



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

LABORATORIO DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

“REGISTRO DE LA RIQUEZA HERBÁCEA Y ARBUSTIVA EN EL BOSQUE DE
Abies religiosa DE LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO DEL PARQUE
NACIONAL IZTA-POPO Y EL PARQUE NACIONAL ZOQUIAPAN”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A :

MAYRA CASTRO LUNA

DIRECTOR DE TESIS:

M. en C. GERMÁN CALVA VÁSQUEZ



NOVIEMBRE, 2013



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

DIRECCIÓN

**JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
PRESENTE.**

Comunico a usted que la alumna **CASTRO LUNA MAYRA**, con número de cuenta **408071482**, de la carrera de Biología se le ha fijado el día **26** del mes de **noviembre** de 2013 a las **14:00 hrs.** para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

- PRESIDENTE** BIÓL. ELVIA GARCÍA SANTOS
- VOCAL** M. en C. GERMÁN CALVA VÁSQUEZ
- SECRETARIO** DR. GERARDO CRUZ FLORES
- SUPLENTE** DR. CARLOS CASTILLEJOS CRUZ
- SUPLENTE** BIÓL. MARCO ANTONIO HERNÁNDEZ MUÑOZ

El título de la tesis que presenta es: **REGISTRO DE LA RIQUEZA HERBÁCEA Y ARBUSTIVA EN EL BOSQUE DE *Abies religiosa* DE LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO DEL PARQUE NACIONAL IZTA-POPO Y EL PARQUE NACIONAL ZOQUÍAPAN.**

Opción de titulación: tesis.

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
México, D. F., a 15 de octubre de 2013

Dr. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NÚÑEZ
DIRECTOR
DIRECCIÓN

RECIBÍ
OFICINA DE EXÁMENES
PROFESIONALES Y DE GRADO

VO. BO.
M. en C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL
JEFE DE CARRERA

DEDICATORIA

Antes que a nadie, a ti dios por haberme obsequiado este maravilloso regalo que es la vida y colocarme en una de las mejores familias de este mundo. Principalmente por haber puesto en cada paso de mi vida a personas maravillosas.

Con todo mi amor, respeto y admiración, a mis padres, que me dieron la vida y siempre han estado a mi lado. Gracias por todo mamá y papá, por creer en mí, porque aun cuando todo se torna gris ustedes estaban ahí para darme fuerza y aliento. Gracias por su infinita paciencia y su eterno apoyo, nada de esto hubiese sido posible sin ustedes. Hoy quiero decirles que lo logre y lo hice pensando en ustedes, la fuerza y el motor de mi vida, a quienes quiero retribuir todo lo que me han dado. Gracias por haberme dado la oportunidad de tener una carrera, ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad y brindarme una vida llena de amor, cariño, paciencia y felicidad... Los ¡AMO!

A mis hermanos Arturo, Federico, Jesús y Eduardo (4 hombres afortunados por tener una sola hermana que los ama sin medida), aunque son mi dolor de cabeza, también son esas personitas por las que quiero salir adelante. Son parte importante de mi vida, a pesar de los problemas siempre estaremos juntos ayudándonos a levantar de nuestros tropiezos. Recuerden... somos como los mosqueteros, uno para todos y todos para uno.

A mis princesas Itzel, Lisbeth, Lizet, Leasly y Alison... los seres más hermosos de mi vida, que llenan mis días de amor, risas y ternura, esos angelitos que quiero como si fuesen mías... porque no me di cuenta en que momento creció tanto mi familia y llenaron de felicidad y dicha la vida de mis hermanos... aún recuerdo cuando mi madre decía que la casa estaba repleta de varones, y que hacían falta mujercitas, y sin darnos cuenta en un abrir y cerrar de ojos la casa se llenó de pequeñuelas.

A esta gran familia que me brindó su apoyo incondicional y desmedido, los amo son lo mejor de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que llevo con orgullo en el corazón, porque me dio todo y abrió sus puertas del conocimiento para mí. En especial a mi maravillosa Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por permitirme formar parte de esta gran institución, nido de muchos que como yo eligieron esta extraordinaria carrera que representare con mucho orgullo, amor, pasión y respeto.

Al programa Universitario, México Nación Multicultural, por haberme brindado una beca la cual ayudo a sustentar mis estudios, y por todas esas asesorías que en su determinado momento necesite... Muchas ¡GRACIAS!

A Wilfrido Martínez Matías por haber sido un gran tutor durante mi estancia en el programa de becas México Nación Multicultural, gracias por toda tu paciencia, consejos y apoyo.

A mi director de tesis, el M. En C. Germán Calva Vásquez, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia, motivación y sabios consejos ha logrado que pueda concluir mis estudios con éxito. Para mí no solo fue un profesor, sino un gran amigo y un maravilloso ser humano. Siempre pensé que entre un profesor y un alumno jamás podría haber una amistad verdadera y usted nos demostró lo contrario. Todo el tiempo preocupándose por el bienestar de sus discípulos. German... es usted una excelente persona, ¿y sabe?... agradezco a la vida el haberlo puesto en mi camino, de usted me llevo lo mejor, tanto académicamente como humanamente. Gracias por todos sus buenos consejos, por obsequiarme su atención y paciencia cuando más lo necesite, por alentarme siempre a seguir adelante y preocuparse por nosotras, por eso y más con todo respeto y cariño un abrazo y mil gracias.

A la M. en C. Angélica Ramírez Rosas del herbario Nacional de México (MEXU) del instituto de biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por su asesoría en la determinación y cotejo de los ejemplares.

A mis sinodales: Bió. Elvia García Santos, Bió. Marco Antonio Hernández Muñoz, Dr. Carlos Castillejos Cruz, y al Dr. Gerardo Cruz Flores, por el tiempo invertido, por sus valiosas observaciones y sugerencias en la construcción y mejora del trabajo, cada detalle significó mucho y fue de gran ayuda, muchas ¡GRACIAS!

A la Bió. Maria de los Ángeles Galván Villanueva, gracias por todos su apoyo y consejos que me brindó durante la carrera, es usted una excelente profesora digna de admirar.

A esas hermosas personas que conocí en esta grandiosa facultad, amigas y amigos (por orden alfabético): Arely, Elisabeth, Ines, Ivancito, Jorgito, Letus, Lulis, Madia, Madiel, Nady, Pilis, Ross y Saúl. Podría hacer toda una tesis escribiéndoles a cada uno lo que siento (recuerden eso de hablar y hablar casi no se me da) pero seré breve, ya que el texto de la tesis espera más adelante ... Con ustedes pase momentos inolvidables, sesiones de fotos incontables, desvelos innumerables y tortuosos realizando tareas. Por esas reuniones cumpleaños y su amistad única y sincera. Me llevo lo mejor de ustedes, sin ustedes nada de esto hubiese sido posible, son quienes han marcado mi paso por esta carrera. Porque aguantaron mis berrinches, desplantes, mordidas y malas palabras, les agradezco todo lo que me dieron...los ¡QUIERO MUCHO!

De nueva cuenta a Mariel, Pilar y Lourdes ya que son parte importante de este trabajo, sin ustedes cada foto, muestreo y culminación del presente escrito, jamás se hubiese logrado. Gracias por todo ese gran apoyo.

A mis amigas de antaño Sandy, Wendy y Gloria, porque no hay distancia que impida que nos sigamos queriendo y apoyando, las quiero.

A los ¡UNIVERSO! Mely, Jorge, Laura, Arely, Toño, David, Lula y Esteban, mis amigos de batalla, porque a su lado entender lo magnifico e inmenso que es el universo no fue tan difícil, de ustedes aprendí muchas cosas y sobre todo me divertí como nunca, en tan corto tiempo se ganaron un espacio en mi corazón. Gracias por brindarme su amistad sincera, eso para mí es un regalo importante. Y porque a su lado descubrí que: ¡TODOS SOMOS POLVO DE ESTRELLAS!

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para todos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.



ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Composición vegetal y región climática	3
2.2.- Distribución Geográfica del género <i>Abies</i> en México	7
2.3- La especie mexicana de oyamel, especialmente <i>Abies religiosa</i>	8
2.3.1.- Descripción taxonómica.....	8
2.3.2.- Nombres comunes.....	8
2.3.3.- Descripción botánica.....	8
2.3.4.- Fenología.....	9
2.3.5.- Calidad física y germinación.....	10
2.3.6.- Requerimientos ambientales.....	10
2.3.7.- Hábitat y distribución.....	11
2.4.- Diversidad	12
2.4.1.- Formas de analizar la diversidad.....	12
2.4.2.- Diversidad florística.....	13
2.4.2.1.- Diversidad alfa.....	13
2.4.2.2.- Índices de Diversidad alfa.....	15
2.4.2.2.1.- Índice de Margalef (riqueza específica).....	15
2.4.2.2.2.- Índice de Simpson.....	16
2.4.2.2.3.- Índice de Shannon-Wiener.....	17
2.4.2.2.4.- Índice de Berger-Parker (B).....	17
2.4.2.2.5.- Equidad.....	18
2.5.- Frecuencia y cobertura	18



2.6.- Índice de Valor de Importancia.....	19
2.7.- Índice de similitud de Jaccard (coeficiente de similitud).....	20
2.8.- Indicadores básicos del desempeño ambiental.....	20
2.8.1.- Biodiversidad.....	21
2.8.1.1.- Indicadores de presión.....	21
2.8.1.2.- Indicadores de estado.....	22
2.8.1.3.- Indicadores de respuesta.....	22
2.8.2.- Recursos forestales.....	23
2.8.2.1.- Indicadores de presión.....	23
2.8.2.2.- Indicadores de estado.....	24
2.8.2.3.- Indicadores de respuesta.....	24
2.9.- Estudios anteriores.....	25
III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	28
IV.- JUSTIFICACIÓN.....	29
V.- HIPÓTESIS.....	30
VI.- OBJETIVOS.....	31
6.1.- General.....	31
6.2.- Particulares.....	31
VII.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	
7.1.- El Parque Nacional Izta-Popo.....	32
7.2.- El Parque Nacional Zoquiapan.....	34
VIII.- MATERIAL Y MÉTODO.....	



8.1.- Fase de gabinete	36
8.2.- Fase de campo	37
8.3.- Fase de laboratorio	40

IX.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

9.1.- Sitios muestreados y caracterización ecológica	46
9.2.- Datos florísticos	48
9.3.- Índices de diversidad	49
9.3.1.- Índice de Margalef (riqueza específica) en los sitios de muestreo.....	49
9.3.2.- Índice de Simpson (dominancia) por parcela.....	51
9.3.3.- índice de dominancia de Berger - Parker entre parcelas.....	54
9.3.4.- Índice de Shanon-Wiener (diversidad de especies) entre parcelas.....	55
9.3.5.- Índice de Equidad entre parcelas	57
9.4.- Comparación de resultado entre el Parque Nacional Izta-Popo y el Parque Nacional Zoquiapan	
9.4.1.- Diversidad relativa de familias.....	58
9.4.2.- Comparación de los índices entre parques.....	60
9.5.- Cobertura y frecuencia de las especies	61
9.6.- Índices de Valor de Importancia de las especies	67
9.7.- Comparación del índice de Jaccard entre el Parque Nacional Izta-Popo y el Parque Nacional Zoquiapan	71
9.8.- Comparación con otros estudios	72



9.9- Listado florístico y características de las especies encontradas en el bosque de <i>Abies</i>.....	74
9.10.- Fenología.....	76
9.11.- Indicadores de presión, estado, respuesta y caracterización ecológica del muestreo realizado en el Parque Nacional Izta-Popo y el Parque Nacional Zoquiapan.....	78
9.11.1.- El Parque Nacional Izta-Popo.....	78
9.11.2.- El Parque Nacional Zoquiapan.....	84
X.- CONCLUSIONES.....	88
XI.- RECOMENDACIONES.....	89
XII.- ANEXOS.....	90
XIII.- LITERATURA CONSULTADA.....	173



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución del género <i>Abies</i>	7
Figura 2. Individuos de <i>Abies religiosa</i>	8
Figura 3. Distribución de <i>Abies religiosa</i> en México.....	11
Figura 4. Métodos para evaluar la diversidad alfa.....	14
Figura 5. Límites y ubicación del Parque Nacional Izta-Popo y Zoquiapan.....	32
Figura 6. Mapa del Parque Nacional Zoquiapan.....	34
Figura 7. Ubicación del área de estudio.....	36
Figura 8. Técnica de muestreo conglomerado de cuatro sitios circulares.....	38
Figura 9. Investigador midiendo a una herbácea.....	39
Figura 10. Comparación de especies por estratos.....	49
Figura 11. Comparación de riqueza específica entre parcelas	50
Figura 12. Comparación del índice de dominancia de especies entre parcelas.....	52
Figura 13. Comparación de valores obtenidos por cada parcela con respecto a las especies con mayor dominancia.....	55
Figura 14. Comparación del índice de diversidad de especies entre parcelas.....	56
Figura 15. Comparación de equidad entre parcelas.....	57
Figura 16. Diversidad de familias para el área a total del PNIP.....	58
Figura 17. Diversidad de familias para el área a total del PNZ.....	58
Figura 18. Cobertura de las especies colectadas en el Parque Nacional Izta-Popo.....	63



Figura 19. Frecuencia de las especies colectadas en el Parque Nacional Izta-Popo.....	64
Figura 20. Cobertura de las especies colectadas en el Parque Nacional Zoquiapan.....	65
Figura 21. Frecuencia de las especies colectadas en el Parque Nacional Zoquiapan.....	66
Figura 22. Índice de Valor de Importancia de las especies colectadas en el Parque Nacional Izta-Popo.....	69
Figura 23. Índice de Valor de Importancia de las especies colectadas en el Parque Nacional Zoquiapan.....	70
Figura 24. Muestreos en el Parque Nacional Izta-Popo.....	79
Figura 25. Daño en la vegetación arbórea del Parque Nacional Izta-Popo.....	81
Figura 26. Individuo de muérdago atacando el tallo de <i>Abies religiosa</i>	83
Figura 27. Individuo reforestado (<i>P. hartwegii</i>).....	83
Figura 28. Individuos mal reforestados.....	83
Figura 29. Muestreos en el Parque Nacional Zoquiapan.....	85
Figura 30. Daño en la vegetación arbórea del Parque Nacional Zoquiapan.....	86



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Caracterización ecológica de los sitios de muestreo.....	46
Cuadro 2. Número de familias, géneros y especies.....	48
Cuadro 3. Comparación del índice de Simpson por parcelas.....	53
Cuadro 4. Comparación de los índices obtenidos por cada Parque Nacional.....	60
Cuadro 5. Similitud de Jaccard.....	71
Cuadro 6. Comparación de la presencia y ausencia de especies en los bosques de oyamel del PNIP y el PNZ con relación a otros trabajos.....	73
Cuadro 7. Listado y características de las especies colectadas en ambos Parques Nacionales.....	75
Cuadro 8. Fechas de floración de las especies colectadas en los Parques Nacionales Izta-Popo y Zoquiapan.....	77



ANEXOS

ANEXO I. Formato para la caracterización ecológica del sitio.....	91
ANEXO II. Formato para el censo de herbáceas y arbustivas.....	92
ANEXO III. Sitios muestreados, localidad y coordenadas.....	93
ANEXO IV. Listado de familias, géneros y especies encontrados en el Parque Nacionales Izta- Popo y Zoquiapan.....	94
ANEXO V. Frecuencia de las especies por parcelas.....	95
ANEXO VI. Catálogo florístico.....	96



RESUMEN.

Se realizó un levantamiento fitoecológico en el bosque de *Abies religiosa* del Parque Nacional Iztapalapa (PNIP) y del Parque Nacional Zoquiapan (PNZ), con el objetivo de registrar la riqueza de especies herbáceas y arbustivas, para así contribuir al conocimiento vegetal y analizar el comportamiento de éstas comunidades. El muestreo fue ejecutado a través de la técnica de conglomerados de cuatro sitios circulares (Sierra *et al.*, 1988; Labau, 1993), de ello se obtuvo un total de diez parcelas de 4,000 m² cada una, situadas entre los 3,288 y los 3,539 m, determinando la composición florística y diversidad de dichas zonas, para ello se utilizó el índice de Margalef, Simpson, Berguer-Parker y Shannon-Weiner. Se continuó a evaluar los mismos índices para el total de datos por cada uno de los Parques Nacionales (PNIP y PNZ). Además a cada parque se le calculó: el índice de diversidad de familia, índice de valor de importancia, cobertura y frecuencia de las especies, asimismo se realizó un análisis de similitud entre ambos parques a través del índice de Jaccard. Se integraron fichas que describen a cada especie con la finalidad de conocer cuales especies son invasoras, endémicas, medicinales, propias de los bosques de oyamel y especies que indican disturbios, de igual manera se investigó su fenología. Por último, se identificaron los indicadores de presión, estado y respuesta propuestos por la SEMATNAT (2005).

Los resultados indican un total de 38 especies, 29 géneros y 13 familias. Donde la familia Asteraceae fue la más abundante con 10 especies, seguida de la familia Poaceae con cinco especies, continuada por las familias Caryophyllaceae, Rosaceae, Scrophulariaceae con tres especies cada una. Los mayores valores de cobertura, frecuencia y valor de importancia fueron para *Acaena elongata*, *Festuca tolucensis*, *Muhlenbergia quadridentata* y *Alchemilla procumbens*. La diversidad de especies no mostró diferencias entre parques pero sí entre parcelas. La similitud entre el PNZ y el PNIP tampoco mostró diferencia, lo que indica que ambos parques son similares entre sí. Por último se encontró que aunque estos bosques son poco diversos la mayoría de las especies son indicadoras de sitios perturbados como es el caso de las gramíneas y la gran presencia de *Acaena elongata* y *Alchemilla procumbens*, entre otras.

I- INTRODUCCIÓN.

Los bosques templados constituyen un hábitat de enorme importancia biológica, ya que prestan una variedad de servicios ecosistémicos, estos se encuentran distribuidos principalmente a lo largo de las grandes cadenas montañosas de México (Ávila, 2002), dónde sus principales tipos de vegetación son: bosque de pino, bosque de encino, bosque de oyamel y bosque mixto (Santibáñez, 2010). Así pues, la Faja Volcánica Transmexicana es un lugar montañoso y frío, de alta humedad con un intervalo altitudinal de 2800 a 3500 m. En sus bosques se registran altas precipitaciones que permiten la absorción y retención del agua de lluvia gracias a la cobertura del estrato vegetal y por las propiedades físicas del suelo (Challenger, 1988).

La distribución natural de los bosques de *Abies religiosa* en México según Martínez (1963), engloba las zonas montañosas del Distrito Federal, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Michoacán, Jalisco, Morelos, México y Tlaxcala. Debido a ello, la vegetación herbácea y arbustiva del bosque es un componente importante para su ecosistema forestal.

Una estimación realizada por Flores *et al.* (1971) refiere que los bosques de oyamel ocupaban el 0.16% de la superficie de México; sin embargo reportes de la SEMARNAP (1998) establecen que son ya menos de 0.1%. Los bosques de oyamel proporcionan beneficios económicos y biológicos, por ello, es necesario iniciar trabajos destinados a evaluar su estado actual. La composición, diversidad y estructura de la vegetación son factores importantes para evaluar la diversidad biológica de estos ecosistemas.

De igual manera estos bosques son la fuente de la producción primaria, los controladores del intercambio de gas en el ambiente, y juegan un papel directo en el ciclo de nutrientes y del agua, así como del clima, el microclima y la caracterización del suelo, e interactúan fuertemente con otros componentes bióticos, siendo estos un hábitat determinante para muchas especies (Canullo *et al.*, 2010). Por tanto el sotobosque es el estrato vegetal más cercano al piso forestal, integrado por plantas

rasantes, herbáceas, arbustivas y los renuevos de las especies arbóreas, donde el arbolado joven permanece durante sus primeras etapas de desarrollo y sufren una alta mortalidad en su población, a causa del nivel de competencia que se genera por la captación de nutrientes y luz (recursos necesarios para el crecimiento y para su supervivencia) (Kozlowski, 1979).

La introducción de especies en los bosques de oyamel, pueden ser una consecuencia de incendios (provocado en su mayoría por el hombre), explotaciones incontroladas, cambio del régimen climático u otro tipo de alteración. Algunas veces, esta combinación de factores crean claros en el bosque, los cuales se pretenden disminuir con plantaciones de otras especies, induciendo asociaciones no naturales, como las mezclas de oyamel con *Pinus leiophylla* y *P. teocote*, producto de la influencia humana (Manzanilla, 1974).

El estudio de la vegetación se inició en el siglo pasado con un enfoque esencialmente fisionómico, sin embargo el método que conjuga gran parte de las características es el enfoque estructural (Greig, 1983). De esta forma se ha recurrido al empleo de análisis estadístico para el estudio de la vegetación y así poder comprender como funcionan las comunidades vegetales, al mismo tiempo que se generan hipótesis que puedan luego corroborar cambios en los ecosistemas, ejemplo de ello es el uso de la medición de la riqueza específica la cual es utilizada para medir la biodiversidad a través del número de especies presentes, obtenidas por un censo (Avila *et al.*, 1994) y con los resultados obtenidos se pueden realizar análisis que ayuden a entender el comportamiento de una comunidad florística, además de poder ser comparadas con otras comunidades similares y así detectar si hay alguna variaciones entre ellas. Por tanto el presente estudio toma en consideración lo ya mencionado.

II.- MARCO TEÓRICO.

2.1.- Composición vegetal y región climática.

México destaca a nivel mundial por su gran diversidad biológica; resultado de su historia geológica, ubicación intermedia entre dos regiones biogeográficas (Neártica y Neotropical) y por su topografía, reflejándose en la presencia de diferentes climas y subclimas, así como de microambientes (Toledo *et al.*, 1988; Sarukhán, 1995, en Sandoval, *et al.*, 2010).

Nuestro país es el centro mundial de diversidad de pinos, si bien la diversidad de especies que habitan en su dosel no es muy alta, y en comparación con las selvas húmedas, una hectárea de bosques de pino y encino tiene menor riqueza, la diversidad en el sotobosque, aunado a la heterogeneidad de los ecotipos de estos bosques, hacen que este ecosistema sea considerado uno de los ecosistemas más diversos de México con un nivel de endemismo específico y elevado (Challenger, 1998).

Los bosques de oyamel (*Abies spp*) típicos de la zona ecológica templada subhúmeda de México (Toledo *et al.*, 1988) poseen características florísticas y ecológicas especiales, asociadas con factores climáticos y edáficos. Aproximadamente un 82% de la superficie que habita corresponde a zonas montañosas, entre 2400 y 3500 m (Sánchez *et al.*, 2005). Las comunidades vegetales se integran por *Abies religiosa*, *Pseudotsuga* y *Picea*, en México alcanzan aproximadamente 32,000 hectáreas; en el estrato rasante se encuentran diversas especies de musgos como lo son: *Polytrichum juniperinum* y *Thuidium delicatulum*. En el estrato herbáceo se hallan los géneros *Senecio*, *Baccharis*, *Salvia* y *Eupatoriurn*. El estrato arbustivo no es tan diverso pero puede ser muy abundante en zonas perturbadas, se presentan plantas de los géneros *Senecio*, *Arctostaphylos*, *Arbutus* y *Salix*, y para el estrato arbóreo pueden presentarse uno o dos, en donde la especie dominante es *Abies religiosa* y se pueden mezclar con elementos de *Pinus*, *Quercus*, *Alnus*, *Salix* y *Cupressus*. (Palma *et al.*, 1999).

Los bosques de *Abies*, requieren de condiciones de humedad elevada, donde la precipitación media anual es superior a 1,000 mm, repartida entre 100 o más días con lluvias apreciables. Cuando la humedad baja y esta coincide con un aumento de temperatura, las hojas se queman. Estos bosques no poseen muchas especies de Gramíneas en el estrato herbáceo, lo que disminuye la probabilidad de incendios (Rosas *et al.*, 2006).

Los bosques de *Abies religiosa* se localizan en laderas, donde se protegen de los fuertes vientos y de la intensa radiación solar. También se encuentran en cañadas o barrancas que le ofrecen un microclima húmedo con poca luz o en terrenos con fuertes pendientes. Los bosques de mayor extensión se presentan en la Faja Volcánica Transmexicana y en la Sierra Madre del Sur. Hay comunidades importantes que se localizan en Guerrero y al sur de Oaxaca (Rzedowski, 2006). Por situarse estos bosques en cadenas montañosas, presentan un mosaico vegetal que está fuertemente relacionados a las condiciones ambientales; altitud, orientación y pendiente de las laderas (Velázquez y Bocco 2003, citado por Santibañez, 2010). Rzedowski en 1998 refiere que *Abies religiosa* muestra un patrón de distribución espacial discontinuo análogo al de un archipiélago. Por este hecho, se constituye como un aspecto ideal para estudiar la distribución y composición de especies, en virtud de la orografía, edafología y de las regiones climáticas (Challenger, 1998).

Los bosque de oyamel destacan por sus funciones de protección contra la erosión, captura de carbono, captación de agua y regulación de la escorrentía (Hernández, 1985) lo que da relevancia a la necesidad de evaluar su estado actual. Cuando estos bosques se encuentran maduros tienden a ser densos (1, 500 a 2000 árboles por hectárea), con alturas de 20 a 40 m, poco tolerantes a la presencia de arbustos y plantas herbáceas (Challenger, 1998). Sin embargo en ocasiones por razones de topografía e intervención humana toleran diversas especies arbóreas, arbustivas y herbáceas. Su tasa de regeneración depende de la intensidad y tipo de disturbio, cuando éste ocurre es posible reconocer

especies indicadoras, algunas de las cuales son componentes normales de la comunidad, pero su densidad aumenta de manera notable (Madrigal, 1967).

La Faja Volcánica Transmexicana instaure una gran diversidad de hábitats ocupados por bosques de pino, oyamel, aile, encino, bosque mixto y praderas de alta montaña, destaca en los sitios de mayor altitud un hábitat alpino, poco común en México ya que el país se localiza en la región intertropical.

Los arbustos en los bosques frecuentemente tienen un efecto nodriza, importante por favorecer el establecimiento de especies herbáceas, y en consecuencia, aumentar la riqueza de especies. Los atributos como: biomasa, formas de crecimiento, diversidad de especies, y la conjunción de las comunidades vegetales, son un elemento esencial en el ecosistema ya que determinan la producción primaria, formación de suelo, proveen alimento, regulación del clima y la circulación del agua (Walter y Harold, 2005).

La vegetación y el ambiente, evolucionan paralelamente a lo largo del tiempo, asegurando cambios rápidos en las primeras etapas de desarrollo y más lentos a medida que alcanzan estabilidad (Matteucci y Colma, 1982). Por consiguiente, las comunidades vegetales van a reciclar los elementos químicos desde el suelo hacia la atmósfera y viceversa. y participan de manera fundamental en diversas funciones y servicios de los ecosistemas, incluyendo el flujo de nutrientes en el suelo, la regulación de temperatura ambiental, ciclo hidrológico, abastecimiento de mantos acuíferos, conservación del suelo, absorción y almacenamiento de CO₂ además de la provisión de oxígeno al ambiente (Tyler, 1992; Begon, 1999).

La Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA) de la FAO (2001), produjo consenso internacional para la evaluación de bosques con escala rodal, de esa manera las redes transnacionales de monitoreo, evalúan indicadores de salud forestal, el cambio climático, el secuestro de carbono, la biodiversidad y el manejo forestal sostenible en responsiva del Programa Internacional Cooperativo sobre

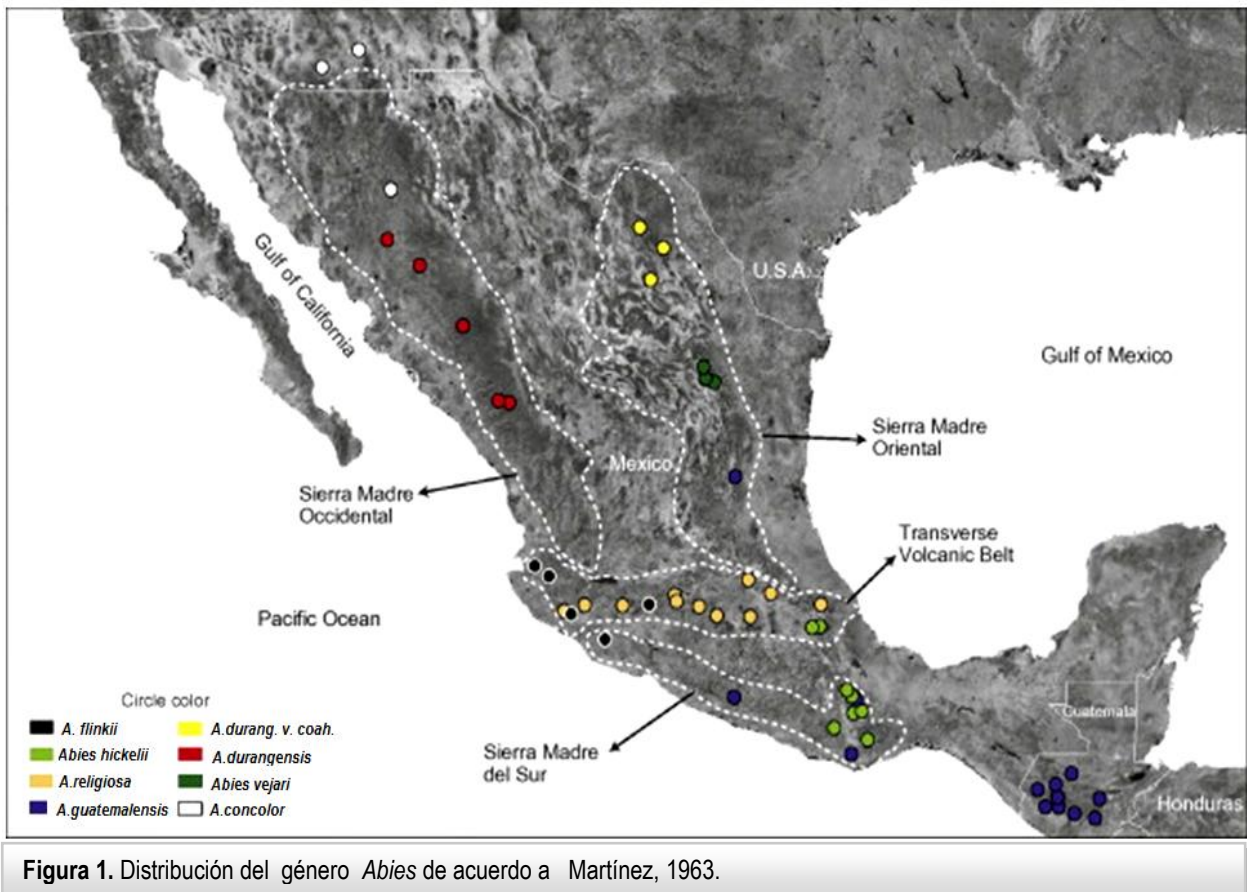
la Evaluación y Seguimiento de los Efectos de la Contaminación Atmosférica en los Bosques (ICP Bosques), cuyo nivel I (visión general periódica de la variación espacial y temporal) y nivel II (condición de los ecosistemas forestales y definición de los factores de estrés) permiten armonizar los métodos de evaluación, para obtener estándares de calidad de los bosques.

De ahí el uso de las parcelas circulares para realizar censos de vegetación (censos forestales), con el cual se pueden obtener muestras representativas del bosque (*stand*) que al monitorearse suministrarán información confiable para realizar estimaciones intensivas en el tiempo, como pueden ser: cambio en el número y tamaño de las especies (incremento, mortandad, regeneración natural) (Núñez, 1997 citado por Lara, 2009). Por otro lado, de acuerdo a la clasificación de Madrigal (1967) y Manzanilla (1974), se pueden distinguir cinco estratos verticales en el bosque de oyamel, desde rasantes hasta el dosel superior:

- **Estrato I o rasante** (de 0.01 a 0.29 m de altura): en este se presentan más musgos, algunas compuestas y macromicetos.
- **Estrato II o herbáceo** (de 0.30 a 0.90 m de altura): es el más abundante y comprende al 80% de las especies.
- **Estrato III o arbustivo** (de 0.91 a 1.5 m de altura): este es de distribución irregular.
- **Estrato IV o arbóreo inferior** (de 3 a 15 m de altura): es escaso con ejemplares de oyamel de fuste delgado.
- **Estrato V o arbóreo superior** (de 16 a 35 m de altura): individuos con coberturas mucho más amplias en comparación a los anteriores.

2.2.- Distribución geográfica del género *Abies* en México.

Las áreas más extensas en donde se reporta la existencia de oyamel son las serranías que circundan la Cuenca de México, así como en otras áreas del Eje Neovolcánico Transversal (Fig. 1) también se puede encontrar en Teotepec (Guerrero), Chiapas, al sur de Michoacán y Oaxaca (Vela *et al.*, 1982; Rzedowski, 1978).



2.3- La especie mexicana de oyamel, especialmente *Abies religiosa*.

2.3.1.- Descripción taxonómica.



2.3.2.- Nombres comunes.

En México la especie es conocida comúnmente con el nombre de “Oyamel” (Fig.2). En los estados de Michoacán y Jalisco se le conoce también como “pinabete”. En Náhuatl según Martínez (1963) se le conoce por “Acxoyatl”, el nombre inglés es “Sacred fir” y el alemán “Heilige Tanne”.

2.3.3.- Descripción botánica.

De acuerdo a Rzedowski, 2010 *Abies religiosa* (Kunth) Schlecht. & Cham. Es un árbol corpulento, de 40 a 60 m de alto; hojas alternas, de 20 a 30 mm de largo por 1.5 mm de ancho, ápice agudo y córneo, base torcida, de color verde oscuro en el haz y glaucas en el envés; inflorescencias masculinas oblongas, de 12 a 14 mm de largo por 5 mm de ancho, de color violáceo, al principio protegidas por mucha resina;

inflorescencias femeninas en forma de conillos subcilíndricos, de 7 cm de largo, con las brácteas rojizas de margen rasgado; los conos maduros son cilíndrico-oblongos, de 10 a 16 cm de largo por 4 a 6 cm de ancho, casi sésiles; semillas resinosas de 9 a 10 mm de largo por 5 mm de ancho, lisas, de color castaño brillante, el ala mide 22 a 25 mm de largo por 10 a 15 mm de ancho. Habita en altitudinal. 2600-3500 m. A menudo forma bosque puro, pero también convive con otros árboles.

2.3.4.- Fenología.

Madrigal (1967) describe a *Abies religiosa* como una especie monoica donde los órganos masculinos y femeninos aparecen al mismo tiempo que las yemas vegetativas desde diciembre, los primeros continúan su desarrollo para alcanzar la madurez en los meses de marzo y abril, que es cuando se efectúa la polinización. Una vez efectuada ésta, se desprenden los amentos masculinos, los cuales se encuentran prácticamente en todo el árbol en las ramillas laterales. Las inflorescencias femeninas se concentran principalmente en la parte superior de la copa y maduran muy rápido, a partir del mes de noviembre del mismo año de la fecundación ya poseen semillas capaces de germinar y a fines de diciembre se disemina al comenzar a desintegrarse los conos. Esta desintegración es favorecida por lluvias ligeras seguidas de una fuerte insolación y se prolonga hasta marzo del año siguiente.

Simultáneamente con la maduración de los conos, las yemas vegetativas continúan su desarrollo y alcanzan su máximo en los meses de agosto y septiembre aproximadamente. Al llegar a este punto o poco antes, comienzan a desprenderse las hojas viejas desde fines de junio, sobre todo las de ramillas de dos o más años anteriores y en mucho menor grado las del año precedente. La caída de las hojas ocurre tanto en individuos jóvenes como adultos, y antes de desprenderse adquieren una coloración café ligeramente rojiza.

Las fases de reproducción y crecimiento vegetativo simultáneas, son seguidas solamente por una fase vegetativa, que se presenta cuando el oyamel empieza a diseminar la semilla. Los nuevos brotes son similares a los que se desarrollan en la fase mixta. La floración de esta especie es cíclica y se completa en dos años. Se puede esperar en promedio que haya producción de semillas cada 2 años.

2.3.5.- Calidad física y germinación.

En cuanto a la calidad física, la cantidad de semilla por kilogramos varía de 23,000 a 26,000. El porcentaje de germinación en semillas frescas también varía de 4 a 65%, la semilla es ortodoxa, la germinación es epigea y fanerocotilar y dura de seis a ocho semanas (Niembro, 1983).

2.3.6.- Requerimientos ambientales (SIRE: CONABIO-PRONARE).

Altitud (m):

Media: Óptima 3,200 m

Mínima: 2,800 m

Máxima: 3,500 m

Suelo:

Clasificación: Histosol, Inceptisol, Espodosol.

Características físicas:

Profundidad: Generalmente profundos, aunque también en suelos someros

Textura: Limo-arenosa, arcillo-arenosa, arenosa.

Estructura: Granular o en bloques.

Drenaje: Bien drenados.

Humedad aparente: Húmedos la mayor parte del año.

Color: Café oscuro ó rojizo. Los tonos de color corresponden 10 YR, de acuerdo a las Tablas Munsell.

Características químicas

pH: de 5 a 7.

Materia orgánica: Muy ricos, hasta 70%, especialmente en horizontes superficiales

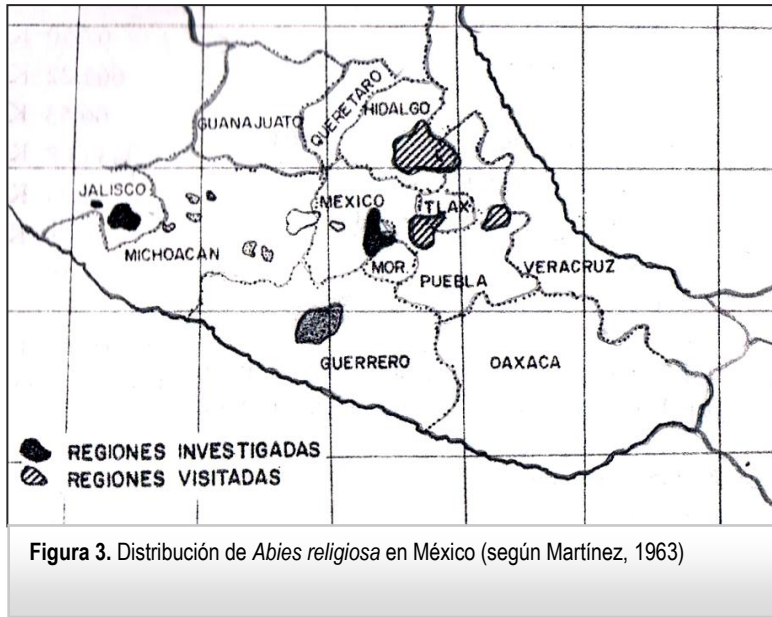
Temperatura (°C)

Media: De 7 a 16°.

Precipitación (mm)

Precipitaciones anuales de 1,000 a 1,400 mm.

2.3.7.- Hábitat y distribución.



Se distribuye naturalmente desde los 21° Norte en México hasta los 14° Norte en Guatemala, en México se encuentra principalmente distribuido en el eje Neovolcánico Transversal (Fig. 3). A lo largo de su distribución geográfica el oyamel se encuentra formando rodales puros, aún en los bosques de pequeña

extensión. A veces se asocia con especies de los géneros *Quercus spp.* y *Pinus spp.* (Manzanilla 1974).

La ubicación y la altura del Parque Nacional Iztá-Popo (PNIP) y Parque Nacional Zoquiapan (PNZ) lo hacen indispensable para sus bosques de oyamel (*Abies religiosa*) para la generación de

servicios ambientales en beneficio de la región más densamente poblada de nuestro país, (hacia el noreste la ciudad de México y el Valle de Chalco: hacia el oriente las ciudades de Puebla, Atlixco y hacia el sur las Ciudades de Cuernavaca, Cuautla y Yauhtepec, además de los numerosos pueblos que se encuentran en los alrededores). Sus boscosas montañas captan y filtran el agua que abastece a dos importantes cuencas hidrológicas: la del Valle de México y la del Alto Balsas (Arriaga *et al.*, 2000).

2.4.- Diversidad.

Por diversidad de especies se entiende la variedad de especies existentes en una región. El concepto de diversidad hace referencia a la variedad de especies que se presenta en una dimensión espacio-temporal definido, resultante de conjuntos de interacción entre especies que se integran en un proceso de selección, adaptación mutua y evolución, dentro de un marco histórico de variaciones medioambientales locales. En dicho marco, estas especies constituyen una estructura compleja, en la que cada elemento expresa una abundancia dependiente de los elementos restantes. Así, los bosques tienen una elevada diversidad de especies atribuible a su estratificación vertical, lo que posibilita, el desarrollo de un gran conjunto de especies compitiendo en la parte superior del bosque, mientras que bajo el dosel ocurre el desarrollo de otra gran cantidad de especies adaptadas a dichas condiciones (Ñique, 2010).

2.4.1.- Formas de analizar la diversidad.

Los índices han sido y siguen siendo muy útiles para medir la vegetación. Si bien muchos investigadores opinan que los índices comprimen demasiado la información, en muchos casos son el único medio para analizar los datos de vegetación. Los índices de biodiversidad son los más utilizados en el análisis comparativo y descriptivo de la vegetación (Mostacedo y Tood, 2000 citado por Lara 2009).

2.4.2.- Diversidad florística.

En Ecología el término diversidad florística ha designado tradicionalmente un parámetro de los ecosistemas (aunque se considera una propiedad emergente de la comunidad) que describe su variedad interna. La diversidad de un ecosistema depende de dos factores, el número de especies presente y el equilibrio demográfico entre ellas. Entre dos ecosistemas hipotéticos formados por especies demográficamente idénticas (el mismo número de individuos de cada una, algo que nunca aparece en la realidad) consideraríamos más diverso al que presentara un número de especies mayor. Por otra parte, entre dos ecosistemas que tienen el mismo número de especies, consideraremos más diverso al que presenta menos diferencias en el número de individuos de unas y otras especies. Desde hace ya bastante tiempo la mayoría de los ecólogos han coincidido en que la diversidad de especies debe ser distinguida en al menos tres niveles: La diversidad local ó diversidad α , la diferenciación de la diversidad entre áreas o diversidad β y la diversidad regional o diversidad γ (Smith, 2001).

2.4.2.1.-Diversidad alfa.

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas que miden, se dividen en dos grandes grupos (Fig. 4): 1) Métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica) y 2) Métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etc.) (Moreno, 2001).

La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea.

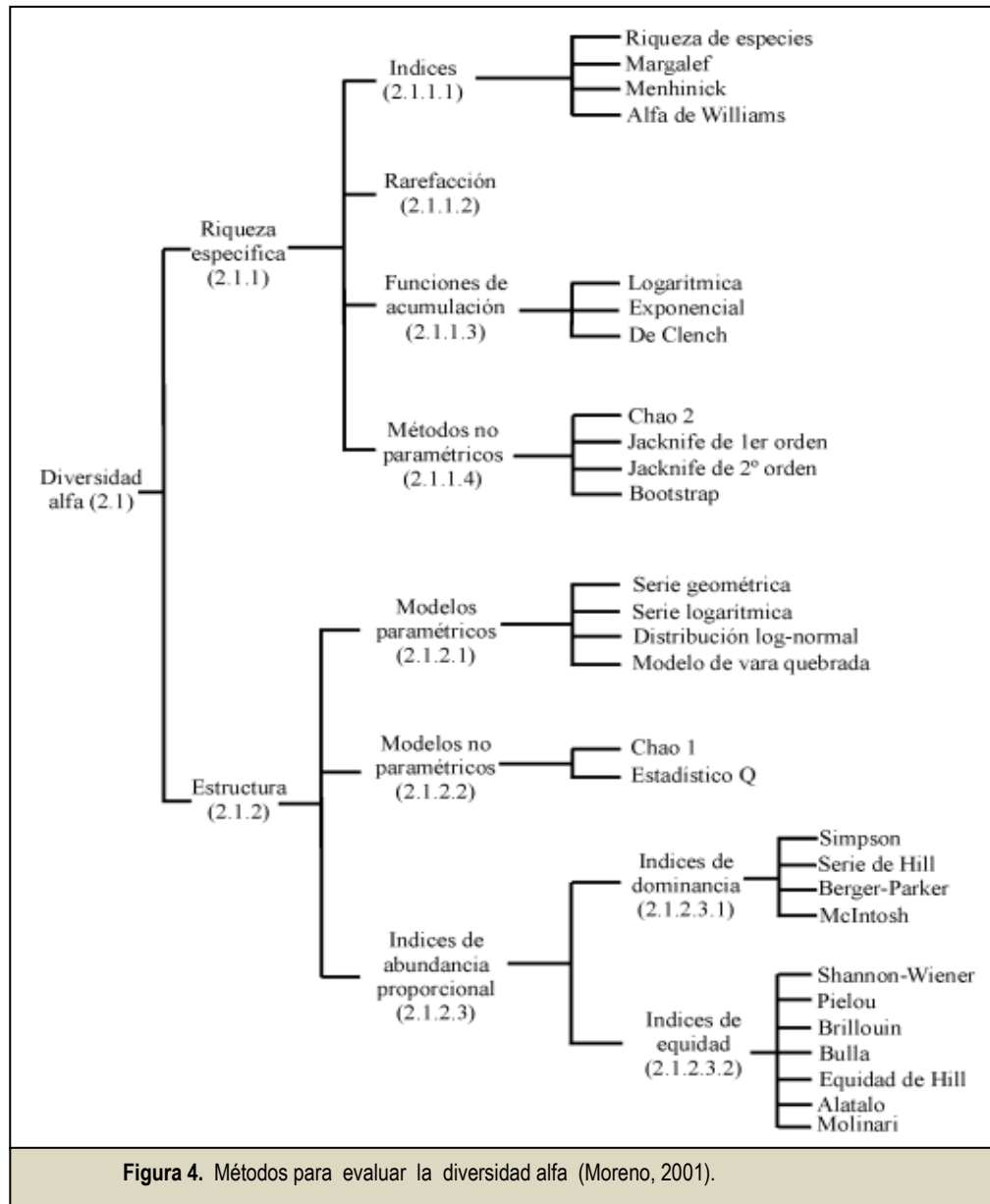


Figura 4. Métodos para evaluar la diversidad alfa (Moreno, 2001).

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades alfa (Moreno, 2001). La principal ventaja de los índices es que resumen mucha información en un solo valor y nos permiten hacer comparaciones rápidas y sujetas a comprobación estadística entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo.

2.4.2.2.- Índices de diversidad alfa.

La diversidad de especies se puede definir como el número de especies en una unidad de área, tiene dos componentes principales, la riqueza (número de especies) y la equitatividad (número de individuos de una sola especie). Generalmente en las evaluaciones biológicas se usan índices de diversidad que responden a la riqueza de especies y a la distribución de los individuos entre las especies, la estimación se realiza a través de diferentes índices, los más usados son el de Shannon- Wiener, el de Simpson, Berguer Parker y Margalef (*Op.cit*).

2.4.2.2.1.- Índice de Margalef (riqueza específica).

La medición de la riqueza específica es la forma más sencilla de medir la biodiversidad ya que solo se basa en el número de especies presentes sin tomar en cuenta el valor de importancia, el índice que se utiliza para medir la riqueza específica es el índice de Margalef, este índice transforma el número de especies por muestra a una proporción en la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra, supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos (Magurran, 1998 citado por Orellana 2009).

Margalef, es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una Comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada, esenciales para medir el número de especies en una unidad de muestra, este índice fue propuesto por el biólogo y ecólogo catalán Ramón Margalef y tiene la siguiente expresión: dónde valores inferiores a 2.0 son considerados como relacionados con zonas de baja diversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5.0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad (Margalef, 1969, citado por Orellana 2009).

2.4.2.2.2.- Índice de Simpson.

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad. Toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. El índice de Simpson es considerado como uno de los más apropiados cuando la dominancia de la comunidad corresponde a una o pocas especies (Magurran, 1998).

Simpson (también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia) es uno de los parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos. Toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. A medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece. Por ello el índice de Simpson se presenta habitualmente como una medida de la dominancia, como se acaba de indicar. Entonces entre más aumente el valor a uno, la diversidad disminuye. Estima también si en un área determinada hay especies muy dominantes, al sumar términos al cuadrado le da importancia a las especies muy abundantes y por tanto la dominancia dará una cifra alta, cercana a uno que es el valor máximo (Orellana, 2009).

El índice de Simpson precisa el valor de p_i , Siendo $p_i = n_i/N$ donde n_i es el número de individuos de la especie "i" y N es la abundancia total de las especies. Tomando en cuenta que el valor mínimo para este índice es 0 y el más alto 1. Una característica de Simpson es su sensibilidad a los cambios en las especies abundantes. Es útil para el monitoreo ambiental, que miden la variación de las especies más abundantes por alguna perturbación (Ñique, 2010).

2.4.2.2.3.- Índice de Shannon-Wiener.

Este índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies) y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Siendo este un sistema con un número finito de individuos y de categorías (especies); sin restricciones en cuanto al número de especies ni de individuos por categoría (especie), equivale a la incertidumbre acerca de la identidad de un elemento tomado al azar de una colección de N elementos distribuidos en categorías, sin importar el número de elementos por categoría ni el número de categorías. Dicha incertidumbre aumenta con el número de categorías (riqueza) y disminuye cuando la mayoría de los elementos pertenecen a una categoría (Moreno, 2001).

Este índice se representa normalmente como "H" y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). La mayor limitante de este índice es que no tiene en cuenta la distribución de las especies en el espacio (Moreno, 2001). Nique (2010), menciona que los valores que se obtienen en este índice generalmente están entre 1.5 - 3.5 y raramente sobrepasan a 4.5.

Así pues este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra.

2.4.2.2.4.- Índice de Berger-Parker (B).

El índice de Berger Parker mide la dominancia de la especie. Adquiere valores comprendidos entre 0 y 1 (0 % y 100 %) y tiene la virtud de la simplicidad de su cálculo expresando así la importancia

proporcional de las especies más abundantes, cuanto más se acerca a 1 significa que mayor es la dominancia y menor la diversidad (Magurran, 1988).

2.4.2.2.5.- Equidad.

La equitatividad o equidad (E) hace referencia a que tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies. Esto es: refleja la distribución de individuos entre especies. Puede demostrarse cuando $p_i = 1/S$ para toda p_i , se alcanza la uniformidad máxima siendo p_i la proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total (n_i/N_t) para lo cual generalmente el índice de equidad más apropiado es el índice de Shannon (Franco *et al.*, 1989).

2.5.- Frecuencia y cobertura.

Frecuencia: La frecuencia se define como la probabilidad de encontrar un atributo (por ejemplo una especie) en una unidad muestral y se mide en porcentaje. En otras palabras, este porcentaje se refiere a la proporción de veces que se mide en las unidades muestrales en relación a la cantidad total de unidades muestrales. La frecuencia absoluta, en este caso, sería el número total de registros de una especie en cada unidad muestral y la frecuencia relativa sería la relación de los registros absolutos de una especie y el número total de registros de todas las especies (Mostacedo y Todd, 2000). Así mismo, expresa el grado de uniformidad en la distribución de los individuos de esa especie en el área. Se determina la presencia y ausencia en la unidad de muestreo, ignorando la cantidad y el tamaño de la planta. Así la frecuencia resulta útil para determinar la aparición de especies, teniendo aplicaciones en la evaluación de manejo de pastoreo, perturbación etc. (Montain y Busso 2004).

Cobertura: La cobertura para una determinada especie, es la proporción de terreno ocupada por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada (Montain y Busso, 2004). Principalmente sirve para determinar la dominancia de especies o formas de vida (Matteucci y Colma, 1982). Es muy usada con especies que crecen vegetativamente, como por ejemplo las herbáceas y arbustos.

2.6.- Índice de Valor de Importancia.

El análisis del valor de importancia de las especies cobra sentido si recordamos que el objetivo de medir la diversidad biológica es, además de aportar conocimientos a la teoría ecológica, contar con parámetros que nos permitan tomar decisiones o emitir recomendaciones en favor de la conservación de áreas amenazadas, o monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente. Medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia, nos alerta acerca de procesos empobrecedores (Magurran, 1988).

El índice de valor de importancia es un parámetro que mide el valor de las especies, típicamente, en base a tres parámetros principales: cobertura, densidad y frecuencia. Este índice (I.V.I.) es la suma de estos tres parámetros. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal. El I.V.I. es un mejor descriptor que cualquiera de los parámetros utilizados individualmente. Para obtenerlo es necesario transformar los datos de cobertura, densidad y frecuencia en valores relativos. La suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100. Por lo tanto, la suma total de los valores del I.V.I. debe ser igual a 300 (Mostacedo y Todd, 2000).

2.7.- Índice de similitud de Jaccard (coeficiente de similitud).

Es utilizado para comparar comunidades con atributos o para comparar comunidades de plantas de estaciones diferentes o micrositios con distintos grados de perturbación (por ejemplo: bosque perturbado vs. bosque poco perturbado), y es calculado en base a datos cualitativos (presencia/ausencia) o datos cuantitativos (abundancia). El rango de este índice va desde cero cuando no hay especies compartidas, hasta uno cuando los dos sitios comparten las mismas especies (Mostacedo y Todd, 2000).

2.8.- Indicadores básicos del desempeño ambiental.

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en el 2005, crea el manual de “Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental” debido a la creciente demanda de bienes y servicios que requiere la sociedad para su desarrollo, en combinación con una mínima preocupación por la conservación del ambiente, derivando en un deterioro significativo de la naturaleza, que pone en riesgo la posibilidad de que se sigan produciendo los servicios que proveen a las sociedades y en consecuencia, compromete seriamente la posibilidad de su viabilidad futura.

El manual compila en forma integrada indicadores que describen la situación actual, los principales cambios ocurridos en los últimos años, respecto a o temas básicos como: atmósfera, agua, suelo, biodiversidad, recursos forestales, etc.; desarrollando para cada uno de los anteriores los siguientes indicadores:

- **Indicadores de presión:** describe la presión que ejercen las diferentes actividades humanas sobre el ambiente y los recursos naturales.
- **Indicadores de estado:** se refieren a la calidad del ambiente y el estado y condición en el que se encuentra el recurso natural.

➤ **Indicadores de respuesta:** presenta los esfuerzos que realiza la sociedad, instituciones o gobierno, orientados a la reducción o mitigación de la degradación del medio ambiente.

Específicamente para el apartado “Biodiversidad” y “Recursos Forestales”, se describen los siguientes indicadores:

2.8.1.- Biodiversidad.

2.8.1.1.- Indicadores de presión.

Cambio de uso del suelo: la presión que genera la producción de bienes y servicios ha intensificado la pérdida y deterioro de los ecosistemas terrestres. Éste es quizá el factor más importante que amenaza la integridad y permanencia de los ecosistemas terrestres y de su biodiversidad en México y el mundo. El cambio de uso del suelo también promueve la degradación del ambiente debido al deterioro de las propiedades y características del suelo, así como por la modificación de las condiciones de temperatura, humedad y luz, que en algunos casos pueden impedir la regeneración de la vegetación natural (Vitousek *et al.*, 1997; Walker y Steffen 1997).

Incendios forestales: ocurren de manera natural y constituyen un factor importante para la dinámica de muchos ecosistemas. Sin embargo, en la actualidad y debido en gran parte a las actividades y control humano, los patrones naturales de ocurrencia de incendios se han modificado. Ahora muchos de los incendios forestales ocurren en zonas que anteriormente no sufrían de fuego. Sus efectos sobre los ecosistemas son diversos, el efecto más destacado es la remoción de la biomasa vegetal en pie, que, junto con la eliminación de los renuevos de las poblaciones de las especies arbóreas, retrasa o

interrumpe la regeneración natural, además de que propicia la invasión de plagas y enfermedades forestales (Castillo *et al.*, 2003).

Especies invasoras: Las especies invasoras son aquellas que pueden catalogarse como nuevas en una región y que pueden tener un impacto negativo, ya sea ecológico, social o económico. Actualmente se reconoce que la introducción de especies invasoras, ya sea de manera accidental o intencional, es una de las principales causas de pérdida de la biodiversidad en el planeta. Las especies invasoras pueden competir directamente con las especies nativas por el uso del hábitat y recursos, lo que puede ocasionar la extinción local de especies nativas (SEMARNAT, 2005).

2.8.1.2.- Indicadores de estado.

Extensión de los ecosistemas terrestres La extensión de los ecosistemas terrestres naturales es indicativa del estado actual de la biodiversidad terrestre de un país ya que por lo general cuando esta se ve afectada tiende a disminuir sus superficies.

Especies en riesgo: como consecuencia de la falta de datos respecto al estado de las poblaciones de las especies de flora y fauna de un país o región, los listados de especies en riesgo han sido empleados como indicadores del estado de la biodiversidad. Bajo este esquema, las especies amenazadas representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región (Silk y Ciruna, 2004)

2.8.1.3.- Indicadores de respuesta.

Áreas naturales protegidas. La creación de áreas naturales protegidas (ANP) es una de las estrategias política ambientales de conservación más utilizada (*op cit.*).

Programas para el uso sustentable de la biodiversidad: con estrategias orientadas a la conservación y uso sustentable de la biodiversidad ordenado y planificado de los recursos renovables que se tienen, frenando o revirtiendo los procesos de deterioro ambiental (SEMARNAT, 2003).

2.8.2.- Recursos forestales.

2.8.2.1.- Indicadores de presión.

Cambio de uso del suelo: la pérdida de la cobertura forestal es resultado de la expansión de las zonas agrícolas, ganaderas y urbanas, así como de la construcción de redes de transporte. Los bosques y selvas protegen el suelo contra la erosión, propician el mantenimiento de su fertilidad, garantizan el volumen y la calidad del agua captada en las cuencas, preservan la biodiversidad y propician la estabilidad climática a niveles regional y global, lo que se ve afectado con la pérdida de la superficie forestal (Matthews *et al.*, 2000).

Extracción de productos forestales maderables y no maderables: los maderables, que incluyen la madera para la escuadría, el papel, la chapa, el triplay y la leña; y los no maderables agrupan a la tierra de monte, resinas, fibras, ceras, frutos y plantas vivas, entre otros. La explotación no controlada de estos productos puede tener repercusiones importantes sobre su explotación en el largo plazo. También puede producir la alteración del hábitat, afectando las condiciones microclimáticas y promover la invasión de especies exóticas (SEMARNAT, 2003).

Plagas forestales: las plagas forestales son insectos o patógenos que ocasionan daños de tipo mecánico o fisiológico a los árboles, tales como deformaciones, disminuciones en el crecimiento, debilitamiento o incluso la muerte, causando un impacto ecológico, económico y social importante (SEMARNAT, 2003).

Tala ilegal: uno de los factores que afectan la condición de los recursos forestales en México y el mundo es la tala ilegal en bosques y selvas. La tala ilegal ocurre cuando la madera es cosechada, transportada, comprada o vendida infringiendo las leyes nacionales.

2.8.2.2.- Indicadores de estado.

Extensión de los bosques y selvas: afecta el volumen maderable existente; aquellas áreas que sufren los efectos de la fragmentación tienen un contenido comparativamente menor que los bosques o selvas (SEMARNAT, 2003).

2.8.2.3.- indicadores de respuesta.

Reforestación: la reforestación es una de las principales acciones para rehabilitar los sitios afectados por los desmontes, cambios de uso del suelo, incendios y plagas forestales. Estas medidas contribuyen a la recuperación de la cubierta vegetal y al mantenimiento de la calidad del ambiente de las zonas forestales (SEMARNAT, 2003).

Inspecciones forestales: la vigilancia de todas las actividades forestales instrumenta su fortalecimiento mediante visitas de inspección y auditorías técnicas, realizadas por inspectores. Asimismo, la PROFEPA realiza acciones de vigilancia sistemática en áreas forestales, operativos especiales en áreas críticas, atiende las denuncias específicas de la ciudadanía y realiza actividades de formación, capacitación y seguimiento de los grupos de vigilancia participativa (SEMARNAT, 2005).

2.9.- Estudios anteriores.

Los estudios sinecológicos se han realizado tradicionalmente como descripciones básicas de las comunidades forestales porque permiten diagnosticar el estado actual del ecosistema, su composición estructural, diversidad, estado de desarrollo, la condición de salud o enfermedad general de sus componentes principales y la riqueza del ecosistema (Nieto, 1995).

En el mundo se reportan unas 15 variedades de *Abies*, se pueden encontrar formando masas puras o asociadas con coníferas como *Picea*, *Tsuga*, *Pseudotsuga*, *Larix*, *Juniperus* y *Pinus* (Lui, 1971), este mismo autor citado por Fernández y Nepomuceno (1989), menciona que los taxos del género *Abies* consignados son: 39 especies, 27 variedades y 9 híbridos. Sin embargo otros mencionan más de 50 especies en el mundo.

Los primeros trabajos relacionados con la ecología de *Abies* los realizó Rzedowski en 1954 (Mendoza, 2006), quien considera a *Alnus* como la principal integrante de una de las etapas de sucesión hacia el clima de *Abies*. Mendoza en el 2006 refiere los estudios de Anaya *et al.* (1962), quien estudio los factores bióticos, del clima y suelo, indica que la asociación de *Abies religiosa* se localiza principalmente en las barrancas, cañadas y partes bajas de laderas que se encuentran comprendidas entre 3,000 y 3,500 m de altitud, con tendencia a ocupar lugares con mayor fertilidad, más húmedos y más protegidos, en donde forma masas puras de gran densidad y cobertura, excepto en sus límites de altitud superior e inferior, donde con frecuencia el bosque es de menor densidad y se mezcla con algunas especies de *Pinus*.

En 1962 Anaya hace una contribución de tipo sinecológico para describir el declive occidental del Iztaccihuatl; pocos años después Madrigal (1967) con un enlace mucho mayor, describió los bosques de oyamel del Valle de México tanto en su composición florística como estructural, lo que permite tener una referencia para trabajos que después fueron realizados. Estudios hechos por Vásquez y Givnish

(1998) sobre composición forestal y estructura, mencionan un máximo en la diversidad de especies en altitudes intermedias en bosques tropicales lluviosos.

Existen algunos estudios florísticos como el de Vega (1982) quien realizó un manual sobre la flora existente en la estación forestal Zoquiapan y el de Boyas (1993) quien realizó un levantamiento florístico del campo experimental San Juan “Tetla”; ambas investigaciones encaminadas hacia la descripción de la vegetación y su relación con factores bióticos, clima y suelo.

Para México los bosques de *Abies* son relictos de los bosques llamados “taiga” provenientes de las tierras septentrionales de Norteamérica y Eurasia (Challenger, 1998); su número de especies es variable según la fuente, pues existen discrepancias taxonómicas importantes respecto a la clasificación de especies nuevas como *A. flinckii* y *A. colimensis*. No obstante, con base en los registros de los principales herbarios nacionales se tienen identificadas nueve especies y siete variedades; particularmente para la especie de *A. religiosa* hay contribuciones interesantes desde hace varios años, tanto por su distribución y variedad como por su importancia ecológica y formas de uso (Nieto, 2004).

Villarreal y Valdés (1993) en su estudio sobre la vegetación de Coahuila reportan la presencia de bosques de oyamel para la sierra de Arteaga, el Jabalí y del Carmen. Para 1993 Velázquez y Cleef llevaron a cabo la clasificación de la vegetación utilizando el Análisis de *Especies Indicadoras* de Dos Vías, por sus siglas en inglés TWINSPAN. Los autores mencionados discuten las similitudes y diferencias entre las comunidades vegetales presentes en los volcanes Tláloc y Pelado en la Sierra Chichinautzin y las de zonas aledañas de los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl en la Sierra Nevada. Una de sus conclusiones principales fue que la composición y distribución de las comunidades vegetales de estas dos regiones difieren sustancialmente, como un reflejo de condiciones ambientales distintas (historia geológica, altitud, tipos de suelo y actividades humanas).

Mientras que Nieto en 1995, realiza un estudio Sinecológico del bosque de oyamel, en la delegación Magdalena Contreras, D.F., reportando un total de 17 familias, 34 géneros y 40 especies, obteniendo un listado florístico característico de los bosques de oyamel (por las condiciones de humedad y poca filtración de luz al suelo), la caracterización del estrato edáfico mostró que el suelo es profundo, bien drenados, ricos en materia orgánica y con aporte de bases catiónicas.

Para el 2005 Sánchez y colaboradores analizaron la semejanza en la composición de familias, géneros y especies de plantas vasculares de los bosques de oyamel de la Faja Volcánica Transmexicana, los datos se obtuvieron a partir de la revisión bibliográfica en 12 localidades, de sus resultados destaca que la flora de estos bosques contienen 76 familias, 222 géneros y 510 especies. Ese mismo año la SEMARNAT publica el manual de “Indicadores básicos del desempeño ambiental de México a fin describir el estado de un ecosistema o área”.

Mendoza en el 2006 cita a Velázquez (1993), quien realiza un análisis fitosociológico de la vegetación de los volcanes Tláloc y Pelado, y define con base a especies diagnósticas, a 3 de las 23 comunidades de vegetación estudiadas como bosques de oyamel. Utilizando técnicas de análisis de gradientes e identificó dos gradientes principales (humedad de suelo y altitud) como los más relevantes para explicar la distribución de las comunidades vegetales de esta área de estudio. En este mismo año Rivera *et al.* (2006), estudiaron el estado nutrimental de *Abies religiosa* en el Parque Nacional Desierto de los Leones, relacionado con el grado de presencia de clorosis y enrojecimiento del follaje. En este mismo año y en la misma localidad, Rosas y Péres. (2006) hace un estudio con relación al estado de salud de los bosques de *Abies religiosa*, encontrando que estos bosques sufren de perturbaciones en su mayoría por los efectos que causan los contaminantes atmosféricos principalmente el ozono, así mismo analiza la vegetación y encuentra especies invasoras del género Poaceae.

III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Una perturbación es un evento relativamente discreto en tiempo y espacio, que altera la estructura de poblaciones, comunidades y ecosistemas. Puede alterar la densidad, biomasa o la distribución espacial de la biota, afectar la disponibilidad de recursos y producir cambios en el ambiente físico (Walker y Moral, 2003).

En México la superficie forestal se ha reducido progresivamente, originando problemas ecológicos, económicos y sociales. Los bosques de *Abies religiosa* se encuentran amenazados por factores de deterioro como la presencia de asentamientos irregulares, la fuerte presión por el avance de la frontera agrícola, plagas, enfermedades, contaminación atmosférica y el incremento de especies invasoras (Bauer y Hernández, 1986; Alvarado *et al.*, 1991; SEMARNAP, 1998; CORENADER, 2003).

El Parque Nacional Zoquiapan (PNZ) e Izta-Popo (PNIP) son áreas naturales protegidas que sufren de degradación ambiental y baja sustentabilidad del medio. Las condiciones específicas del hábitat están relacionadas con el medio físico y con la riqueza de especies herbáceas y arbustivas que reciclan los elementos biogénicos los cuales balancean los requerimientos anuales de los árboles. La variación de la biodiversidad en tiempo y espacio es un factor relevante de la fragmentación de la estructura de los ecosistemas (Székely, 1994).

La fragmentación del PNIP y el PNZ se debe a la fuerte presión del crecimiento urbano aunado a otros factores antropogénicos y naturales, razón por la cual ha disminuido la densidad arbórea, influyendo en el incremento del estrato herbáceo y arbustivo, teniendo paralelamente la aparición de especies oportunistas, el incremento de las especies pertenecientes al sitio y el amacollado de las gramíneas, lo que ha reducido la superficie del suelo de las especies nativas así como el espacio para el renuevo de *Abies* (Lomas *et al.*, 2004; SEMARNAP, 1998).

IV.- JUSTIFICACIÓN.

La ubicación y la altura del Parque Nacional Izta-Popo (PNIP) y Parque Nacional Zoquiapan (PNZ) lo hacen indispensable para sus bosques de oyamel (*Abies religiosa*). Sus boscosas montañas captan y filtran el agua que abastece a dos importantes cuencas hidrológicas: la del Valle de México y la del Alto Balsas, generando una rigurosa red hidrográfica fundamental para el suministro de agua. La existencia de estos bosques es clave también para la captación de CO₂, pero esto no fuese posible sin la cubierta vegetal que este aún conserva, pero que año con año se va perdiendo (Arriaga *et al.*, 2000).

En la Faja Volcánica Transmexicana, está asentado uno de los mayores complejos urbanos del mundo, la zona metropolitana de la Ciudad de México, la cual ejerce una enorme presión sobre la vegetación circundante y en general sobre los recursos naturales. Por ello, es imperante realizar estudios que aporten información precisa sobre los bosques templados que ahí se localizan, ya que estas comunidades vegetales proveen de múltiples servicios ambientales (Izta-Popo, 2002).

Parque Nacional Izta-Popo y Parque Nacional Zoquiapan son considerados como una región generadora de bienes y servicios ambientales indispensables e insustituibles que satisfacen directamente necesidades de la población del centro del país. Es una zona fundamental para la captación y recarga de acuíferos que distribuyen sus recursos hídricos. Y dada la presión a la que están sometidas la zona ecológica templada subhúmeda de México, en particular el bosque de *Abies religiosa*, es urgente conocer estos sistemas desde un punto de vista ecológico y florístico, así los trabajos de carácter florístico empiezan a ser reconocidos en su verdadera dimensión demostrando que con base en este tipo de aportaciones, se podrán conocer, manejar y proteger mejor nuestros recursos naturales. Y para ello se implementará el presente estudio el cual pretende ser un ejemplo de evaluación y monitoreo de la biodiversidad.



V.- HIPÓTESIS

Si en un bosque puro de oyamel, donde la única especie dominante es *Abies religiosa*, la comunidad suele ser tan cerrada que las copas de los árboles no permiten el paso de la luz, creando condiciones de penumbra, impidiendo el crecimiento de arbustos y herbáceas, entonces, la alta riqueza de especies y el aumento de la densidad de las especies propias del sitio, serán un indicador de deterioro.

VI.- OBJETIVOS.

6.1.- General.

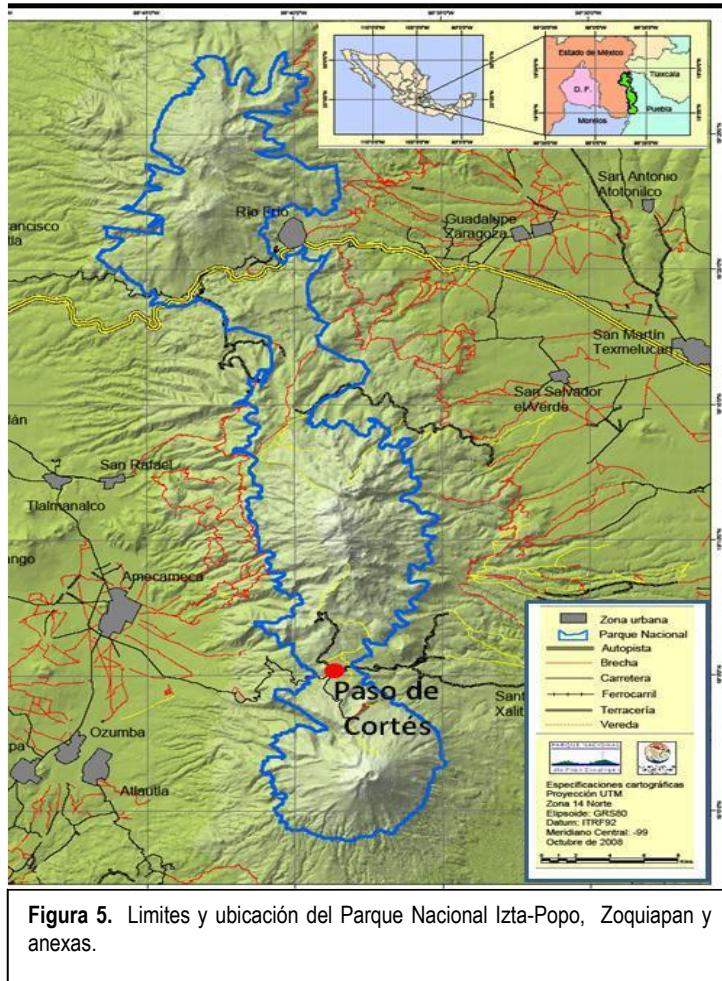
- Registrar la riqueza de especies herbáceas y arbustivas del periodo 2010-2012 en los bosques de *Abies religiosa* de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Izta-Popo (PNIP) y del Parque Nacional Zoquiapan (PNZ) para contribuir al conocimiento vegetal.

6.2.- Particulares.

- Calcular la riqueza específica a través del índice de Margalef.
- Identificar las especies herbáceas y arbustivas con mayor grado de presencia utilizando los índices de dominancia de Simpson y Berguer-Parker.
- Registrar la diversidad de especies utilizando el índice de Shannon-Weiner.
- Estimar la Equidad a través del índice de Shanon.
- Comparar la diversidad de familias del PNIP y el PNZ.
- Comparar índices de diversidad entre el PNIP y el PNZ, así como cobertura, frecuencia e índice de valor de importancia de las especies.
- Determinar la similitud que hay entre PNIP y el PNZ a través del índice de Jaccard.
- Realizar una comparación de listados florísticos con otros trabajos similares.
- Obtener el listado y catálogo florístico del bosque de *Abies religiosa* e investigar si son especies asociadas, invasoras, endémicas o indicadoras de disturbio.
- Conocer la fenología de las especies.
- Identificar los indicadores de presión, estado y respuesta de los bosques de *Abies* del PNIP y el PNZ.

VII.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

7.1.- El Parque Nacional Izta-Popo de acuerdo al programa de manejo del PNIP.



El Parque Nacional Izta-Popo se encuentra en la parte central del Eje Volcánico Transversal (Fig.5); ocupa la parte superior de la Sierra Nevada en su porción sur y de la Sierra de Río Frio hacia el norte. Se localiza entre las coordenadas geográficas límite extremo norte $98^{\circ} 40' 18''$ y $19^{\circ} 28' 2''$; límite extremo oeste $98^{\circ} 46' 40''$ y $19^{\circ} 20' 29''$; límite extremo este $98^{\circ} 37' 28''$ y $19^{\circ} 16' 16''$; límite extremo sur $98^{\circ} 40' 27''$ y $19^{\circ} 14' 36''$. Abarca una superficie de 40,008 hectáreas. La Sierra Nevada alcanza su mayor altitud en el Popocatepetl con

5452 m y junto con el Iztaccihuatl que tiene 5284 m de altura, constituyen las principales prominencias de esta sierra; las cimas de estas elevaciones forman los límites de los estados de México, Puebla y Morelos y su unión se denomina "Paso de Cortés" (Rzedowski, 2001).

Clima: se registra el clima frío subhúmedo de alta montaña E(T)HC (w2), con temperatura media anual entre -2 y 5°C y la del mes más caliente entre 0 y 10°C . Por debajo de los 4000 m se presenta un clima Cb' (w2) (w) ig, semifrío subsumelo, el más frío de los templados con temperatura media anual de 5

a 12 °C, la del mes más frío de 3 a 18 °C, el verano es fresco y corto, la precipitación del mes más seco es menor a 40 mm, los dos tipos climáticos presentan lluvias en verano (García, 1973).

Suelos: en el Iztaccíhuatl y a sus alrededores en general se presentan suelos andosoles derivados de cenizas volcánicas recientes, son poco desarrollados con menos de 10 cm de espesor y de rápido escurrimiento. En las cumbres y laderas abruptas se encuentran litosoles asociados con regosoles a aproximadamente 4000 m, por arriba de los 5000 m no existe formación de suelo. Mientras tanto en el Popocatepetl existen suelos con ceniza volcánica a los 3920 m, con textura areno-migajonosa, pH alrededor de 6 y menos de 1 % de materia orgánica (Almeida *et al.*, 2007).

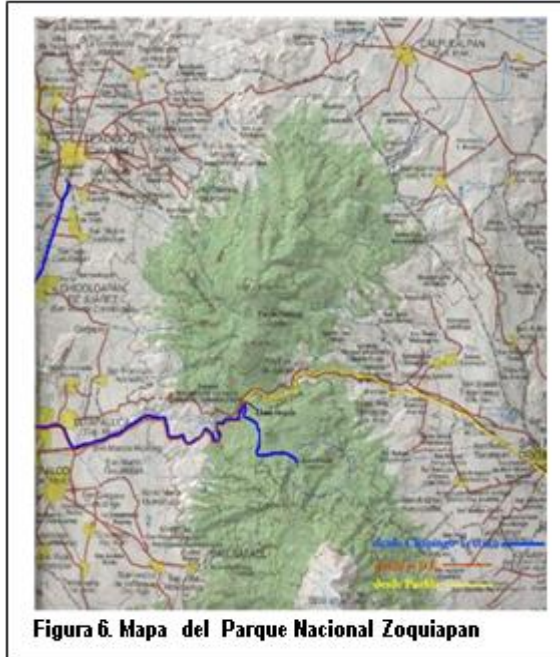
Hidrología: en la Sierra Nevada algunos de los arroyos están directamente alimentados por el deshielo de la nieve y de los glaciares del Iztaccíhuatl así como por la precipitación pluvial que es mayor a los 1000 mm anuales (Rzedowski, 2001). En la vertiente NE se encuentra la laguna de Chalchopa, único depósito perenne en la Sierra Nevada.

Vegetación: esta sección se ha tomado de la descripción que presenta la comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2008), La distribución de la vegetación en esta zona atiende a la altitud, de modo que pueden distinguirse dos pisos fundamentales de vegetación: los bosques de coníferas y pradera de alta montaña o pastizal alpino.

Bosques: se encuentran asociaciones dominadas por *Pinus montezumae* frecuentemente asociado con especies de los géneros *Quercus*, *Abies*, *Arbutus*, *Alnus*, *Salix* y *Buddleia*. También se establecen asociaciones vegetales de transición entre *Pinus* y *Abies* lo que implica que son zonas de amplia diversidad florística y ecológica conformando rodales mixtos de *Pinus ayacahuite* con *Abies religiosa*. En esta zona de ecotono también es frecuente la asociación de *Pinus montezumae* con *Pinus hartwegii*. Entre los géneros mejor representados pueden citarse: *Pinus*, *Senecio*, *Ribes*, *Muhlenbergia*, *Agrostis*, *Lupinus* y *Festuca*.

7.2.- El Parque Nacional Zoquiapan.

Tomado de la Propuesta De Ordenamiento Ecológico Territorial Para El PNZ y Anexas.



El Parque Nacional Zoquiapan y Anexas, se localiza entre las coordenadas 19°13'10" y 19°18'45" latitud Norte y 98°37'39" y 98°51'58" longitud Oeste (Fig.6), con un área de 19,418 ha. Corresponde a los municipios de Ixtapaluca, Chalco, Tlamanalco y Tlahuapan del estado de Puebla y de acuerdo a Rzedowski (1978); el Parque Nacional Zoquiapan y Anexas están clasificados biogeográficamente en las Serranías Meridionales, agrupados en la región mesoamericana de montaña, la cual a su vez se

relaciona en forma no del todo discreta entre los dos reinos Holártico y Neotropical. Se considera a la zona montañosa como una zona de influencia mixta o de transición.

Clima: los tipos de clima dominante, son, en las partes de mayor altitud C (E) (w2) (w) semifríos y circunscribiendo a éstos el clima es C (w2) (w) templado. La precipitación media anual va desde 800 mm hasta 1,200 mm, la temperatura media anual va desde los 6 °C en las zonas de mayor altitud hasta los 14 °C. La frecuencia promedio de granizadas en la zona al año es de dos días, la frecuencia de heladas en puntos más altos es de 100 a 120 días al año (INEGI, 1981).

Suelo. se caracteriza por cuatro tipos de roca, predominando la andesita (63.94 %), seguido por los suelos aluvión en las partes altas de la montaña, como pequeñas islas dentro de la roca andesita, y en la parte más baja en el llamado Valle de México. La unidad denominada Basalto representa las rocas más actuales, teniendo su origen en la erupción del volcán el Papayo Caracterizado por 7 unidades de suelo:

los andosoles con aptitud forestal, los suelos cambisoles con fertilidad inherente bastante elevada y pueden adaptarse a varios sistemas de uso de la tierra, los feozems tienen una fertilidad natural elevada, litosol que tienen aptitud para el pastoreo, regosoles son suelos susceptibles a la erosión, vertisoles son muy susceptibles a todas las formas de erosión aún en pendientes de 5° o menos, y los fluvisoles con aptitud agrícola (Fitzpatrick, 1993).

Vegetación: la vegetación del parque está caracterizada principalmente por los llamados bosques templados, siendo el bosque de pino el de mayor extensión y que de acuerdo a lo citado por Rzedowski (1978), los pinares de *Pinus hartwegii*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus pseudostrobus* representan comunidades clímax. El bosque de *Abies* tiene su origen a partir de la biota que arribó por el lado norte del país. El bosque de *Alnus* o de aile constituye una etapa sucesional para *Pinus* y principalmente *Abies religiosa*. El bosque de *Quercus* es el segundo tipo de vegetación representativo en el parque. En cuanto a los pastizales, se tienen los que son comunidades clímax en las cimas de las cumbres más altas, los que son comunidades producto de una perturbación en el bosque original llamados pastizales antropógenos y forman parte del proceso de sucesión y los que se encuentran en los valles donde las inundaciones son periódicas debido a una deficiencia en el drenaje.

VIII.- MATERIAL Y MÉTODO.

8.1.- Fase de gabinete.

A través de fotografías satelitales, se localizó el Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas (Fig.7).

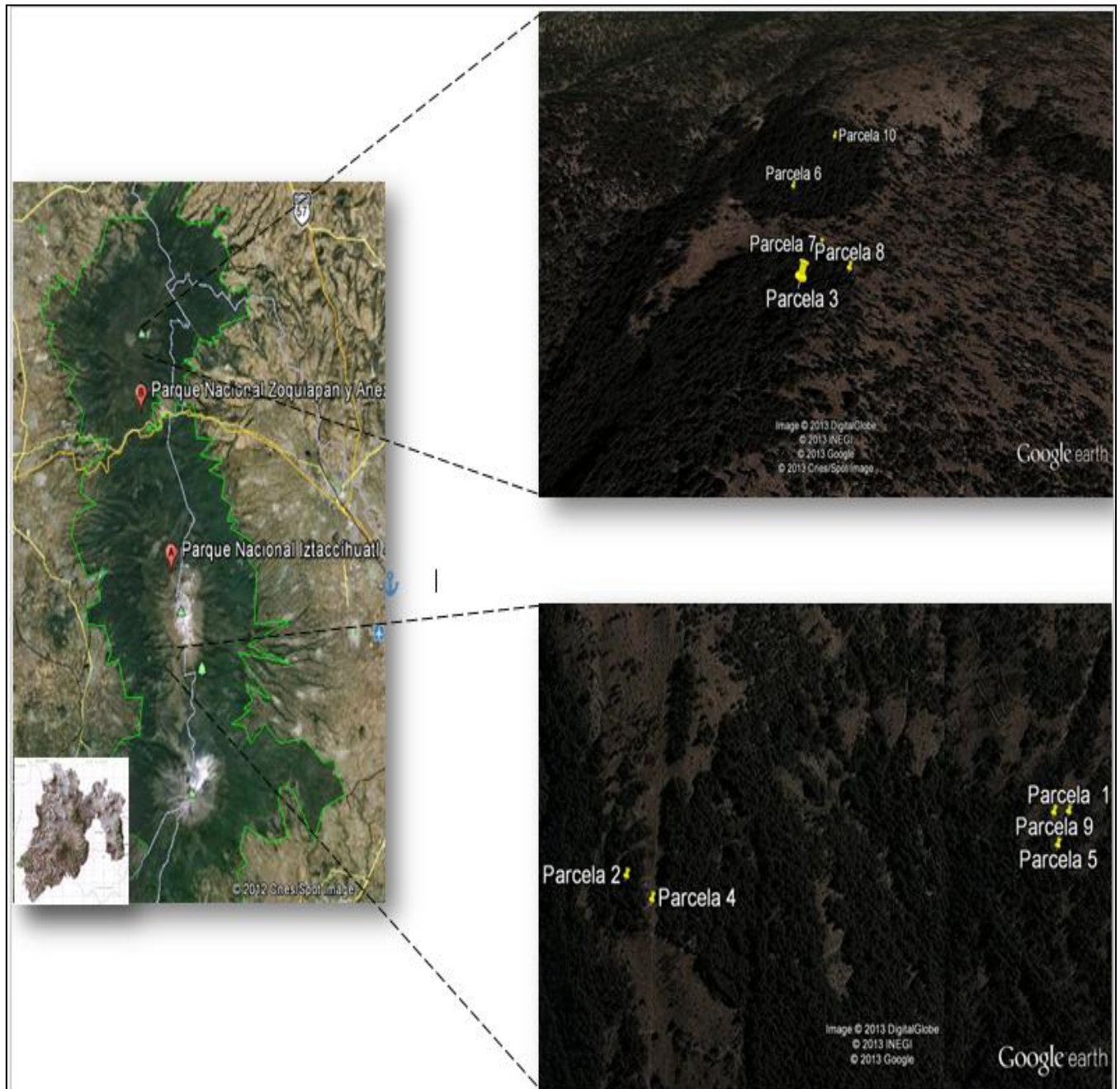


Figura 7. Ubicación del área de estudio (parcelas en el Parque Nacional Izta-Popo y el Parque Nacional Zoquiapan)

Se revisaron los instrumentos a utilizar como prensa botánica, papel periódico, flexómetros, metros, cuerdas, tijeras etc., para finalizar con una revisión y acumulación del material bibliográfico. Una vez estando en dicho parque se les solicitó a los guardabosques que guiaran al equipo de trabajo a las zonas en donde se encontraban los manchones de oyamel más densos, para así poder comenzar con los sitios de muestreo.

8.2.-Fase de campo.

Una vez delimitada y establecida la ubicación exacta del área a muestrear (Fig. 8a) se tomaron las coordenadas correspondientes con ayuda de un GPS (Magellan, modelo Sportrak Map., resolución 200 m²). El Método de muestreo usado fue el de conglomerado de 4 sitios circulares propuesto por Labaú (1993) citado por Sierra (2005) el cual consiste en realizar en campo un cuadrado de 50 m×50 m, estableciendo en cada vértice el centro de los círculos (1, 2, 3, 4) con un radio de 17.8 m cada uno (Fig. 8b). A cada uno de los círculos trazados se le dividió en cuatro partes formando cuadrantes y a cada cuadrante se le asignó un número romano consecutivo conforme al sentido de las manecillas del reloj (cuadrante I, II, III, IV). Una vez obtenidos los cuadrantes, se realizó el muestreo en cada estrato de la vegetación dentro de los círculos del cuadro ya establecido (rasantes y herbáceas dentro del primer 1½ m de diámetro, arbustos dentro de otro círculo cuyo diámetro se aplica a los primeros 3 m de diámetro y arbóreas en los 17.8 m de diámetro) (Fig. 8c). En total se realizó un total de 10 muestreos (5 para el Parque Nacional Zoquiapan y 5 para Parque Nacional Izta-Popo). Cabe mencionar que el presente trabajo solo utilizó los datos obtenidos para herbáceas y arbustos.

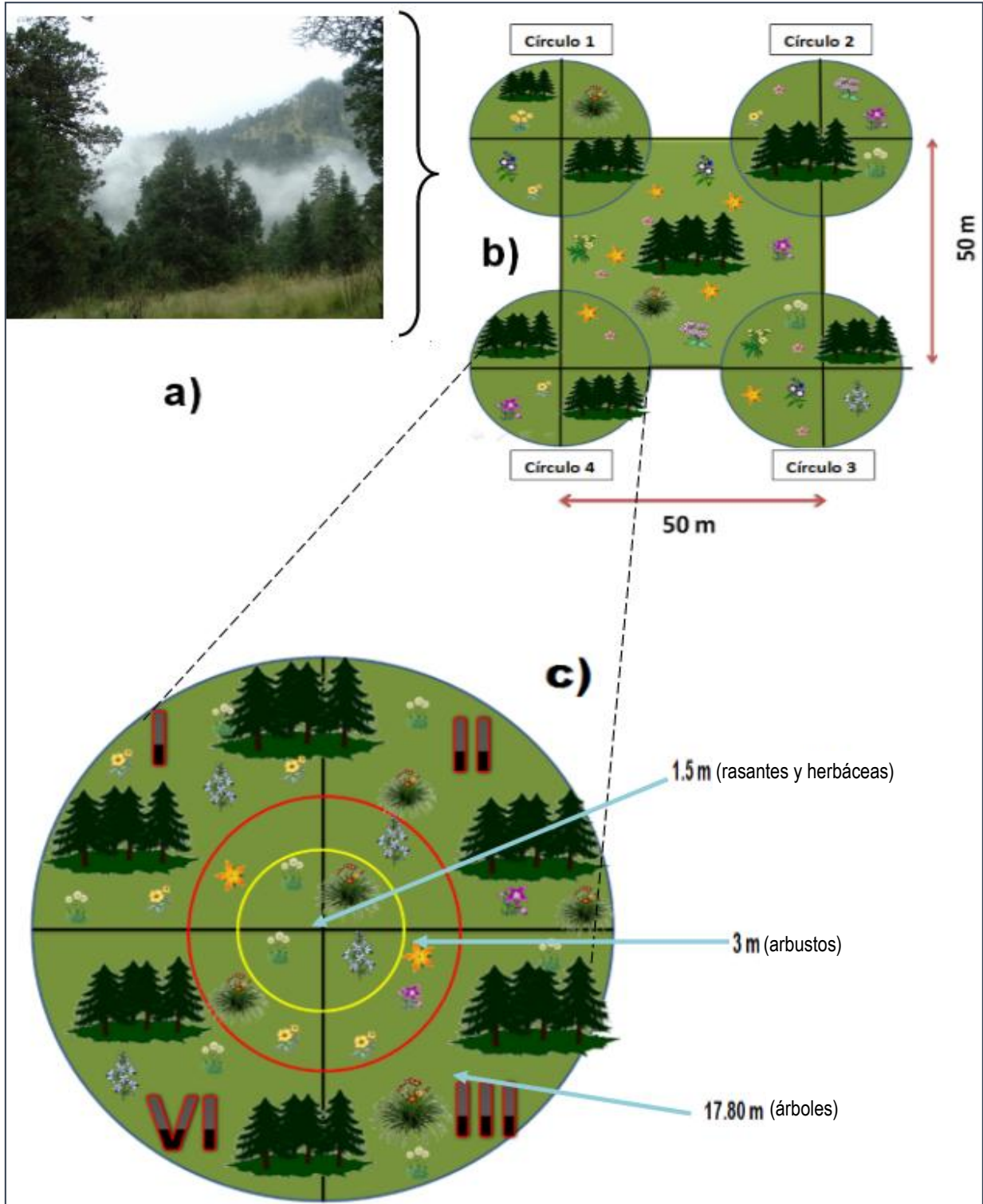


Figura 8. Técnica de muestreo conglomerado de cuatro sitios circulares (Labau, 1993)

El área muestreada por sitio abarcó un total de 4,000 m² se realizaron 10 salidas por tanto el área total muestreada es de 4 ha. Cabe señalar que el muestreo del estrato arbóreo será utilizado para otros proyectos, por ello no fue tomado en cuenta en el presente trabajo.

Se realizó una caracterización ecológica del sitio, los datos se registraron en fichas de campo propuestas por Madrigal (1967), y completados por fichas elaboradas en el Laboratorio de Contaminación Atmosférica de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (UNAM) (anexo 1)

Para el caso de los ejemplares que no pudieron ser identificados en el sitio, se tomaron fotografías, muestras de hojas, flores, frutos y ramas de arbustos, para el caso de las herbáceas se extrajo el ejemplar completo y se colocó dentro de una prensa botánica, usando técnicas convencionales de prensado como la propuesta por Vela *et al.*, (1982), esto con el fin de continuar con su determinación taxonómica en el laboratorio.

En cuanto a las medidas que se tomaron a los arbustos y herbáceas fueron el diámetro de norte a sur y de este a oeste, además de la altura (Figura 9), los datos fueron registrados en una ficha realizada por el Laboratorio de Contaminación Atmosférica de la FES Zaragoza (anexo 2)



Figura 9. Investigador midiendo a una herbácea: A= altura y B= diámetros (N-S y E-O)

8.3.- Fase de laboratorio.

Una vez transportado el material colectado en campo al laboratorio, se prosiguió a herborizar los ejemplares recolectados mediante secado y montaje. La identificación y determinación de los ejemplares se realizó con apoyo de la siguiente clave taxonómica:

- Flora fanerogámica del Valle de México (Rzedowski, 2001).

También se hizo uso de algunos catálogos florísticos como lo son:

- Guía botánica del Parque Nacional Malinche Tlaxcala-Puebla (Villers *et al.*, 2006).
- Árboles y flores del Ajusco (Benítez, 1986).

Una vez determinado el material se prosiguió a su corroboración, comparándolos con los ejemplares localizados en el Herbario Nacional de México (MEXU).

Los datos de altura, diámetro y número de individuos obtenidos en campo fueron vaciados en una hoja de Excel para elaborar la base de datos y la aplicación respectiva de las fórmulas para el cálculo de los índices. Entre los índices seleccionados se encuentran:

Índice de Margalef: con el cual se obtuvo la riqueza de especies. A través de la siguiente fórmula:

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Dónde:

D_{Mg} = riqueza específica de Margalef

S = número de especies

\ln = logaritmo natural

N = número total de individuos

El **índice de Simpson**. Basado en el principio de abundancia contempla la siguiente fórmula para la obtención de dominancia:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde:

λ = dominancia

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

El **índice de Berger Parker** mide la dominancia de la especie o la especie más abundante, siendo su expresión matemática la siguiente:

$$d = \frac{N_{\max}}{N}$$

Dónde:

d = dominancia

N_{\max} = es el número de individuos en la especie más abundante.

N = número total de individuos

Este índice adquiere valores comprendidos entre 0 y 1 (0 % y 100 %) y tiene la virtud de la simplicidad de su cálculo expresando así la importancia proporcional de las especies más abundantes, y cuanto más se acerca a 1 significa que mayor es la dominancia y menor la diversidad (Magurran, 1988).

Índice de Shannon-Wiener, este índice contempla la cantidad de especies presentes en el área. Los valores que se obtienen en este índice generalmente están entre 1 (menos diverso) y 5 (más diversos).

Por tanto la fórmula que se aplica para este índice es la siguiente:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Dónde:

H = diversidad de especies.

P_i = es la proporción del número de individuos de la especie **i** con respecto a **N** obteniendo **p_i** de la división del número de individuos de una especie con la sumatoria del número total de individuos de todas las especies; realizando la misma operación para cada una de las especies.

Ln (p_i) = logaritmo natural de **p_i**

Para hacer uso de la de **Equidad** se trabaja con la siguiente fórmula.

$$E = H / \ln S$$

Dónde:

E = equidad

H = diversidad

Ln (S) = logaritmo natural del número total de especies existentes del área.

Frecuencia y Cobertura

La **frecuencia** determina la presencia y ausencia en la unidad de muestreo, ignorando la cantidad y el tamaño de la planta. Así la frecuencia resulta útil para determinar la aparición de especies, teniendo aplicaciones en la evaluación de manejo de pastoreo, perturbación etc., (Montain, 2004).

Cobertura: calculada a partir de la medición de dos diámetros perpendiculares de la copa utilizando la siguiente fórmula:

$$C = \pi \left[\frac{1}{4} (d_1 + d_2) \right]^2$$

Dónde:

C= cobertura

d₁=primer diámetro de cobertura de la copa

d₂= segundo diámetro de cobertura de la copa que cruza en forma perpendicular

Índice de Valor de Importancia, es un parámetro que mide el valor de las especies, típicamente, en base a tres parámetros principales: cobertura, densidad y frecuencia. Este índice (I.V.I.) es la suma de estos tres parámetros. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal.

. Para obtenerlo es necesario transformar los datos de cobertura, densidad y frecuencia en valores relativos. La suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100. Por lo tanto, la suma total de los valores del I.V.I. debe ser igual a 300 (Mostacedo y Todd, 2000).

Para poder trabajar con el I.V.I. se debe trabajar con la siguiente fórmula según Curtis y McIntosh (1951).

$$\text{I.V.I.} = (\text{cobertura relativa} + \text{densidad relativa} + \text{frecuencia relativa})$$

Dónde:

I.V.I.=índice de valor de importancia

Densidad relativa = (núm. de individuos por especie/ total de individuos de la especie ×100)

Frecuencia relativa = (número de veces que se encontró una especie en el muestreo/ total de veces que se encontraron las especies en el muestreo $\times 100$)

Cobertura relativa = (área de cada especie / área total de especies $\times 100$).

Índice de similitud de Jaccard (coeficiente de similitud I_j)

El rango de este índice va desde *cero* cuando no hay especies compartidas, hasta *uno* cuando los dos sitios comparten las mismas especies (Mostacedo y Todd, 2000).

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

Dónde

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.

Por último se ubicaron los puntos exactos de los muestreos en un mapa satelital con ayuda del programa Google Earth 2012, colocando las coordenadas obtenidas en los sitios muestreados durante el trabajo de campo con el objetivo de obtener un mapa exacto del área muestreada.

Se comparó el listado florístico obtenido por el presente trabajo, con los listados publicados por Nieto (1995) quién realizó un estudio sinecológico en el bosque de oyamel y Sánchez *et al.* (2005) con su investigación florística en la Faja Volcánica Transversal, esto para detectar si en estos bosques se encuentran registradas las mismas especies. También se averiguó la fenología de las especies para conocer el periodo de floración de las mismas.



Se decidió realizar un catálogo florístico con sus respectivas fichas bibliográficas para así detectar si estas especies son consideradas como especies invasoras, endémicas, medicinales, propias de los bosques de oyamel o especies que indican disturbios.

Finalmente se identificaron los indicadores de presión, estado y respuesta propuestos por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en el 2005, a través de su manual “Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental”.

IX.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

9.1.- Sitios muestreados y caracterización ecológica.

Se evaluó un total de 10 sitios de 4000 m², cuyas coordenadas y fechas de muestreo se encuentran en el anexo 3. De la caracterización de los sitios se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 1. Caracterización ecológica de los sitios de muestreo					
SITIOS					
	1	2	3	4	5
Fechas	02-sep-10	23-sep-10	25-nov-10	18-feb-11	04-mar-11
Localidad	Izta-Popo	Izta-Popo	Zoquiapan	Izta-Popo	Izta-Popo
Alt. (m)	3288	3365		3362	3322
Pendiente	17°	30°	30°	25°	27°
Erosión	ligera	ligera	ligera	nula	nula
VEGETACIÓN					
% De Cob.Est.					
Arbóreo	25	25	65	15	40
Arbustivo	15	40	10	10	15
Herbáceo	60	35	25	75	45
Daño en V. A	ocoteado, tocones, muérdago.	tocones, derribado, quemado, plagado, claros.	tocones, derribado, quemado, claros.	ocoteado, quemado, derribado, Tocones, presencia de muérdago, claros.	derribado, tocones.
P. de incendios	nulo	nulo	nulo	ligero	nulo
Reg. Nat.	P	nulo	P,A	nulo	P,A
P. de Conos	nulo	nulo	Poco	nulo	regular
% de A.D.	0	25	5	10	5
suelo					
Condición hídrica	húmedo	Poco húmedo	húmedo	húmedo	húmedo
Geoforma	ladera	ladera	ladera	ladera	cañada
Micro relieve	convexo	convexo	irregular	surcado	irregular
Act. Ant.	reforestación con <i>Pinus hartwegii</i>	Pastoreo, tala.	tala	Tala, pastoreo.	reforestación con <i>Pinus hartwegii</i>

Alt.= Altitud; % De Cob. Est. = Porcentaje de cobertura por estrato; Daño en V.A.= Daño en vegetación arbórea; P. de Incendios= Presencia de Incendios; Reg.Nat.=Regeneración Natural (A= *Abies*, P=*Pinus*, Q=*Quercus*); P. Conos= Presencia de conos; % de A.D.= Porcentaje de área desnuda; Act. Ant.=Actividades antropogénicas.

Continuación del cuadro 1. Caracterización ecológica de los sitios de muestreo					
	SITIOS				
	6	7	8	9	10
Fechas	11-mar-11	01-abr-11	08-nov-11	22-nov-11	22-feb-12
Localidad	Zoquiapan	Zoquiapan	Zoquiapan	Izta-Popo	Zoquiapan
Alt. (m)	3539	3524	3524	3332	3599
Pendiente	17°	12°	40°	30°	17°
Erosión	ligera	nula	nula	nula	nula
VEGETACIÓN					
% De Cob. Est.					
Arbóreo	60	65	75	20	55
Arbustivo	10	10	10	30	20
Herbáceo	30	25	15	50	25
Daño en V. A	podrido, derribado plagado, tocones, claros, muérdago.	resinado, tocones, derribado.	ocoteado, quemado, despuntados, claros.	derribado, tocones, claros.	ocoteado, muérdago, tocones.
P. de incendios	nulo	nulo	ligero	nulo	nulo
Reg. Nat.	P	A	P,A,Q	A	A
P. de Conos	Nulo	Regular	Poco	regular	poco
% de A.D	5	0	5	0	0
suelo					
Condición hídrica	poco húmedo	húmedo	muy húmedo	húmedo	muy húmedo
Geoforma	ladera	ladera	cañada	ladera	cañada
Micro relieve	irregular	convexo	accidentado	convexo	accidentado
Act.ant.	tala	Actividades Recreativas y saneamiento.	aprovechamiento forestal.	nula	nula

Alt.= **Altitud**; % De Cob. Est. = **Porcentaje de cobertura por estrato**; Daño en V.A.= **Daño en vegetación arbórea**; P de Incendios= **Presencia de Incendios**; Reg.Nat.=**Regeneración Natural (A= *Abies*, P=*Pinus*, Q=*Quercus*)**; P. de Conos= **Presencia de conos**; % de A.D.= **Porcentaje de área desnuda**; Act. Ant.=**Actividades antropogénicas**.

9.2.- Datos Florísticos.

Se obtuvo un total de 38 especies, que corresponden a 29 géneros pertenecientes a 13 familias (Anexo IV). Donde la familia **Asteraceae** fue las más abundantes con un total de 10 especies, seguidas de **Poaceae** con cinco especies, **Caryophyllaceae**, **Rosaceae** y **Scrophulariaceae** con *tres* cada una (cuadro 2).

Cuadro 2. Número de familias, géneros y especies

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
Asteraceae	7	10	Geraniaceae	1	2
Poaceae	4	5	Grossulariaceae	1	2
Caryophyllaceae	3	3	Lamiaceae	1	2
Scrophulariaceae	3	3	Fabaceae	1	2
Rosaceae	2	3	Polygonaceae	1	1
Ericaceae	2	2	Commelinaceae	1	1
Rubiaceae	2	2			

La variación en el número de especies por género puede corresponder a la diferencia de nichos. En relación a que la variación de las especies está relacionada a la superficie muestreada, y por esto varía con forme se modifican las condiciones ambientales (Whittaker, *et al.* 1973), los índices proporcionan un mejor acercamiento para entender cómo funciona el ecosistema.

En el Parque Nacional Izta-Popo se encontraron 20 especies herbáceas y 8 arbustivas; mientras que en el Parque Nacional Zoquiapan se registraron 22 especies herbáceas y 8 arbustivas. Sumando las especies diferentes de ambos parques, se encuentra un total de 29 herbáceas y 9 arbustivas (Fig. 10).

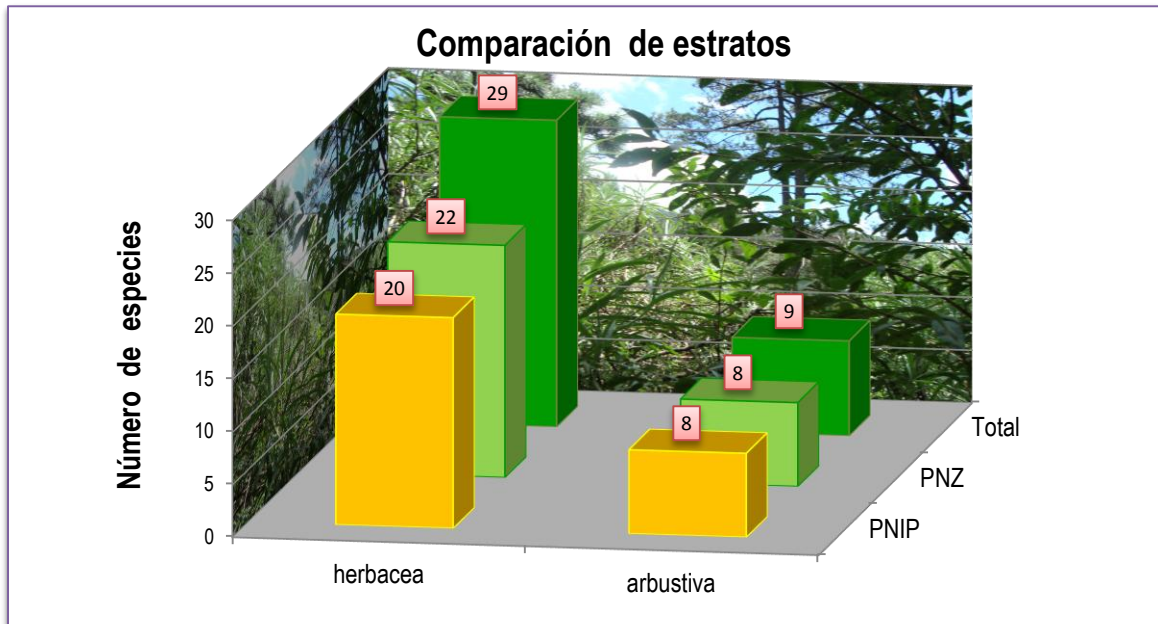


Figura 10. Comparación de especies por estratos, donde: Total representa el número de especies diferentes encontradas al juntar ambos Parques; PNZ (número de especies encontradas en el Parque Nacional Zoquiapan); PNIP (número especies en contra en el Parque Nacional Izta-Popo).

9.3. - Índices de Diversidad.

Se obtuvieron los siguientes índices de diversidad α en cada una de las parcelas analizadas.

9.3.1.- Índice de Margalef (riqueza específica) en los sitios de muestreo.

Se tiene que la parcela *tres* presentó el valor más alto de riqueza específica, con 3.401, contrario al de la parcela *siete*, la cual obtuvo el valor mínimo siendo este de 0.930 (Fig.11).

Si tomamos a cada parcela como un nicho distinto, podríamos decir que entre la parcela *tres* y la parcela *siete* hay una diferencia de nicho o que estos actúan de manera distinta, en cambio entre el resto de las parcelas, la diferencia no es muy marcada, los nichos parecen actuar de la misma forma, por tanto hay poca diferencia entre sus componentes de biodiversidad (Whittaker, 1973).

Sin embargo se puede notar que las parcelas son de baja riqueza a excepción de la tres que tiene un valor intermedio, ya que la referencia del índice de Margalef menciona que valores inferiores a *dos* son considerados como zona de baja riqueza específica y valores por encima de *cinco* como de alta riqueza específica.

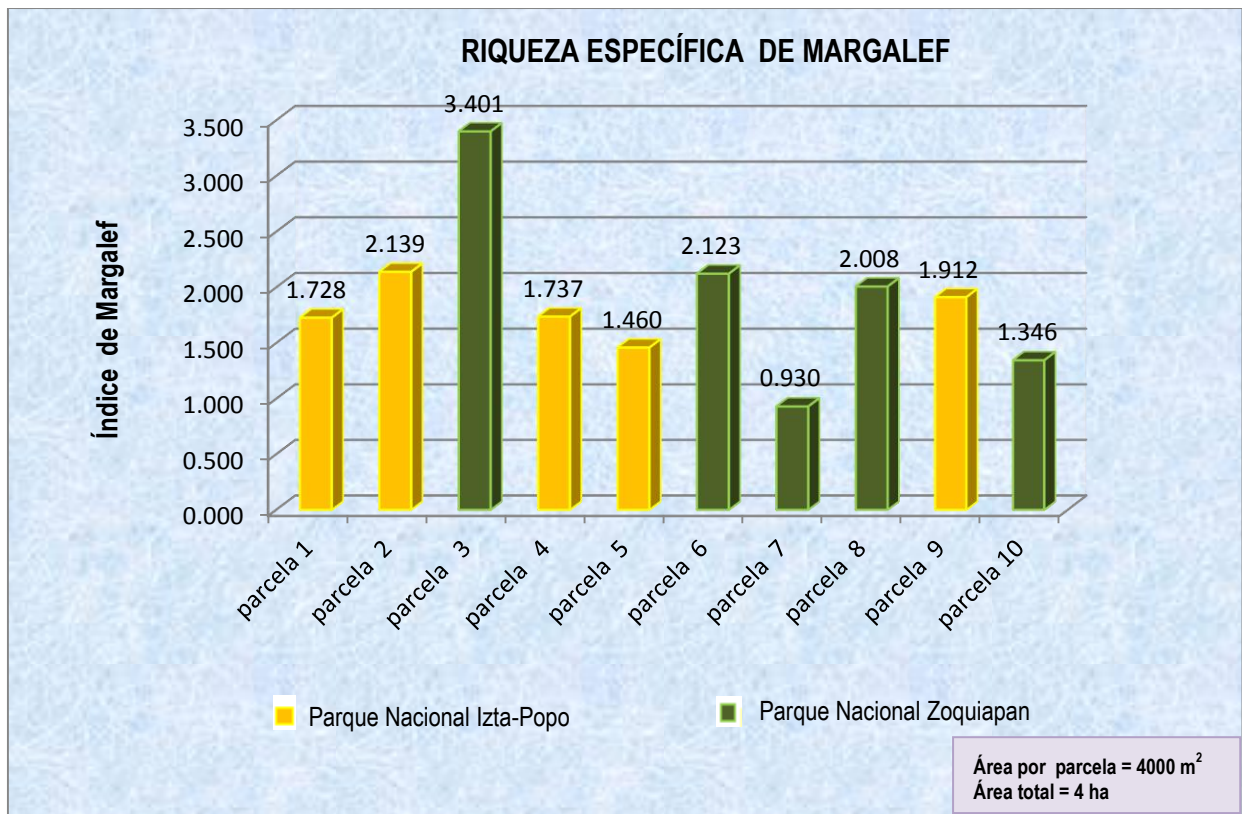


Figura 11. Comparación de riqueza específica entre parcelas.

9.3.2.- Índice de Simpson (dominancia) por parcela.

Si se consideran solo las *cinco* especies más dominantes de cada parcela, se tiene que *Acaena elongata* (arbusto) con valores de 0.015 a 0.6044, representa a *ocho* de 10 parcelas, *Festuca tolucensis* (herbácea) es la segunda en dominancia con valores de 0.009 a 0.158 y se localizó en *cuatro* de 10 parcelas, finalmente *Muhlenbergia quadridentata* con valores de 0.0001 a 0.129 encontrada en *tres* parcelas (Fig. 12), probablemente estas especies han alcanzado un establecimiento y adaptación en el hábitat causado por las condiciones ambientales como temperatura, precipitación y una mayor incidencia solar (consecuencia de la apertura del dosel por pérdida del follaje) ejerciendo un factor importante para la proliferación de las mismas (Rosas y Ruiz, 2006).

Sánchez, (2004) documentó que las especies más dominantes y abundantes en los bosques de *Abies religiosa* son: *Salix paradoxa*, *Acaena elongata*, *Ribes ciliatum*, *Salvia elegans*, *Salvia fulgens*, *Roldana barba-johannis*, *Roldana angulifolius*, *Senecio cinerarioides*, *Senecio callosus*, *Stevia monardifolia*, *Alchemilla procumbens*, *Eupatorium pazcuarensis*, *Symphoricarpos microphyllus*, *Brachypodium mexicanum*, *Buddleia parviflora*, *Festuca sp.*, y como se hace evidente en la Figura 12 se puede notar que de las especies citadas son *siete* las que coinciden con lo reportado en el presente trabajo, como es el caso de *Acaena elongata*, *Ribes ciliatum*, *Roldana angulifolius*, *Senecio callosus*, *Stevia monardifolia*, *Alchemilla procumbens*, *Eupatorium pazcuarensis*, *Festuca sp.*

En controversia, Madrigal (1964), concluye que en estos bosques hay una clara escasez de gramíneas en el estrato herbáceo y los datos que resume la gráfica (Fig. 12) resaltan la dominancia de las mismas en algunos de los sitios, lo que lleva a pensar que hay un factor causante de la proliferación y abundancia de estos, y que probablemente este factor sea la presencia de incendios.

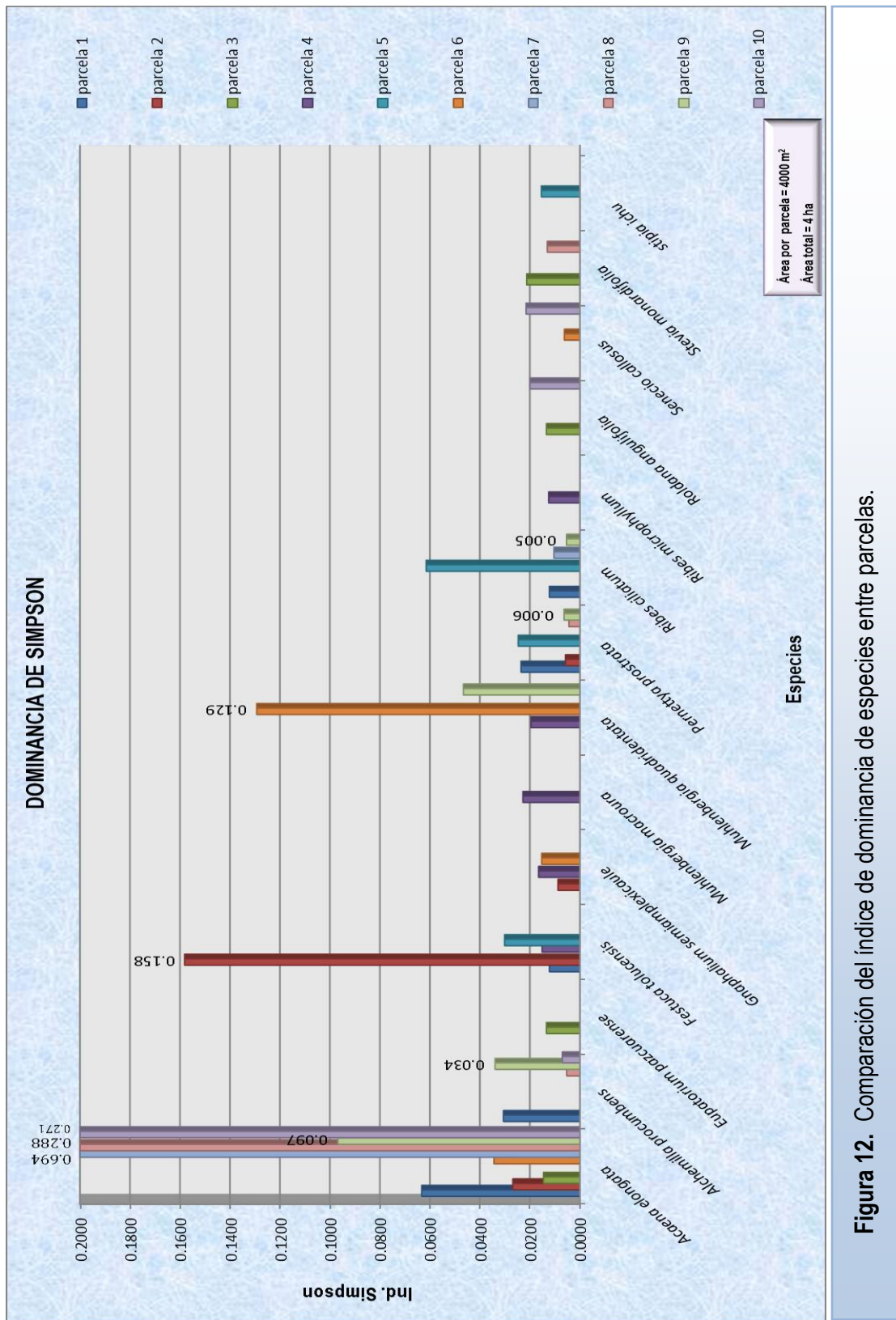


Figura 12. Comparación del índice de dominancia de especies entre parcelas.

Para la comparación del índice de Simpson por parcelas (Cuadro 3) se tiene que la parcela con mayor índice es la *siete* con valor de 0.716, le siguen, las parcelas 10 y *ocho* con valores de 0.324 y 0.316 respectivamente, siendo la menos representativa la parcela *tres* con valor de 0.088.

Tomando en cuenta el inverso de Simpson para las parcelas antes mencionadas tenemos que entre mayor sea el índice de Simpson la comunidad será menos equitativa, como es el caso de la parcela *siete*, 10 y *ocho* con valores de 1.396, 3.088 y 3.167 respectivamente, sin embargo, si el valor del índice de Simpson es menor como lo es en el caso de la parcela *tres* con valor de 11.403, esto nos indicará que la comunidad es equitativa.

De acuerdo con el índice de Simpson cuyo valores mínimos y máximos van de *cero* a *uno* y que entre más se acerca el valor a *uno*, la diversidad disminuye, por lo tanto se puede observar en el cuadro 3 que la parcela que muestra una baja diversidad es la parcelas *siete*, contrario de las parcelas restantes que se podría decir que son relativamente diversas y equitativas.

Cuadro 3. Comparación del índice de Simpson por parcelas.

Parcelas	Ind.dom: Simpson	Inverso de Simpson	Parcelas	Ind.dom: Simpson	Inverso de Simpson
1	0.155	6.466	6	0.198	5.056
2	0.209	4.779	7	0.716	1.396
3	0.088	11.403	8	0.316	3.167
4	0.114	8.742	9	0.192	5.197
5	0.157	6.352	10	0.324	3.088

9.3.3.- índice de dominancia de Berger-Parker entre parcelas.

La grafica (Fig. 13) muestra a las especies que presentaron mayor dominancia en cada una de las parcelas. Se observa que *Acaena elongata* presenta mayor abundancia en las parcelas 1, 7, 8, 9 y 10 con valores de 0.252, 0.833, 0.536, 0.311, 0.521 respectivamente, la especie *Festuca toluensis* en la parcela dos con valor de 0.398, *Stevia monardifolia* en la parcela tres con valores de 0.146, *Muhlenbergia macroura* en la parcela cuatro con valor de 0.151, *Ribes ciliatum* en la parcela cinco con valores de 0.248 y por último *Muhlenbergia quadridentata* en la parcela seis con valores de 0.360, se puede notar que *Acaena elongata* es la especie con mayor presencia; Sin embargo Madrigal (1964), cataloga el incremento de estas especies y otras como el grupo de plantas indicadoras de disturbios y que junto con *Alchemilla procumbens* y *Salvia elegans*, son especies propias de los bosques de *Abies religiosa*, que se encuentran un escaso número de individuos cuando el bosque no sufre de ninguna alteración y que cuando no es así, estas especies tienden a ser dominantes en el sitio, formando grandes grupos en sitios abiertos donde la entrada de luz es mayor, por lo tanto, se puede decir que las parcelas 1,7,8,9 y 10 presentan alteraciones y que además son sitios con claros bien definidos.

Según el mismo autor, estos bosques carecen de gramíneas amacolladas y cuando estas se presentan, en especial del género *Muhlenbergia* son indicadoras de perturbación por fuego. Por tanto, con base a los datos anteriores, podemos decir que las parcelas dos, cuatro y seis, se encuentran alterados, y sólo la parcela cinco se encuentra libre de esto.

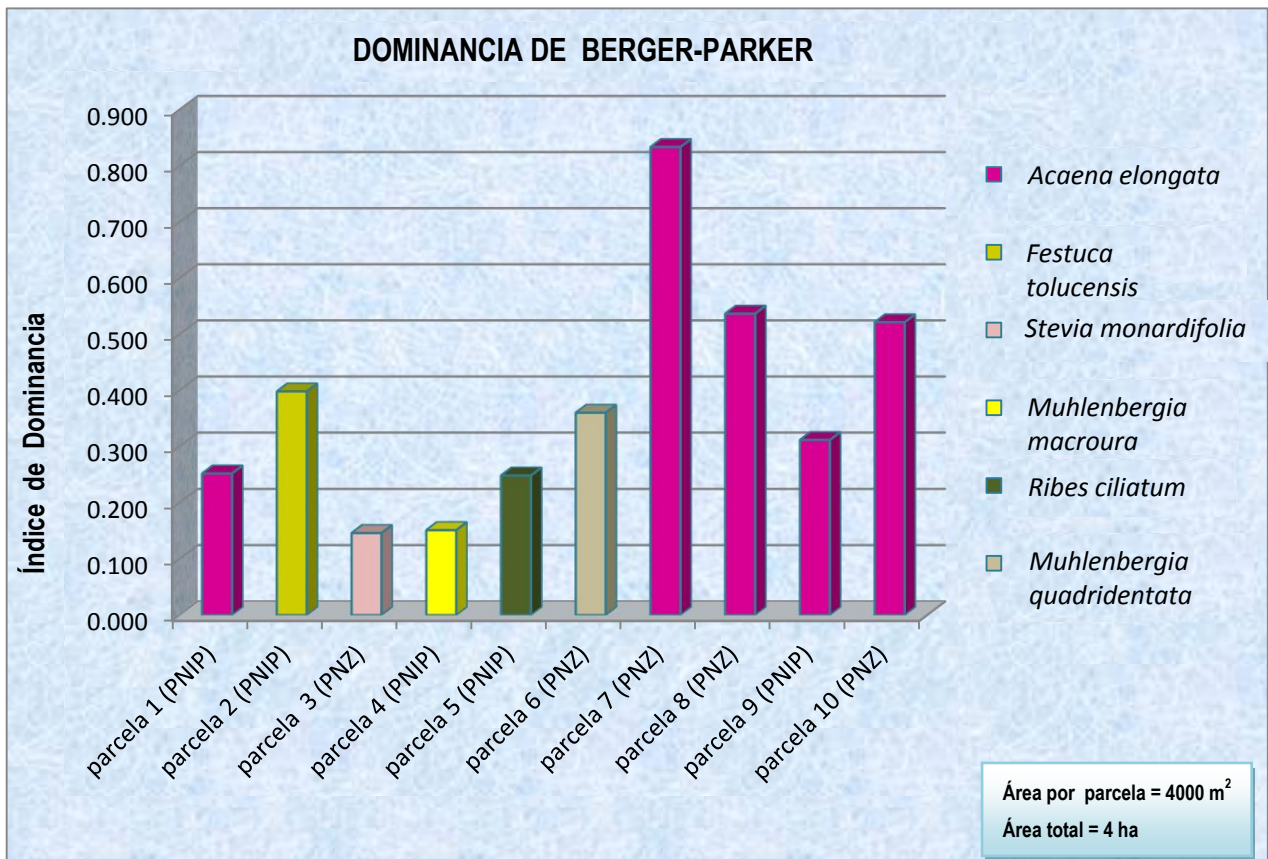


Figura 13. Comparación de valores obtenidos por cada parcela con respecto a las especies con mayor dominancia.

9.3.4.- Índice de Shanon-Wiener (diversidad de especies) entre parcelas.

El índice de Shanon-Wiener tiene como valores de referencia a *uno* como baja diversidad y *cinco* para alta diversidad. En cuanto al PNZ, se tiene como resultado que la parcela *tres* con valor de 2.593 es la de mayor diversidad y la de menor diversidad es la parcela *siete* con valor de 0.620. Mientras que para el PNIP la parcela *cuatro* con 2.220 es la de mayor diversidad, y las parcelas *dos*, *cinco* y *nueve* son las de menor diversidad (Fig. 14)

El valor máximo que presenta el índice de Shanon es *cinco*, por tanto se observa que los valores presentes en la Figura 14, muestra que en general las 10 parcelas con valores entre 0.620 y 2.593 indican una baja diversidad, sin embargo la parcela *tres* muestra una diversidad mediana.

Por tanto podemos notar que los sitio *uno*, *tres* y *cuatro* fueron los más diversos y haciendo una revisión de sus características ecológicas (ver cuadro 1) tenemos que estos fueron los sitio con mayor humedad, lo que nos hace coincidir con Madrigal (1964) quien remarca que la diversidad, vigor y volumen en estos bosques aumenta cuando se abren claros, y que esto también está relacionado principalmente con el aumento de la humedad durante la temporada de lluvia.

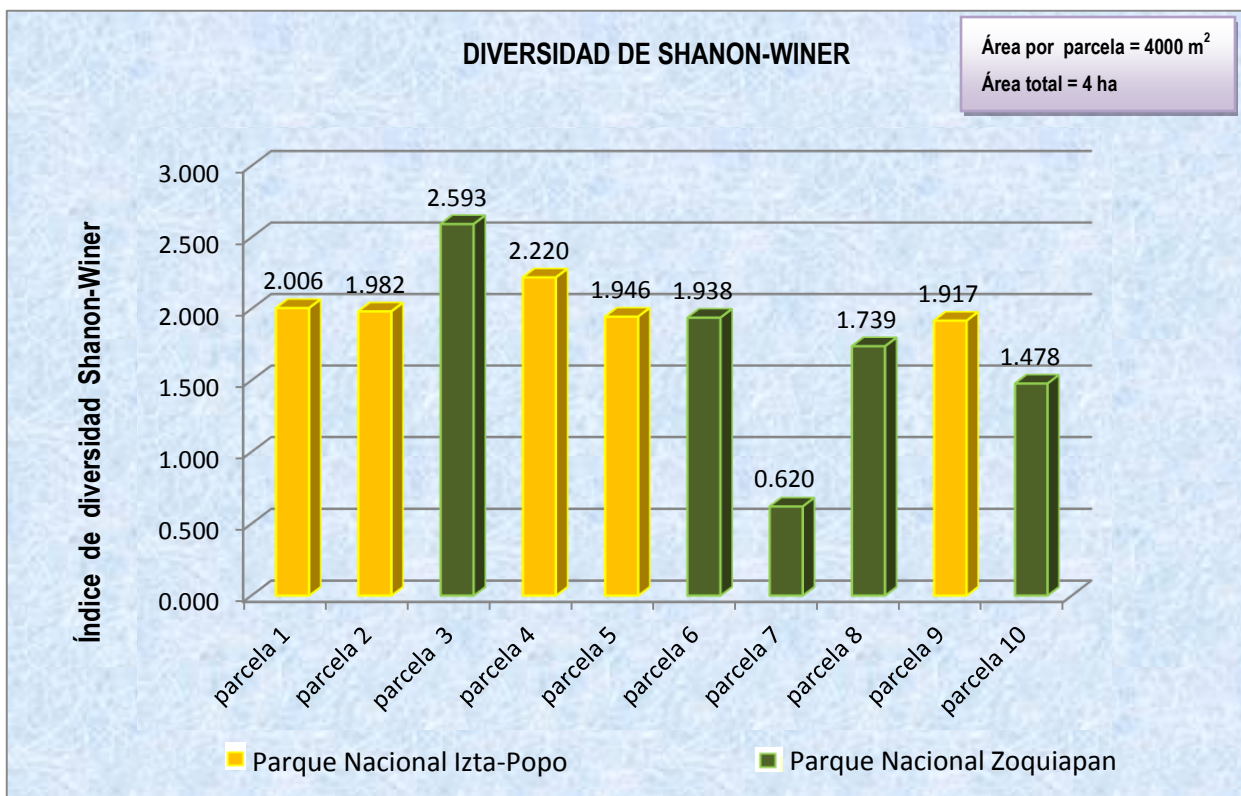


Figura 14. Comparación del índice de diversidad de especies entre parcelas.

9.3.5.- Índice de Equidad entre parcelas.

El índice de equidad de Shannon toma en cuenta la abundancia de cada especie y qué tan uniformemente se encuentran distribuidas. Se tiene que el valor máximo de equidad es *uno*.

Para el PNIP la parcela *cuatro* con 0.964 es la que presenta el valor más alto para el índice de equidad de Shannon, mientras que para el PNZ es la parcela *tres* la de mayor valor con 0.897. Sin embargo en general la mayoría de las parcelas presentan valores entre 0.659 y 0.964 lo que muestra que los individuos de las parcelas presentan una distribución uniforme (prácticamente se observa equidad en las parcelas) a excepción de la parcela *siete* (Fig. 15).

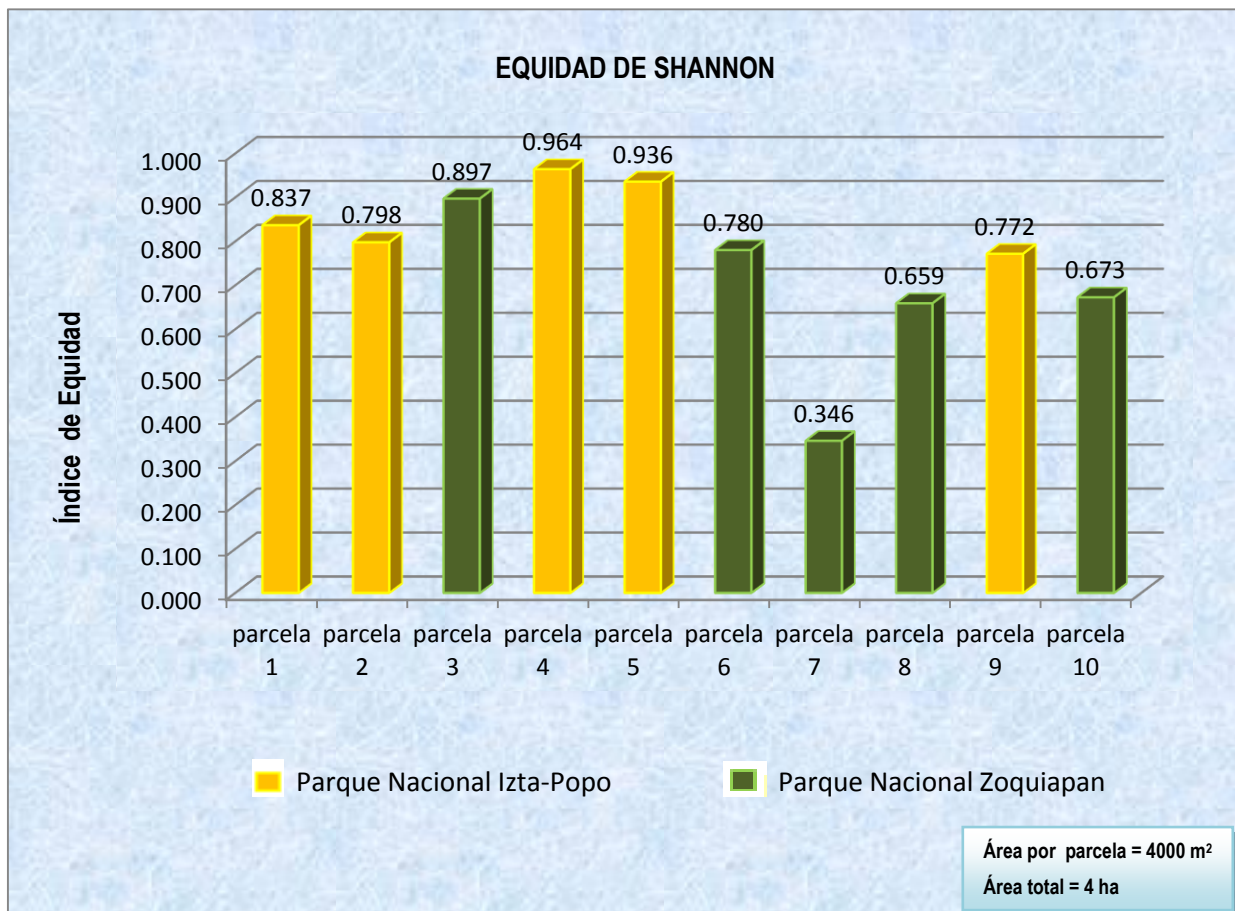


Figura 15. Comparación de Equidad entre parcelas

9.4.- COMPARACIÓN DE RESULTADO ENTRE PARQUES (PNIP Y PNZ).

Se determinaron los índices de diversidad florística para el Parque Nacional Izta- Popo (PNIP) y para el Parque Nacional Zoquiapan (PNZ) obteniendo valores para cada una de ellas y con estos valores obtenidos se realizaron comparaciones de los índices utilizados.

9.4.1. - Diversidad relativa de familias

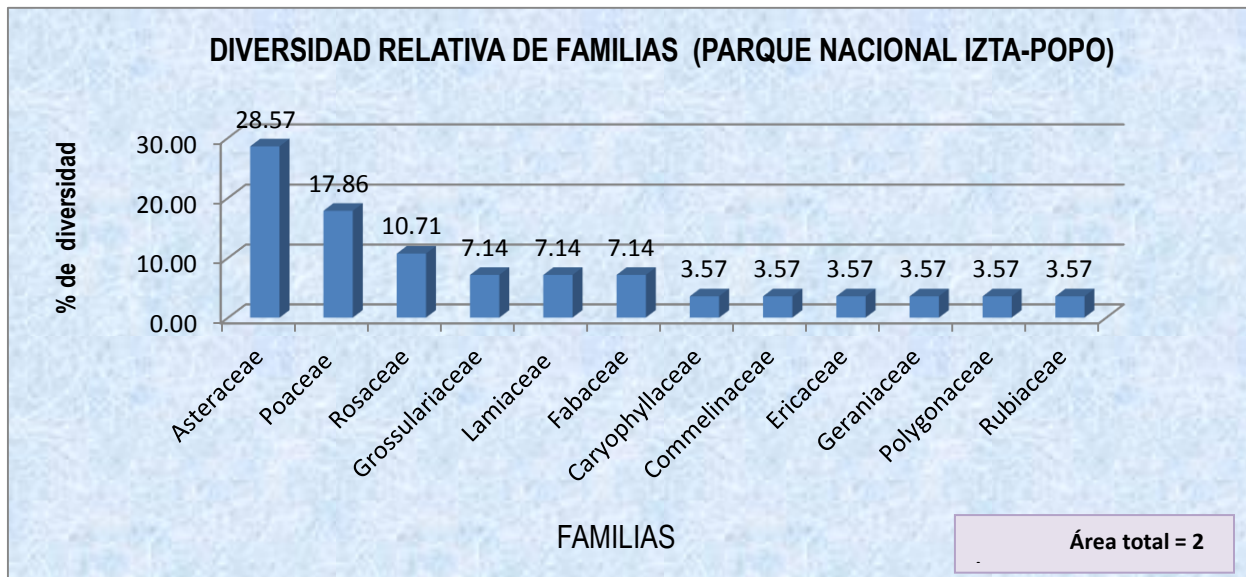


Figura 16.- Diversidad de familias para el área total del PNIP

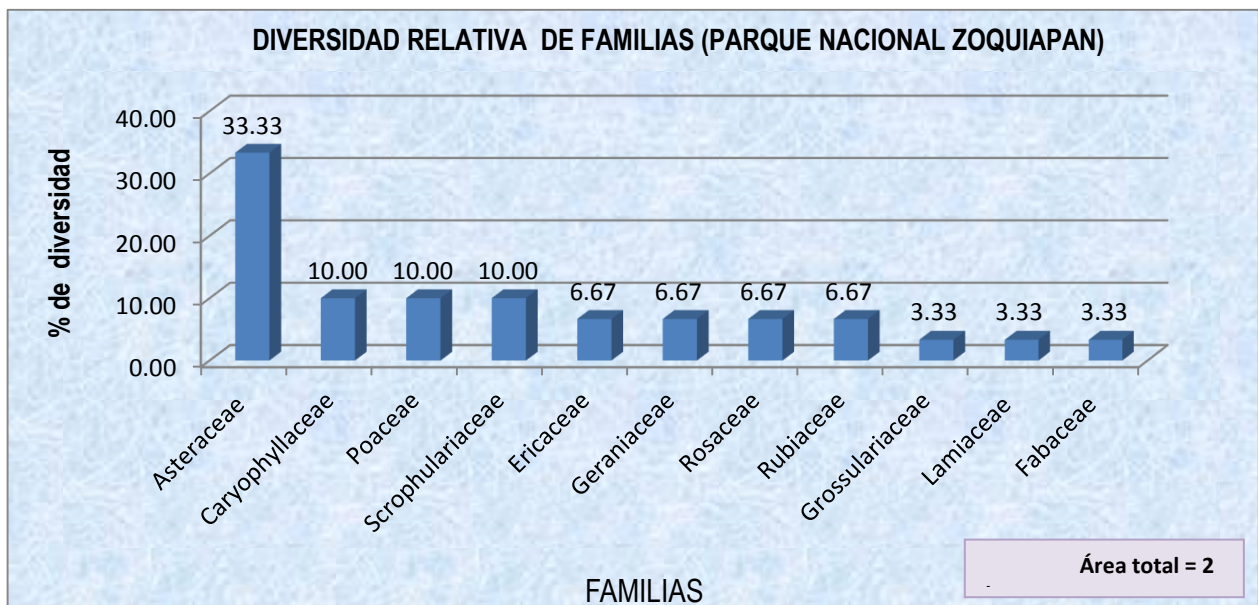


Figura 17.- Diversidad de familias para el área total del PNZ

En el registro del Parque Nacional Izta-Popo se encontraron un total de 12 familias representando el 100% de la diversidad de dicha área muestreada con valores máximos de diversidad de 28.57 %, donde la familia Asteraceae fue la más importante del área, mientras que los valores mínimos fueron para las familias Caryophyllaceae, Commelinaceae, Ericaceae, Geraniaceae, Polygonaceae y Rubiaceae con valores de 3.57% (Fig. 16).

En el Parque Nacional Zoquiapan, se encontraron un total de 11 familias, las cuales representan el 100% de la diversidad de dicho parque, la familia Asteraceae la de los valores máximos de 33.33 %, por lo tanto es la más predominante del área, los valores mínimos de 3.33% los tienen las familias Grossulariaceae, Lamiaceae, Fabaceae (Fig. 17).

De las gráficas anteriores se destaca que la familia Asteraceae es la más abundante, similar a lo publicado por Rzedowski (1978) quien hizo referencia a que en las regiones templadas de México la familia Asteraceae es la más abundante, puesto que representa del 15 al 20% de la flora. Para Sánchez, 2004, esta familia también es la más abundante en el Norte de la Sierra Nevada y representa el 15.5% del total de géneros y el 23.4% de todas las especies.

En cuanto a las familias reportadas en el Parque Nacional Izta-Popo tenemos que las tres primeras familias más abundantes coinciden con lo registrado por Sánchez y López, (2003), para bosques de *Abies religiosa*, ellos encontraron que las familias más diversas son: Asteraceae, representada por 30 géneros y 82 especies, las Poaceae con 17 géneros y 33 especies y Rosaceae con 9 géneros y 12 especies.

9.4.2.- Comparación de los índices entre parques.

Cuadro 4. Comparación de los índices obtenidos por cada Parque Nacional

	Parque Nacional Zoquiapan	Parque Nacional Izta-Popo.
Número de especies	30	28
Total del número de individuos *	1624	1112
Índice de Margalef	2.570	2.281
Índice de Diversidad de Simpson (D)	0.252	0.103
Inverso del índice de Simpson (1/D)	3.973	9.726
Cálculo de dominancia (Berger y Parker):	<i>Acaena elongata</i> = 0.4828	<i>Acaena elongata</i> = 0.1978
Diversidad de especies Shanon-Wiener	2.607	2.203
Equidad de Shanon	0.6471	0.7824

*Número de individuos encontrados en toda el área de muestreo

El cuadro anterior describe ambas zonas de muestreo donde el Parque Nacional Zoquiapan es la zona con mayor número de especies, con un total de 30, por tanto es el parque con mayor riqueza de especies con un valor de 2.570 difiriendo por 0.289 con el Parque Nacional Izta-Popo, así mismo el PNZ es también la zona con mayor número de individuos presentes en la misma superficie con un total de 1624.

En el análisis de riqueza específica de ambos Parques Nacionales, se puede observar que estos muestran una riqueza regular (ni baja, ni alta) ya que los valores se encuentran intermedios de los valores de referencia establecidos por el índice de Margalef, donde valores inferiores a 2 son considerados como zona de baja riqueza específica y valores por encima de 5 son considerados como zonas de alta riqueza (Margalef, 1969 citado por Orellana, 2009).

El índice de Simpson es mayor en el PNZ con valor de 0.252. El inverso del Índice de Simpson considera que el Parque Nacional Zoquiapan es el más dominante y menos equitativo, en comparación al Parque Nacional Izta-Popo que es más equitativo.

El índice de Berger Parker demostró que la especie *Acaena elongata* es la más dominante y la más común en ambos parques, por tanto es la especie que tiene una mayor probabilidad de ser

encontrada en estas zonas (cuadro 4). Sin embargo si recordamos lo publicado por Madrigal (1964) en relación a que *Acaena elongata* es la especie arbustiva que puede llegar a ser la más típica y abundante considerada como una especie indicadora de deterioro provocado por el pastoreo y fuego, entonces podemos especular que ambos parques se encuentran deteriorados.

El índice de Shannon-Wiener tiene un intervalo que va de uno (baja diversidad) y cinco (alta diversidad), Siendo así, el Parque Nacional Zoquiapan obtuvo como resultado un valor de 2.607, y el Parque Nacional Izta-Popo resultó ser el de menor valor, 2.203, lo que indica que el Parque Nacional Zoquiapan es más diverso, y con referencia a lo que indica el índice de Shannon-Wiener se podría decir que ambos Parques son zonas de mediana diversidad.

En el cuadro anterior se puede notar que el Parque Nacional Izta-Popo presenta el valor más alto para el índice de equidad de Shannon siendo este de 0.7824, mientras que el Parque Nacional Zoquiapan es el de menor valor con 0.6471. Sin embargo de acuerdo al valor máximo del índice de equidad que es 1 se puede deducir que ambos Parques Nacionales tienen una distribución equitativa.

9.5.- Cobertura y frecuencia de las especies.

Al analizar los datos de cobertura y frecuencia juntos, se obtiene lo siguiente: Para el Parque Nacional Izta-Popo las especies que mayor área cubren son: *Festuca tolucensis* 3798.116m², *Acaena elongata* 3154.367 m², *Muhlenbergia quadridentata* 2722.569 m², *Pernettya prostrata* 2151.383 m², *Barkleyanthus salicifolius* 2058.687 m² (Fig. 18) y las más frecuencias fueron: *Acaena elongata* con el 19.8%, *Festuca tolucensis* 14.15%, *Alchemilla procumbens* 11.6%, *Ribes ciliatum* 8.7% y *Muhlenbergia quadridentata* 8.4% (Fig. 19).

Mientras que en el Parque Nacional Zoquiapan, las especies que cubren una mayor superficie (cobertura) son: *Acaena elongata* con 2500 m², *Roldana angulifolia* con 1969.852 m², *Muhlenbergia quadridentata* 972.844 m², *Roldana lineolata* 649.241 m² y *Roldana barba-johannis* 617.923 m² (Fig. 20),

y las más frecuentes fueron: *Acaena elongata* con un 48.3%, *Stevia monardifolia* 6.3%, *Senecio callosus* 5.7% y *Roldana angulifolia* 5.5 % (Fig. 21), por tanto se observa que *Acaena elongata* es la especie más dominante en ambos parques.

Por otro lado, al sumar las coberturas por estratos, se tiene que para el PNIP el estrato herbáceo fue quien abarcó mayor superficie con un área total de 9726.737 m² y el estrato arbustivo un área total de 10,803.683 m². Por otro lado, para el PNZ nuevamente el estrato herbáceo es el que cubre mayor superficie con un total de 2543.581714 m² mientras que el estrato arbustivo cubre un total de 6518.565 m², lo que permite inferir que probablemente las especies herbáceas están tomando ventaja de los espacios. Los resultados aquí presentados concuerdan con Manzanilla (1974) quien llegó a la conclusión de que el sotobosque es mayor y más exuberante en aquellos sitios en los que se encuentran espacios abierto por tala, derrumbe o defoliación de un árbol, en tanto que la mayor intensidad de luz favorece el establecimiento de especies invasoras, así como el aumento de las ya presentes, y que en condiciones naturales la densidad de la cubierta arbustiva y herbácea es escasa, pero aumenta considerablemente con el deterioro.

Es notable como en el Parque Nacional Izta-Popo hay un mayor predominio de las gramíneas a diferencia del Parque Nacional Zoquiapan en donde esta no son muy predominantes, entonces la presencia de estas podrían coincidir con lo concluido por Madrigal 1964 y, Rosas y Ruiz, 2006 quienes mencionan que estos tipos de bosques carecen de la presencia de gramíneas, lo que les permite evitar incendios, a diferencia de otras comunidades vegetales. Y en caso de que las gramíneas se encuentren cubriendo gran parte de la zona, es un indicador de que estos sitios fueron perturbados por incendios y que la presencia de las gramíneas aumentan la probabilidad de que ocurran los incendios, en temporadas de secas que comprenden un periodo de diciembre a mayo que es cuando la mayoría de los individuos se encuentran ya secos.

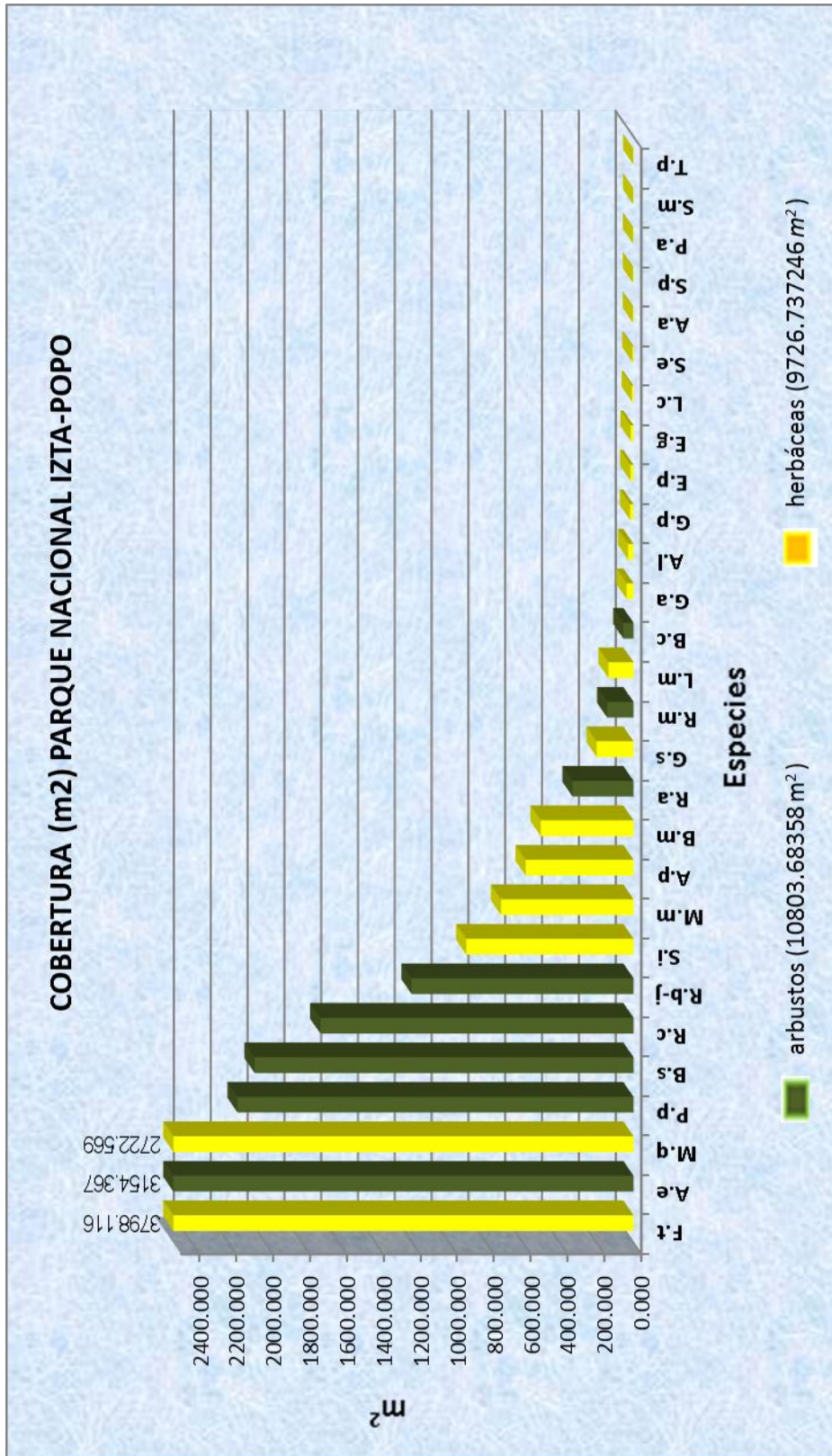


Figura 18. Cobertura de las especies colectadas en el Parque Nacional Izta-Popo: **F.t**= *Festuca toluensis*, **A.e**= *Acaena elongata*, **M.q**= *Muhlenbergia quadridentata*, **P.p**= *Pernettya prostrata*, **B.s**= *Barkleyanthus salicifolius*, **R.c**= *Ribes ciliatum*, **R.b-j**= *Roldana barba-johannis*, **S.i**= *Stipa ichu*, **M.m**= *Muhlenbergia macroura*, **A.p**= *Alchemilla procumbens*, **B.m**= *Brachypodium mexicanum*, **R.a**= *Roldana angulifolia*, **G.s**= *Gnaphalium semiamplexicaule*, **R.m**= *Ribes microphyllum*, **L.m**= *Lupinus montanus*, **B.c**=*Baccharis conferta*, **G.a**= *Galium aschenbornii*, **A.l**= *Arenaria lycopodioides*, **G.p**= *Geranium potentillaefolium*, **E.p**= *Eupatorium pazuarensense*, **E.g**=*Eupatorium glabratum*, **L.c**= *Lupinus campestris*, **S.e**= *Salvia elegans*, **A.a**= *Alchemilla aphanoides*, **S.p**=*Salvia prunelloides*, **P.a**=*Polygonum aviculare*, **S.m**=*Stevia monardifolia*, **T.p**=*Tripogandra purpurascens*.

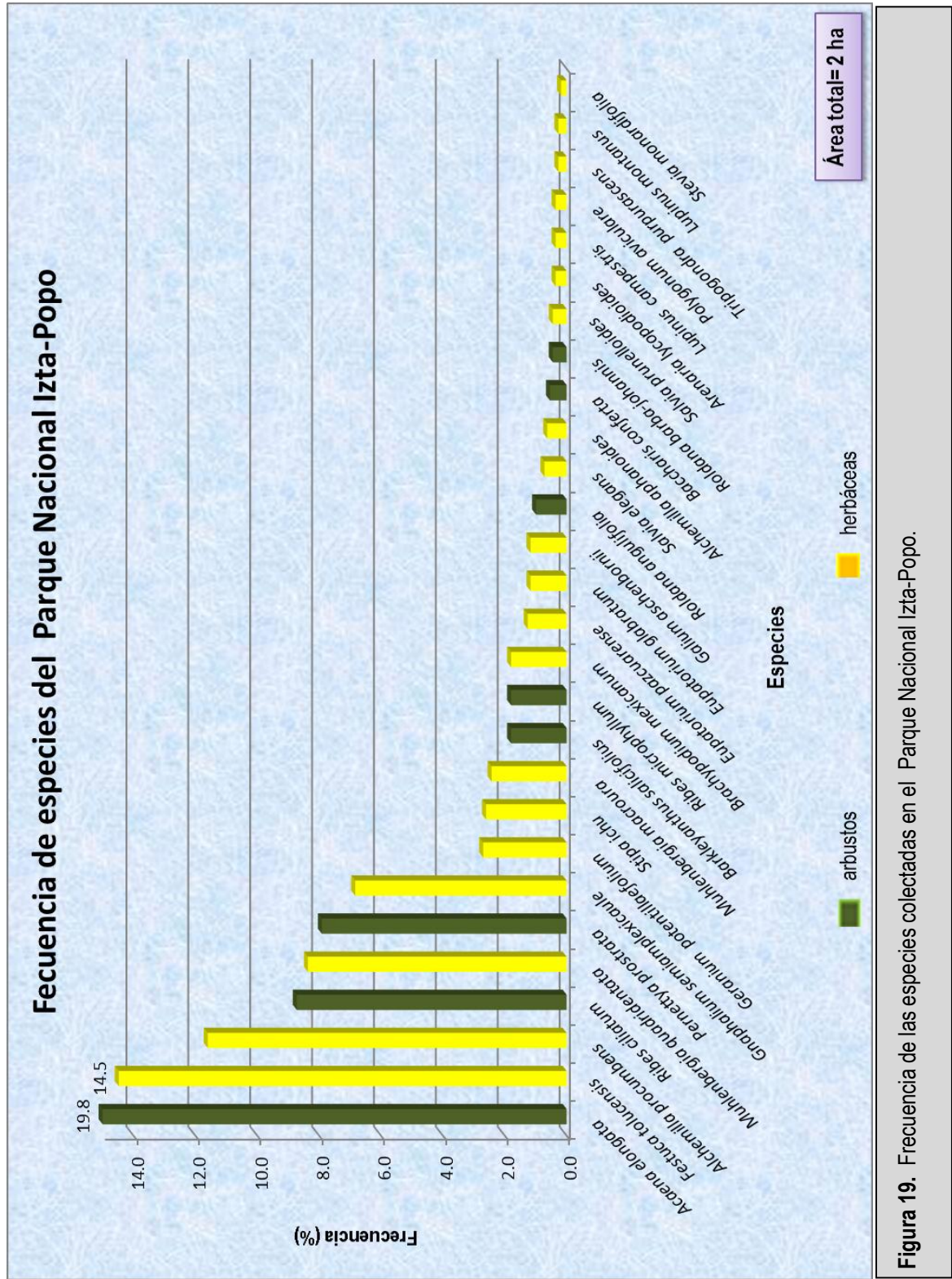


Figura 19. Frecuencia de las especies colectadas en el Parque Nacional Izta-Popo.

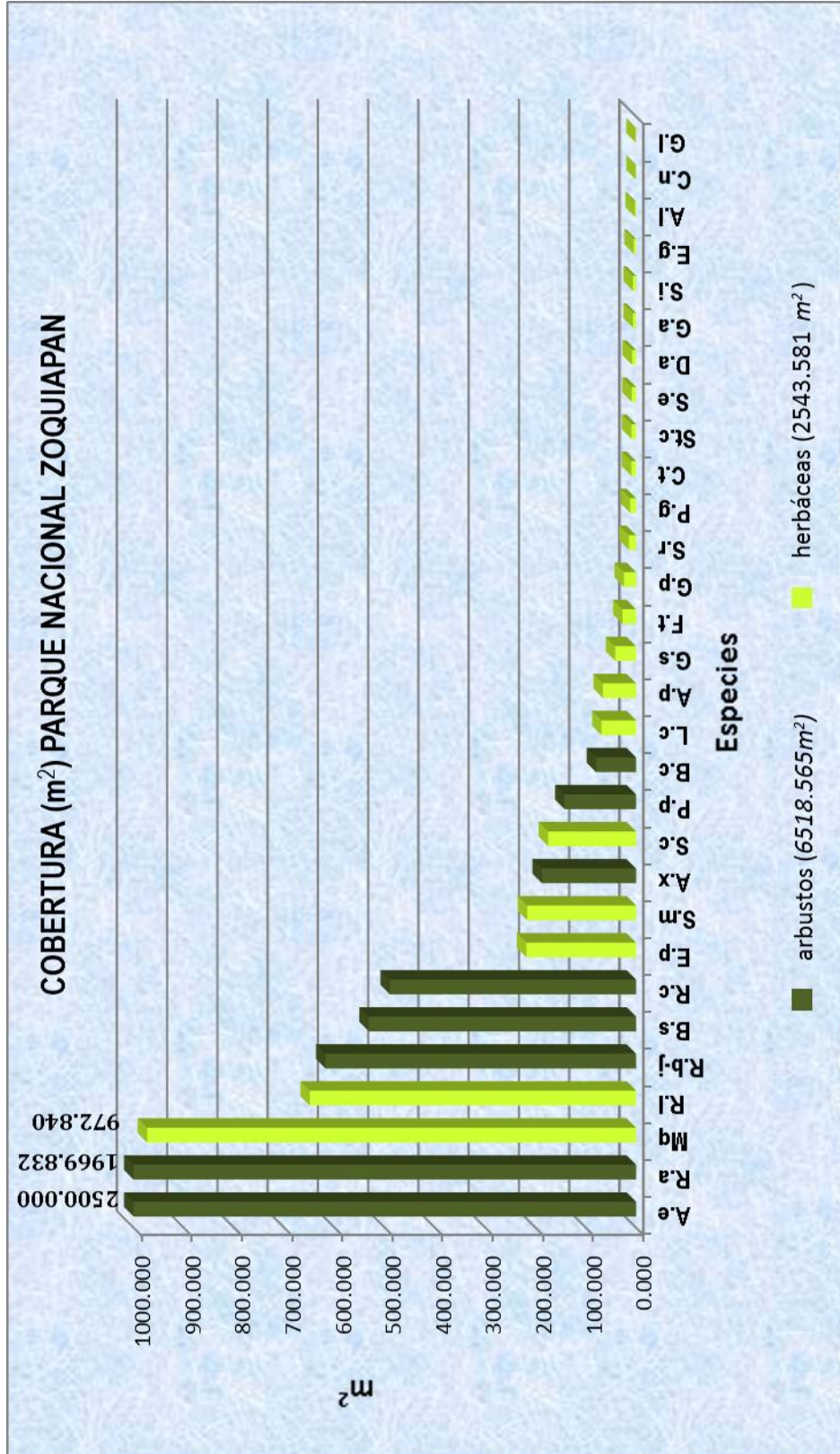


Figura 20. Cobertura de las especies colectadas en el Parque Nacional Zoquiapan: **A.e**=*Acaena elongata*, **R.a**=*Roldana angulifolia*, **Mq**=*Muhlenbergia quadridentata*, **R.l**=*Roldana lineolata*, **R.b.j**=*Roldana barba-johannis*, **B.s**=*Barkleyanthus salicifolius*, **R.c**=*Ribes ciliatum*, **E.p**=*Eupatorium pazcuarensis*, **S.m**=*Stevia monardifolia*, **A.x**=*Arbutus xalapensis*, **S.c**=*Senecio callosus*, **P.p**=*Pernettya prostrata*, **B.c**=*Baccharis conferta*, **L.c**=*Lupinus campestris*, **A.p**=*Alchemilla procumbens*, **G.s**=*Gnaphalium semiamplexicaule*, **F.t**=*Festuca toluensis*, **G.p**=*Geranium potentillaefolium*, **S.f**=*Sibthorpia repens*, **P.g**=*Penstemon gentianoides*, **C.t**=*Castilleja tenuiflora*, **St.c**=*Stellaria cuspidata*, **S.e**=*Salvia elegans*, **D.a**=*Didymaea alsinoides*, **G.a**=*Galium aschenbornii*, **S.i**=*Stipa ichu*, **E.g**=*Eupatorium alabratum*, **A.l**=*Arenaria lvcnonnoides*, **C.n**=*Cerastium nitans*, **G.l**=*Geranium latum*

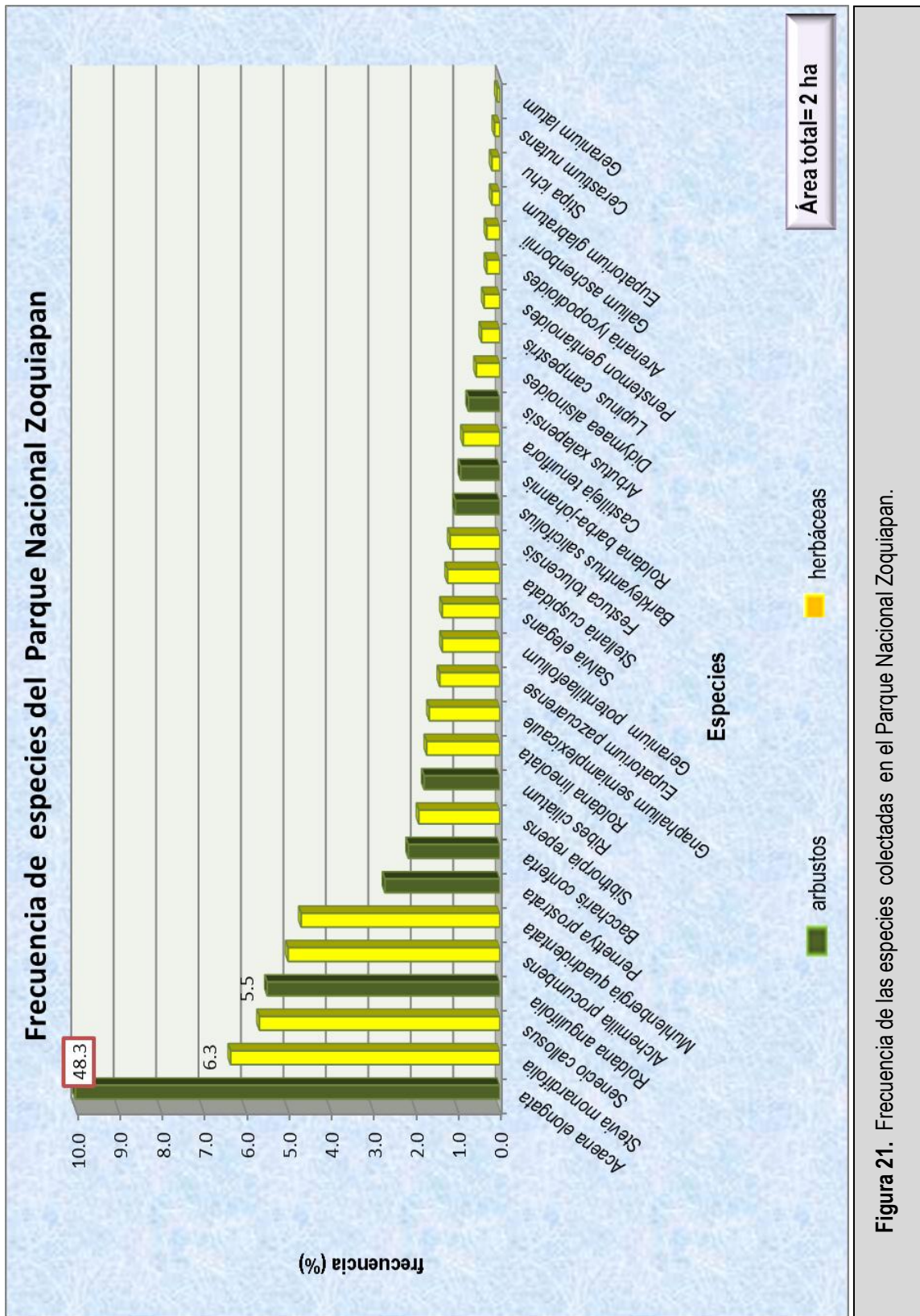


Figura 21. Frecuencia de las especies colectadas en el Parque Nacional Zoquiapan.

9.6.- Índices de Valor de Importancia de las especies.

Con los valores de importancia calculados para la vegetación presente en el Parque Nacional Izta-Popo destacan las especies *Acaena elongata* con valor de 42.695 y *Festuca tolucensis* con 42.412 estos dos representan las especies de mayor valor, resultado de su gran cobertura, densidad y frecuencia; le siguen las especies *Muhlenbergia quadridentata* (25.398), *Ribes ciliatum* (24.559), *Pernettya prostrata* (24.053) y *Alchemilla procumbens* (20.117) y las de menor valor encontrados son: *Lupinus campestris* (2.291), *Polygonum aviculare* (2.261), *tripogondra purpurascens* (2.163) y *Stevia monardifolia* (2.076) (Fig. 22).

Para el Parque Nacional Zoquiapan, resaltan: *Acaena elongata*, con un valor de importancia de 84.337, le siguen, *Roldana angulifolia*, *Muhlenbergia quadridentata* y *Senecio callosus* con valores de 10.767, 6.833, 5.357 respectivamente, el valor de las dos primeras determinada por la cobertura y el de la última por la frecuencia (Fig. 23).

Al comparar las especies que tuvieron un mayor índice de valor de importancia en la presente investigación, con las especies reportadas por Sánchez *et al.*, (2006) se tiene que la mayoría coinciden, como es el caso de la más abundante en todos los sitios, *Acaena elongata*, le siguen *Alchemilla procumbens*, *Ribes ciliatum*, *Roldana angulifolia*, *Senecio callosus*, y los géneros *Festuca* y *Muhlenbergia*, seguida por: *Dydymea alsinoides*, *Eupatorium pascuarensense*, *Galium aschenbornii*, *Stellaria cuspidata*, *Stevia monardifolia* y *Castilleja tenuiflora*.

Por lo que se refiere a la sucesión secundaria, Madrigal (1967), señala que después de la destrucción del bosque clímax hay una fase inicial de gramíneas amacolladas como son el género: *Festuca*, *Stipa* y *Muhlenbergia*, le sigue una de arbustos en la cual dominan *Baccharis conferta*,



Juniperus monticola, *Senecio cinerarioides*, *Arctostaphylos arguta* y *Salix cana* o bien *Quercus spp.*, y *Arbutus spp.*, Después se presenta un bosque de *Pinus* y *Alnus*, para restablecer finalmente el bosque de *Abies* y como lo cita Rosas y Ruiz (2006), cualquier intento de reforestación con *Abies*, debe seguir estos pasos o por lo menos algunos de ellos, de otra manera, está condenado al fracaso.

Con base a lo anterior podemos inferir que el parque Nacional Izta-Popo se encuentra en un estadio de sucesión secundaria, ya que se encuentran presentes gramíneas pertenecientes a los géneros *Festuca*, *Muhlebergia* y *Stipa*, además de la especie *Baccharis conferta*, y se diferencia del Parque Nacional Zoquiapan porque este no tiene bien definido este estadio sucesional.

El analizar a las poblaciones herbáceas y arbustivas con el índice de valor de importancia nos permite emitir decisiones y recomendaciones para la conservación de los sitios. La abundante representatividad de gramíneas en la comunidad expresa el efecto de la perturbación (natural o antrópica) Sánchez *et al.*, (2006).

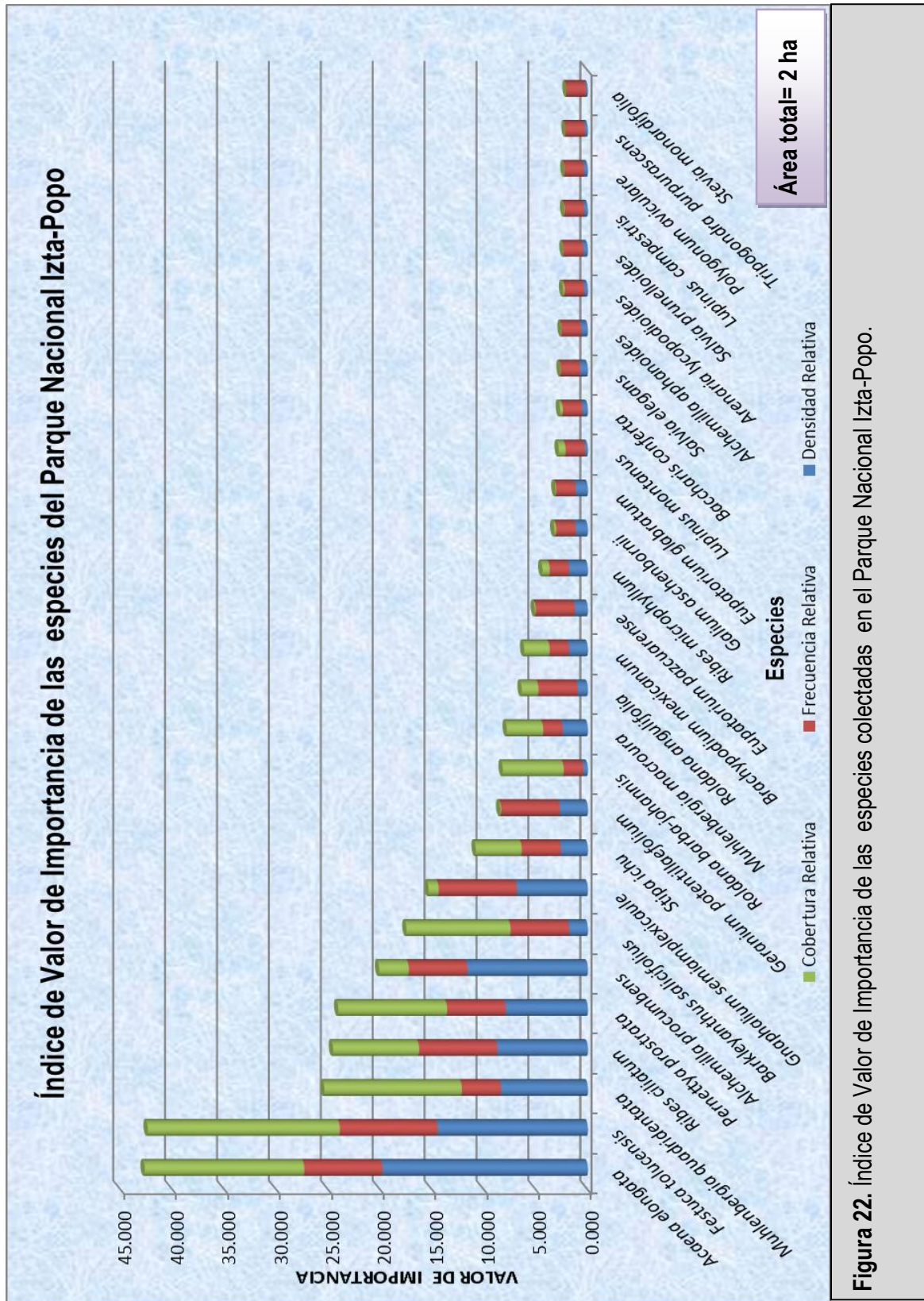


Figura 22. Índice de Valor de Importancia de las especies colectadas en el Parque Nacional Izta-Popo.

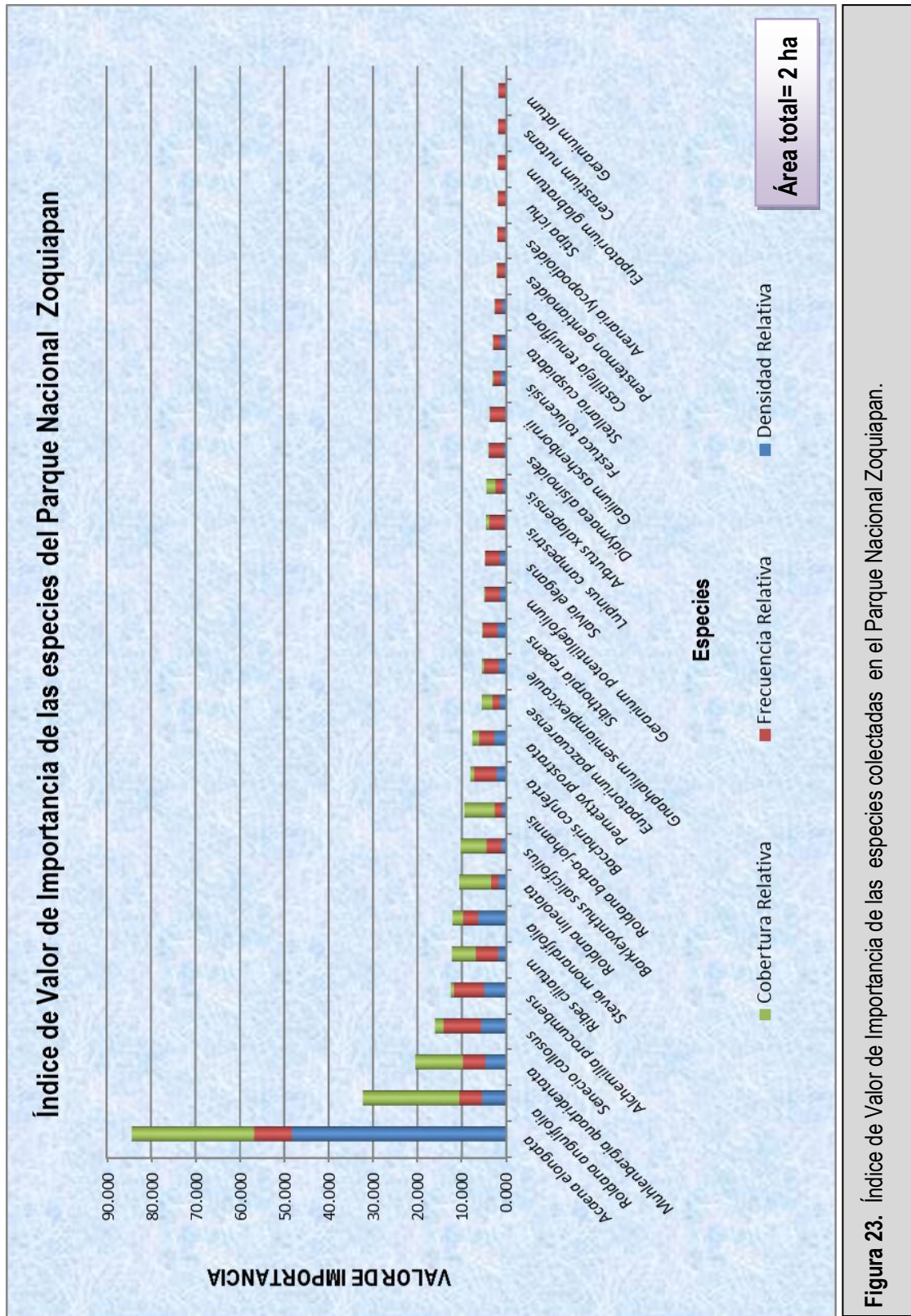


Figura 23. Índice de Valor de Importancia de las especies colectadas en el Parque Nacional Zoquiapan.

9.7.- Comparación del índice de Jaccard entre el Parque Nacional Izta-Popo y el Parque Nacional Zoquiapan.

Cuadro 5. Similitud de Jaccard

	Índice de Jaccard	
	Parque Nacional Izta-Popo	Parque Nacional Zoquiapan
Parque Nacional Izta-Popo		0.553
Parque Nacional Zoquiapan	0.553	

Los valores del índice de Jaccard van de 0 cuando no hay especies compartidas entre los sitios y hasta 1 cuando los sitios tienen la misma composición de especies

El índice de Jaccard que calcula la similitud entre sitios, fue calculado en base a la ausencia y presencia de las especies registradas en el Parque Nacional Izta-Popo y el Parque Nacional Zoquiapan, obteniendo como resultado que las localidades son semejantes entre sí con valores de 0.553 (cuadro 5) lo que comprueba lo referido por Sánchez *et al.* (2005) quienes mencionan que estos dos parques comparten especies debido a que se encuentran geográficamente muy cercanas y que además los bosques de oyamel son ecosistemas que se caracterizan por ser bosque que requieren de condiciones específicas para su establecimiento, pero que a pesar de esto no deja de haber algunas diferencias entre unos y otros ya que algunos crean microclimas entre la misma comunidad.

9.8.- Comparación con otros estudios.

Con la comparación del listado de especies registradas en la presente investigación con otros trabajos, se tiene que, Madrigal en 1967 y Sánchez *et al.*, 2005 mencionan que la composición florística y estructura son similares en todos los bosques de *Abies religiosa* y que son comunidades geográficamente muy cercanas entre sí, por lo que comparten características comunes. Por consiguiente y con base al cuadro 6 se puede notar que hay una semejanza florística por la presencia de las mismas especies entre el Parque Nacional Izta-Popo y el Parque Nacional Zoquiapan. Lo que concuerda con el estudio florístico en bosques de *Abies religiosas* dentro de la Faja volcánica Transmexicana, realizado por Sánchez *et al.*, 2005, quienes concluyen que hay una estrecha semejanza en la composición florística entre las localidades del PNIP y el PNZ, y que estas poseen la composición de especies más representativas de los bosques de oyamel en la faja.

Por otra parte, la presencia del número de especies encontradas en el bosque de *Abies religiosa* del PNIP y el PNZ cuya suma de ambas zonas da un total de 38 especies, coincide con lo reportado por Nieto de Pascual (1995), quien en su estudio sinecológico del bosque de oyamel en la cañada contreras D.F. reporta un total de 40 especies. Sin embargo haciendo una revisión de las especies, se puede notar que coinciden en cuanto a número, pero difieren en cuanto a especies, ya que de todas las especies que se reportan en estas zonas, solo 10 son las que coinciden (cuadro 6), tal vez esto se deba a lo que menciona Tuomisto *et al.*, (2003), que los pequeños manchones de bosques en ocasiones presentan condiciones ambientales diferentes ya sea por altitud, humedad o temperatura. Por ello aquellas áreas que no han sido muestreadas deben hacerse con precaución, pues aun cuando los bosques de oyamel son semejantes estructuralmente, existen casos en los que hay diferencia en cuanto a su composición florística.

Cuadro 6. Comparación de la presencia y ausencia de especies en los bosques de oyamel del Parque Nacional Izta-Popo y Zoquiapan con relación a otros trabajos (Faja Volcánica Transmexicana y Cumbres del Ajusco)

ESPECIES	Parque Nacional Zoquiapan	Parque Nacional Izta-Popo	Faja Volcánica Transmexicana	Cumbres del Ajusco	ESPECIES	Parque Nacional Zoquiapan	Parque Nacional Izta-Popo	Faja Volcánica Transmexicana	Cumbres del Ajusco
<i>Abies religiosa.</i>	x	x	x	x	<i>Gnaphalium semiamplexicaule</i>	x	x		
<i>Acaena elongata</i>	x	x	x	x	<i>Linnium mexicanus</i>				x
<i>Alchemilla aphanoides</i>		x			<i>Lupinus campestris</i>	x	x		
<i>Alchemilla procumbens</i>	x	x	x	x	<i>lupinus montanus</i>		x		
<i>Alnus jorullensis</i>			x		<i>Muhlenbergia macroura</i>		x		x
<i>Arbustus glandulosa</i>				x	<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	x	x		
<i>Arbutus xalapensis</i>	x		x		<i>Penstemon campanulatus</i>				x
<i>Arenaria lanuginosa</i>					<i>Penstemon gentianoides</i>	x			x
<i>Arenaria lycopodioides</i>	x				<i>Pemettya prostrata</i>	x	x	x	x
<i>Asplenium monanthes</i>			x		<i>Picris echinoides</i>				x
<i>Baccharis conferta</i>	x	x	x		<i>Plantago major</i>				x
<i>Baccharis multiflora</i>					<i>Polygonum aviculare</i>		x		
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	x	x		x	<i>Quercus rugosa</i>				x
<i>Bidens triplinervia</i>				x	<i>Ribes affine</i>				
<i>Brachypodium mexicanum</i>		x	x		<i>Ribes ciliatum</i>	x	x	x	
<i>Brassica campestris</i>				x	<i>Ribes microphyllum</i>		x		
<i>Bromus carinatus</i>				x	<i>Roldana angulifolia</i>	x	x	x	
<i>Buddleia parviflora</i>			x		<i>Roldana barba-johannis</i>	x	x	x	x
<i>Castilleja tenuiflora</i>	x		x	x	<i>Roldana lineolata</i>	x			
<i>Ceanothus coeruleus</i>				x	<i>Salix paradoxa</i>			x	
<i>Cerastium nutans</i>	x	x	x		<i>Salvia elegans</i>				
<i>Cirsium ehrenbergii</i>			x		<i>Salvia prunelloides</i>	x	x	x	x
<i>Cupressus lindleyi</i>				x	<i>Senecio callosus</i>		x		
<i>Didymaea alsinoides</i>			x		<i>Senecio cinerarioides</i>	x		x	
<i>Erigeron galeottii</i>	x		x	x	<i>Senecio platanifolius</i>			x	
<i>Eupatorium pycnocephalum</i>				x	<i>Senecio rhombifolius</i>				xx
<i>Eupatorium glabratum</i>	x	x	x		<i>Senecio tolucanus</i>				x
<i>Eupatorium pazcuarensense</i>	x	x	x		<i>Sibthorpia repens</i>	x			
<i>Euphorbia furcillata</i>				x	<i>Sigesbeckia jorullensis</i>			xx	x
<i>Festuca toluensis</i>	x	x			<i>Solanium cervantessi</i>				x
<i>Fragaria mexicana</i>			x		<i>Stellaria cuspidata</i>	x			
<i>Fuchsia microphylla</i>			x	x	<i>Stevia monardifolia</i>	x	x	x	
<i>Galium aschenbornii</i>	x	x	x	x	<i>Stipa ichu</i>				
<i>Geranium potentillaefolium</i>	x	x	x		<i>Symphoricarpos microphyllus</i>			x	x
<i>Geranium latum</i>	x				<i>Tripogondra purpurascens</i>		x		
<i>Geranium seemannii</i>			x	x					

Pasa lo contrario con lo reportado por Sánchez *et al.*, 2005, quienes reportan en su estudio “ semejanza florística en los bosque de *Abies religiosa* por la Faja Volcánica Transversal” un total de 516 especies; pero para la comparación solo se tomaron en cuenta las que para estos autores fueron las más representativas, estando presentes en los 12 sitios que ello muestrearon, de sus 58 especies más representativas 22 son las que coinciden con las especies encontradas en el Parque Nacional Izta-Popo y

en el Parque Nacional Zoquiapan. Por último se puede notar en el mismo cuadro citado que las únicas especies localizadas en todos los sitios de comparación son ***Acaena elongata***, ***Alchemilla procumbens***, ***Galium aschenbornii***, ***Roldana barba-johannis***, y ***Salvia elegans***, especies reportadas por Rzedowski en 1998 como propias y frecuentes en los bosques de oyamel.

9.9- Listado florístico y características de las especies encontradas en el bosque de *Abies*.

El conocer las ecología de las especies de algún ecosistema, nos permite entender cómo funciona este, y con ello tomar medidas que puedan mitigar los problemas de conservación que enfrentan las poblaciones humanas y de este modo ayudar a reducir sus problemas ambientales. Ya que, cualquier perturbación de distinta naturaleza leve o grave puede propiciar la aparición de algunas especies que no corresponden a las típicas de la comunidad, o bien puede estimularse el aumento de otras que son componentes normales (Rosas y Ruiz 2006).

De acuerdo a las características de las especies, descritas en el catálogo florístico (anexo VI) y resumido en el cuadro 7, se tiene que, las especies asociadas a los Bosques de *Abies religiosa* son las siguientes: *Acaena elongata*, *Alchemilla procumbens*, *Arbutus xalapensis*, *Didymaea alsinoides*, *Eupatorium glabratum*, *Eupatorium pazcuarensis*, *Galium aschenbornii*, *Ribes ciliatum*, *Ribes microphyllum*, *Roldana barba-johannis*, *Roldana lineolata*, *Salvia elegans*, *Senecio callosus*, *Sibthorpia repens*, *Stellaria cuspidata*, *Stevia monardifolia*. Y como especies indicadoras de fuego, aclareo por tala, y bosques perturbados encontraron los arbustos y herbáceas siguientes: *Alchemilla procumbens*, *Arbutus xalapensis*, *Baccharis conferta*, *Penstemon gentianoides*, *Acaena elongata*, *Castilleja tenuiflora*, y en especial el género *Muhlenbergia* es particularmente un indicador de disturbio por fuego. También se

encontraron *tres* especies endémicas, *cinco* pertenecientes a vegetación secundaria y de las 38 especies registradas 21 poseen propiedades medicinales (cuadro 7).

Cuadro 7. Listado y características de las especies colectadas en ambos Parques Nacionales.

familia	especies	1	2	3	4	5	6
Caryophyllaceae	<i>Cerastium nutans</i>			*			
	<i>Arenaria lycopodioides</i>			*		*	*
	<i>Stellaria cuspidata</i>				*		
Commelinaceae	<i>Tripgondra purpurascens</i>	*					
Asteraceae	<i>Baccharis conferta</i>			*		*	*
	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>			*			*
	<i>Eupatorium glabratum</i>				*		
	<i>Eupatorium pazcuarensis</i>				*		*
	<i>Gnaphalium semiamplexicaule</i>			*			*
	<i>Roldana angulifolia</i>				*		*
	<i>Roldana barba-johannis</i>				*		*
	<i>Roldana lineolata</i>				*		
	<i>Senecio callosus</i>				*		*
<i>Stevia monardifolia</i>				*			
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>			*	*	*	
	<i>Pernettya prostrata</i>						
Geraniaceae	<i>Geranium potentillaefolium</i>			*			*
	<i>Geranium latum</i>	*					*
Poaceae	<i>Brachypodium mexicanum</i>			*			
	<i>Festuca tolucensis</i> Kunth			*		*	
	<i>Muhlenbergia macroura</i>					*	*
	<i>Muhlenbergia quadridentata</i>						
	<i>Stipa ichu</i>			*			
Grossulariaceae	<i>Ribes cliatum</i>	*			*		*
	<i>Ribes microphyllum</i>				*		*
Lamiaceae	<i>Salvia elegans</i>			*	*		*
	<i>Salvia prunelloides</i>			*			*
Fabaceae	<i>Lupinus campestris</i>			*			*
	<i>Lupinus montanus</i>			*			*
Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i>		*				*
Rosaceae	<i>Acaena elongata</i>			*	*		
	<i>Alchemilla aphanoides</i>			*			
	<i>Alchemilla procumbens</i>			*	*		*
Rubiaceae	<i>Didymaea alsinoides</i>				*		*
	<i>Galium aschenbomii</i>				*		
Scrophulariaceae	<i>Castilleja tenuiflora</i>			*			*
	<i>Penstemon gentianoides</i>			*			
	<i>Sibthorpia repens</i>				*		

1= Especies endémicas, 2= Especies invasoras, 3= Especies presentes en bosques perturbados y claros, 4= Especies asociadas a *Abies religiosa*, 5= Vegetación secundaria, 6= Plantas medicinales

9.10.- Fenología.

La fenología, es una parte importante en el estudio ecológico de las plantas, la información puede servir para el manejo del recurso natural (Mostacedo y Todd, 2000).

En función del periodo de colecta y partiendo de que la mayoría de las especies herbáceas son anuales (Nieto de Pascual, 1995). Se encontró a la mayoría de las especies en su periodo de floración, lo que favoreció a su determinación taxonómica pues los ciclos fenológicos en las diversas especies botánicas obedecen tanto a factores climáticos como al medio ambiente (Madrigal 1964).

Del total de las 38 especies que se reportan, la mayoría presenta la fase vegetativa en los meses de Mayo a Junio o un poco más cuando las lluvias ya se han establecido. La floración abarca de Julio a Septiembre (cuadro 8). Este ciclo fenológico, generalmente es notable en las plantas herbáceas y es casi nulo en los arbustos ya que en estos el ciclo es muy variable.

Comparado con lo descrito por Madrigal (1964) tenemos que, efectivamente, los datos coinciden, ya que él documentó en su estudios sobre los bosques de oyamel, un total de 42 especies y reporto que la mayoría de las especies que el presenta tiene su fase vegetativa a principios del año en los meses de abril y mayo, y la floración abarcaba de julio a octubre, difiriendo con el presente estudio por un mes. Pero también coinciden en cuanto a que estos ciclos se ven mejor remarcados en las especies herbáceas y en menor cantidad en los arbustos, el mismo autor menciona que las lluvias inician a fines de mayo y terminan en octubre, lo que favorece al crecimiento vegetal, comparando esto con los resultados obtenidos en el cuadro 8 tenemos que efectivamente los meses de julio, agosto y septiembre son los meses en donde se encontró un mayor número de especies.

Cuadro 8. Fechas de floración de las especies colectadas en los Parques Nacionales Izta-Popo y Zoquiapan

Familia	ESPECIES	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Caryophyllaceae	<i>Arenaria lycopodioides</i>							*	*	*			
	<i>Cerastium nutans</i>							*	*	*			
	<i>Stellaria cuspidata</i>							*	*	*			
Commelinaceae	<i>Tripogondra purpurascens</i>								*	*	*		
Asteraceae	<i>Baccharis conferta</i>			*	*	*	*						
	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>		*	*	*								
	<i>Eupatorium glabratum</i>		*	*	*								
	<i>Eupatorium pazcuarensis</i>								*	*	*	*	
	<i>Gnaphalium semiamplexicaule</i>								*	*			
	<i>Roldana angulifolia</i>	*										*	*
	<i>Roldana barba-johannis</i>	*	*									*	*
	<i>Roldana lineolata</i>	*										*	*
	<i>Senecio callosus</i>	*								*	*	*	*
	<i>Stevia monardifolia</i>									*	*	*	*
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> ^		*										
	<i>Pernettya prostrata</i>				*	*	*	*					
Geraniaceae	<i>Geranium potentillaefolium</i>							*	*	*			
	<i>Geranium latum</i>							*	*	*			
Poaceae	<i>Brachypodium mexicanum</i> ^								*	*			
	<i>Festuca tolucensis</i>								*	*			
	<i>Muhlenbergia macroura</i>								*	*	*	*	
	<i>Muhlenbergia quadridentata</i> ^								*	*			
	<i>Stipa ichu</i> ^			*									
Grossulariaceae	<i>Ribes ciliatum</i>			*	*	*							
	<i>Ribes microphyllum</i>			*	*	*	*	*					
Lamiaceae	<i>Salvia elegans</i>							*	*	*			
	<i>Salvia prunelloides</i>							*	*	*			
Fabaceae	<i>Lupinus campestris</i> ^											*	
	<i>Lupinus montanus</i> ^											*	
Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i> ^												
Rosaceae	<i>Acaena elongata</i>					*	*	*	*	*	*		
	<i>Alchemilla aphanoides</i> ^							*	*	*			
	<i>Alchemilla procumbens</i>						*	*					
Rubiaceae	<i>Didymaea alsinoides</i>						*	*	*				
	<i>Galium aschenbornii</i> ^		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Scrophulariaceae	<i>Castilleja tenuiflora</i>	*							*	*	*	*	*
	<i>Penstemon gentianoides</i>								*	*	*	*	
	<i>Sibthorpia repens</i>						*	*	*				



9.11.- Indicadores de presión, estado, respuesta y caracterización ecológica del muestreo realizado en el Parque Nacional Izta-Popo y el Parque Nacional Zoquiapan.

La información ecológica reunida en los sitios de muestreo hace referencia a algunos componentes registrados mediante una ficha realizada por Madrigal (1967) para el levantamiento de datos, Así mismo estos datos fueron complementados por fichas elaboradas en el Laboratorio de Contaminación Atmosférica FES-ZARAGOZA (UNAM) (Ver anexo I).

9.11.1.- El Parque Nacional Izta-Popo.

Las zona de estudio (sitio 1,2,4,5,9) ubicados dentro del Parque Nacional Izta-Popo (Fig. 24) localizados entre los 19°05'00" y 19°05'49" de latitud Norte, 98°40'51" y 98°44'28" de longitud Oeste. La presencia del bosque de *Abies religiosa* se observó a partir de los 3288 a los 3365 m de altitud. Las pendientes con valores, generalmente altos que van desde los 27 a los 30° y por la forma accidentada del terreno la posición topográfica de estos sitios corresponde a laderas de cerros y cañadas.



Figura 24. Muestreos en el Parque Nacional Izta-Popo donde: A=sitio 1, B=sitio 2, C=sitio 4, D=sitio 5, E=sitio 9

Como **indicadores de presión** se tienen a los incendios forestales detectados en la parcelas dos y cuatro determinado por la presencia de carbón vegetal, esta misma presencia despierta un gran interés, ya que esto sugiere una perturbación en estas parcelas, que pueden llevar consigo dicho incendio. Y de acuerdo con Rosas y Ruiz, 2006 quien menciona que los bosques puros de oyamel, donde la única especie dominante es *Abies religiosa*, las comunidades suelen ser tan cerradas que las copas de los árboles no permiten el paso de la luz, creando condiciones de penumbra, inhibiendo el crecimiento del estrato inferior de arbustos o de plantas herbáceas, lo que disminuye la incidencia de incendios

forestales. Por tanto cuando estos bosques se ven dañados, se abren claros, mismos que permiten la presencia y proliferación de especies oportunistas y especies propias. Por lo antes mencionado se hace notar que efectivamente existe una posible perturbación en estos sitios ya que otro indicador de estado y de acuerdo la literatura, es que la mayoría de las especies colectadas para el presente trabajo están catalogadas como especies invasoras o especies pertenecientes a bosques perturbados (ver cuadro 7)

Por lo que se refiere a los **indicadores de estado**, tenemos que por ejemplo, en los distintos sitios muestreados la cubierta vegetal queda de la siguiente manera: En primera, es clara la ausencia del estrato rasante específicamente el musgo que según Madrigal (1964), es uno de los componentes principales de estos bosques, que forma un estrato bien definido y que no se presenta con estas características en otras comunidades vegetales de la cuenca de México; El estrato herbáceo pasa a cubrir un 35 a 75 % de la superficie, mientras que el estrato arbustivo cubre de un 10 a un 40% y por último el estrato arbóreo que cubre desde un 15 a 40%, en este mismo estrato se notó que en la mayoría de los sitios había individuos derribados, resinados, podridos, ocoteados y con raíces expuestas y también se observó la presencia de varios tocones, así como individuos muertos en pie (Fig. 25) y algo muy importante es que la presencia de conos es escasa lo que nos lleva a pensar que los bosques de *Abies religiosa* de esta zona se encuentran en un estadio de baja reproducción, por último la regeneración natural observada fue mínima y solo se presentó en el sitio *cinco* siendo esta de *Pinus* y *Abies*.

También se notó que en los sitios *dos* y *cuatro* se practica de manera legal o ilegal la extracción de madera, que incluye el derribo tanto de individuos jóvenes como de individuos adultos, de igual manera se observó que existe una constante práctica de pastoreo en dichos sitios.



Figura 25. Daño en la vegetación arbórea del Parque Nacional Izta.Popo: individuos: **A=** muerto en pie, **B=** talado, **C=** caídos, **D=** resinados.

Se notó la presencia de muérdago (Fig. 26) en los sitios *uno* y *cuatro*; Este parásito invade tallos y ramas tanto de individuos jóvenes como de individuos adultos. Y de acuerdo a Hawksworth, (1978). Los efectos que se atribuyen al muérdago son los siguientes: pérdida del crecimiento normal, mortalidad, reducción de la cantidad y calidad de la semilla, calidad de la madera, predisposición a los ataques de insectos y enfermedades.

Como **indicador de respuesta** se tiene la presencia de reforestación con *Pinus hartwegii* (Fig. 27) lo que nos hace pensar que el desplazamiento de los árboles de oyamel por la introducción de pino, está generando un nuevo nicho modificando las condiciones y permitiendo el desarrollo de diversas especies vegetales. También se hace notar las actividades de saneamiento para el control de plagas y una constante inspección del parque realizada por los guardabosques para la prevención de incendios forestales.

Sin embargo al observar la presencia de la reforestación con individuos de *Pinus hartwegii*, el equipo de investigación se hizo las siguientes interrogantes: ¿Es correcto hacer reforestaciones con otra especie y no con las pertenecientes al ecosistema? en este caso *Abies religiosa*; la segunda ¿Se les imparte una adecuada capacitación a las personas destinadas a la reforestación? Esta última se puso en cuestión ya que se observó que en algunos sitios en donde había presunta reforestación las plantaciones no eran las correctas, en algunos, los individuos no estaban bien distribuidos y en el peor de los casos no se les había extraídos del plástico ni se les había plantado (Fig. 28).



Figura 26. Individuo de muérdago atacando el tallo de *Abies religiosa*



Figura 27. Individuo reforestado (*P. hartwegii*)



Figura 28. Individuos mal reforestados

También se pudo observar la presencia de claros en los sitios *tres*, *seis* y *ocho*. Tomando las características de estos sitios podemos notar que son los lugares con mayor número de especies.

Por último, se sabe que el Parque Nacional Izta-Popo es un lugar atractivo por su belleza escénica, y por ello se ofrecen actividades recreativas como son: senderismo, alpinismo y campismo; No

obstante, es notoria la presencia humana inconsciente, ya que se observó que las personas que visitan el parque, incluso las comunidades cercanas a este utilizan algunos barrancos como tiraderos de basura, acción que a corto, mediano o largo plazo terminará deteriorando al PNIP.

9.11.2.- El Parque Nacional Zoquiapan.

Las zona de estudio (sitio 3,6,7,8,10) ubicados dentro del Parque Nacional Zoquiapan (Fig. 29) localizados entre los 19°21'27" y 19°21'39" de latitud Norte, 98°44'20.70" y 98°44'28" de longitud Oeste, donde la presencia del bosque de *Abies religiosa* se observó a partir de los 3524 a los 3599 m. Las pendientes con valores variables, generalmente altos que van desde los 12° a los 40° y por la forma accidentada del terreno la posición topográfica de estos sitios corresponden a laderas de cerros y cañadas.

Estado de Salud: para describir este apartado con respecto al Parque Nacional Zoquiapan se utilizaron los indicadores publicados por la SEMARNAT en el 2005.

Como **indicadores de presión** se tiene la presencia de incendio en la parcelas *tres* y *ocho* determinado por la presencia de troncos quemados, y al igual que en la descripción del PNIP ésta presencia despierta un gran interés, ya que esto sugiere un disturbio en el sistema que pudo llevar consigo dicho incendio, por tanto tenemos que en el PNZ existe una posible perturbación, ya que también fueron encontradas, especies catalogadas como invasoras o especies pertenecientes a bosques perturbados.



Figura 29. Muestreos en el Parque Nacional Zoquiapan, donde: A=sitio 3, B=sitio 6, C=sitio 7, D=sitio 8, E=sitio 10

En cuanto a los **indicadores de estado**, en los distintos sitios muestreados la cubierta vegetal queda de la siguiente manera. Al igual que en el Parque Nacional Izta-Popo la carencia del musgo en el estrato rasante es muy clara y volviendo a lo mencionado por Madrigal (1964), el musgo es uno de los componentes principales de los bosque de *Abies religiosa*, formando un estrato bien definido y que no se presenta con estas características en otras comunidades vegetales de la cuenca de México. Después el estrato herbáceo cubre de un 15 a un 30 % de la superficie, el estrato arbustivo de un 10 a 20 % y por

último el estrato arbóreo que va desde un 55 a 75%, en este mismo estrato se notó también que en la mayoría de los sitios había individuos derribados, resinados, podridos, ocoteados, quemados y con raíces expuestas (Fig. 30).

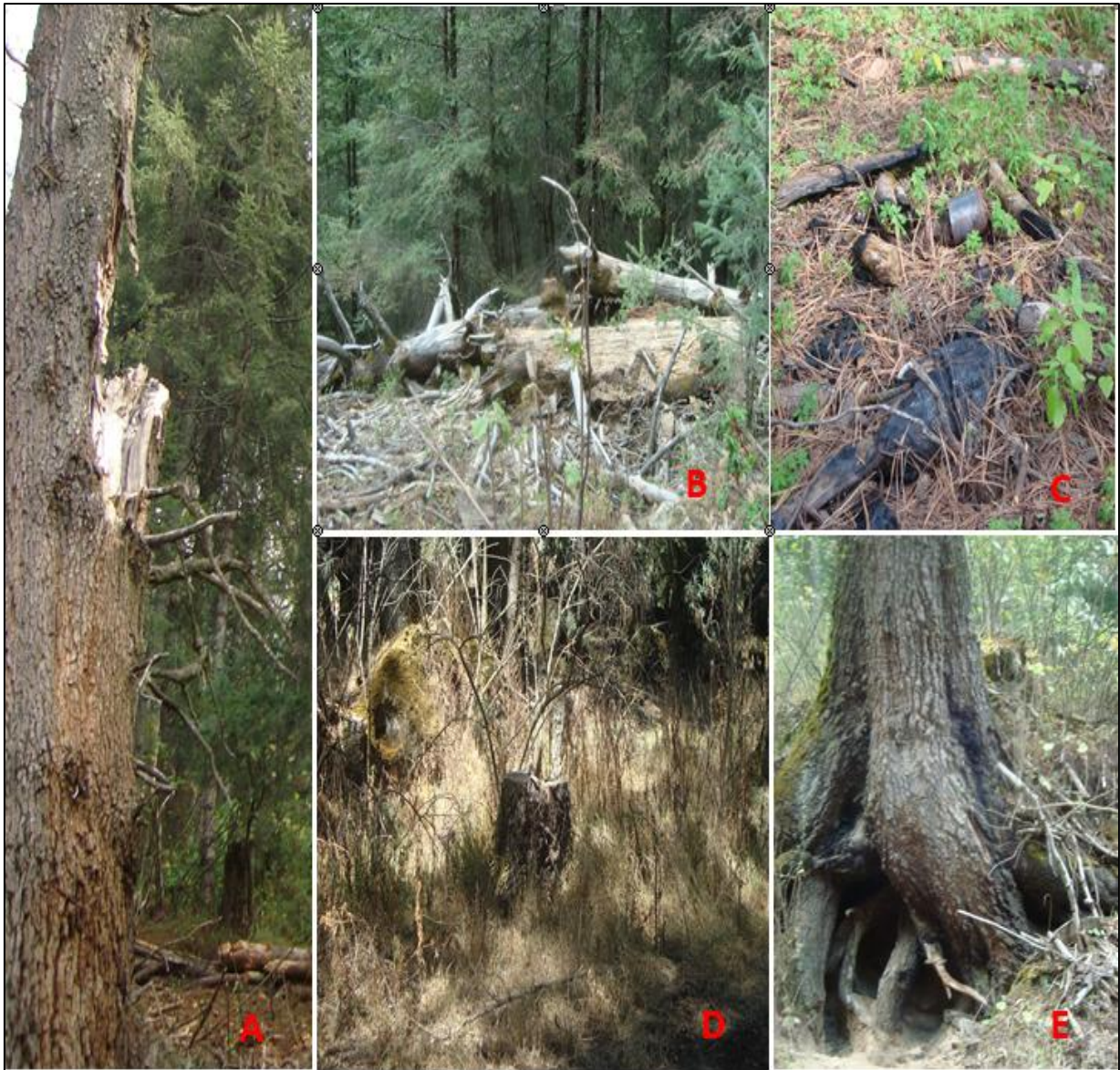


Figura 30. Daño en la vegetación arbórea del Parque Nacional Zoquiapan, individuos: **A=** ocoteados, **B=** derribado, **C=** tocón, **D=** quemado, **E=** con raíces expuestas.



Se observó que el Parque Nacional Zoquiapan, a diferencia del Parque Nacional Izta-Popo, sí registra presencia de conos, sin embargo la regeneración natural observada fue mínima, con pocos individuos, aproximadamente de *uno a tres* plántulas por m² presentes en todos los sitios muestreados de dicho parque, con regeneración de *Pinus* pero en su mayoría de *Abies*, También se pudo observar la presencia de claros en los sitios *tres, seis, ocho*. Y si tomamos en cuenta las características de estos sitios. Podemos notar que son los lugares con mayor número de especies.

En los sitios *tres* y *seis* se practica de manera legal o ilegal la extracción de madera, que incluye la corta tanto de individuos jóvenes como individuos adultos verificado por la presencia de tocones. De igual manera que en el PNIP en el PNZ se registró la presencia de muérdago, estos se localizaron en los sitios *seis* y *nueve* invadiendo tanto a individuos jóvenes como a individuos adultos, siendo esta plaga peligrosa para los individuos de *Abies religiosa*.

Como **indicador de respuesta**. La presencia de reforestación con *Pinus hartwegii*, saneamiento para el control de plagas, tinas ciegas y una constante inspección del área, realizada por los guardabosques, para evitar incendios forestales.

X.- CONCLUSIONES.

- La presencia de *Baccharis conferta*, *Stipa ichu*, *Festuca spp.* y *Muhlenbergia spp.* en ambos parques, refiere que los bosques se encuentran perturbados.
- La riqueza específica dada por el índice de Margalef y el de diversidad de especies por el índice de Shannon-Weiner, es intermedia en ambos Parques. Aunque la dominancia de algunas especies no es marcada de acuerdo a los valores de los índices Simpson y Berger-Parker.
- La presencia de las gramíneas amacolladas (*Festuca tolucensis*, *Muhlenbergia quadridentata*, *Stipa ichu* y *Muhlenbergia macroura*) dentro del Parque Nacional Izta-Popo, son indicadores de perturbación por incendio, siendo la proliferación de las gramíneas producto de la extracción del *Abies religiosa*.
- *Festuca tolucensis* y *Muhlenbergia quadridentata* fueron las especies con mayor valor de importancia en el estrato herbáceo, mientras que en el estrato arbustivo fueron, *Acaena elongata* y *Roldana angulifolia*.
- Los resultados obtenidos con el Índice de Valor de Importancia, muestran que *Abies religiosa* se asocia con *Acaena elongata*, *Roldana angulifolia*, *Roldana barba-johannis*, *Ribes ciliatum*, *Pernettya prostrata*, *Senecio callosus* y *Alchemilla procumbens*.
- La similitud promedio entre el Parque Nacional Izta-Popo y el Parque Nacional Zoquiapan dado por el índice de Jaccard, no mostró diferencia, lo que indica que ambos parques comparten la mayoría de sus especies.
- La tala, el pastoreo, la baja presencia de árboles semilleros, así como la escasa regeneración natural, afectan seriamente la densidad del bosque de *Abies religiosa*.
- La presencia de los géneros: *Festuca*, *Stipa*, *Muhlenbergia* y *Arbutus spp.* así como la presencia de *Baccharis conferta*, sugieren que los bosques se encuentran en sucesión secundaria.
- Los indicadores de presión, estado y respuesta analizados en ambos parques indican que los bosques se están deteriorando.



XI.- RECOMENDACIONES:

- De acuerdo a lo que se observó en el sitio con respecto a los individuos mal plantados, se sugiere que se implementen programas de capacitación sobre reforestación a todo el personal destinado a esta labor.
- Una vez realizadas las reforestaciones, es importante llevar un registro de cuántos individuos sobrevivieron.
- Las reforestaciones realizadas dentro de los bosques de oyamel, deben hacerse con *Abies religiosa*, y no con *Pinus hartwegii*.
- Es importante generar más estudios que permitan conocer los factores asociados a los bosques de oyamel y su distribución para crear estrategias dirigidas a la conservación, restauración y al manejo sostenido del bosque.



XII.- ANEXOS

ANEXO I. Formato para la caracterización ecológica del sitio

Zona. _____ Parcela: _____ Circulo: _____ Fecha: _____ Realizó: _____
 Punto GPS: _____ Ex. Pend: _____ ° Pend.: _____
 %Pend.: _____ Altitud: _____ Coord: _____
 # Fotografía: _____ Hora: _____

Ligera (1) 0-50% Fénolis de H.A. por escumamiento o viento		Moderada (2) 35-75% Fénolis de H.A; canales medianos: 10-10 cm. de prof; LMO color claro		Fuerte (3) 75-100% Fénolis de H.A; canales prof; sin LMO color muy claro		Poco severa (4) Fénolis de 0-20% de H. E; S/VO		Severa (5) Fénolis de 30-60% de H.E; canales continuos y raíces desnudas		Muy Severa (6) Cauces > 100cm de prof; raíces desnudas; S/VO	
Actividades antropogénicas		Colonias		Cultivos		Act. Recreativas		Aprovechamiento forestal			
EROSIÓN											
Escarros		Cobertura %		Dato en vegetación arborea		Dato en vegetación arborea					
Ardorio		Nulo		Guarnido		Derramado		Concava		Derramado	
Subsuelo		Cortado		Cinchado		Lacerado		Resacado		Desacchado	
Herboso		Podrido		Fligado		Races exp.		Tacones			
INCENDIO		0		1		2		3		4	
Regeneración natural: J A)		Nulo		Ligero; Hojarseca		Moderado; >50 y <100 cm.		Fuente > 1m Suelo Desnudo		Severo; árbol maduro y suelo completamente desnudo	
Pendientes por m ²		Nulo P A C		Presencia de ocos: Nulo Poco Regular Mucho							
VEGETACIÓN											
Lomero		Depresión		Plante		Pie de Monte		Cerrado		Ladera	
Irregular		Accidentado		Concavo		Convexo		Surcado		Piedregoso	
GEOFORMAS											
MICRO-RELIEVE											
PERFIL DE VEGETACIÓN											

**Anexo III.** Sitios muestreados, localidad y coordenadas

sitio N°	Localidad	coordenadas	fecha de muestreo
1	Izta-Popo	19°05'00"N 98°40'51" O	02-sep-10
2	Izta-Popo	19°05'49"N 98°40'56.00"O	23-sep-10
3	Zoquiapan	19°21'27"N 98°44'28"O	25-nov-10
4	Izta-Popo	19°05'47"N 98°40'57"O	18-feb-11
5	Izta-Popo	19°05'01"N 98°40'53.32"O	04-mar-11
6	Zoquiapan	19°21'36"N 98°44'25" O	11-mar-11
7	Zoquiapan	19°21'29.24"N 98°44'25.79"O	01-abr-11
8	Zoquiapan	19°21'27"N 98°44'24" O	08-nov-11
9	Izta-Popo	19°05'01"N 98°40'51" O	22-nov-11
10	Zoquiapan	19°21'39.00"N 98°44'20.70"O	22-feb-12

ANEXO IV. Listado de familias, géneros y especies encontrados en el Parque Nacionales Izta-Popo y Zoquiapan

FAMILIA	GENERO	ESPECIES	HÁBITO
Caryophyllaceae	<i>Arenaria</i>	<i>Arenaria lycopodioides</i>	Herbácea
	<i>Cerastium</i>	<i>Cerastium nutans</i>	Herbácea
	<i>Stellaria</i>	<i>Stellaria cuspidata</i>	Herbácea
Commelinaceae	<i>tripogondra</i>	<i>Tripogondra purpurascens</i>	Herbácea
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>Baccharis conferta</i>	Arbustiva
	<i>Barkleyanthus</i>	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Arbustiva
	<i>Eupatorium</i>	<i>Eupatorium glabratum</i>	Herbácea
		<i>Eupatorium pazcuarensis</i>	Herbácea
	<i>Gnaphalium</i>	<i>Gnaphalium semiamplexicaule</i>	Herbácea
	<i>Roldana</i>	<i>Roldana angulifolia</i>	Arbustiva
		<i>Roldana barba-johannis</i>	Arbustiva
		<i>Roldana lineolata</i>	Herbácea
<i>Senecio</i>	<i>Senecio callosus</i>	Herbácea	
<i>Stevia</i>	<i>Stevia monardifolia</i>	Herbácea	
Ericaceae	<i>Arbutus</i>	<i>Arbutus xalapensis</i>	Arbustiva
	<i>Pernettya</i>	<i>Pernettya prostrata.</i>	Arbustiva
Geraniaceae	<i>Geranium</i>	<i>Geranium potentillaefolium</i>	Herbácea
		<i>Geranium latum</i> Small	Herbácea
Poaceae	<i>Brachypodium</i>	<i>Brachypodium mexicanum</i>	Herbácea
	<i>Festuca</i>	<i>Festuca tolucensis</i>	Herbácea
	<i>Muhlen</i>	<i>Muhlenbergia macroura</i>	Herbácea
		<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	Herbácea
	<i>Stipa</i>	<i>Stipa ichu</i>	Herbácea
Grossulariaceae	<i>Ribes</i>	<i>Ribes ciliatum</i>	Arbustiva
		<i>Ribes microphyllum</i>	Arbustiva
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Salvia elegans</i>	Herbácea
		<i>Salvia prunelloides</i>	Herbácea
Fabaceae	<i>Lupinus</i>	<i>Lupinus campestris</i>	Herbácea
		<i>Lupinus montanus</i>	Herbácea
Polygonaceae	<i>Polygonum</i>	<i>Polygonum aviculare</i>	Herbácea
Rosaceae	<i>Acaena</i>	<i>Acaena elongata</i>	Arbustiva
	<i>Alchemilla</i>	<i>Alchemilla aphanoides</i>	Herbácea
		<i>Alchemilla procumbens</i>	Herbácea
Rubiaceae	<i>Didymaea</i>	<i>Didymaea alsinoides</i>	Herbácea
	<i>Galium</i>	<i>Galium aschenbornii</i>	Herbácea
Scrophulariaceae	<i>Castilleja</i>	<i>Castilleja tenuiflora</i>	Herbácea
	<i>Penstemon</i>	<i>Penstemon gentianoides</i>	Herbácea
	<i>Sibthorpia</i>	<i>Sibthorpia repens</i>	Herbácea

Anexo V. Frecuencia de las especies por parcelas.

		Frecuencia de las especies en alturas									
		PARQUE NACIONAL IZTA-POPO					PARQUE NACIONAL ZOQUIAPAN				
FAMILIA	ESPECIES	3288	3365	3362	3322	3332		3539	3524	3443	3599
	<i>Arenaria lycopodioides</i>								2		
Caryophyllaceae	<i>Cerastium nutans</i>					4	5				
	<i>Stellaria cuspidata</i>									20	
Commelinaceae	<i>Tripogondra purpurascens</i>	3									
Asteraceae	<i>Baccharis conferta</i>					6	12	5		18	
	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>		4	9		7	11	6			
	<i>Eupatorium glabratum</i>	13					3				
	<i>Eupatorium pazcuarens</i>	6	8				23				
	<i>Graphalium semiamplexicaule</i>	33	16	23	4			22		5	
	<i>Roldana angulifolia</i>				7	4	23	12			54
	<i>Roldana barba-johannis</i>					5					15
	<i>Roldana lineolata</i>						3	14	10	9	56
	<i>Senecio callosus</i>									28	
	<i>Stevia monardifolia</i>	2					29			74	
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>						12				
	<i>Pernettya prostrata.</i>	50	13			25				43	1
Geraniaceae	<i>Geranium potentillaefolium</i>		6	5	19		10			12	
	<i>Geranium latum</i> Small						1				
Poaceae	<i>Brachypodium mexicanum</i>			20							
	<i>Festuca tolucensis</i>	36	68	22	21	14				19	
	<i>Muhlenbergia macroura</i>			27							
	<i>Muhlenbergia quadridentata</i>			25		68		64	1	11	
	<i>Stipa ichu</i>			14	15			3			
Grossulariaceae	<i>Ribes ciliatum</i>	36	8		30	23		4	22		3
	<i>Ribes microphyllum</i>			20							
Lamiaceae	<i>Salvia elegans</i>	8					12			10	
	<i>Salvia prunelloides</i>		5								
Fabaceae	<i>Lupinus campestris</i>		4				2			5	
	<i>Lupinus montanus</i>					3					
Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i>		4								
Rosaceae	<i>Acaena elongata</i>	82	28		12	98	24	33	180	348	199
	<i>Alchemilla aphanoides</i>		7								
	<i>Alchemilla procumbens</i>	57		14		58	1	1		47	32
Rubiaceae	<i>Didymaea alsinoides</i>						8	1			
	<i>Galium aschenbornii</i>				13				1		4
Scrophulariaceae	<i>Castilleja tenuiflora</i>						14				
	<i>Penstemon gentianoides</i>						6				
	<i>Sibthorpia repens</i>							13			18
		326	171	179	121	315	199	178	216	649	382



ANEXO VI

(Catálogo florístico)

Familia: Rosaceae
Acaena elongata L.



Familia: Rosaceae

Género: *Acaena*

Especie: *A. elongata*

Nombre común: Cadillo, pega ropa, abrojo.

Descripción:

Arbusto bajo, a veces planta herbácea de 25 a 50 cm, en ocasiones hasta de 1 m de alto, con frecuencia las plantas aglomeradas en manchones densos; tallos ocre o rojizos.

Hábitat/distribución:

Común en la zona montañosa del Valle de México. Alt. 2400-3950 m. En bosques de encino y de coníferas, de preferencia en bosques de *Abies*, también en el zacatonal alpino, abunda en sitios perturbados. Localizados desde el centro de México hasta Colombia (Rzedowski, 2005).

Uso:

No se ha descrito.

Familia: Rosaceae
Alchemilla aphanoides L.F.



Familia: Rosaceae

Género: *Alchemilla*

Especie: *A. aphanoides*

Nombre común: China, sanguinaria.

Descripción:

Perenne, densa a esparcidamente pilosa, erecta, de 10 a 40 cm de largo; tallos subsimples o muy ramificados; hojas tripartidas de 1.5 cm de largo por 2 cm de ancho. Flores casi sésiles, dispuestas en densas cimas terminales o axilares, rodeadas de brácteas lobadas; flores glabras, de 1.5 a 2 mm de largo.

Hábitat/distribución:

Localizados de México a Bolivia, los ejemplares mexicanos corresponden a *A. aphanoides* var. *subalpestris* (Rose) Perry. En la Sierra de Pachuca, Monte Alto, Monte Bajo, Las Cruces, Ajusco, Amecameca y Tlalmanalco. Alt. 2500-3200 m, bosque mesófilo, bosque de pino o de *encino* (Rzedowski, 2005).

Uso:

No se ha descrito.

Familia: Rosaceae
Alchemilla procumbens Rose



Familia: Rosaceae

Género: *Alchemilla*

Especie: *A. procumbens*

Nombre común: Enredadera, hierba de carranza, hojase, pimpinillo, Chinilla, pata de león.

Descripción:

Planta perenne, herbácea subfrutiscente, rastrera, a veces cespitosa o trepadora. De 10 a 40 cm de largo, tallos ramificados, láminas de 5 a 25 mm de largo por 1 a 4 cm de ancho, tripartidas hasta la base con los lóbulos laterales bífidos. Inflorescencia cimosa, flores sobre pedicelos de 3 a 10 mm de largo.

Hábitat/distribución:

Localizado en el Valle de México. Alt. 2500-4000 m. En matorrales, bosque mesófilo, bosque de encino o de coníferas y pradera. Con frecuencia en lugares con disturbio. De México a los Andes sudamericanos (Rzedowski, 2005).

Uso:

La planta se reconoce como forrajera y se emplea en medicina tradicional como antidiarreica, estomacal, inflamación y para calentura e infección de los riñones (CONABIO, 2009).

Familia: Ericaceae
Arbutus xalapensis Kunth



Familia: Ericaceae

Género: *Arbutus*

Especie: *A. xalapensis*

Nombre común: Madroño.

Descripción:

Árbol de 3 a 12 m de altura. Tronco con la corteza rojiza que usualmente se descascara. Hojas elípticas hasta de 11 cm de longitud, de margen entero y liso, su ápice puede ser agudo u obtuso, haz glabro y envés piloso. Inflorescencia en forma de panícula terminal, cada flor con una bráctea y 2 pequeñas bractéolas; flores de 6 a 9 (14) mm de largo, blancas o amarillentas, fruto esférico menor a 1 cm, de color rojo a rosado.

Hábitat/distribución:

Ampliamente distribuido en las zonas montañosas del Valle de México. Alt. 2400-3400 m. En bosque de *Quercus*, *Pinus* y ocasionalmente en bosque de *Abies*. Se conoce desde Nuevo México hasta Nicaragua (Villers *et al.*, 2006).

Uso:

No se ha descrito.

Familia: Caryophyllacea
Arenaria lycopodioides Willd



Tomado de: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/caryophyllaceae/arenaria-lycopodioides/imagenes/habito>

Familia: Caryophyllacea

Género: *Arenaria*

Especie: *A. lycopodioides*

Nombre común: Estrellita, Cuatatapa

Descripción:

Planta nativa de México, perenne, pequeña, densa a flojamente ramificada, cespitosa, a menudo con rizomas o estolones alargados, puede llegar a medir hasta 20 cm.

Hábitat/distribución:

Habita superficies abiertas en vegetación secundaria y boscosa de las zonas templadas, es ampliamente distribuida a través del Valle de México a Alt. 2300-3500 m, más común entre 2400 y 3000 m. Encontrado en muchos hábitats diferentes incluyendo matorral xerófilo, matorral de Opuntia, encinar bajo, pastizal, bosque de *Pinus* y *Quercus*, campos abandonados y bosques de *Abies* (Rzedowski, 2005 y CONABIO 2009).

Usos:

Se reporta uso medicinal contra infecciones intestinales. Es una planta con potencial para jardines de rocas por su hábito en forma de colchón. La planta entera se usa para controlar la diarrea y la desinteria.

Familia: Asteraceae
Baccharis conferta Kunth



Familia: Asteraceae

Género: *Baccharis*

Especie: *B. conferta*

Nombre común: Escobilla, hierba del carbonero, tepopote.

Descripción:

Arbusto erecto de 1 hasta de 2.7m de altura, tallos, ramas y ramillas glabras, hojas romboides hasta de 2.5 cm de longitud. Inflorescencia con flores pequeñas de color blanco a amarillo o verdosas.

Hábitat/distribución:

Este arbusto crece en la cordillera volcánica Transmexicana, entre los 2300 a los 3600 m, abunda en los claros, orillas de los caminos y aéreas deforestadas común mente localizadas en bosques de pino. Florece de marzo a junio. Se conoce en San Luis Potosí, Michoacán, Veracruz y Oaxaca (Villers *et al.*, 2006 y Benítez, 1986).

Uso:

Se le atribuyen propiedades medicinales como: curativo del dolor de estómago, para arrojar flemas y para desinflamar después del parto (González *et al.*, 2004).

Familia: Asteraceae

Barkleyanthus salicifolius (Kunth) H. Rob & Brettell



Familia: Asteraceae

Género: *Barclayanthus*

Especie: *B. salicifolius*

Nombre común: Jarilla blanca, rosa de San Juan.

Descripción:

Especie comúnmente conocida como *Senecio salignus* DC., Arbusto hasta de 2 m de altura, bastante ramificado y algo frondoso, tallos quebradizos, hojas lanceoladas hasta de 18 m de longitud, inflorescencia en panícula, flores de color amarillo.

Hábitat/distribución:

Este arbusto crece en las cordillera Volcánica Transmexicana entre los 2500 y 3500 m, frecuentemente en aéreas abiertas y afectadas por disturbios. Se conoce desde Michoacán, Morelos y Veracruz (Villers *et al.*, 2006), florece de febrero a abril.

Uso:

Las hojas se utilizan en la medicina vernácula, como remedio contra la fiebre intermitente, y en baño contra el reumatismo, es usado también como insecticida en almacenes de maíz (Rzedowski, 2005).

Familia: Poaceae

Brachypodium mexicanum (Roem. & Schult.) Link



Familia: Poaceae

Género: *Brachypodium*

Especie: *B. mexicanum*

Nombre común: Sacapipilo.

Descripción:

Planta herbácea perenne, hasta de 1.5 m de alto, cespitosas o rizomatosas. Tallos ramificados o simples, láminas lineares, aplanadas o plegadas. Inflorescencia un racimo bilateral, con pocas espiguillas erectas, cortamente pediceladas.

Hábitat/distribución:

Ampliamente distribuida en el Valle de México, sobre todo en las partes más húmedas. Alt. 2250 – 3350 m, en bosques de coníferas y de encino, en particular en los claros adyacentes; también en algunos pastizales. Conocida desde Baja California Sur y Nuevo León a Venezuela y Bolivia. Especie bastante variable, sobre todo en cuanto a tamaño y a la forma de las hojas y de las inflorescencias (González *et al.*, 2004).

USOS:

Forraje.

Familia: Scrophulariaceae
Castilleja tenuiflora Benth.



Familia: Scrophulariaceae

Género: *Castilleja*

Especie: *C. tenuiflora*

Nombre común: Cola de borrego, mirto de campo.

Descripción:

Planta herbácea perenne o subarborescente; tallos erectos, de 30 cm a 1 m de alto, muy ramificados. Hojas sésiles y al menos levemente auriculadas en la base, linear-lanceoladas, de 1 a 4.5 cm de largo. Inflorescencia racimosa, con numerosas flores de color amarillo o ligeramente anaranjado, brácteas lanceoladas, de 1.2 a 4 cm de largo.

Hábitat/distribución:

Es una especie común en las orillas de parcelas y caminos de las partes altas y semiáridas de México. Es abundante en sitios abiertos en el bosque de oyamel, ampliamente distribuida en el Valle de México. Alt. 2300-3300 m. Se le localiza en bosque de coníferas y de encino, en matorrales y pastizales, así como en bordes de cultivo y orillas de camino. Fuera del área se le encuentra de Sonora a Coahuila, Veracruz y Oaxaca, florece de agosto a enero (Villers *et al.*, 2006).

Uso:

Ornamental y medicinal, para dolor de estómago.

Familia: Caryophyllaceae
Cerastium nutans Raf.



Familia: Caryophyllaceae

Género: *Cerastium*

Especie: *C. nutans*

Nombre común: No encontrado.

Descripción:

Planta anual; tallos débilmente erectos o decumbentes, de 15 a 40 cm de alto, poco ramificados en la parte superior, la mayoría de los entrenudos más largos que las hojas, pétalos de 4 a 7 mm de largo, semillas de 0.7 a 1 mm de diámetro, café-rojizas, hojas lanceoladas. Las flores sostenidas por largos ejes; pétalos blancos un poco divididos (Villers *et al.*, 2006 y Redowski, 2005).

Hábitat/distribución:

Se encuentra en los bosques de oyamel, *cupressus*, *pinus* y *quercus*, Ampliamente distribuido en el Valle de México: en Tlalpan y Amecameca. Alt. 2450-3200 m. encontrados a orillas de caminos y en campos de cultivo. Distribuido a través de la mayor parte de las montañas de México. Florece de julio a septiembre (op.cit).

Uso:

No se ha registrado alguno.

Familia: Rubiaceae
Didymaea alsinoides (Schlecht. & Cham.) Standl.



Tomado de: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=7676>



Tomado de: <http://fm1.fieldmuseum.org/vrcc/index.php?language=esp&page=view&id=47949&PHPSESSID=b85&PHPSESSID=b85>

Familia: Rubiaceae

Género: *Didymaea*

Especie: *D. alsinoides*

Nombre común: "Ocoxóchitl", hierba buena del monte.

Descripción:

Planta herbácea perenne, rara vez erecta o trepadora, hasta de 50 cm de largo; tallos ramificados, glabros o a veces algo pilosos; flores básicamente dispuestas en dicasios foliosos axilares, corola rotácea, de color rojizo oscuro, de ± 2 mm de largo, glabra, dividida casi hasta la base; fruto negruzco y brillante en la madurez (CONABIO 2009).

Hábitat/distribución:

Ampliamente distribuida en la zonas boscosas húmedas del Valle de México Alt. 2500-3250 m. Se localiza a la sombra de encinares y bosques de coníferas. Conocida en el centro de México. No es seguro que el nombre *D. alsinoides* realmente corresponda a esta especie; tal vez *D. mexicana* sea el apropiado (CONABIO 2009).

Uso:

Dolor de estómago, se emplean las ramas hervidas y se administran por vía oral, para el dolor de cabeza, con la infusión de toda la planta se llevan a cabo baños como remedio para el mal del aire.

Familia: Asteraceae
Eupatorium glabratum Kunth



Familia: Asteraceae

Género: *Eupatorium*

Especie: *E. glabratum*

Nombre común: Hierba ceniza, jarilla, hilo, hierba del golpe.

Descripción:

Arbusto erguido, robusto, de 1- 2.5 m de altura, con las ramas ascendentes, flores blancas a rosadas, a veces purpura.

Hábitat/distribución:

En asociación en bosques de oyamel, frecuentemente en bosques mixtos y de pino, se han registrado en la faja volcánica transversal, florece de febrero a abril (Villers *et al.*, 2006 y Benítez, 1986).

Uso:

No se ha descrito.

Familia: Asteraceae
Eupatorium pazcuarensis Kunth



Familia: Asteraceae

Género: *Eupatorium*

Especie: *E. pazcuarense*

Nombre común: Hierba de ángel

Descripción:

Hierba perenne de 0.5 a 1.5 m de altura; tallo erguido, cilíndrico, frecuentemente pardo. Flores blancas.

Hábitat/distribución:

Localizado entre los 2400 y 3500 m, propios de bosques de *Abies*, algunas veces encontrados en bosques de *pinus* y *quercus* y en bosque mesófilo. Se ha colectado de Iturbide a Milpa alta y del Chico a Amecameca, fuera del valle se conoce en los estados de México y Morelos, florece de agosto a noviembre (Villers *et al.*, 2006 y Benítez, 1986).

Uso:

En la medicina tradicional, las flores son utilizadas para tratar el reumatismo.

Familia: Poaceae
Festuca tolucensis Kunth



Familia: Poaceae

Género: *Festuca*

Especie: *F. toluensis*

Nombre común: Zacatón

Descripción:

Hierba robusta densamente amacollada, que llega a medir hasta 1 m de alto, tallos erectos, con la superficie áspera, las hojas angostas, algo enrolladas igualmente ásperas, inflorescencia ramificada, amplia de color verde.

Hábitat/distribución:

Habita en bosque de pino y es componente del pastizal, esta hierba crece en la cordillera volcánica Transmexicana, se conoce de Jalisco hasta Veracruz y Costa Rica. Florece de agosto a septiembre (Benítez, 1986).

Uso:

No se ha descrito.

Familia: Rubiaceae
Galium aschenbornii Nees et. S. Schauer



Tomado de: <http://www.tropicos.org/Name/27903241?projectid=3&langid=66>

Familia: Rubiaceae

Género: *Galium*

Especie: *G. aschenbornii*

Nombre común: Cuajaleche, pegarropa.

Descripción:

Planta herbácea perenne, trepadora, hasta de 1 m de largo. Tallos erectos y delgados partiendo de la base, muy ramificados, hojas glabras agrupadas en verticilos de 4, inflorescencia en forma de cima, flores rojizas o rosadas, pero a veces amarilla, blanca o verdosa. Fruto maduro glabro, carnosos, negro, de 3 a 7 mm de diámetro.

Hábitat/distribución:

Ampliamente distribuido en las partes más húmedas del Valle de México. Alt. 2400-3400 m, en bosques de *quercus*, oyamel y de coníferas. Conocido en San Luis Potosí, Jalisco y Panamá (Rzedowski, 2005).

Uso:

No se ha descrito.

Familia: Geraniaceae
Geranium potentillaefolium DC.



Familia: Geraniaceae

Género: *Geranium*

Especie: *G. potentillifolium*

Nombre común: Pata de león, soldadiente.

Descripción:

Planta herbácea perenne, hasta de 50 cm de largo, por lo general varios tallos partiendo de la base, ramificados, más o menos densa, las láminas de las hojas superiores similares pero trilobadas, todas verdes oscuras ; pétalos morado-rosados, obovados, de 12 a 17 mm de largo, semilla de aproximadamente 3.5 mm de largo, negras.

Hábitat/distribución:

Esta hierba crece en la cordillera Volcánica Transmexicana entre los 3000 Y 3600 m, especie común en sitios perturbados y abiertos de bosques de oyamel y pino. Se conoce desde Michoacán, Hidalgo y Veracruz (Villers *et al.*, 2006). Especie propia de bosques de coníferas, de encinares, así como de claros en medio de tales bosques. Florece de junio a septiembre o hasta diciembre.

Uso:

Para curar granos, heridas y rozaduras.

Familia: Geraniaceae
Geranium latum Small



Familia: Geraniaceae

Género: *Geranium*

Especie: *G. latum*

Nombre común: Alfilerillo, pata de león, tlantapatli.

Descripción:

Planta herbácea perenne, erecta o algo extendida, hasta de 80 cm de alto, por lo general varios tallos partiendo de la base, por lo común sin ramificarse, más o menos densa, hojas casi sésiles, pétalos por lo general blancos, a veces rosados, obovados o cuneado-obovados.

Hábitat/distribución:

Especie propia de bosques de coníferas y de encino, colectada en Querétaro y en Michoacán. Alt. 2400-3200 m, florece de mayo a noviembre. Endémica del centro-oriental de México. Querétaro, Hidalgo, Michoacán. Muy probablemente existe también en la porción Guanajuatense del cerro zamorano y se considera vulnerable a la extinción (Rzedowski y Calderón, 1995).

Uso:

Los tepehuanes aplican la raíz machacada para el dolor de muelas y amacizar las encías.

Familia: Asteraceae
Gnaphalium semiamplexicaule DC.



Familia: Asteraceae

Género: *Gnaphalium*

Especie: *G. semiamplexicaule*

Nombre común: Gordolobo

Descripción:

Hierba de 40 cm a 1.5 m de altura con los tallos aterciopelados de color blanquecino, hojas son más largas que anchas pero pequeñas, flores amarillentas o blanquecinas reunidas en cabezuelas, se ven plateadas con la luz del sol (Villers *et al.*, 2006 y Benítez, 1986).

Hábitat/distribución:

Habita en clima templado entre los 2000 y los 3000 m, asociada a vegetación perturbada de pastizal, bosques de encino, bosque de pino y bosque mixto.

Uso:

Lo relacionan con la cura de padecimientos respiratorios: como bronquitis, asma e irritación de la garganta, pero el uso más frecuente que se registra, en el centro del país, es contra la tos. Asimismo se le ocupa para lavar heridas y granos; y para estimular la circulación sanguínea, en várices y hemorroides. Muchas de las especies *Gnaphalium* contienen terpenos, flavonoides, glucósidos y compuestos poliacetilénicos de ahí sus compuestos medicinales (González *et al.*, 2004).

Familia: Fabaceae
Lupinus campestris Cham & Schldt



Familia: Fabaceae

Género: *Lupinus*

Especie: *L. campestris*

Nombre común: Mazorquilla.

Descripción:

Herbácea perenne, de 15 a 60 cm de alto, tallos huecos, erecto, ramificado en la parte superior a manera de arbusto, hojas compuestas formadas por 6 u 8 folíolos de 4.5 a 8 cm de largo, de 9 a 15 mm de ancho, elíptico a elíptico-oblancheolados, inflorescencia en racimos densos, hasta de 20 cm, flores esparcidas dispuestas en espiral, de color azul y violeta, el fruto es una legumbre de 4 a 5 cm de largo y de 8 a 9 mm de ancho (Rzedowski, 2005).

Hábitat/distribución:

Localizado a Alt. 2600 m, se encuentra en zonas perturbadas, terrenos abandonados y orillas de camino, sus raíces contienen nódulos con bacterias nitrificantes presente en los estados de Jalisco, Michoacán, México, Morelos, Veracruz y Oaxaca.

Uso:

Se utiliza como forraje y fertilizante.

Familia: Fabaceae
Lupinus montanus Kunth



Familia: Fabaceae

Género: *Lupinus*

Especie: *L. montanus*

Nombre común: Yoloxochitl

Descripción:

Planta perenne leñosa solo en la base, hasta de 1 m de altura, tallo hueco y ramificado, las ramas huecas con hojas compuestas de forma palmeada, foliolos 10 a 14, linear – elípticos a oblanceolados, de 5.5 a 14 cm de largo y de 6 a 30 mm de ancho. Las flores de color azul y blanco, dispuestas en racimos largos florece de julio a septiembre (Rzedowski, 2005).

Hábitat/distribución:

Conocida de Chihuahua a Guatemala, también en Pachuca, Tlalpan, Tlalmanalco y Amecameca. Alt. 2500-4100 m, localizado en claros de bosques de oyamel, también presentes en bosques de pino, encino y pradera alpina.

Uso:

Uso medicinal, sirve para las hernias, puede ser muy tóxica, aunque no está bien estudiada.

Familia: Poaceae
Muhlenbergia macroura Kunth



Familia: Poaceae

Género: *Muhlenbergia*

Especie: *M. macroura*

Nombre común: Zacatón, zacate duro, malinali

Descripción:

Herbácea perenne, densamente amacollada, tallos erectos, glabros, hasta de 1.5 m de altura, vainas glabras hasta de 2.5 cm, hojas planas y delgadas hasta de 90 cm, espiga erecta hasta de 30 cm, de color verde olivo a beige.

Hábitat/distribución:

Esta hierba crece en la cordillera Volcánica Transmexicana, entre los 2300 y los 3800 m, se conoce de Durango a Guatemala, es indicador de incendios periódicos. Es muy abundante en el bosque de pino y es componente del pastizal alpino, florece de agosto a noviembre (Villers *et al.*, 2006).

Uso:

Las raíz es utilizada en la fabricación de escobetas y escobas y las hojas son utilizadas para base de coronas florales (Benítez, 1986).

Familia: Poaceae
Muhlenbergia quadridentata Kunth



Familia: Poaceae

Género: *Muhlenbergia*

Especie: *M. quadridentata*

Nombre común: No registrado

Descripción:

Herbácea Perennes densamente cespitosas, tallos erectos, glabros, hasta de 50 a 90 cm de alto, vainas redondeados, tornándose aplanadas con la edad, de color amarillo pálido, panícula verde oscuro.

Hábitat/distribución:

Laderas de colinas en bosques de *pinus- juniperus*, presentes en los 2500 m, más abundantes hacia los 3900 m. Encontrados de México a Guatemala, los registros previos de esta especie de Costa Rica están basados en identificaciones erróneas. Se espera encontrarla en Chiapas (Benítez, 1986).

Uso:

No se ha descrito.

Familia: Scrophulariaceae
Penstemon gentianoides (Kunth) Poir.



Familia: Scrophulariaceae

Género: *Penstemon*

Especie: *P. gentianoides*

Nombre común: Mocuepanixóchitl, jarritos.

Descripción:

Herbácea que mide de 1 m hasta 1.5 m de altura, tallos erectos, hojas opuestas, lanceoladas y numerosas, hasta de 13 cm de longitud, inflorescencia en panículas, flores de color azul-violeta a morado. Frutos ovoides color café (Villers *et al.*, 2006 y Benítez, 1986).

Hábitat/distribución:

Esta hierba crece en la cordillera Volcánica Transmexicana, de los 3000 a los 3900 m, se encuentran en sitios perturbados de bosques de oyamel y pino, florece de agosto a noviembre, se conoce desde el estado de México, Hidalgo, Veracruz y Guatemala.

Uso:

Utilizado como planta ornamental.

Familia: Ericaceae
Pernettya prostrata (Cav.) DC.



Familia: Ericaceae

Género: *Pernettya*

Especie: *P. prostrata*

Nombre común: Capulincillo.

Descripción:

Arbusto postrado y estolonífero a ascendente o erecto, individuos de de 1 a 2 m de altura, tallos glabros; hojas con peciolo de 1 a 4 mm de longitud, láminas estrecha a ampliamente elípticas, oblongas u ovado-oblongas, de 6 a 40 mm de largo por 4 a 12 mm de ancho, baya de 4 a 16 mm de diámetro, glabra o cortamente pubescente, color rosado a rojo.

Hábitat/distribución:

Encontrados en el Chico, Texcoco, Milpa Alta y Amecameca en altitudes que van de los 2900 a los 3500 m, en bosques de pino, de oyamel y de encino. Especie polimórfica, distribuida desde el centro de México hasta Argentina (Benítez, 1986).

Uso:

No se ha descrito.

Familia: Polygonaceae
Polygonum aviculare L.



http://www.floradecanarias.com/polygonum_aviculare.html

Familia: Polygonaceae

Género: *Polygonum*

Especie: *P. aviculare*

Nombre común: Sangría, sanguinaria, alambriillo, lengua de pájaro.

Descripción:

Hierba anual o bianual, generalmente de 20 a 40 cm, pero a veces hasta de 1 m de largo, con tallos estriados longitudinalmente, con frecuencia muy ramificada, flores axilares, solitarias o agrupadas en fascículos hasta de 6 flores cortamente pediceladas (Rzedowski, 2005).

Hábitat/distribución:

Maleza arvense, común en el Valle de México entre 2250 y 3000 m, planta Eurasiática, naturalizada en muchas regiones de norte y Sudamérica.

Uso:

Medicinal (astringente), sus semillas se utilizan como alimento de aves. Se utiliza como quelite en algunas partes del Valle de Toluca.

Familia: Grossulariaceae
Ribes ciliatum Humb. & Bonpl.



Familia: Grossulariaceae

Género: *Ribes*

Especie: *R. ciliatum*

Nombre común: Sarahuache dulce, capulincillo, garambullo, ciruelillo.

Descripción:

Arbusto de 2 a 6 m de alto. Esparcidamente ramificado, hojas ligeramente redondeadas, el margen dentado, la parte inferior de color más claro, frutos globosos y negros cuando están maduros.

Hábitat/distribución:

Planta originaria de México. Habita en clima templado, registrada en la región montañosa del sur del Valle de México: Iturbide a Tlalpan, Milpa alta, Texcoco y Amecameca. Alt. 2500 – 4000 m, en matorrales, bosques de encinos o coníferas o en pradera alpina, con frecuencia cerca de los arroyos (Rzedowski, 2005).

Uso:

En el Estado de México se usa para tratar el dolor del hígado y el dolor de pulmón.

Familia: Grossulariaceae
Ribes microphyllum Kunth



Familia: Grossulariaceae

Género: *Ribes*

Especie: *R. microphyllum*

Nombre común: No registrado.

Descripción:

Arbusto de 1 a 3 m de alto, con espinas robustas; hojas por lo común agrupadas cerca del ápice de ramillas, pétalos obovados a espatulados, de 5 a 6 mm de largo, de 1 a 1.5 mm de ancho, frutos globosos y negros cuando están maduros.

Hábitat/distribución:

Localizado desde el noreste de Michoacán. Alt. 2700 m, en el centro y sur de México a Guatemala. Se encuentra en una zona de alto impacto humano establecida a la orilla de la carretera, florece y fructifica en julio (CONABIO 2009)

Uso:

El fruto es comestible.

Familia: Asteraceae
Roldana angulifolia (D.C) H. Rob & Brettell



Familia: Asteraceae

Género: *Roldana*

Especie: *R. angulifolia*

Nombre Común: No descrito

Descripción:

Arbusto de 1 hasta de 3 m de altura, poco ramificado y muy aromático, tallos estriados, hojas hasta de 15 cm de longitud, flores pilosas de color amarillo.

Hábitat/distribución:

Este arbusto crece en la cordillera Volcánica Transmexicana entre los 2500 a los 3500 m, habita en sitios húmedos de los bosques de oyamel y de pino, se conoce desde Sinaloa, Durango y San Luis Potosí hasta Chiapas, florece de noviembre a enero (Villers *et al.*, 2006).

Uso:

Se utiliza como remedio para las varices.

Familia: Asteraceae
Roldana barba-johannis (DC.) H. Rob. & Brettell



Familia: Asteraceae

Género: *Roldana*

Especie: *R. barba-johannis*

Nombre común: Barba de San Juan de Dios

Descripción:

Arbusto de 2 hasta 3m de altura , tallos estriados y quebradizos color pardo-grisáceas, hojas hasta de 20 cm de longitud, flores amarillas pequeñas.

Hábitat/distribución:

Este arbusto crece en la cordillera Volcánica Transmexicana y la Malinche, entre los 2400 y los 300 m, abundante en el bosque de oyamel y asociados a estos (Rzedowski, 2005), florece de noviembre a febrero. Se conoce desde Michoacán hasta Guatemala (Villers *et al.*, 2006).

Uso:

Medicinal

Familia: Asteraceae
Roldana lineolata (DC.) H. Rob. & Brettell



Familia: Asteraceae

Género: *Roldana*

Especie: *R. lineolata*

Nombre común: No registrado.

Descripción:

También llamado *Senecio sinuatus*, planta herbácea perenne, erecta, de 1 a 2.5 m de alto, Subcilíndricos, flores amarillas (Villers *et al.*, 2006).

Hábitat/distribución:

Especie endémica de México, se distribuye en los estados de Aguascalientes, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz. Encontrado de los 2600 los 3500 m, en bosques de *Abies*, de *Quercus*, y de *Pinus*, a menudo en lugares afectados por disturbio, floración y fructificación de noviembre a diciembre (Villers *et al.*, 2006).

Uso:

No se ha registrado alguno.

Familia: Lamiaceae
Salvia elegans Vahl.



Familia: Lamiaceae

Género: *Salvia*

Especie: *S. elegans*

Nombre común: Mirto rojo, hierba del burro, mirto inglés, mirto mocho, salvia, toronjil.

Descripción:

Planta herbácea perenne de 0.8 a 2 m de altura. Hojas lanceoladas, con la parte inferior más clara, las flores esbeltas, zigomorfa, de color rojo, forma racimos terminales de 10 a 20 cm de largo, fructifica de septiembre a octubre. Originaria de México.

Hábitat/distribución:

Ampliamente distribuida en las partes montañosas húmedas del Valle de México. Alt. 2550-3100 m, presentes en Sonora, Chihuahua, Veracruz y Oaxaca en bosques de *Abies*, *Pinus*, *Quercus* y mesófilos de montaña, habita en sitios abiertos. Florece de julio a septiembre (Villers *et al.*, 2006).

Uso:

Tiene uso popular en la zona centro de la República Mexicana, en el Distrito Federal se le emplea contra el dolor de estómago, en el Estado de México, se utiliza contra el insomnio, edemas y golpes, en Hidalgo se le ocupa para curar de aire, en Puebla tiene aplicaciones ginecobstétricas y se le usa para la recaída de señoras, dolores después del parto y para bañar a los niños recién nacidos (González, 2004).

Familia: Lamiaceae
Salvia prunelloides Benth.



Familia: Lamiaceae

Género: *Salvia*

Especie: *S. prunelloides*

Nombre común: No registrado.

Descripción:

Planta herbácea perenne de talla pequeña (15 a 40 cm de alto), los tallos de aspecto delicado un poco tendidos, hojas romboides, flores de color azul, pequeñas, en forma de tubo con dos labios, están arregladas en racimos, florece de julio a septiembre.

Hábitat/distribución:

Conocidos de San Luis Potosí a Chiapas, común en las porciones montañosas de la parte sur del valle de México. Alt. 2400-3600 m, principalmente en bosques de coníferas y en claros adyacentes (Villers *et al.*, 2006).

Uso:

Como antidiarreico, contra disentería y enfermedades venéreas.

Familia: Asteraceae
Senecio callosus Sch. Bip.



Familia: Asteraceae

Género: *Senecio*

Especie: *S. callosus*

Nombre común: Hoja de flecha.

Descripción:

Herbácea perene, erecta, hasta de 60 a 1.5 m de altura, tallos estriados y huecos de color purpura, hojas basales anchas en rosetas hasta de 30 cm de longitud que terminan en una forma de punta de lanza, inflorescencia en panícula, flores de color morado o purpura.

Hábitat/distribución:

Esta herbácea crece en la cordillera Volcánica Transmexicana, entre los 2600 y los 3800 m, es muy frecuente en los bosques de oyamel, se conoce desde Jalisco, Guanajuato hasta Guatemala, florece de septiembre a enero (Villers *et al.*, 2006 y Benítez, 1986)

Uso:

Medicinal.

Familia: Scrophulariaceae
Sibthorpia repens (Mutis ex L. f.) O. Kuntze



Familia: Scrophulatiaceae

Género: *Sibthorpia*

Especie: *S. repens*

Nombre común: No registrado.

Descripción:

Hierba perenne, delicada; tallos delgados, ramificados, hasta de 50 cm de largo postrados o tendidos, enraizando en los nudos o en ocasiones colgantes, pubescentes; hojas alternas, con peciolo de 0.9 a 6 cm de largo, flores axilares

Hábitat/distribución:

En el Chico; Cuajimalpa, Tlalpan, Milpa Alta, Iztapaluca a Amecameca. Alt. 2650-3800 m. Común en bosques húmedos de pino-encino y oyamel, del centro de México a los Andes sudamericanos (Rzedowski, 2005).

Uso:

No se ha registrado alguno.

Familia: Caryophyllaceae
Stellaria cuspidata Willd



Familia: Caryophyllaceae

Género: *Stellaria*

Especie: *S. cuspidata*

Nombre común: Paletaria

Descripción:

Hierba probablemente perenne, herbácea de tallos delicados, hasta de 70 cm de largo, muy solitaria sobre largos ejes; pétalos blancos profundamente divididos, semillas de color pardo oscuro, hojas con peciolo pilosos, delgados, hasta de 1.5 cm de largo, flores solitarias o flojamente cimosas.

Hábitat/distribución:

Se encuentran en los bosques de pino, oyamel, pastizal, matorral, bosque de encinos. Ampliamente distribuida en el Valle de México. Alt. 2400 3200 m. Se conoce desde Texas, México, centroamérica, oeste de sudamérica. Esta especie ha sido citada con frecuencia como *S. nemorum* L., una planta Europea (Rzedowski, 2005).

Uso:

No se ha registrado alguno.

Familia: Asteraceae
Stevia monardifolia Kunth



Familia: Asteraceae

Género: *Stevia*

Especie: *S. monardifolia*

Nombre común: No registrado

Descripción:

Herbácea perene, erecta, de 60 hasta de 1.5 m de altura, tallo piloso, hojas opuestas lanceoladas hasta de 12 cm de largo, flores color rosa blanquecino, violeta o morado,

Hábitat/ distribución:

Esta hierba crece en la cordillera Volcánica Transmexicana entre los 2450 y 3600 m, es frecuente en los bosques de oyamel y de pino, florece de agosto a noviembre, se conoce desde San Luis Potosí, Jalisco, Guerrero, Oaxaca y Veracruz (Villers *et al.*, 2006)

Uso:

No se ha registrado alguno.

Familia: Poaceae
Stipa ichu (Ruiz & Pav.) Kunth



Familia: Poaceae

Género: *Stipa*

Especie: *S. ichu*

Nombre común: Barba de chivo

Descripción:

Herbácea perenne de alta montaña, erecta, amacollada, presenta tallos hasta de 1.30 m de alto, hojas largas y delgadas hasta de 60 cm, espiguilla densa de blanca a plateada de 15 a 40 cm de longitud (Villers *et al.*, 2006).

Hábitat/distribución:

Esta hierba crece en la cordillera Volcánica Transmexicana, en el Valle de México de los 2300 a los 3400 m .En claros de bosques y lugares perturbados, como orillas de caminos y parcelas, cultivos de alfalfa descuidados, pastizales secundarios, se conoce desde México a Centroamérica, de Colombia a Chile y Argentina (Rzedowski, 2001).

Uso:

No se ha registrado alguno.

Familia: Commelinaceae
Tripogondra purpurascens (Schauer) Handlos



Familia: Commelinaceae

Género: *Tripogandra*

Especie: *T. purpurascens*

Nombre: hierba de pollo

Descripción:

Planta nativa, erecta o ascendente y radicante en la base, de hasta 70 cm de alto, flores rosadas. Esta planta había sido identificada y mencionada como *T. disgrega* (Kunth). Esta especie florece de agosto a octubre (CONABIO, 2009 y Benítez, 1986).

Hábitat/distribución:

Común en las tierras altas de México habita entre cultivos, lechos de arroyos, cañadas, matorral xerófilo y pastizales perturbados. En el Valle de México se conoce hasta los 2800 m, registrado en Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Colima, Distrito Federal, Durango, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Tlaxcala, Veracruz (*op.cit*).

Uso:

No se ha registrado alguno.

XIV.- LITERATURA CONSULTADA

- Almeida, L., Escamilla M., Giménez, A., González T. y Cleef, A. (2007). Vegetación alpina de los volcanes Popocatepetl, Iztaccihuatl y Nevado de Toluca. En: *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. CONABIO- Universidad Nacional Autónoma de México. México, **25**: 179-198.
- Alvarado, D., Bauer, L. y Galindo, J.A. (1991). Declinación y muerte de bosque de oyamel (*Abies religiosa*) en el sur del Valle de México. *Agrociencia*. México, **3**: 123-143.
- Anaya, L. A. L., Hernpandez, S. R., Madrigal, S. X. (1962). La vegetación, el suelo y algunos factores climático en seis sitios de declive occidental del Iztaccihuatl (México). *Boletín Técnico Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*. **65**:7-79.
- Arriaga, I., Espinoza, C. y Aguilar. (2000). Regiones Terrestres Prioritarias de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México, Referenciado el 19/06/2011. Disponible en: http://iztapopo.conanp.gob.mx/doc/B_1_PCyM.
- Ávila, A. V. (2002). *La vegetación de la Cuenca Alta del Rio Magdalena: Un enfoque florístico, fitosociológico y estructural*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 92 pp.
- Ávila, C. H., Aguirre, J. R. y García, E. (1994). Variación Estructural del bosque de Oyamel (*Abies hickelli* Flous y Gausson) en relación con factores ambientales en el Pico de Orizaba, México. *Boletín de Divulgación*. **3**: 5-17.
- Bauer, I. y Hernández, T. T. (1986). Contaminación: una amenaza para la vegetación en México. Ed. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México. 84 pp.
- Begon, M. J. y Harper. (1999). *Ecología*. 3° ed. Ed. Omega S.A. Barcelona. 1148pp.
- Benítez B.G. (1986). Árboles y flores del Ajusco. Ed. Instituto de Ecología Museo de Historia Natural de la Ciudad de México, México D.F. 177pp.
- Boyas D., J. C. (1993). Flora fanerogámica del campo experimental "San Juan Tetla", Puebla, 2°ed., Ed. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, División Forestal. México, Distrito Federal. 103 pp.
- Canullo, R., Starlinger, F., Granke, O, Fischer, R y Amlid, D. (2010). *Assessment of Ground Vegetation*. Manual Part VII (Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests). Hamburg, Referenciado el 19/06/2011. Disponible en: <http://www.icp-forests.org/Manual.htm>.
- Castillo, M., Pedernera, P. y Peña, E. (2003) Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*. 19: 3-8.

- 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, Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México y Agrupación Sierra Madre S.C., México, Distrito Federal .
- Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2009). Malezas de México. Referenciado el 19/09/2012. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezas-demexico/caryophyllaceae/arenariacopodioides/fichas/ficha.htm>.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2008). Descripción del área protegida Iztacihuatl-Popocatepetl. Referenciado el 19/06/2011. Disponible en: <http://iztapopo.conanp.gob.mx/descripcion>.
- Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (CORENADER). (2003). El suelo de conservación del Distrito Federal. México D.F.
- Fernández, M. T. y Nepomuceno, M. F. (1989). Variación genética en *Abies guatemalensis* Redher. *Revista Ciencia Forestal*. **14**:3-17.
- FRA (2010). Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2010, Informe Nacional, FAO, México, 98 pp.
- Franco, L. J., Cruz, G.A., Rocha, A. R., Navarrete, G.M. Flores, E.M. (1989). Manual de ecología. Ed. Trillas, México. 30 pp.
- Fitzpatrick, E. A. (1993). Suelos su formación, clasificación y distribución. Ed. Continental. México. 340 pp.
- Flores M., G., J. Jiménez L., X. Madrigal S., F. Moncayo R. y F. Takaki T. (1971). *Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana.*, Secretaría de Recursos Hidráulicos, México, Distrito Federal.
- García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2° ed., Ed. Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México. México Distrito Federal. 246 pp.
- González, E., López E. y Tena F. (2004). Plantas medicinales de la zona de Durango y las zonas aledañas. Ed. CIIDIR. México. 209 pp.
- Greig, S. P. (1983). Quantitative Plant Ecology. 3° ed., Ed. Blackwell Oxford. Los Angeles. 359 pp.
- Hawksworth F. G. (1978). A comparative distribution of two mistletoes: *Arceuthobium divaricatum* and *Phoradendron juniperinum*. Symposium on dwarf mistletoe control through forest management. Berkeley, California. Forest Service. EDA. 62 pp.
- Hernández, M. E. (1985). Distribución y utilidad de *Abies* en México. *Boletín del instituto de geofísica*. **6**:75-118.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1981). Carta Estatal de climas escala 1: 500 000. Anexo Cartográfico de la Síntesis Geográfica del Estado de México. Referenciado el 18/06/2011. Disponible en: www.chapingo.mx/.../d4212bcc7a781dc6d3875afdbc3f9fb5.
- Izta-Popo. (2002). Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl, Problemática del Parque. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. Referenciado el 19/06/2011. Disponible en: http://iztapopo.conanp.gob.mx/prob_pn.
- Kozlowski, T. T. (1979). Tree growth and environmental stress. University of Washington Press. *Botanical Review*. **68**: 192-210.
- Labau, V. J. (1993). Regional Monitoring With Plot Networks. *Environmental Monitoring and Assessment*. **26**: 283-294.
- Lamprecht, H. (1990). Silvicultura en los trópicos. Instituto de Silvicultura de la Universidad de Göttingen, Eschborn. 35 pp. Referenciado el 08/05/2009. Disponible en: [http://www.inia.es/gcontrec/pub/111-123-\(23\)-Estudio_1169110667890.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/111-123-(23)-Estudio_1169110667890.pdf).
- Lara, J. O. (2009). *Determinación del índice de diversidad florística arbórea en las parcelas de muestreo del Valle de Sacta*. Facultad de Ciencias Agrícolas Forestales y Veterinarias. Tesis de Licenciatura. Cochabamba, Bolivia, 95 pp.
- Leet, J. D. y Judson, S. (1990). Fundamentos de geología física. Ed. Limusa. México. 455pp.
- Liu, T.S. (1971). A monograph of the genus *Abies*. Ed. Taipei. Taiwan. 608 pp.
- Lomas, B., Terrazas, D. y Tchikoué, M. (2004). Propuesta de Ordenamiento Ecológico Territorial para el Parque Nacional Zoquiapan y Anexas. Manual. Universidad Autónoma de Chapingo. Estado de México. 71pp.
- Madrigal S. X. (1964). *Contribución al conocimiento de la ecología de bosques de oyamel (Abies religiosa (H.B.K.), SCHL et CHAM.) en el valle de México*. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. 111 p.
- Madrigal, S. X. (1967). Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. & Cham.) en el Valle de México, *Boletín Técnico Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*. **18**: 62-73.
- Manzanilla, H. (1974). Investigaciones epidométricas y silvícolas en bosques mexicanos de *Abies religiosa*. Ed. Dirección General de Información y Relaciones Públicas de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, México. 165 pp.
- Margalef, R. (1969). El ecosistema pelágico del Mar Caribe. Memoria Fund. La Salle. Referenciado el 23/06/2011. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726221621001&script=scarttext>.

- Martínez, M. (1963). *Las Pináceas Mexicanas*. 3ª ed., Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 135 pp.
- Magurran, A. (1988). *Diversidad Ecológica y su Medición*. Ed. Vedral. Barcelona-España. 149 pp.
- Matthews, E., Payne, R., Rohweder M. y Murray S. (2000). *Pilot Analysis of Global Ecosystems*. Ed. Forest Ecosystems. Washington, D. C. 195 pp.
- Matteucci, D. S. y A. Colma. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Ed. Eva Chesneau. Washington, D. C. 168 pp.
- Mendoza M. E. (2006). *Clasificación y Ordenación de los bosques de Abies religiosa (H.B.K.) Cham. & Schitchl en la Faja Volcánica Transmexicana*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Estado de México. 22 pp.
- Mercado, S. (2000). *Índices de integridad biótica de aproximación a su desarrollo. Diversidad biológica de ríos y arroyos del centro de México: Bases para su conocimiento y conservación*. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro. Referenciado el 28/05/2009. Disponible en: http://wiki.neotropicos.org/index.php?title=%C3%8Dndice_de_Shannon_-_Weave
- Montain T. y Busso, C. (2004). *Métodos de estudio de la vegetación, guías de trabajos prácticos de Ecología*. Ed. Departamento de agronomía, Buenos Aires. 60 pp.
- Moreno, C. (2001). "Métodos para medir la biodiversidad". M & T-Manuales y tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, 84 pp. Referenciada el 15/04/2009. Disponible en: <http://entomologia.rediris.es/metodos.pdf>
- Mostacedo, B. y Todd, S. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Ed. BOLFOR. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 92 pp.
- Niembro R. A. (1983). *Caracterización morfológica y anatómica de semillas forestales*. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo. México 218 pp.
- Nieto de Pascual, P. C. (1995). *Estudio sinecológico del bosque de oyamel de la cañada de Contreras, Distrito Federal*. *Ciencia Forestal*. México. 77: 4-34.
- Nieto de Pascual. (2004). *Regeneración del oyamel (Abies religiosa (HBK) Schltld. et Cham.) bajo condiciones naturales y controladas*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencia, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 142 pp.
- Ñique, M. (2010). *Biodiversidad: clasificación y cuantificación*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Recursos Naturales Renovables. Departamento de Ciencias Ambientales. Tingo María, Perú.
- Orellana, L. (2009). *Determinación del índice de diversidad florística arbórea en las parcelas permanentes de muestreo del Valle de Sacta*. Tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba Bolivia. 57pp.

- Palma, M., A. Velázquez, F. Romero y G. Bocco. (1999). "La vegetación de la región de montaña del sur de la Cuenca de México". *UAM-SEMARNAP-Gobierno del DF*. **38**: 66-92.
- Rivera, A., López, I., y Campos R. (2006). Nutrición y síntomas de declinación de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham. En el Desierto de los leones, D.F. *Revista Chapino*. Serie Ciencia Forestal y del Ambiente. 12: 145-150
- Rosas P. I. y Ruiz S. G. (2006). *Calidad del Aire y la Relación Ciudad-Bosque en la Cuenca Atmosférica del Valle de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. 113 pp.
- Rzedowski, J. (1954). Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* **8**: 59-129.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Ed. Limusa S.A. México.
- Rzedowski, G. C. (1995). Flora del Bajío y de regiones adyacentes Fascículo 40, Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío Pátzcuaro, Michoacán. 142 pp.
- Rzedowski, J. (1998). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana*. **14**: 3-21
- Rzedowski, G. C., y J. Rzedowski. (2005). *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2° ed., Ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán. 1341 pp.
- Sánchez, G. A. y López, M. L. (2003). Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. *Anales del Instituto de Biología. (Serie Botánica)*. Universidad Nacional Autónoma de México. **74**: 43-71.
- Sánchez, G. A. (2004). *Análisis sinecológico, florístico y biogeográfico de la vegetación del Norte de la Sierra Nevada México*. Tesis Doctorado, Colegio de Posgraduados, Montecillo Estado de México. 153 pp.
- Sánchez, G. A., López, M. y Granados, G. (2005). Semejanza florística entre los bosques de *Abies religiosa* (H.B.K) Cham & Schltl de la Faja Volcánica Transmexicana. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México* **56**: 62-76.
- Sánchez, G. A., López, M. y Vibrans, H. (2006). Composición y patrones de distribución geográfica de la flora del bosque de oyamel del cerro Tláloc, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. **79**: 33-44
- Sandoval, P. y Esther. (2010). *Patrones de variación espacio-temporal del matorral xerófilo en la Subcuenca de Zapotitlán, Puebla*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 104 pp.

- Santibáñez, A. G. (2010). *Composición y Estructura del Bosque de Abies religiosa en función de la heterogeneidad Ambiental y Determinación de su grado de Conservación en la cuenca del Rio Magdalena, México, Distrito Federal*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 134 pp.
- Sarukhán J. (1995). Diversidad Biológica. *Revista de la Universidad Nacional Autónoma de México*, **537**: 3-10.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). (1998). Diagnóstico de la deforestación en México. Subsecretaría de Recursos Naturales, Dirección General Forestal, Unidad de Investigación de Recursos Naturales, México, D.F.
- Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2003). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. México.
- Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2005). Indicadores básicos del desempeño ambiental de México: 2005. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 337 pp.
- Sierra, P. A., Rodríguez, T. D., Bonilla V., Flores, R. V., González R., Olguín, C., Acosta, D. (1988). *Estructura y dinámica del bosque de oyamel afectado por la declinación forestal en el Desierto de los Leones*, COCODER, D.F. 36 pp.
- Silk, N. y Ciruna, K. (2004). A Practitioner's Guide to Freshwater Biodiversity Conservation. Ed. Nature Conservancy. Boulder, Colorado. 237 pp.
- SIRE: CONABIO-PRONARE. (2010). Paquetes Tecnológicos, Abies religiosa (Kunth Schltl. et Cham). Referenciado el 15/04/2009. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/873Abies%20religiosa.pdf>.
- Smith, L. R. (2001). *Ecología*. Ed. Pearson Educación. Madrid-España. 164 pp.
- Székely, A. (1994). Protección legal a la biodiversidad en México. Informe de trabajo Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Toledo, V.M. (1988). La diversidad biológica en México. *Ciencia y Desarrollo*. **81**: 70-77
- Tuomisto, H., Ruokolainen, K. y Yli-Halla. (2003). Dispersal environment and floristic variation of western Amazonian forest. *Science* **299**: 241-244.
- Tyler, M. (1992). *Ecología y medio ambiente*. 6° ed., Ed. Iberoamerica S. A. México. 687 pp.
- Vázquez, G. J. A. y Givnish T.J. (1998). Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlán. *Journal of Ecology* **86**: 999-1020.

- Vega A., R. (1982). *Manual de la flora de la estación experimental de enseñanza e investigación y servicios forestales Zoquiapan*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Estado de México. 364 pp.
- Vela G., Hernández R. y Boyás D. (1982). Instructivo para la Colecta del Material Botánico. *Boletín de Divulgación del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*. **49**:12- 27.
- Velázquez, A. y Cleef, A. M. (1993). The plant communities of the volcanoes “Tlaloc” and “Pelado”. *Phytocoenología*. México. **22**: 145-191.
- Velázquez, A. y Bocco, G. (2003). La ecología del paisaje y su potencial para acciones de conservación de ecosistemas templados de montaña, Instituto Nacional de Ecología, México.
- Villarreal, Q. J. A. y Valdés, J. (1993). Vegetación de Coahuila, México. *Revista de Manejo de Pastizales* **6**: 9-18.
- Villers, R., Rojas, G. y Tenorio, L. (2006). *Guía botánica del Parque Nacional Malinche Tlaxcala-Puebla*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 169 pp.
- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J. y Melillo, J. M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science*. 277:494–499.
- Walker, L. R. y Moral (2003). Primary succession and ecosystem rehabilitation. Ed. Cambridge University Press. 456 pp.
- Walker, B. y Steffen, W. (1997). An overview of the implications of global change for natural and managed terrestrial ecosystems. *Conservation Ecology*. **1**: 2-21.
- Walter, V. R. y Harold, A. M. (2005). Ecosystems and human well-being, a report of the millennium ecosystem assessment. Ed. Board Chairs, Island Press. Washington, D.C. 155pp.
- Whittaker, R. H., Levin, S. A., Root, R.B. (1973). Niche, Habitat and Ecotope. Chicago. *The American Naturalist*. **955**: 322-338.