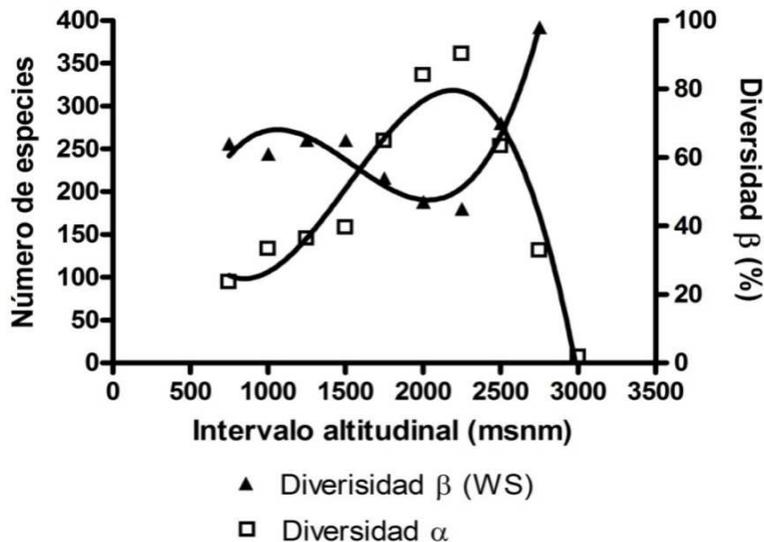
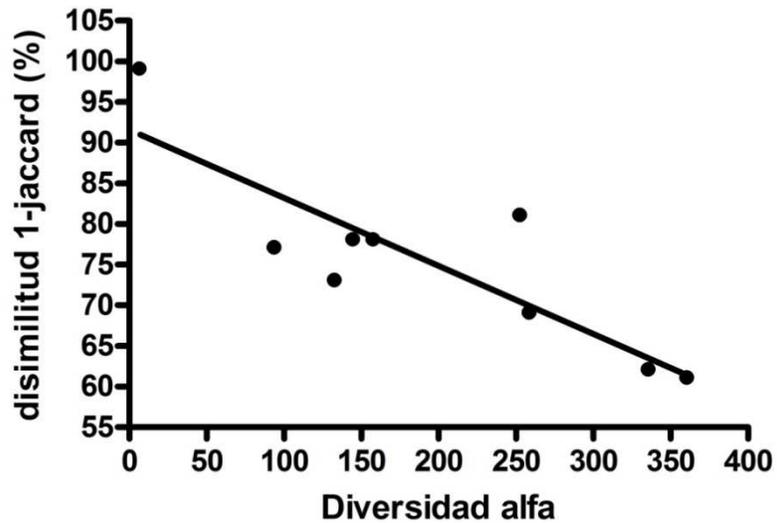


Figura 11. Relación entre la riqueza de especies y diversidad beta a) 1-Jaccard ($R^2=0.88$); b) Wilson y Shmida ($R^2=0.92$, $P < 0.05$).

La correlación entre las dos medidas de diversidad (alfa y beta) a lo largo del gradiente altitudinal resultó ser alta ($R^2= 0.73$ para 1-Jaccard y $R^2= 0.70$ para el índice de Wilson y Shmida) (Figura 18).

a)



b)

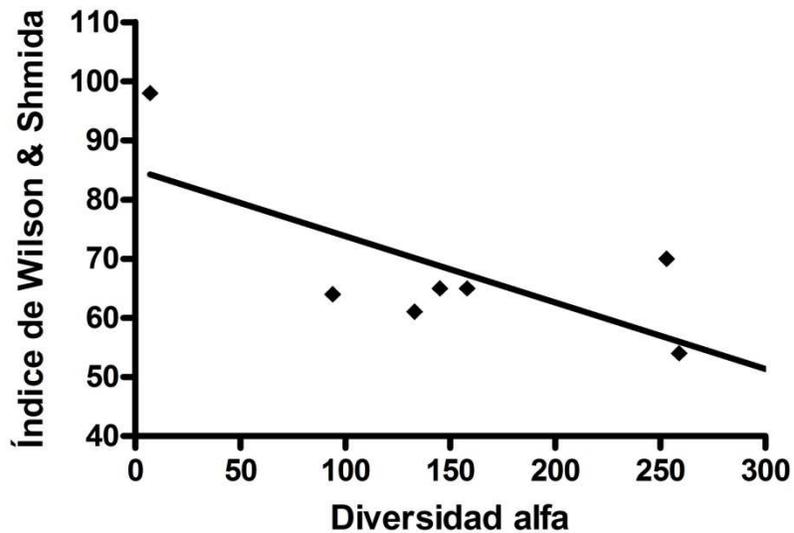


Figura 12. Relación entre las variables de estudio. a) índice de 1- Jaccard ($R^2= 0.73, P < 0.05$)

b) Wilson y Shmida ($R^2=0.70, P < 0.05$).

9.- DISCUSIÓN

En comparación con el número de especies registrados para la flora del VTC por Dávila (1993) (Figura 8), el número de registros utilizados en este trabajo representa solamente una proporción de las especies del Valle de Tehuacán-Cuicatlán ya que solo incluye tres familias. Sin embargo, lo obtenido en este trabajo resulta ser útil ya que las familias Asteraceae y Fabaceae son de las familias con mayor número de especies vegetales en México y en el VTC; En este contexto, estas familias son útiles como indicadoras del comportamiento de la flora de nuestro país (Villaseñor *et al.*, 2007). En el caso de Cactaceae es una de las cuatro familias más ricas dentro del VTC, además de que muchas de sus especies son elementos dominantes del paisaje del Valle.

Los resultados del presente trabajo ayudan a dilucidar aspectos importantes sobre la riqueza de especies dentro del VTC y dan una idea del recambio de especies en diferentes intervalos altitudinales . Además de que los grupos aquí estudiados se encuentran entre las familias con más riqueza de especies dentro del VTC, es posible que los resultados obtenidos nos acerquen a un entendimiento mas claro de la distribución general de las plantas con flores dentro del VTC. **Riqueza de especies y gradiente altitudinal**

De acuerdo a los sitios de recolecta aquí utilizados, el Valle de Tehuacán-Cuicatlán presenta una gran riqueza de especies de plantas con flores en particular, además de otros grupos taxonómicos.

De las tres familias estudiadas, la familia Asteraceae incluyó el mayor número de especies, además de que está presente en todos los intervalos altitudinales. Lo que concuerda con los valores que se presentan en todo el mundo. La mayoría de las especies de Asteráceas en la zona de estudio tienen una forma de vida herbácea como en la mayoría del país (Balleza & Villaseñor, 2002), y su alta riqueza puede deberse a la alta capacidad de dispersión de semillas y a que se encuentra en la mayoría de los climas (Funk, 2005).

La familia Fabaceae sigue en, cuanto a riqueza a las asteráceas. En este estudio se incluyeron 117 especies de fabáceas, aunque se reportan 290 para el VTC (Dávila *et al.*, 2002). Su ubicación en esta región, no es coincidencia, ya que esta familia se encuentra principalmente distribuidas en las zonas tropicales y en las regiones áridas y semiáridas (Spichinger *et al.*, 2004).

Existe una relación importante entre las especies de las familias Fabaceae y Cactaceae ya que algunas especies de fabaceas son plantas nodrizas que proporcionan a las cactáceas las condiciones propicias para su germinación, la que resulta ser la etapa más crítica en el desarrollo de las cactáceas. Lo que en zonas aridas es considerado uno de los mecanismos que determinan los patrones de distribución espacial no azarosa de plantas perenes, como es el caso de *L. difusa* donde se observa que su distribución espacial esta condicionada por la presencia de vegetación arbustiva (Mandujano *et al.*, 2002), este aspecto no fue determinado en este estudio sin embargo, los datos proporcionados en la base de datos podrían ser capaces de esclarecer aspectos de nodrizaje. Las familia Cactaceae no presenta un patrón de distribución normal (riqueza-altitud; Figura 12) tan marcado como las familias Asteraceae y Fabaceae, pues la riqueza de especies las cactáceas es menor y muchas de las especies de esta familia no se desarrollan bien a temperaturas bajas por diversos factores; Uno de estos factores tiene que ver con el hecho de que a mayores altitudes no se encuentran muchos de los polinizadores de las cactáceas (Gómez-Hinostrosa & Hernández, 2000).

El patrón de la riqueza de especies a lo largo del gradiente altitudinal en forma de campana, es un patrón común encontrado en estudios donde se trabaja con la riqueza de especies en relación con gradientes de elevación (Nogués *et al.*, 2008). Las correlaciones de la riqueza de especies de cada una de las tres familias estudiadas y del total de especies de estas mismas familias presentan una alta correlación con un ajuste polinomial de tercer orden análisis ampliamente utilizado en trabajos donde la variable principal es la altitud (Figura 12), como es el caso de Sánchez-González y López-Mata (2005), que en la Sierra Nevada de México encontraron un patrón similar al encontrado en este trabajo, no tan

marcado, pues realizaron un ajuste polinomial de orden 4 a diferencia del orden 3 utilizado en este trabajo; reportaron una correlación entre las variables de $R^2= 0.64$ en comparación con una alta correlación ($R^2=0.92$) que se encontró en el presente estudio.

Diversidad beta y gradiente altitudinal

En el análisis de la diversidad beta de las especies de las tres familias estudiadas (Asteraceae, Fabaceae y Cactaceae) se encontró un patrón congruente con el que presenta la diversidad alfa. Es decir, se observa una relación negativa muy marcada con la riqueza de especies. Esta relación negativa resulta ser un patrón común en los estudios de riqueza de especies (Koleff, 2005). La relación entre las dos medidas de diversidad (alfa y beta) a lo largo del gradiente altitudinal resultó ser alta ($R^2= 0.73$ para 1-Jaccard y $R^2= 0.70$ para el índice de Wilson y Shmida; Figura 15), con forma de distribución normal para la diversidad alfa y una curva invertida para la diversidad beta.

Dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán se presenta una alta diversidad beta, pues posee una accidentada topografía, esto, a su vez produce un mosaico de intervalos altitudinales. Esto a su vez produce un mosaico de valores de parámetros tales como temperatura, precipitación y factores como tiempo de insolación, todo esto da como consecuencia la formación de micrositos y éstos a su vez, nichos ecológicos que permiten el desarrollo de especies vegetales particulares (Colwell & Less, 2000).

Las zonas donde se encuentran altos niveles de similitud es en los intervalos altitudinales donde se desarrolla el mayor número de especies (entre 1750 m y 2250 m), Este sentido es lógico, ya que en estas altitudes se desarrolla el matorral xerófilo, el ecosistema más representativo del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, donde las cactáceas columnares, son elementos dominantes.

La mayor diferencia en la composición de las especies se encuentra en el intervalo de menor altitud (750 m) Esto se debe a que esta altitud corresponde a la zona de

la barranca, donde las condiciones ambientales favorecen la formación de micrositios. Claramente se observa que hay gran diferencia en la composición florística entre los intervalos altitudinales menores y los mayores, lo que indica la poca o nula presencia de especies que tengan un amplio rango de distribución dentro del VTC, ya que como se mencionó antes, las especies probablemente tienen nichos ecológicos bien establecidos. El menor número de especies se distribuye a las mayores altitudes por lo que aquí se encuentra el número más alto de diversidad beta.

Diferencias metodológicas con otros estudios

El presente estudio es similar al de Nogués (2008) y al de Sánchez-González y López-Mata (2005), en el sentido de que se corrobora un patrón de campana para la diversidad alfa con respecto al gradiente altitudinal. Sin embargo, el presente estudio analiza el gradiente altitudinal a altitudes menores a los 1000 msnm, mostrando que la forma de la curva es simétrica a la de altas altitudes (arriba de los 3000 msnm). El intervalo altitudinal utilizado en este estudio es diferente, proporcionando más resolución al análisis de la riqueza de especies a lo largo de un gradiente altitudinal. También existen diferencias metodológicas de este estudio respecto a los de Sánchez-González y López-Mata (2005) y Nogués (2008). Aquí se cuantifica la riqueza por intervalo altitudinal incluyendo todos los sitios de muestreo (diversidad alfa en todo el intervalo altitudinal), mientras que en los otros, la cuantificación de la riqueza se hace independientemente en cada sitio de muestreo. La diferencia es que la curva se genera, en el primer caso, con un punto por intervalo altitudinal (diversidad alfa de todo el intervalo), mientras que el segundo caso, la curva se genera con diversos puntos para cada intervalo de latitud (diversidades alfa de cada sitio de muestreo).

Otras observaciones en torno a la metodología

En lo que respecta a la elección del índice para medir la diversidad beta, existen estudios que recomiendan el uso de más de una herramienta. En este estudio se eligieron los índices de 1-Jaccard y de Wilson y Shmida. Al usar estos dos índices en la medida de diversidad beta en el gradiente altitudinal, y ajustar las curvas a una polinomial, se obtuvieron diferencias en el valor de R^2 : mayor en el caso del índice de Wilson y Shmida. Sin embargo, al hacer la correlación lineal entre diversidad alfa y beta, se obtuvo un valor mayor de R^2 para el caso de 1-Jaccard. Este resultado fortalece la propuesta de elegir más una medida al hacer estudios de diversidad, no sólo porque cada índice registre medidas de diferentes aspectos biológicos, sino porque las propiedades emergentes, al combinar diferentes tipos de índices (como diversidad alfa y beta), son diferentes en cada combinación de índices (Figura 17).

10.- CONCLUSIONES

Se encontró un patrón marcado, en la distribución de las especies de las tres familias estudiadas (Asteraceae, Fabaceae y Cactaceae), encontrando su mayor riqueza y menor recambio de especies entre los 2000 y 2500 m donde se encuentra el área perteneciente al matorral xerófilo, principal ecosistema dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

La riqueza de especies dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán es alta gracias a diversos factores y uno de los principales es la geografía accidentada que presenta, es decir, la altitud la cual le da características diferentes a cada sitio dentro del valle, formando así micrositos que favorecen la distribución de diferentes especies a lo largo y ancho del valle.

La pregunta que se planteó al inicio del presente estudio también tuvo respuesta ya que como se mencionó anteriormente se encontró que la altitud es un factor de vital importancia que determina la distribución de las especies y en el caso particular de este estudio las especies vegetales encontradas dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica del análisis de la diversidad en sus componentes alfa (α), beta (β) y gamma (γ).....	12
Figura 2. Asteraceae, a) Flor ligulada, con cinco pétalos en la corola; b) Parte más superior de un tallo en floración; c) Cabeza de flor característica; d) Racimo de cabezas en una axila de una bráctea.....	16
Figura 3. Fabaceae, a) Rama con flores; b) Flor bisexual central de una inflorescencia individual; c) Fruto maduro.....	18
Figura 4. Cactaceae, a) Planta con frutos inmaduros; b) Flor; c) Fruto maduro; d) Areola con espinas y gloquidas.....	20
Figura 5. Área de la reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (área oscura) (DOF, 1998) y límite del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (área clara) (Tomada de Villaseñor <i>et al.</i> 1998).....	31
Figura 6. Polígono del VTC (Dávila <i>et al.</i> , 1993) y modelo digital de elevación (INEGI, 2008).	33
Figura 7. Menú principal de FAC- β D.....	39
Figura 8. Comparación de riqueza de especies reportadas para el VTC (Dávila <i>et al.</i> , 1993) y las consideradas en el presente trabajo. Dávila (1993) reporta para la familia Asteraceae (Aster) 345 especies, Fabaceae (Faba) 290 especies y para la familia Cactaceae (Cact) 81. (Total 716).....	41
Figura 9. Número de registros y especies de la base de datos usada en el presente estudio para las tres seleccionadas. a) Número de especies por familia, b) Número de registros de sitios de colecta por familias (Asteraceae, Fabaceae y Cactaceae) consideradas en el presente estudio.....	42
Figura 10. Número de especies observadas y esperadas en el VTC, por medio del estimador de riqueza Chao2.	43
Figura 11. Delimitación del VTC (Polígono en negro), mostrando los intervalos altitudinales correspondientes al escenario elegido para el análisis de diversidad (250msnm).	45

Figura 12. Riqueza de especies a lo largo de los intervalos de 250m. Correlación polinomial de orden 3, Asteraceae (Aster) $R^2= 0.9264$, Cactaceae (Cact) $R^2= 0.7365$, Fabaceae (Faba) $R^2= 0.9126$ y, total de los registros $R^2=0.9229$	46
Figura 13. Riqueza de especies, el patrón de colores muestra el número de especies en intervalos de cada 50 especies.	47
Figura 14. Similitud (índice de Jaccard) entre rangos altitudinales contiguos. Ajuste polinomial de grado 3 ($R^2=0.89$) en comparación con la diversidad alfa encontrada en el VTC ($R^2=0.92$).	49
Figura 15. Recambio de especies con un ajuste polinomial de orden 3 ($R^2= 0.88$ para el índice de 1-Jaccard; $R^2= 0.92$ para Wilson y Shmida).	51
Figura 16. Recambio de especies entre los intervalos altitudinales, el patrón de colores representa el porcentaje de recambio.....	52
Figura 17. Relación entre la riqueza de especies y diversidad beta a) 1-Jaccard ($R^2=0.88$); b) Wilson y Shmida ($R^2=0.92$).	53
Figura 18. Relación entre las variables de estudio. a) índice de 1- Jaccard ($R^2= 0.73$) b) Wilson y Shmida ($R^2=0.70$).	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Número de especies y sitios de colectas registradas para las tres familias estudiadas en el VTC.....	40
Tabla 2. Estimación de riqueza total de especies de las tres familias estudiadas (Asteraceae, Fabaceae y Cactaceae).....	43
Tabla 3. Similitud (índice de Jaccard) de especies entre cada uno de los intervalos seleccionados (escenario 1: cada 250m).	49
Tabla 4. Diversidad beta (1- índice de Jaccard) de especies entre cada uno de los intervalos altitudinales (escenario 1: cada 250m).....	50
Tabla 5. Diversidad beta de especies por intervalo altitudinal (índice de Wilson y Shmida).....	51

LISTADO DE FLORISTICO

Listado florístico para las tres familias de plantas estudiadas en la presente investigación. El número a la izquierda es el identificador usado en la base de datos al catalogo del Capital Natural de México (CONABIO, 2009). (*) Especies no reportadas en el capital natural de México que fueron encontradas en trópicos.org.

Asteraceae

48642	<i>Acourtia caltepecana</i>	B. L. Turner, 1993
48678	<i>Acourtia carpholepis</i>	(Sch. Bip. ex A. Gray) Reveal &
48773	<i>Acourtia cordata</i>	(Cerv.) B. L. Turner, 1993
48910	<i>Acourtia dugesii</i>	(A. Gray) Reveal & R. M. King,
49021	<i>Acourtia fragrans</i>	Rzed., 1983
49260	<i>Acourtia huajuapana</i>	B.L. Turner, 1978
49464	<i>Acourtia lobulata</i>	(Bacig.) Reveal & R. M. King, 1973
49916	<i>Acourtia patens</i>	(A. Gray) Reveal & R. M. King,
50165	<i>Acourtia reticulata</i>	(Lag. ex D. Don) Reveal & R.M.
50231	<i>Acourtia rzedowskii</i>	B. L. Turner, 1993
50274	<i>Acourtia scapiformis</i>	(Bacig.) B. L. Turner, 1978
50483	<i>Acourtia tenoriensis</i>	B.L. Turner, 1985
52321	<i>Adenophyllum glandulosum</i>	(Cav.) Strother, 1986
48370	<i>Ageratina adenophora</i>	(Spreng.) R. M. King & H. Rob.,
48618	<i>Ageratina calaminthifolia</i>	(Kunth) R. M. King & H. Rob., 1970
48641	<i>Ageratina calophylla</i>	(Greene) R. M. King & H. Rob., 1970
48719	<i>Ageratina choricephala</i>	(B. L. Rob.) R. M. King & H. Rob.,
48954	<i>Ageratina espinosarum</i>	(A. Gray) R. M. King & H. Rob., 1970
49071	<i>Ageratina glabrata</i>	(Kunth) R.M. King & H. Rob., 1970
49431	<i>Ageratina liebmannii</i>	(Sch. Bip. ex Klatt) R. M. King & H.
49539	<i>Ageratina mairetiana</i>	(DC.) R. M. King & H. Rob., 1970
49799	<i>Ageratina oligocephala</i>	(DC.) R. M. King & H. Rob., 1970
49966	<i>Ageratina petiolaris</i>	(Moç. & Sessé ex DC.) R. M. King
49977	<i>Ageratina pichinchensis</i>	(Kunth) R.M. King & H. Rob., 1970
50187	<i>Ageratina riparia</i>	(Regel) R. M. King & H. Rob., 1970
50303	<i>Ageratina scorodonioides</i>	(A. Gray) R. M. King & H. Rob., 1970
50526	<i>Ageratina tomentella</i>	(Schrad.) R. M. King & H. Rob., 1970
48796	<i>Ageratum corymbosum</i>	Zucc. ex Pers., 1807
49850	<i>Ageratum paleaceum</i>	(DC.) Hemsl., 1881
51281	<i>Ageratum tehuacanum</i>	R. M. King & H. Rob., 1990
50532	<i>Ageratum tomentosum</i>	(Benth.) Hemsl., 1881
50552	<i>Alepidocline trifida</i>	(J.J. Fay) B. L. Turner, 1990

49302	<i>Alloispermum integrifolium</i>	(DC.) H. Rob., 1978
50332	<i>Archibaccharis serratifolia</i>	(Kunth) S.F. Blake, 1930
49492	<i>Artemisia ludoviciana</i>	Nutt., 1818
50778	<i>Aztecaster pyramidatus</i>	(B. L. Rob. & Greenm.) G. L.
49592	<i>Baccharis mexicana</i>	Cuatrec., 1960
50085	<i>Baccharis pteronioides</i>	DC., 1836
50237	<i>Baccharis salicifolia</i>	(Ruiz & Pav.) Pers., 1807
50241	<i>Baccharis salicina</i>	Torr. & A. Gray, 1842
50384	<i>Baccharis sordescens</i>	DC., 1836
54149	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	(Kunth) H. Rob. & Brettell, 1974
48559	<i>Bidens bicolor</i>	Greenm., 1903
48565	<i>Bidens bigelovii</i>	A. Gray, 1859
48706	<i>Bidens chiapensis</i>	Brandege, 1914
49790	<i>Bidens odorata</i>	Cav., 1791
50124	<i>Bidens purpurorum</i>	Bitter & Petersen, 1921
50335	<i>Bidens serrulata</i>	(Poir.) Desf., 1829
50347	<i>Bidens sharpii</i>	(Sherff.) Melchert, 1990
50649	<i>Blumea viscosa</i>	(Mill.) V.M. Badillo, 1974
48688	<i>Brickellia cavanillesii</i>	(Cass.) A. Gray, 1852
48878	<i>Brickellia diffusa</i>	(Vahl) A. Gray, 1852
49082	<i>Brickellia glandulosa</i>	(Llave) McVaugh, 1972
49400	<i>Brickellia laxiflora</i>	(Brandege) B. L. Turner, 1991
49881	<i>Brickellia paniculata</i>	(Mill.) B. L. Rob., 1906
49941	<i>Brickellia pendula</i>	(Schrad.) A. Gray, 1852
50072	<i>Brickellia problematica</i>	B. L. Turner, 1991
50307	<i>Brickellia secundiflora</i>	(Lag.) A. Gray, 1852
50527	<i>Brickellia tomentella</i>	A. Gray, 1852
50625	<i>Brickellia veronicifolia</i>	(Kunth) A. Gray, 1852
50506	<i>Calea ternifolia</i>	Kunth, 1818
50629	<i>Calyptocarpus vialis</i>	Less., 1832
48394	<i>Carminatia alvarezii</i>	Rzed. & Calderón, 1987
50155	<i>Carminatia recondita</i>	McVaugh, 1972
48768	<i>Cirsium conspicuum</i>	(G. Don) Sch. Bip., 1856
48977	<i>Cirsium faucium</i>	Petr., 1955
49600	<i>Cirsium mexicanum</i>	DC., 1837
50175	<i>Cirsium raphilepis</i>	(Hemsl.) Petr., 1910
50445	<i>Cirsium subcoriaceum</i>	(Less.) Sch. Bip., 1856
48554	<i>Conoclinium betonicifolium</i>	(Mill.) R. M. King & H. Rob., 1970
50800	<i>Conyza bonariensis</i>	(L.) Cronquist, 1943
50801	<i>Conyza canadensis</i>	(L.) Cronquist, 1943
48838	<i>Coreopsis cyclocarpa</i>	S.F. Blake, 1913
49705	<i>Coreopsis mutica</i>	DC., 1836
49775	<i>Coreopsis oaxacensis</i>	B. L. Turner, 1992
49912	<i>Coreopsis parvifolia</i>	S.F. Blake, 1913
48572	<i>Cosmos bipinnatus</i>	Cav., 1791
48812	<i>Cosmos crithmifolius</i>	Kunth, 1820
49687	<i>Critonia morifolia</i>	(Mill.) R. M. King & H. Rob., 1971
50064	<i>Chaptalia pringlei</i>	Greene, 1906
50514	<i>Chaptalia texana</i>	Greene, 1906

50543	<i>Chaptalia transiliens</i>	G.L. Nesom, 1984
48743	<i>Chromolaena collina</i>	(DC.) R. M. King & H. Rob., 1970
49789	<i>Chromolaena odorata</i>	(L.) R. M. King & H. Rob., 1970
50095	<i>Chromolaena pulchella</i>	(H. B. K.) R. M. King & H. Rob., 1970
49585	<i>Chrysactinia mexicana</i>	A. Gray, 1849
48453	<i>Dahlia apiculata</i>	(E.E.Sherff) P.D. Sorensen, 1969
48740	<i>Dahlia coccinea</i>	Cav., 1796
49574	<i>Dahlia merckii</i>	Lehm., 1839
49996	<i>Dahlia pinnata</i>	Cav., 1791
50087	<i>Dahlia pteropoda</i>	E.E.Sherff, 1947
48562	<i>Delilia biflora</i>	(L.) Kuntze, 1891
49838	<i>Desmanthodium ovatum</i>	Benth., 1872
54188	<i>Digitacalia jatrophioides</i>	(Kunth) Pippen, 1968
48853	<i>Dyssodia decipiens</i>	(Bartl.) M.C. Johnst. ex M.C. Johnst.
49889	<i>Dyssodia papposa</i>	(Vent.) Hitchc., 1891
50465	<i>Dyssodia tagetiflora</i>	Lag., 1816
49343	<i>Erigeron karvinskianus</i>	DC., 1836
49477	<i>Erigeron longipes</i>	DC., 1836
50091	<i>Erigeron pubescens</i>	Kunth, 1818
48423	<i>Flaveria angustifolia</i>	(Cav.) Pers., 1807
48818	<i>Flaveria cronquistii</i>	A. M. Powell, 1978
49872	<i>Flaveria palmeri</i>	J. R. Johnst., 1903
50063	<i>Flaveria pringlei</i>	Gandoger, 1918
50151	<i>Flaveria ramosissima</i>	Klatt, 1887
50197	<i>Flaveria robusta</i>	Rose, 1895
50567	<i>Flaveria trinervia</i>	(Spreng.) C. Mohr., 1901
49927	<i>Florestina pedata</i>	(Cav.) Cass., 1820
50108	<i>Florestina purpurea</i>	(Brandege) Rydb., 1914
50357	<i>Florestina simplicifolia</i>	B. L. Turner, 1963
49097	<i>Flourensia glutinosa</i>	(B. L. Rob. & Greenm.) S.F. Blake,
49908	<i>Galinsoga parviflora</i>	Cav., 1796
49780	<i>Gochnatia obtusata</i>	S. F. Blake, 1924
50118	<i>Gochnatia purpusii</i>	Brandege, 1906
50373	<i>Gochnatia smithii</i>	B. L. Rob. & Greenm., 1896
50825	<i>Grindelia inuloides</i>	Willd., 1807
50835	<i>Grindelia subdecurrens</i>	DC., 1836
49762	<i>Gymnolaena oaxacana</i>	(Greenm.) Rydb., 1915
52605	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	(Spreng.) Less., 1832
49602	<i>Helenium mexicanum</i>	Kunth, 1820
49587	<i>Helianthella mexicana</i>	A. Gray, 1879
53411	<i>Heliomeris obscura</i>	(S.F. Blake) Cockerell, 1918
48435	<i>Heliopsis annua</i>	Hemsl., 1881
50003	<i>Heterosperma pinnatum</i>	Cav., 1795
50721	<i>Heterotheca inuloides</i>	Cass. 1826
48351	<i>Hieracium abscissum</i>	Less., 1830
50868	<i>Isocoma veneta</i>	(Kunth) Greene, 1894
50050	<i>Jefea pringlei</i>	(Greenm.) Strother, 1991
49112	<i>Koanophyllon gracilicaule</i>	(Sch. Bip. ex B. L. Rob.) R. M. King
50377	<i>Koanophyllon solidaginoides</i>	(Kunth) R. M. King & H. Rob., 1971

48873	<i>Kyrsteniopsis dibollii</i>	R. M. King & H. Rob., 1972
49306	<i>Lactuca intybacea</i>	Jacq., 1784
50809	<i>Laennecia filaginoides</i>	DC., 1836
50814	<i>Laennecia sopherifolia</i>	(Kunth) G. L. Nesom, 1990
49189	<i>Lagascea helianthifolia</i>	Kunth, 1820
48897	<i>Melampodium divaricatum</i>	DC., 1836
49470	<i>Melampodium longifolium</i>	Cerv. & Cav., 1803
49480	<i>Melampodium longipilum</i>	B. L. Rob., 1892
50059	<i>Melampodium pringlei</i>	B. L. Rob., 1901
50324	<i>Melampodium sericeum</i>	Lag., 1816
48570	<i>Montanoa bipinnatifida</i>	(Kunth) C.Koch, 1864
49422	<i>Montanoa leucantha</i>	(Lag.) S.F. Blake, 1930
49666	<i>Montanoa mollissima</i>	Brongn. ex Groenl., 1857
50394	<i>Montanoa speciosa</i>	(DC.) Sch. Bip. ex C.Koch, 1864
50531	<i>Montanoa tomentosa</i>	Cerv., 1825
49285	<i>Otopappus imbricatus</i>	(Sch. Bip.) S.F. Blake, 1930
48571	<i>Parthenium bipinnatifidum</i>	(Ortega) Rollins, 1950
53718	<i>Parthenium hysterophorus</i>	L., 1753
50534	<i>Parthenium tomentosum</i>	DC., 1836
49173	<i>Pectis haenkeana</i>	(DC.) Sch. Bip., 1856
50079	<i>Pectis prostrata</i>	Cav., 1797
48494	<i>Perymenium asperifolium</i>	Sch. Bip. ex Klatt, 1887
48552	<i>Perymenium berlandieri</i>	DC., 1836
48887	<i>Perymenium discolor</i>	Schrad., 1830
49352	<i>Perymenium klattianum</i>	J.J. Fay, 1978
49573	<i>Perymenium mendezii</i>	DC., 1836
49839	<i>Perymenium ovatum</i>	Brandege, 1908
50308	<i>Perymenium sedasanum</i>	J.J. Fay, 1978
50212	<i>Pinaropappus roseus</i>	Less., 1832
50568	<i>Piqueria trinervia</i>	Cav., 1795
54246	<i>Pittocaulon praecox</i>	(Cav.) H. Rob. & Brettell, 1973
50969	<i>Pluchea carolinensis</i>	(Jacq.) Don, 1839
50974	<i>Pluchea salicifolia</i>	(Mill.) S. F. Blake, 1930
49439	<i>Porophyllum linaria</i>	(Cav.) DC., 1836
49523	<i>Porophyllum macrocephalum</i>	DC., 1836
50103	<i>Porophyllum punctatum</i>	(Mill.) S. F. Blake, 1917
50646	<i>Porophyllum viridiflorum</i>	(H.B.K.) DC., 1836
54250	<i>Psacaliopsis purpusii</i>	(Greenm.) H. Rob. & Brettell, 1974
54251	<i>Psacalium amplifolium</i>	(DC.) H. Rob. & Brettell, 1973
54266	<i>Psacalium goldsmithii</i>	(B. L. Rob.) H. Rob. & Brettell,
54282	<i>Psacalium paucicapitatum</i>	(B. L. Rob. & Greenm.) H. Rob. &
54283	<i>Psacalium peltatum</i>	(Kunth) Cass., 1826
48503	<i>Pseudognaphalium attenuatum</i>	(DC.) Anderb., 1991
48765	<i>Pseudognaphalium conoideum</i>	(Humb., Bonpl. & Kunth) Anderb.,
50106	<i>Pseudognaphalium</i>	(DC.) Anderb., 1991
50321	<i>Pseudognaphalium semilanatum</i>	(DC.) Anderb., 1991
54319	<i>Roldana ehrenbergiana</i>	(Klatt) H. Rob. & Brettell, 1974
54320	<i>Roldana eriophylla</i>	(Greenm.) H. Rob. & Brettell, 1974
49702	<i>Sabazia multiradiata</i>	(Seaton) Longpre, 1970

50253	<i>Sabazia sarmentosa</i>	Less., 1830
49034	<i>Sanvitalia fruticosa</i>	Hemsl., 1881
50076	<i>Sanvitalia procumbens</i>	Lam., 1792
50592	<i>Sclerocarpus uniserialis</i>	(Hook.) Benth. & Hook. f., 1873
49995	<i>Schkuhria pinnata</i>	(Lam.) Kuntze ex Thell., 1912
54397	<i>Senecio bracteatus</i>	Klatt, 1888
54425	<i>Senecio conzattii</i>	Greenm., 1907
54555	<i>Senecio picridis</i>	Schauer, 1847
54520	<i>Senecio prionoapterus</i>	B. L. Rob. & Greenm., 1896
49372	<i>Simsia lagascaeformis</i>	DC., 1836
50251	<i>Simsia sanguinea</i>	A. Gray, 1852
49793	<i>Sonchus oleraceus</i>	L., 1753
48488	<i>Stevia aschenborniana</i>	Sch. Bip. ex Klotzsch, 1852
48643	<i>Stevia caltepecana</i>	B. L. Turner, 1990
48666	<i>Stevia caracasana</i>	DC., 1836
48824	<i>Stevia cruzii</i>	Grashoff, 1974
48928	<i>Stevia elatior</i>	Kunth, 1820
48943	<i>Stevia ephemera</i>	Grashoff, 1974
49292	<i>Stevia incognita</i>	Grashoff, 1974
49337	<i>Stevia jorullensis</i>	Kunth, 1820
49394	<i>Stevia latifolia</i>	Benth., 1840
49404	<i>Stevia lehmannii</i>	Hieron., 1901
49457	<i>Stevia lita</i>	Grashoff, 1974
49488	<i>Stevia lucida</i>	Lag., 1816
49733	<i>Stevia nepetifolia</i>	Kunth, 1820
49834	<i>Stevia ovata</i>	Willd., 1809
50171	<i>Stevia revoluta</i>	B. L. Rob., 1909
50238	<i>Stevia salicifolia</i>	Cav., 1797
50530	<i>Stevia tomentosa</i>	Kunth, 1820
50634	<i>Steviopsis vigintiseta</i>	(DC.) R. M. King & H. Rob., 1981
50753	<i>Symphytotrichum expansum</i>	(Poepp. & Spreng.) G.L.Nesom,
50765	<i>Symphytotrichum potosinum</i>	(A. Gray) G.L.Nesom, 1995
53175	<i>Symphytotrichum subulatum</i>	(Michx.) G.L. Nesom, 1995
48946	<i>Tagetes erecta</i>	L., 1753
49487	<i>Tagetes lucida</i>	Cav., 1794
49617	<i>Tagetes micrantha</i>	Cav., 1797
50454	<i>Tagetes subulata</i>	Cerv., La Llave & Lex., 1824
50489	<i>Tagetes tenuifolia</i>	Cav., 1793
49904	<i>Tanacetum parthenium</i>	(L.) Sch. Bip., 1844
49792	<i>Taraxacum officinale</i>	Weber ex F.H. Wigg., 1780
48596	<i>Tetrachyron brandegei</i>	(Greenm.) Wussow & Urbatsch,
52343	<i>Thymophylla aurantiaca</i>	(Brandegei) Rydb., 1915
52364	<i>Thymophylla setifolia</i>	Lag., 1816
50217	<i>Tithonia rotundifolia</i>	(Mill.) S.F. Blake, 1917
50576	<i>Tithonia tubiformis</i>	(Jacq.) Cass., 1825
48587	<i>Tridax brachylepis</i>	Hemsl., 1881
48789	<i>Tridax coronopifolia</i>	(Kunth) Hemsl., 1881
49493	<i>Tridax luisana</i>	Brandegei, 1909
49590	<i>Tridax mexicana</i>	A.M. Powell, 1963

49867	<i>Tridax palmeri</i>	A. Gray, 1879
50075	<i>Tridax procumbens</i>	L., 1753
50061	<i>Trixis pringlei</i>	B. L. Rob. & Greenm., 1904
48352	<i>Verbesina abscondita</i>	Klatt, 1884
48808	<i>Verbesina crassipes</i>	B. L. Rob. & Greenm., 1899
48813	<i>Verbesina crocata</i>	(Cav.) Less., 1832
48938	<i>Verbesina encelioides</i>	(Cav.) Benth. & Hook. f. ex A. Gray,
49113	<i>Verbesina gracilipes</i>	B. L. Rob., 1904
49272	<i>Verbesina hypomalaca</i>	B. L. Rob. & Greenm., 1899
49437	<i>Verbesina liebmannii</i>	Sch. Bip. & Klatt, 1887
49732	<i>Verbesina neoteneriensis</i>	B.L.Turner, 1987
49965	<i>Verbesina perymenioides</i>	Sch. Bip. ex Klatt, 1887
49969	<i>Verbesina petrophila</i>	Brandege, 1909
50323	<i>Verbesina sericea</i>	Kunth & Bouché, 1848
50564	<i>Verbesina trilobata</i>	B. L. Rob. & Greenm., 1896
50642	<i>Verbesina virgata</i>	Cav., 1795
48826	<i>Vernonia ctenophora</i>	Gleason, 1919
49345	<i>Vernonia karwinskiana</i>	DC., 1836
49428	<i>Vernonia liatroides</i>	DC., 1836
49532	<i>Vernonia macvaughii</i>	S. B. Jones, 1973
50236	<i>Vernonia salicifolia</i>	(DC.) Sch. Bip., 1847
48581	<i>Viguiera bombycina</i>	S. F. Blake, 1918
48774	<i>Viguiera cordata</i>	(Hook. & Arn.) D'Arcy, 1975
48865	<i>Viguiera dentata</i>	(Cav.) Spreng., 1826
48949	<i>Viguiera eriophora</i>	Greenm., 1903
49123	<i>Viguiera grammatoglossa</i>	DC., 1836
49191	<i>Viguiera hemsleyana</i>	S.F.Blake, 1918
49299	<i>Viguiera insignis</i>	Miranda, 1944
49448	<i>Viguiera linearis</i>	(Cav.) Sch. Bip. ex Hemsl., 1881
49761	<i>Viguiera oaxacana</i>	(Greenm.) S. F. Blake, 1918
50000	<i>Viguiera pinnatilobata</i>	(Sch. Bip.) S.F.Blake, 1918
50121	<i>Viguiera purpusii</i>	Brandege, 1909
50178	<i>Viguiera rhombifolia</i>	(B.L.Rob. & Greenm.) S.F.Blake,
53980	<i>Wedelia acapulcensis</i>	Kunth, 1820
50439	<i>Xanthium strumarium</i>	L., 1753
49673	<i>Zaluzania montagnifolia</i>	(Sch. Bip.) Sch. Bip., 1861
50444	<i>Zaluzania subcordata</i>	W. Sharp, 1935

Cactaceae

11889	<i>Acanthocereus subinermis</i>	Britton & Rose, 1920
11901	<i>Cephalocereus columna-trajani</i>	(Karw. ex Pfeiff.) K. Schum., 1894
12215	<i>Coryphantha melleospina</i>	Bravo, 1954
12111	<i>Coryphantha pallida</i>	Britton & Rose, 1923
12119	<i>Coryphantha pycnantha</i>	(Mart.) Lem., 1868
14226	<i>Cylindropuntia kleiniae</i>	(DC.) F.M. Knuth, 1935
13147	<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	(DC.) F.M. Knuth, 1935
11873	<i>Echinocactus platyacanthus</i>	Link & Otto, 1827
11935	<i>Escontria chiotilla</i>	(F.A.C. Weber ex K. Schum.) Rose,
12046	<i>Ferocactus flavovirens</i>	(Scheidw.) Britton & Rose, 1922

12052	<i>Ferocactus hamatacanthus</i>	(Muehlenpf.) Britton & Rose, 1922
12055	<i>Ferocactus latispinus</i>	(Haw.) Britton & Rose, 1922
12066	<i>Ferocactus robustus</i>	(Pfeiff.) Britton & Rose, 1922
11977	<i>Hylocereus undatus</i>	(Haw.) Britton & Rose, 1918
12647	<i>Isolatocereus dumortieri</i>	(Scheidw.) Backeb., 1942
12659	<i>Lemaireocereus hollianus</i>	(F.A.C. Weber ex J.M. Coult.)
13056	<i>Mammillaria carnea</i>	Zucc. ex Pfeiff., 1837
13072	<i>Mammillaria crucigera</i>	Martius, 1832
13081	<i>Mammillaria discolor</i>	Haw., 1812
13082	<i>Mammillaria dixanthocentron</i>	Backeb. ex Mottram, 1980
13113	<i>Mammillaria haageana</i>	Pfeiff., 1836
13125	<i>Mammillaria huitzilopochtli</i>	D.R. Hunt, 1979
13140	<i>Mammillaria kraehenbuehlii</i>	(Krainz) Krainz, 1971
13177	<i>Mammillaria mystax</i>	Martius, 1832
13178	<i>Mammillaria napina</i>	J.A. Purpus, 1912
13195	<i>Mammillaria pectinifera</i>	(Stein) F.A.C. Weber, 1898
13204	<i>Mammillaria polyedra</i>	Mart., 1832
13249	<i>Mammillaria sphacelata</i>	Mart., 1832
13256	<i>Mammillaria supertexta</i>	Mart. ex Pfeiff., 1837
13280	<i>Mammillaria zephyranthoides</i>	Scheidw., 1841
12906	<i>Marginatocereus marginatus</i>	(DC.) Backeb., 1942
11938	<i>Myrtillocactus cochal</i>	(Orcutt) Britton & Rose, 1909
11939	<i>Myrtillocactus geometrizzans</i>	(Mart.) Console, 1897
11940	<i>Myrtillocactus schenckii</i>	(J.A.Purpus) Britton & Rose, 1909
11998	<i>Neobuxbaumia macrocephala</i>	(F.A.C. Weber ex K. Schum.) E.Y.
11999	<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	(Bravo) Backeb., 1941
12004	<i>Neobuxbaumia tetetzo</i>	(F.A.C. Weber) Backeb., 1938
12936	<i>Opuntia auberi</i>	Pfeiff., 1840
13074	<i>Opuntia decumbens</i>	Salm-Dyck, 1834
13077	<i>Opuntia depressa</i>	Rose, 1908
13095	<i>Opuntia ficus-indica</i>	(L.) Mill., 1768
13123	<i>Opuntia huajuapensis</i>	Bravo, 1954
13127	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	F.A.C. Weber, 1898
13145	<i>Opuntia lasiacantha</i>	Pfeiff., 1837
14355	<i>Opuntia parviclada</i>	S. Arias & S. Gama, 1997
13202	<i>Opuntia pilifera</i>	F.A.C. Weber, 1898
13214	<i>Opuntia pubescens</i>	H.L. Wendl. ex Pfeiff., 1837
13254	<i>Opuntia streptacantha</i>	Lem., 1939
14380	<i>Opuntia tehuacana</i>	S. Arias & U. Guzmán, 1997
13263	<i>Opuntia tomentosa</i>	Salm-Dyck, 1822
13270	<i>Opuntia velutina</i>	F.A.C. Weber, 1904
12011	<i>Pachycereus weberii</i>	(J.M. Coult.) Backeb., 1960
11964	<i>Peniocereus viperinus</i>	(F.A.C. Weber) Buxb., 1975
12450	<i>Pilosocereus chrysacanthus</i>	(F.A.C. Weber ex K. Schum.) Byles
11942	<i>Polaskia chende</i>	(Gosselin) A.C. Gibson & K.E.
11941	<i>Polaskia chichipe</i>	(Gosselin) Backeb., 1949
12994	<i>Pseudomitrocereus fulviceps</i>	(F.A.C. Weber ex K. Schum.) Bravo
13071	<i>Stenocactus crispatus</i>	(DC.) A.W. Hill, 1933
12019	<i>Stenocereus griseus</i>	(Haw.) Buxb., 1961

12024	<i>Stenocereus pruinosus</i>	(Otto) Buxb., 1961
12028	<i>Stenocereus stellatus</i>	(Pfeiff.) Riccob., 1909
12030	<i>Stenocereus treleasei</i>	(Rose) Backeb., 1951

Fabaceae

56283	<i>Aeschynomene compacta</i>	Rose, 1899
56285	<i>Aeschynomene purpusii</i>	Brandeg., 1908
56179	<i>Astragalus guatemalensis</i>	Hemsl., 1879
58075	<i>Astragalus hypoleucus</i>	S. Schauer, 1847
58078	<i>Astragalus mollissimus</i>	Torr., 1827
56181	<i>Astragalus nuttallianus</i>	DC., 1825
56183	<i>Astragalus strigosus</i>	Kunth, 1823
57362	<i>Brongniartia discolor</i>	Brandeg., 1912
57363	<i>Brongniartia foliolosa</i>	Benth. ex Hemsl., 1878
57374	<i>Brongniartia luisana</i>	Brandeg., 1909
56287	<i>Brongniartia lupinoides</i>	(Kunth) Standl., 1895
56288	<i>Brongniartia mollis</i>	Kunth, 1823
56289	<i>Brongniartia oligosperma</i>	Baill., 1870
56290	<i>Brongniartia podalyrioides</i>	Kunth, 1824
56291	<i>Brongniartia vicioides</i>	M. Martens & Galeotti, 1843
56188	<i>Canavalia villosa</i>	Benth., 1837
59348	<i>Centrosema virginianum</i>	(L.) Benth., 1837
56294	<i>Cologania angustifolia</i>	Kunth, 1824
56295	<i>Cologania biloba</i>	(Lindl.) Nicholson, 1887
56296	<i>Cologania broussonetti</i>	(Balb.) DC., 1825
56298	<i>Cologania obovata</i>	Schltld. 1838
56299	<i>Cologania procumbens</i>	Kunth, 1824
56300	<i>Coursetia caribaea</i>	(Jacq.) Lavin, 1987
56301	<i>Coursetia glandulosa</i>	A. Gray, 1861
58140	<i>Crotalaria cajanifolia</i>	Kunth, 1824
56213	<i>Crotalaria incana</i>	L., 1753
56214	<i>Crotalaria longirostrata</i>	Hook. & Arn., 1838
56215	<i>Crotalaria mollicula</i>	Kunth, 1823
56217	<i>Crotalaria pumila</i>	Ort., 1797
56218	<i>Crotalaria sagittalis</i>	L., 1753
56190	<i>Dalea bicolor</i>	Humb. & Bonpl. ex Willd., 1809
56191	<i>Dalea botterii</i>	(Rydb.) Barneby, 1977
56192	<i>Dalea brachystachya</i>	A. Gray, 1853
56193	<i>Dalea caeciliae</i>	Harms, 1923
56194	<i>Dalea carthagenensis</i>	(Jacq.) J.F. Macbr., 1977
173268	<i>Dalea dorycnioides</i>	DC., 1825
56195	<i>Dalea filiciformis</i>	B.L. Rob. & Greenm., 1894
56196	<i>Dalea foliolosa</i>	(Aiton) Barneby, 1973
56197	<i>Dalea greggii</i>	A. Gray, 1854
56198	<i>Dalea hegewischiana</i>	Steud., 1840
56199	<i>Dalea humilis</i>	G. Don, 1832
56200	<i>Dalea insignis</i>	Hemsl., 1878
56201	<i>Dalea leucosericea</i>	(Rydb.) Standl. & Steyerm., 1946
56203	<i>Dalea lutea</i>	(Cav.) Willd., 1802

56204	<i>Dalea melantha</i>	Schauer, 1847
56206	<i>Dalea obovatifolia</i>	Ortega, 1797
56207	<i>Dalea sericea</i>	Lag., 1816
56209	<i>Dalea versicolor</i>	Zucc., 1832
56210	<i>Dalea zimapanica</i>	Schauer, 1847
56302	<i>Desmodium angustifolium</i>	(Kunth) DC., 1825
56303	<i>Desmodium conzattii</i>	Greenm., 1912
56304	<i>Desmodium grahamii</i>	(A. Gray) Kuntze, 1853
56307	<i>Desmodium neomexicanum</i>	A. Gray, 1852
56308	<i>Desmodium nitidum</i>	M. Martens & Galeotti, 1843
56309	<i>Desmodium orbiculare</i>	Schltld., 1838
56310	<i>Desmodium pringlei</i>	S. Watson, 1888
56311	<i>Desmodium procumbens</i>	(Mill.) Hitchc., 1893
56313	<i>Desmodium sericophyllum</i>	Schltld., 1838
56314	<i>Desmodium subsessile</i>	Schltld., 1838
56316	<i>Desmodium uncinatum</i>	(Jacq.) DC., 1825
1448	<i>Derris grandifolia</i>	Donn. Sm.
58681	<i>Diphysa minutifolia</i>	Rose, 1909
58686	<i>Diphysa sennooides</i>	Benth., 1854
56318	<i>Diphysa villosa</i>	Rydb., 1924
56223	<i>Erythrina americana</i>	Mill., 1768
58172	<i>Erythrina breviflora</i>	DC., 1825
1279	* <i>Erythrina petraea</i>	(Brandege) Krukoff *
58691	<i>Erythrina oaxacana</i>	(Krukoff) Barneby, 1939
56320	<i>Eysenhardtia platycarpa</i>	Pennell & Saff., 1919
56321	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	(Ort.) Sarg., 1892
56322	<i>Eysenhardtia texana</i>	Scheele, 1848
56323	<i>Galactia brachystachys</i>	Benth., 1837
56324	<i>Gliricidia sepium</i>	(Jacq.) Steud., 1840
56325	<i>Harpalyce formosa</i>	DC., 1825
56327	<i>Hesperothamnus pentaphyllus</i>	(Harms) Rydb., 1923
56328	<i>Hybosema ehrenbergii</i>	(Schltld.) Harms, 1923
56229	<i>Indigofera conzattii</i>	Rose, 1905
56230	<i>Indigofera densiflora</i>	M. Martens & Galeotti, 1843
56232	<i>Indigofera leptosepala</i>	Nutt., 1838
173260	<i>Indigofera lespedezioides</i>	Kunth, 1823
58201	<i>Indigofera miniata</i>	Ort., 1798
56234	<i>Indigofera suffruticosa</i>	Mill., 1768
56239	<i>Lonchocarpus oaxacensis</i>	Pittier, 1917
56240	<i>Lonchocarpus obovatus</i>	Benth., 1860
56242	<i>Lupinus uncinatus</i>	Schltld., 1838
56329	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	(Sessé & Mociño ex DC.) Urb., 1928
56330	<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	(Ort.) A. Delgado, 1981
56333	<i>Marina neglecta</i>	(B.L. Rob.) Barneby, 1973
56335	<i>Marina procumbens</i>	(Moc. & Sessé ex DC.) Barneby,
56336	<i>Marina pueblensis</i>	(Brandeg.) Barneby, 1977
56337	<i>Marina scopa</i>	Barneby, 1977
56340	<i>Nissolia microptera</i>	Poir., 1816
56340	<i>Nissolia microptera</i>	Poir., 1816

56856	<i>Peteria glandulosa</i>	(A. Gray ex S. Watson) Rydb., 1924
56171	<i>Phaseolus coccineus</i>	L., 1753
56172	<i>Phaseolus leptostachyus</i>	Benth., 1837
57711	<i>Phaseolus micranthus</i>	Hook. & Arn., 1838
56173	<i>Phaseolus microcarpus</i>	Mart., 1831
56175	<i>Phaseolus vulgaris</i>	L., 1753
56346	<i>Rhynchosia discolor</i>	M. Martens & Galeotti, 1843
173183	<i>Rhynchosia longeracemosa</i>	M. Martens & Galeotti, 1843
57949	<i>Rhynchosia macrocarpa</i>	Benth., 1839
56348	<i>Rhynchosia minima</i>	(L.) DC., 1825
56349	<i>Rhynchosia precatorea</i>	(Humb. & Bonpl. ex Willd.) DC., 1825
56350	<i>Rhynchosia pringlei</i>	Rose, 1895
56352	<i>Rhynchosia senna</i>	Gell., 1833
56353	<i>Stylosanthes humilis</i>	Kunth, 1823
56245	<i>Tephrosia cinerea</i>	(L.) Pers., 1807
1501	* <i>Tephrosia uniflora</i>	Pers., 1807
56249	<i>Tephrosia vicioides</i>	Schltld., 1838
56254	<i>Trifolium amabile</i>	Kunth, 1823
1507	* <i>Trifolium amabile</i> var. <i>mexicanum</i>	(Hemsl.) D. Heller & Zoh., 1984
58940	<i>Vicia faba</i>	L., 1753
56356	<i>Vigna luteola</i>	(Jacq.) Benth., 1859
56357	<i>Vigna speciosa</i>	(Kunth) Verdc., 1970

REFERENCIAS

- Adams J. & N. Zeng. 2007. *Vegetation-climate Interaction: How Vegetation Makes the Global Environment*. Springer, 232 pp.
- Anderson M.J., K.E. Ellingsen & B.H. McArdle. 2006. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology Letters* 9: 683–693 pp.
- Arita H.T. 1997. Species Composition and Morphological Structure of the Bat Fauna of Yucatan, Mexico *The Journal of Animal Ecology*, 66: (1) pp. 83-97
- Arita H.T. & P. Rodríguez. 2002. Geographic range, turnover rate and the scaling of species diversity. *Ecography* 25:541-553.
- Arizmendi Ma del C & A. Espinoza de los Monteros. 1996. Avifauna de los bosques de cactáceas columnares del Valle de Tehuacán, Puebla. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 67: 25–46.
- Balleza J.J. & J.L. Villaseñor. 2002. La familia Asteraceae en el estado de zacatecas (México). *Acta Botánica Mexicana* 59: 5-69.
- Bibby C.J., N.J. Collar, M.J. Crosby, M.F. Heath, Ch. Imboden, T.H. Johnson, A.J. Long, , A.J. Stattersfield, S.J. Thirgood, M.P. Adam, P. Andrew, M.A. Barker, L.D. Brandao, F.R. Lambert, C.R. Robson, A.J. Stones, D.C. Wege. 1992. *Putting biodiversity on the map: priority areas for global conservation*. International Council for Bird Preservation, Cambridge.
- Bonn A. & K. Gaston. 2005. Capturing biodiversity: selecting priority areas for conservation using different criteria. *Biodiversity and Conservation* 14: 1083–1100.
- Bravo-Hollis H. 1978. *Las Cactaceae de México*. Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. México.
- Brehm G., J. Homeier & K. Fiedler. 2003. Beta diversity of geometrid moths (Lepidoptera: Geometridae) in an Andean montane rainforest. *Diversity and Distributions* 9: 351–366.

- Burnham R.J. 2002. Dominance, diversity and distribution of lianas in Yasuní, Ecuador: who is on top? *J. Tropical Ecology* 18: 845–864.
- Burnham R.J. 2004. Alpha and beta diversity of Lianas in Yasuní, Ecuador *Forest Ecology and Management* 190: 43–55.
- Challenger A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Clough Y., A. Holzschuh, D. Gabriel, T. Purtauf, D. Kleijn, A. Kruess, I. Steffan-Dewenter & T. Tscharntke. 2007. Alpha and beta diversity of arthropods and plants in organically and conventionally managed wheat fields and *Journal of Applied Ecology* 44: 804–812.
- Codd E.F. 1970. A relational model of data for large shared data banks. *Communications of the ACM* 13: 377-387.
- Codd E.F. 1990. *The Relational Model for Database Management*. Addison-Wesley Pub.
- Colwell R. K. & J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series B* 345: 101-118.
- Colwell R. K., & D. C. Lees. 2000. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *Trends in Ecology and Evolution* 15:70-76.
- CONABIO. 2009. Catálogo taxonómico de especies de México. *Capital Natural de México* vol. 1.
- Condit R, Pitman N., Leigh E.G. Jr, Chave J., Terborgh J., Foster R.B., Núñez P, Aguilar S, Valencia R, Villa G, Muller-Landau H.C., Losos E., Hubbell S.P. 2002. Beta-diversity in tropical forest trees. *Science* 295: 666–669.

- Contreras-Medina R. & I. Luna-Vega. 2007. Species richness, endemism and conservation of Mexican gymnosperms. *Biodiversity and Conservation* 16:1803–1821.
- Cronquist A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. Nueva York. 1262 pp.
- Cronquist A. 1988. The evolution and classification of flowering plants. 2a ed. The New York botanical garden. Bronx. New York. USA.
- Dávila P., J. L. Villaseñor, L. R. Medina, R. A. Ramírez, T. A. Salinas, J. Sánchez-Ken & P. Tenorio. 1993. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Listados Florísticos de México X. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 195pp.
- Dávila P., M. Arizmendi, A. Valiente, J. Villaseñor, A. Casas & R. Lira. 2002. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Biodiversity and Conservation* 11: 421–442.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 1998. Decreto por el que se declara área natural protegida con el carácter de reserva de la biosfera, la región denominada Tehuacán-Cuicatlán, ubicada en los estados de Oaxaca y Puebla. Estados Unidos Mexicanos, Presidencia de la República, México, D. F., viernes 18 de septiembre de 1998, pp. 8-20.
- Ellingsen K.E. & J.S. Gray. 2002. Spatial patterns of benthic diversity: is there a latitudinal gradient along the Norwegian continental shelf?. *Journal of Animal Ecology* 71: 373–389.
- Esparza-Olguín L., T. Valverde & E. Vilchis-Anaya. 2002. Demographic analysis of a rare columnar cactus (*Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacán Valley, Mexico. *Biol. Conserv.* 103: 349–359.
- FAO. 2000. Bibliografía comentada: cambios en la cobertura forestal. Programa de evaluación de los recursos forestales. México, FAO: 35. Disponible en línea: <http://www.fao.org/docrep/006/ad667s/ad667s00.htm>. Accedida el 15/ene/2009.

- Fontaine C, Dajoz I, Meriguet J, Loreau M (2006) Functional diversity of plant–pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *PLoS Biol* 4(1) e1. 0129-0135.
- Forman R.T. & M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. New York, John Wiley & Sons.
- Funk V.A., R.J. Bayer, S. Keeley, R. Chan, L. Watson, B. Gemeinholzer, E. Schilling, J.L. Panero, B.G. Baldwin, N. Garcia-Jacas, A. Susanna & R.K. Jansen. 2005. Everywhere but Antarctica: using a supertree to understand the diversity and distribution of the Compositae. *Biol. Skr.* 55: 343–374.
- Gairola S., R. S. Rawal & N. P. Todaria. 2008. Forest vegetation patterns along an altitudinal gradient in sub-alpine zone of west Himalaya, India. *African Journal of Plant Science*. 2(6). 042-048.
- García-Mendoza A. 1995. Riqueza y endemismos de la familia Agavaceae en México. Pp. 51-70. En: E. Linares, P. Dávila, F. Chiang, R. Bye, y T. Elias (eds) *Conservación de plantas en peligro de extinción: diferentes enfoques*.
- Gaston K.J., R.G. Davies, C. David, L. Orme, V.A. Olson, G.H. Thomas, T.S. Ding, P.C. Rasmussen, J.J. Lennon, P.M. Bennett, I. P. F. Owens & T.M. Blackburn. 2007. Spatial turnover in the global avifauna *Proc. R. Soc. B* 274: 1567–1574.
- Gaston K. & T.M. Blackburn. 2000. *Pattern and process in macroecology*. Ed. 2. Illustrated. Wiley-Blackwell. 377pp.
- Gaston K. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature* 405: 220-227.
- Goettsch B. & H.M. Hernández. 2006. Beta diversity and similarity among cactus assemblages in the Chihuahuan Desert. *J Arid Environment* 65: 513–528.

- Gómez-Hinostrosa C. & H.M. Hernández. 2000. Diversity, geographical distribution and conservation of Cactaceae in the Mier y Noriega region, Mexico. *Biodivers. Conserv.* 9: 403.
- Groot T.V.M., M. Stift, J.G.B. Oostermeijer, A.M. Cleef, & M. Kappelle. 2006. Population Structures of Two Understory Plant Species Along an Altitudinal Gradient in Costa Rican Montane Oak Forests. Pp. 191-206. En: M.Kappelle (Ed.). *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests Ecological Studies*, Vol. 185 Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Guzmán U., S. Arias & P. Dávila. 2003. *Catálogo de cactáceas mexicanas*. CONABIO. UNAM, México. 315 pp.
- Halffter G. & C. Moreno. 2005. Significado biológico de las diversidades Alfa, Beta y Gamma. Pp. 5-15. En: Halffter, G., Sobrerón, J., Koleff, P. y A. Melic (Eds.). *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías 3er milenio 4.
- Harrison S., K.F. Davies, H.D. Safford & J.H. Viers. 2006. Beta diversity and the scale-dependence of the productivity-diversity relationship: a test in the Californian serpentine flora. *Journal of Ecology* 94: 110–117.
- Hegazy A.K., M.A. El-Demerdash & H.A. Hosni. 1998. Vegetation, species diversity and floristic relations along an altitudinal gradient in south-west Saudi Arabia *Journal of Arid Environments* 38: 3–13
- Hernández H.M., B. Goettsch, C. Gómez-Hinostrosa & H. T. Arita. 2008. Cactus species turnover and diversity along a latitudinal transect in the Chihuahuan Desert Region *Biodivers Conserv* 17: 703–720.
- INEGI. 2008. *Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) escala 1: 50 000*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). <http://www.inegi.org.mx>. Acceso enero de 2009.
- Inoue T., Y. Takematsu, A. Yamada, Y. Hongoh, T. Johjima, S. Moriya, Y. Sornnuwat, C. Vongkaluang, M. Ohkuma & T. Kudo. 2006. Diversity and abundance of termites along an altitudinal gradient in Khao Kitchagoot National Park, Thailand *Journal of Tropical Ecology* 22: 609–612.

- Izsák C. & R.G. Price. 2001. Measuring β -diversity using a taxonomic similarity index, and its relation to spatial scale. – *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 215: 69–77.
- Jaramillo-Luque V. & González-Medrano F. 1983. Análisis de la vegetación arbórea en la provincia florística de Tehuacán- Cuicatlán. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 45: 49-64.
- Judd H.S., C.S. Campbell, E.A. Kellogg & P.F. Stevens. 1999. *Plant systematics: phylogentic approach*. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts. 464pp.
- Koleff P. 2002. Spatial species turnover: patterns, determinants, and implications. Tesis de Doctorado. University of Sheffield, Londres. 195 pp.
- Koleff P. 2005. Conceptos y medidas de la diversidad beta. En: Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma. Monografías 3er milenio 4 Cap. 2. pp. 19-40.
- Koleff P., K. Gaston & J. Lennon. 2003. Measuring Beta diversity for presence-absence data. *Journal Animal Ecology* 72: 367- 382.
- Körner C. 2000 Why are there global gradients in species richness? mountains might hold the answer *Trends in Ecology & Evolution* 15(12): 513 – 514.
- Körner C. 2007. The use of 'altitude' in ecological research. *TRENDS in Ecology and Evolution* 22(11): 569-574.
- Legendre P., X. Mi, H. Ren, K. Ma, M. Yu, I. F. Sun & F. He. 2009. Partitioning beta diversity in a subtropical broad-leaved forest of China. *Ecology* 90(3): 663–674.
- Lopez J.C. & R. Dirzo. 2007. Floristic diversity of sabal palmetto woodland: an endemic and endangered vegetation type from Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16: 807–825.
- Mac Nally R., E. Fleishman, L.P. Bulluck, & C.J. Betrus. (2004). Coparative influence of spatial scale on beta diversity within regional assemblages of birds and butterflies. *J. Biogeography* 31: 917– 929.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Ed. 2 Taylor & Francis. 179pp.
- Magurran A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Wiley-Blackwell. 256pp.

- Mandujano M.C.Flores-Martínez A., Golubov J. & Ezcurra E. 2002. Spatial distribution of three globose cacti in relation to different nurse-plant canopies and bare areas. *The southwestern naturalist* 47(2):162-168.
- Mbatudde M., P. Mucunguzi & K.A. Lye. 2007. Diversity and distribution of Asteraceae along a rainfall gradient in Uganda. *African Journal of Ecology* 45 (Suppl. 1): 52–56.
- Méndez I. 2004. Las Magnoliophyta endémicas de la porción xerofítica de la provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Anales del Instituto de Biología, UNAM* 75(1): 87-104.
- Méndez I., R. Lira, H. Godínez, P. Dávila & E. Ortiz. 2006. Proposal for the establishment of core zones in the Biosphere Reserve of Tehuacán-Cuicatlán. *Biodiversity and Conservation* 15: 1627-1659.
- Moreno C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Morrone J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76 (2): 207-252.
- Murguía M. & J.L. Villaseñor. 2000. Estimating the quality of the records used in quantitative biogeography with presence-absence matrices. *Ann. Bot. Fennici* 37: 289- 296.
- Murguía M. y M. Campos. 2009a. X-FESI: Interfaz de Base de Datos. <http://sites.google.com/site/xfesixfesi>.
- Murguía M. y M. Campos. 2009b. MEXTIMATES: Cálculo de estimadores de riqueza no paramétricos en base de datos. <http://sites.google.com/site/xfesixfesi>. Accedida el 20/Feb/2009.
- Nogués-Bravo D., M. B. Araújo, T. Romdal & C. Rahbek. 2008. Scale effects and human impact on the elevational species richness gradients. *NATURE*. 453. 216-220.

- Novotny V. & Weiblen G.D. 2005. From communities to continents: beta diversity of herbivorous insects. *Ann. Zool. Fennici* 42: 463-475.
- Novotny V., S.E. Miller, J. Hulcr, R.A.I. Drew, Y. Basset, M. Janda, G.P. Setliff, K. Darrow, A.J.A. Stewart, J. Auga, B. Isua, K. Molem, M. Manumbor, E. Tamtai, M. Mogia & G.D. Weiblen. 2007. Low beta diversity of herbivorous insects in tropical forests. *Nature* 448: 692-697.
- Ohlemüller R. & J.B. Wilson. 2000. Vascular plant species richness along latitudinal and altitudinal gradients: a contribution from New Zealand temperate rainforests. *Ecology Letters* 3: 262-266.
- Ocaña-Nava D. & J. L. Villaseñor. 1995. Áreas de diversidad y endemismos de la familia Asteraceae en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. XIII Congreso Mexicano de Botánica, Cuernavaca, Morelos del 5 al 11 de noviembre de 1995. Libro de Resúmenes. Sociedad Botánica de México, México.
- Orozco-Almanza M.S., L.P. de León-García, R. Grether & E. García-Moya. 2003. Germination of four species of the genus *Mimosa* (Leguminosae) in a semi-arid zone of Central Mexico. *Journal of Arid Environments* 55 (1): 75-92.
- Ortega P. & H. Godínez. 2006. Global diversity and conservation priorities in the Cactaceae. *Biodiversity and Conservation* 15: 817-827.
- Passy S.I. & F.G. Blanchet, 2007 Algal communities in human-impacted stream ecosystems suffer beta-diversity decline. *Diversity and Distributions* 13: 670–679.
- Patil P. & C. Taillie. 1982. Diversity as a Concept and its Measurement. *Journal of the American Statistical Association* 77(379): 548- 561.
- Pavón N.P., H.T. Hernández & V.G. Rico. 2000 Distribution of plant life forms along altitudinal gradient in the semi arid valley of Zapotitlán, México. *Journal of Vegetation Science* 11: 39–42.
- Pérez-Negrón E. & A. Casas. 2007. Use, extraction rates and spatial availability of plant resources in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico: The case

- of Santiago Quiotepec, Oaxaca. *Journal of Arid Environments* 70: 356–379.
- Rahbek C. 2005. The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. *Review. Ecology letters* 8: 224–239.
- Rodríguez P. & H.T. Arita. 2004. Beta diversity and latitude in North American mammals: testing the hypothesis of covariation. *Ecogeography* 27: 547-556.
- Rodríguez P., J. Sobéron & H. Arita. 2003. El componente beta de la diversidad de mamíferos. *Acta zoológica mexicana (nueva serie)* 89: 241-259.
- Rodríguez-Arévalo I., A. Casas, R. Lira & J. Campos. 2006. Uso, manejo y procesos de domesticación de *Pachycereus hollianus* (F.A.C. Weber) Buxb. (Cactaceae), en el Valle de Tehuacán- Cuicatlán, México. *Interciencia* 39: 677-685.
- Rzedowski J. 1978. *La Vegetación de México*. Limusa. México D.F., 433pp.
- Sánchez-González A. & L. López-Mata. 2005. Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico. *Diversity and Distributions* 11: 567–575.
- Scott J.M., E.A. Norse, H.T. Arita, A. Dobson, J.A. Estes, M. Foste, B. Gilbert, D. Jensen, R.L. Knight, D. Mattson & M.E. Soulé. 1999. The issue of scale in selecting and designing biological reserves. Pp. 19-37. En: M.E. Soulé y J. Terborgh (eds). *Continental Conservation, scientific foundations of regional reserve networks*. Island Press, Washington, D. C.
- Serrano, B. y M. Murguía. 2009. Polígono del Valle de Tehuacán Cuicatlán modificado. México. <http://sites.google.com/site/biodiversidadinformatica/>. Acceso enero de 2009.
- Shmida A. & M. Wilson. 1985. Biological determinants of species diversity. *Journal of Biogeography* 12: 1- 20.

- Smith C.E. 1965. Flora Tehuacán Valley. *Fieldiana Botany* 31: 2006. 101–143.
- Soberón J. & A.T. Peterson. 2004. Biodiversity informatics: managing and applying primary biodiversity data. *The Royal Society* 359: 689-698.
- Spichinger R.E., V. Savolainen, M. Figuet & D. Jeanmonod. 2004. *Systematic botany of flowering plants*. Science publishers, Inc. Plymouth, UK. Pp. 413.
- Téllez-Valdés O. & P. Dávila-Aranda. 2003. Protected Areas and Climate Change: a Case Study of the Cacti in the Tehuacán Cuicatlán Biosphere Reserve, México. *Conservation Biology* 17 (3): 846–853.
- Toledo V. 1994. La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación en los noventa. *Ciencias* 34: 43-57.
- Tonn W.M. & J. Magnuson. 1982. Patterns in the Species Composition and Richness of Fish Assemblages in Northern Wisconsin Lakes. *Ecology* 63(4): 1149-1166.
- Troch M.D., F. Fiers, M. Vincx. 2001. Alpha and beta diversity of harpacticoid copepods in a tropical seagrass bed: the relation between diversity and species' range size distribution. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 215: 225–236.
- United Nation Environment Programme (UNEP). 1992. Rio declaration on environment and development. Made at the United Nations conference on environment and development, Rio Janeiro, Brazil. <http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=78&ArticleID=1163>.
- Valiente-Banuet A., E. Ezcurra, V. Jaramillo & N. Flores-Hernández. 1995. Patrones de crecimiento y sus consecuencias sobre la forma y uso de nutrientes en el arbusto *Mimosa luisana* en tres comunidades semiáridas del Valle de Tehuacán. Una contribución al efecto de isla de fertilidad en desiertos. XIII Congreso Mexicano de Botánica, Cuernavaca, Morelos del 5 al 11 de noviembre de 1995. Libro de Resúmenes. Sociedad Botánica de México, México.

- Valiente-Banuet A., R.S. Gally, M.C. Arizmendi & A. Casas. 2007. Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Arid Environments* 68: 1–8.
- Valverde P.L. & J.A. Zavala-Hurtado. 2006. Assessing the ecological status of *Mammillari pectinifera* Weber (Cactaceae), a rare and threatened species endemic of the Tehuacán-Cuicatlán Region in Central Mexico *Journal of Arid Environments* 64: 193–208.
- Villaseñor J.L., P. Dávila & F. Chiang. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 50: 135–149.
- Villaseñor J.L. (2003) Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28: 160–167.
- Villaseñor J.L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 105–135.
- Villaseñor J.L., P. Maeda, J.A. Rosell & E. Ortiz. 2007. Plant families as predictors of plant biodiversity in Mexico. *Diversity and Distributions, Diversity Distrib.* 13: 871–876.
- Walton K. 2007. *The arid zones*. Science. USA. 175pp.
- Whittaker R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecol. Monogr.* 30: 279–338
- Whittaker R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 107: 321-338.
- Willig M.R., D.M. Kaufman & R.D. Stevens. 2003. Latitudinal Gradients of Biodiversity: Pattern, Process, Scale, and Synthesis. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34: 273–309.
- Wilson MV. & A. Shmida. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *Journal of Ecology* 72: 1055–1064.

Yang L., Z. YiPing, H.E. DaMing, C. Min & Z. Hua. 2007. Climatic control of plant species richness along elevation gradients in the Longitudinal Range-Gorge Region. Chinese Science Bulletin 52 (II:) 50-58.

Zavala-Hurtado A. & G. Hernández-Cárdenas. 1998. Estudio de caracterización y diagnóstico del área propuesta como Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. Universidad Autónoma Metropolitana- Instituto Nacional de Ecología (SEMARNAP), México.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB) www.conabio.gob.mx/remib

Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SINB) www.conabio.gob.mx/rsnib

Jardín Botánico de Missouri, USA <http://www.tropicos.org>