

1996-A

696000189

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS



**ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE COMUNIDADES
ARBÓREAS EN LA ZONA DE PROTECCIÓN DE FLORA
Y FAUNA SIERRA DE QUILA, ESTADO DE JALISCO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD DE
TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**PRESENTA
PAOLA BAUCHE PETERSEN**

Las Agujas, Zapopan, Jal., Julio de 2003



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

COORDINACIÓN DE CARRERA DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

COMITÉ DE TITULACIÓN

**C. PAOLA BAUCHE PETERSEN
PRESENTE.**

Manifetamos a Usted que con esta fecha ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de **TESIS E INFORMES** opción **Tesis** con el título "ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE COMUNIDADES ARBÓREAS EN LA ZONA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA SIERRA DE QUILA, ESTADO DE JALISCO", para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado/a como Director de dicho trabajo el/la **M.C. RAYMUNDO FEDERICO VILLAVICENCIO GARCÍA** y como Asesor el/la **M.C. FRANCISCO MARTÍN HUERTA MARTÍNEZ**.

**ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"**

Las Agujas, Zapopan, Jal., 12 de marzo del 2003


DRA. MÓNICA ELIZABETH RIOJAS LÓPEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN
COORDINACIÓN DE LA CARRERA DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA




M.C. LETICIA HERNÁNDEZ LÓPEZ
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

c.c.p. **M.C. RAYMUNDO FEDERICO VILLAVICENCIO GARCÍA**.- Director del Trabajo
c.c.p. **M.C. FRANCISCO MARTÍN HUERTA MARTÍNEZ**.- Asesor del Trabajo
c.c.p. **Expediente del alumno**

MERL/LHL/mam

C. DRA. MÓNICA ELIZABETH RIOJAS LÓPEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACION
DE LA DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E N T E.

Por medio de la presente, nos permitimos informar a Usted, que habiendo revisado el trabajo de
Titulación Tesis

que realizó el (la) pasante:
Paola Bauche Petersen código 696000189 con el

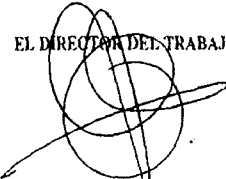
título... Estudio de la diversidad de comunidades arboreas en la zona
de proteccion de flora y fauna Sierra de Quila, Estado de Jalisco.

consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para
autorización de impresión y, en su caso, programación de fecha de examen respectivo.

Sin otro particular, agradecemos de antemano la atención que se sirva brindar a la presente y aprovechamos
la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Las Agujas, Zapopan, Jalisco 08 julio del 200_3

EL DIRECTOR DEL TRABAJO


RAYMUNDO VILLALENCIO GARCIA
NOMBRE Y FIRMA



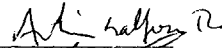

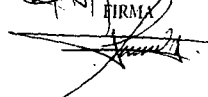
COORDINACIÓN DE LA CARRERA DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

EL ASESOR


Martin Huerta Martinez
NOMBRE Y FIRMA

SINODALES

- 1- Agustin Gallegos Rodriguez
NOMBRE COMPLETO
- 2- Hector Erias Ureña
NOMBRE COMPLETO
- 3- Monica E. Riojas Lopez
NOMBRE COMPLETO
- 4- Martin Huerta Martinez


FIRMA

FIRMA

FIRMA

El presente estudio se realizó en el marco del proyecto de investigación de posgrado que lleva a cabo el M. C. Raymundo Villavicencio García en la Universidad de Freiburg. Con apoyo del Departamento de Producción Forestal del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara.

Raymundo Villavicencio García, Director

Martín Huerta Martínez, Asesor

Agradecimientos

Gracias a Raymundo Villavicencio, mi director, por darme la oportunidad de conocer Sierra de Quila e involucrarme en una parte de su proyecto doctoral, agradezco muchísimo la ayuda y el apoyo que me brindó a pesar de encontrarse lejos.

Agradezco a mi asesor Martín Huerta por haber estado disponible en todo momento para aclarar las dudas que me surgían en el camino.

A Mónica Riojas, Agustín Gallegos y Héctor Frías, mis sinodales, por sus valiosas recomendaciones para mejorar el documento.

A mis papás Ma. Antonia y Alfredo por su incansable apoyo en cada decisión que tomo en mi vida.

A mis hermanos Sofia, Alfredo y Andrés por su amor y su alegría.

A Manfred por su apoyo y cariño.

A todos mis amigos por el ánimo y los buenos ratos.

A la Secretaria de Desarrollo Rural – Jalisco por el apoyo en la logística durante el trabajo de campo, al proporcionar un lugar de alojamiento en el área protegida, así como el apoyo técnico de la Brigada Forestal de Sierra de Quila de la misma secretaria.

Agradezco también el apoyo durante el muestreo de la brigada de voluntarios del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara.

Al Departamento de Producción Forestal del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara por facilitar el vehículo para llegar al ANP, así como el préstamo del material para los muestreos.

Gracias a todos !!

Resumen

La Zona de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila (ZPFF), ubicada en el Estado de Jalisco ha experimentado diversos grados de perturbación debido a la poca planeación en el manejo de sus recursos naturales, por lo que es importante realizar estudios ecológicos de las especies presentes que sirvan de base para las actividades de conservación. El objetivo de este trabajo es aplicar índices de estimación de la diversidad en comunidades arbóreas y comparar cada una de éstas en base a su composición florística y riqueza en relación a variables ambientales (gradiente altitudinal y tipo de suelo), para lo cual se seleccionó un área piloto en la parte central de la ZPFF en donde se estableció una red de 93 sitios permanentes distribuidos sistemáticamente, y mediante el muestreo de círculos concéntricos se tomaron los datos de todo arbolado mayor o igual a 7 cm DAP. Se utilizó el Índice de Shannon - Wiener como medida de diversidad Alfa con el fin de medir la riqueza y la abundancia relativa de las especies dentro de las comunidades y como medida de diversidad Beta se utilizó el Índice de Sørensen, el cual en base a la ausencia - presencia de especies en las muestras da un estimado de la tasa de recambio entre comunidades. Para obtener la composición florística de las comunidades se utilizó el índice de Importancia Ecológica de Curtis y McIntosh, el cual da a conocer las especies de mayor peso ecológico en las comunidades. Se registraron 4 tipos de bosques dentro de los cuales se encontraron 33 especies pertenecientes al estrato arbóreo distribuidos en 16 géneros y 14 familias. El valor mayor de diversidad alfa (1.91) lo obtuvieron los intervalos altitudinales 1(1500 – 1600 m) y 7 (2100 – 2200 m). Mientras que el valor menor (0.26) lo obtuvo el intervalo altitudinal 4 (1800 – 1900 m). Para los tipos de suelo, fue Feozem háplico el que obtuvo el valor mayor (2.23) de diversidad. El gradiente altitudinal resultó ser un factor de mayor determinación en la diversidad de las especies arbóreas que el tipo de suelo, y según el IVI, las especies de mayor peso ecológico son *Quercus resinosa*, *Pinus lumholtzii* y *Pinus douglasiana* para el bosque de pino encino y *Acacia pennatula*, *Eysenhardtia polystachya* e *Ipomea murucoides* para el bosque tropical caducifolio.

Contenido

Agradecimientos	i
Resumen	ii
Contenido	iii
Índice de Cuadros	v
Índice de Figuras	vi
1. Introducción	1
2. Antecedentes	4
2.1 Diversidad en las comunidades vegetales.....	4
2.2 Las Áreas Naturales Protegidas	7
3. Hipótesis	10
4. Objetivos	10
5. Justificación	11
6. Materiales y Métodos	12
6.1 Descripción del Área de estudio	12
6.1.1Clima	12
6.1.2 Geología y Suelos	13
6.1.3 Hidrología	15
6.1.4 Vegetación	15
6.2 Materiales	18
6.3 Métodos	19
6.3.1 Delimitación del área de muestreo	19
6.3.2 Sistemas de información geográfica	22
6.3.3 Análisis de datos	23
6.3.3.1 Diversidad florística en comunidades arbóreas	23
6.3.3.1.1 Diversidad Alfa	23
6.3.3.1.2 Diversidad Beta	24
6.3.3.1.3 Índice de Importancia Ecológica	25
6.3.3.2 Pruebas de Significancia	26

6.3.3.3 Análisis multivariable	26
7. Resultados y discusión	29
7.1 Descripción de la vegetación	29
7.2 Diversidad florística	31
7.2.1 Comunidades arbóreas por intervalo altitudinal	31
7.2.1.1 Descripción de los Intervalos altitudinales	31
7.2.1.2 Índices de diversidad de comunidades por rango altitudinal.....	34
7.2.1.2.1 Diversidad Alfa	34
7.2.1.2.2 Diversidad Beta	39
7.2.1.2.3 Especies de importancia ecológica en la comunidad	40
7.2.2 Tipos de suelos	48
7.2.2.1 Descripción de los tipos de suelos	48
7.2.2.2 Índices de diversidad de comunidades por tipo de suelo	48
7.2.2.2.1 Diversidad Alfa	48
7.2.2.2.2 Diversidad Beta	51
7.2.2.2.3 Especies de importancia ecológica en la comunidad	52
7.2.3 Análisis multivariable	56
8. Conclusiones	60
9. Recomendaciones	62
10. Bibliografía	63
11. Anexos	71
Anexo I. Índice de Shannon - Wienèr desarrollado para los intervalos altitudinales 1 y 7.....	71
Anexo II. Índice de Importancia Ecológica desarrollado para el estrato del suelo VII.....	72

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Áreas Naturales Protegidas decretadas en México	8
Cuadro 2. Listado de especies encontradas en el Área Piloto.....	29
Cuadro 3. Intervalos altitudinales presentes en el Área Piloto	32
Cuadro 4. Índice de Shannon - Wiener y abundancia (Numero de árboles por hectárea) por intervalos altitudinales.....	34
Cuadro 5. Afinidad porcentual de especies por Intervalos altitudinales.....	40
Cuadro 6. Índice de valor de importancia de las especies por rango altitudinal	40
Cuadro 7. Superficie y distribución porcentual por subtipo de suelo	48
Cuadro 8. Índice de Shannon - Wiener por estratos de suelo	49
Cuadro 9. Afinidad porcentual de especies por comunidad arbórea por estrato de suelo.....	51
Cuadro 10. Índice de valor de importancia de las especies por estrato de suelo	52
Cuadro 11. Variación extraída y acumulada de los tres ejes, obtenida a partir del método de ordenación Bray & Curtis.....	56
Cuadro 12. Importancia de las distintas variables ambientales en los tres ejes, según el método de ordenación de Bray & Curtis.....	57
Cuadro 13. Abundancias máximas de las especies encontradas en el área piloto de Sierra de Quila sobre los tres ejes utilizados para el método de ordenación Bray & Curtis.....	58

Índice de Figuras

Figura 1. Localización de la Zona de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila, y ubicación del área piloto (transecto gris)	19
Figura 2. Círculo de muestreo de 0.05 hectáreas de superficie	20
Figura 3. Árboles por hectárea de las especies dominantes del Área Piloto.....	31
Figura 4. Perfil sintético de elevación del terreno en el área piloto.....	32
Figura 5. Poligonal de la ZPFF Sierra de Quila mostrando la división del perfil altitudinal a cada 100 metros	33
Figura 6. Curva de comportamiento del Índice de Shannon - Wiener en relación al gradiente altitudinal	38
Figura 7. Especies de mayor peso ecológico por rango altitudinal	42
Figura 8. Importancia ecológica de <i>Quercus resinosa</i> a lo largo del gradiente altitudinal	46
Figura 9. Poligonal de la ZPFF Sierra de Quila señalando los diferentes tipos de suelos.....	50
Figura 10. Especies de mayor peso ecológico en los diferentes estratos de suelo	53
Figura 11. Diagrama de ordenación obtenido mediante el método de Bray & Curtis del eje 1 y 2.....	59

1. Introducción

La diversidad de especies es entendida como el número de especies y la cantidad de individuos presentes en un área determinada, las cuales evolucionan para alcanzar distintas posiciones en los gradientes ambientales y así disminuir la competencia entre ellas, formando comunidades que comparten características específicas que las hacen cohabitar en espacio y tiempo (Matteucci y Colma, 1982). La composición de estas comunidades está influenciada por circunstancias históricas y geográficas, así como por factores ecológicos locales.

México ha merecido el calificativo de país megadiverso debido a que en su territorio se presenta el 10% de la diversidad de especies a nivel mundial, así como casi todos los tipos de vegetación (Rzendowski, 1978). Es el octavo país con mayor superficie de bosques en el mundo (SEMARNAT, 2002), y posee 55 especies de pino (85% de las cuales son endémicas) y 138 especies de encino (70% endémicas), lo que lo ha llevado a establecerse como un país de importancia global para el mantenimiento de servicios ambientales, tales como la captura de carbono, la protección de cuencas y el mantenimiento de bancos genéticos, entre otros. Sin embargo, la pérdida de miles de hectáreas de bosques cada año por los desmontes con fines agropecuarios, los incendios provocados y las tala clandestinas ocasionan que las áreas afectadas sean colonizadas por especies nuevas resistentes al disturbio, lo que conlleva al cambio de la composición original del ecosistema y a la disminución de la diversidad.

La solución hasta ahora para contrarrestar el problema de pérdida de diversidad es el establecimiento de áreas naturales protegidas (Jardel, 1990). Estos espacios naturales son designados mediante decreto presidencial para cumplir

actividades favorables al entorno, las cuales generan una estabilidad ambiental en la región que las rodea mientras mantienen la capacidad productiva del ecosistema, ofreciendo alternativas de desarrollo rural y uso racional de los recursos naturales. Sin embargo, estos esfuerzos de conservación deben de ir sustentados por estudios ecológicos que permitan comprender los procesos y las interacciones que se presentan en las comunidades, para así obtener herramientas que permitan realizar acciones en beneficio de su conservación. Para esto se han desarrollado diferentes modelos para medir la diversidad de especies que generan resultados cuantitativos de fácil interpretación, los cuales permiten hacer comparaciones entre comunidades de distintos lugares o de la misma comunidad a través del tiempo. Estas medidas de diversidad que, al ser aplicadas a espacios naturales protegidos, dan validez científica a los criterios de conservación (Magurran, 1989), pueden ser divididas según su alcance geográfico en medidas de diversidad alfa y beta. Las primeras miden la diversidad de especies que presenta una comunidad, mientras que las segundas permiten realizar comparaciones de diversidad entre comunidades o estimar las tasas de reemplazo de especies a lo largo de gradientes ambientales (Moreno, 2001).

La Sierra de Quila, decretada por la federación como Zona de Protección de Flora y Fauna en el año 1982, es una zona de importancia para la conservación, ya que es una región captadora de agua que abastece dos cuencas del Estado de Jalisco, de las cuales se desprenden una gran variedad de actividades económicas. Además, la presencia y compleja distribución de especies la ha convertido en un reservorio de bancos genéticos de gran importancia para el país, sin embargo la realización de practicas agrícolas y ganaderas, las visitas descontroladas y la extracción de madera furtiva entre otros, han llevado a la Sierra de Quila a un acelerado deterioro del ecosistema, por lo que estudios ecológicos que apoyen los proyectos de conservación del área son de gran importancia.

El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis de las comunidades arbóreas de la Zona de Protección de Flora y Fauna (ZPFF) Sierra de Quila y su relación con dos variables ambientales, el gradiente altitudinal y el tipo de suelo, aplicando índices de diversidad alfa de Shannon - Wiener y beta de Sørensen, además de conocer la composición florística de las distintas comunidades y determinar el peso ecológico que las especies presentan en una comunidad.

Una vez obtenidos los resultados se concluyó que el gradiente altitudinal es la variable ambiental que influye mas en la diversidad de especies y que las especies arbóreas dominantes son las mismas sin importar la variable ambiental que se tome como indicador.

El empleo de medidas de diversidad permite aclarar procesos ecológicos y proporcionan herramientas científicas que permiten la toma de decisiones adecuadas para el manejo y conservación.

2. Antecedentes

Las comunidades son sistemas compuestos por poblaciones de especies relacionadas entre sí, las cuales comparten los recursos que el hábitat ofrece y los modifican a medida que la comunidad evoluciona (Brewer, 1994). Las comunidades son el resultado de sistemas formados por estructuras internas complejas y procesos de adaptación y selección que llevan a su determinación, en donde cada uno de sus componentes adquiere una función dentro de éste proceso. Una de las características de las comunidades es la diversidad de especies (Krebs, 2000).

2.1 La diversidad de especies

La diversidad biológica o biodiversidad puede ser definida como la variedad (riqueza) de especies encontradas en un área, viéndose directamente influenciada por la cantidad de organismos (abundancia) presentes de cada especie.

La biodiversidad, estudiada y manejada en diferentes niveles de organización biológica, desde los genes hasta los ecosistemas (Yoccoz, *et.al.*, 2001), está influenciada por circunstancias tales como la latitud, la altitud, el clima, los procesos y eventos históricos, la complejidad estructural del hábitat y el grado de disturbio entre otros (Ricklefs y Schluter, 1993), y se sitúa en un marco dinámico y evolutivo, que conlleva a un cambio constante en su proceso y composición. Estos cambios en las comunidades es posible conocerlos mediante el monitoreo de la diversidad, el cual tiene dos objetivos claros: el científico y el de conservación. El objetivo científico se enfoca completamente en aprender y entender el comportamiento y la dinámica del sistema de estudio, mientras que el

objetivo basado en la conservación provee información que es útil para la toma de decisiones sobre el manejo del recurso. (Yoccoz, *et.al.*, 2001).

Para simplificar su estudio, la diversidad ha sido clasificada en tres componentes, según su alcance geográfico. La diversidad gamma es la diversidad total de un área, la cual está compuesta por la diversidad alfa, definida como la diversidad local, y la diversidad beta, considerándose como el recambio de especies entre diferentes áreas (Whittaker, 1972). Sánchez y Pineda (2000), definen la diversidad alfa como la diversidad de especies en una comunidad particular, involucrando tanto la riqueza de especies como la abundancia relativa, siendo dependiente del tamaño de la muestra (Halffter, 1998). Mientras que la diversidad beta se refiere a la diversidad que existe entre las comunidades; y la diversidad gamma es entendida como la diversidad total de especies en un conjunto de comunidades.

Las medidas de diversidad surgieron como una herramienta para el estudio de los procesos ecológicos, con el fin de detectar similitudes y diferencias entre distintas comunidades o el cambio de una misma comunidad a través del tiempo. Estas medidas de diversidad se representan como expresiones matemáticas con el fin de cuantificarla (Bravo-Núñez, 1991). Las medidas de diversidad alfa son las que comprenden la mayoría de los métodos propuestos (Moreno, 2001). En los últimos años este tipo de medidas se han empleado con el fin de monitorear los efectos del hombre dentro de las comunidades.

Para medir la diversidad alfa se utilizan, entre otros, los índices de heterogeneidad, los cuales toman en cuenta la riqueza de las especies presentes así como su abundancia relativa. Dentro de estos, el más utilizado es el índice de Shannon - Wiener, el cual es utilizado (Bravo-Núñez, 1991; Ramos, *et.al.*, 1982; Stirling y Wilsey 2001; Reice, 1997; Neumann y Starlinger, 2001; Nangendo, *et.al.*, 2002) debido a su fácil interpretación y a que es un modelo bastante robusto.

La diversidad beta es una medida de la homogeneidad en la repartición de especies entre comunidades (Osorio, *et.al.*, 1996) que toma en cuenta el grado de reemplazo o recambio de especies a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972) y es medida mediante coeficientes de similitud o disimilitud de especies (Moreno, 2001).

Guariguata (2002) señala que la mayor parte de los estudios no utilizan una medida universal de diversidad que permita hacer una comparación eficaz entre un área y otra, por una gama amplia de factores, desde el objetivo de estudio hasta el tamaño de la muestra.

Los índices de diversidad pueden ser de utilidad en diferentes áreas del conocimiento. Por ejemplo, para evaluaciones de contaminación de ecosistemas, tal es el caso del estudio realizado con comunidades de diatomeas para evaluar el grado de contaminación que sufría un cuerpo de agua (Patrick, 1973; en Magurran, 1989). Sin embargo, Magurran (1989) indica que la mayor aplicación de los índices de diversidad es cuando éstos son enfocados hacia la conservación y la supervisión ambiental, usándose como un índice de salud del ecosistema.

Otra de las aplicaciones que se les ha dado en los últimos años, es en el manejo forestal, ya que condensan en valores numéricos la información contenida en censos o muestras, simplificando la toma de decisiones en el manejo de los bosques (Lübbbers, 1997). Hasta hace algunos años los inventarios forestales proporcionaban únicamente información sobre la producción maderera de los bosques, con pocos datos sobre la diversidad forestal. No obstante, desde hace una década se ha dado especial importancia a obtener información relativa a la diversidad forestal (Rondeux, 1999), ya que su conservación se ha convertido en un aspecto de interés social al atribuirle al bosque la generación de una cantidad de servicios como la continuidad del ciclo hidrológico, la regulación del clima y la temperatura del planeta, entre otros (Chapela, 1996; Von Gadow, 1999; Hahn – Schilling, 1994; y Lübbbers 1997).

En México, la aplicación de índices de diversidad a comunidades forestales se ha estado utilizando con el fin de contribuir a las labores de conservación. Tal es el ejemplo de Corral *et. al* (2001), donde aplican modelos ecológicos de abundancia y evalúa el equilibrio ecológico en un bosque de niebla, o bien el estudio de Gallegos *et. al* (2001) donde demostraron que la aplicación de índices de importancia ecológica a un bosque tropical en la Costa de Jalisco permitía observar que las especies de menor frecuencia corren el riesgo de extinguirse en el área, debido a erróneas aplicaciones de aprovechamiento forestal.

Continuando con la cita de estudios en contexto nacional, Pavón, *et. al* (2000), aplicó índices de diversidad a especies de plantas en ambientes áridos a través de un gradiente altitudinal en el Valle de Zapotitlán, Puebla, México, obteniendo que la diversidad de especies disminuye a medida que aumenta la altitud. De la misma manera, Gallegos (1997) y Villavicencio, *et.al.* (2000) emplearon índices de diversidad en masas forestales con el propósito de fortalecer criterios para la aplicación de estrategias de conservación en áreas naturales protegidas del estado de Jalisco. Mientras que Jardel (1990) señala que los estudios ecológicos realizados para comprender las interacciones entre organismos y su ambiente biótico son esenciales para la resolución de los problemas prioritarios de conservación.

2.2 Las Áreas Naturales Protegidas

Las áreas naturales protegidas son porciones terrestres o acuáticas representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido alterado sustancialmente por el hombre. Estas son el resultado de un decreto presidencial en el que se especifica la regulación estricta del uso del suelo y las actividades que pueden llevarse a cabo y están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo (CONANP, 2003). Según el Artículo 45 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, "el establecimiento de áreas naturales protegidas tiene

por objeto preservar los ambientes naturales, salvaguardando la diversidad genética de las especies silvestres. Debiéndose asegurar el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y sus elementos y propiciar campos propicios para la investigación científica y el estudio de los ecosistemas y su equilibrio, generando así practicas o técnicas que permitan la preservación de la biodiversidad y la protección de los poblados circundantes” (LGEEPA, 1999).

En México existen 148 áreas naturales protegidas representadas en seis categorías (Cuadro 1). Las Zonas o Áreas de Protección de Flora y Fauna ocupan el segundo lugar en superficie del país y representan el tercer lugar en número de áreas decretadas.

Cuadro 1. Áreas Naturales Protegidas decretadas en México

Categoría	Cantidad	Superficie (ha)
Reserva de la Biosfera	34	10,479,534
Monumentos Naturales	4	14,093
Parques Nacionales	65	1,397,163
Áreas de Protección de los Recursos Naturales	2	39,724
Áreas de Protección de Flora y Fauna	26	5,371,930
Santuarios	17	689
Total	148	17,303,137

Fuente: CONANP (2003).

En las áreas bajo la categoría de Protección de Flora y Fauna se permite la realización de actividades relacionadas con la preservación, repoblación, propagación, aclimatación, refugio, investigación y aprovechamiento sustentable de las especies de flora y fauna silvestres, así como las relativas a educación y difusión en la materia. Asimismo, se autoriza el aprovechamiento de los recursos naturales a las comunidades que ahí habiten, mas deberán sujetarse a las normas oficiales mexicanas y usos de suelo que se establezcan (LGEEPA, 1999).

La Zona de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila ha experimentado diversos grados de perturbación debido al sobrepastoreo, la tala clandestina, los asentamientos humanos ilegales, los cultivos de temporal y el ataque de plagas e incendios forestales entre otros, lo que ha llevado a la preocupación de la sociedad y al consecuente implemento de medidas de conservación (SARH, 1993).

Según su decreto, 23 de julio de 1982, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 4 de agosto del mismo año, la zona es un reservorio de especies y diversidad genética que debe ser conservado y restaurado. Por lo que entre los objetivos de conservación del Área Natural Protegida se encuentra el contribuir al mantenimiento de los procesos ecológicos para el funcionamiento de los ecosistemas en beneficio de la sociedad. Así como preservar los ecosistemas naturales y recuperar las áreas deterioradas, maximizando la diversidad de especies nativas, manteniendo la estructura de las reservas arbóreas y proveyendo espacios abiertos, contando con información científica que soporte a las prácticas de manejo y experimentos dirigidos a la conservación (SARH, 1993). Muy pocos estudios se pueden citar realizados en la Sierra de Quila, tales como el llevado a cabo por Muro (1992), donde evalúa el muérdago enano en algunas especies del género *Pinus* de importancia económica, el de Fierros (1995) en el que realizó un estudio sobre los hongos macromicetos, o bien el de Guerrero y López (1997), quienes presentan un estudio botánico descriptivo de la vegetación.

3. Hipótesis

El gradiente altitudinal y los componentes edáficos, son factores que tienen influencia en la diversidad arbórea de las comunidades.

4. Objetivos

El objetivo de este trabajo es aplicar índices de estimación de la diversidad a comunidades arbóreas y hacer una comparación de la composición florística y riqueza de estas comunidades en relación e influencia a variables ambientales.

Objetivo específico:

1. Estimar los índices de diversidad alfa y beta en las comunidades arbóreas y dilucidar su respuesta en base a:
 - a) Relación diversidad y gradiente altitudinal
 - b) Relación diversidad y tipos de suelo.

2. Determinar el peso ecológico de las especies por comunidad arbórea.

5. Justificación

La conservación de la biodiversidad y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales son dos de los objetivos principales de conservación en las áreas naturales protegidas (LGEEPA, 1999). El conocimiento de las comunidades presentes en las áreas protegidas es indispensable para la tarea de conservación, y es la utilización de medidas de diversidad que empleen la riqueza y la abundancia de especies de estas comunidades las que proporcionan validez científica a esta tarea. Según Magurran (1989), las medidas de diversidad aplicadas a las comunidades aparecen frecuentemente como indicadores ambientales, permitiendo apreciar el comportamiento del área de estudio a través de los años.

La Zona de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila es una zona importante para la conservación, debido a que se le atribuyen servicios hídricos y de recreación, entre otros, albergando una gran cantidad de especies de flora y fauna. Sin embargo la poca información sobre la región ha llevado a la toma de decisiones inadecuadas sobre el manejo de los recursos naturales.

El presente trabajo pretende contribuir al conocimiento de la diversidad por medio de inventario de especies arbóreas forestales y las relaciones que se presentan entre éstas y las distintas condiciones edáficas y el gradiente altitudinal.

6. Materiales y Métodos

6.1 Descripción del área de estudio

El presente trabajo se desarrolló dentro del Área Natural Protegida "Sierra de Quila". Decretada por la Federación el día 4 de agosto de 1982, bajo la categoría de Zona de Protección de Flora y Fauna.

Esta se ubica entre los paralelos 20° 12' 10" y 20° 23' 23" Norte; y 103° 53' 25" y 104° 11' 35" Oeste. Sus límites altitudinales varían de los 1350 hasta 2560 msnm. Posee una superficie aproximada de 15,000 hectáreas comprendidas dentro de los municipios de Tecolotlán, Tenamaxtlán, San Martín de Hidalgo y Cocula, en el Estado de Jalisco.

El área natural protegida (ANP) forma parte del Eje Volcánico Transversal dentro de la Subprovincia "Sierras de Jalisco", presentando un eminente relieve montañoso con valles de poca extensión (Guerrero y López, 1997).

6.1.1. Clima

El clima de la región de acuerdo al criterio de Köppen modificado por García (1988) es:

- a) Templado y húmedo con lluvias en verano C(w2)(w), y
- b) Cálido y húmedo con larga temporada seca (A) C (w1) (w).

Donde el tipo de clima a) corresponde a la vegetación representada por pino – encino, y el tipo de clima b) al bosque tropical subcaducifolio (Rzendowski,

1978). La Sierra de Quila presenta temperaturas de 18 a 22°C, registrándose 15° como temperatura mínima y 24° como la máxima. El rango de precipitación anual total oscila de 700 a 1200 mm (Guerrero y López, 1997).

6.1.2. Geología y suelos

Los afloramientos de roca ígnea extrusiva de origen Terciario, como el basalto, son las geoformas que ocupan la mayor parte del territorio. Una pequeña región de origen cretácico, esta compuesta por roca ígnea intrusiva, como el granito y otra porción con suelo aluvial (Guerrero y López, 1997).

El área protegida posee los siguientes tipos de suelo según la clasificación FAO/UNESCO: *Cambisol eutrico*, *Cambisol húmico*, *Feozem háplico*, *Feozem lúvico*, *Litosol*, *Luvisol crómico*, *Regosol eutrico* y *Vertisol pélico*.

Los suelos Cambisoles se caracterizan por ser suelos poco desarrollados (hasta 25 cm de espesor) en etapa inicial de formación, de textura media, con el contenido máximo de arcilla en el horizonte superior, que por lo general disminuye en cantidad con la profundidad, predominan el calcio y el magnesio (FitzPatrick, 1984). No contienen cantidades apreciables de materia orgánica.

Los ciclos de erosión y deposición son la razón principal de que los Cambisoles frecuentemente ocurran en condiciones montañosas (Spaargaren, 1994). Se desarrollan en sitios de topografía plana a fuertemente inclinada, alcanzando su mejor desarrollo en sitios de pendiente suave. Se encuentran en muchas partes de los trópicos, generalmente como una etapa temprana en una secuencia evolutiva. Los subsuelos de Cambisol se pueden presentar diferentes en vista y textura a la capa superficial. El Cambisol eutrico presenta un subsuelo rico o muy rico en nutrientes, por el contrario, el Cambisol húmico presenta de regular a buen contenido de materia orgánica pero pobre en nutrientes (INEGI, 1998 y 1999).

Los suelos Feozem en general son suelos más lixiviados, con capa superficial oscura, con una marcada acumulación de materia orgánica (Porta, *et al.* 1999) y nutrientes. Se presenta alrededor de 30 – 40% de arcillas en el horizonte medio. Muestran falta de humedad durante la parte media o final de la estación de crecimiento, situación que conduce al desarrollo de una comunidad natural de gramíneas, por lo que se les ha llamado suelos de praderas (Wild, 1989). Son suelos de gran porosidad, permitiendo con ello la penetración de las raíces y de la humedad. La textura por lo general es de limo, migajón arcilloso – limoso o migajón arcilloso (FitzPatrick, 1984). Los suelos Feozems están confinados casi exclusivamente de terrenos planos a ligeramente ondulados.

Los suelos Litosoles son suelos que por lo general presentan menos de 10 cm de espesor y buen contenido de materia orgánica (INEGI, 1998 y 1999), se presentan principalmente en zonas montañosas pero pueden ocurrir en otras áreas como en superficies planas de roca desnuda (FitzPatrick, 1994).

Los Luvisoles son suelos con acumulación de arcilla de alta actividad (Porta, *et al.* 1999). Se forman en gran parte por la migración progresiva de material hacia abajo. Uno de los requerimientos climatológicos de importancia para estos suelos es la ocurrencia de estaciones extremas, de manera que en la estación húmeda el material es translocado y durante el periodo seco las partículas se deshidratan y se adhieren con fuerza acumulándose en capas de material que forma el revestimiento. Con mayor frecuencia se encuentran en sitios planos o de pendiente suave (FitzPatrick, 1984). Los Luvisoles crómicos son suelos con horizonte arcilloso (superior a 45% en los 100 cm superficiales), estos presentan una coloración en estado húmedo de pardo oscuro a rojizo.

Los suelos Regosoles son suelos delgados, presentan un promedio de arcilla inferior a 20% en los primeros 100 cm superficiales, se consideran suelos poco desarrollados, sin estructura, formados a partir de materiales no consolidados (Wild, 1989) y de textura variable, procedentes de material no consolidado. Los Regosoles son suelos bien drenados representando deposiciones recientes (Spaargaren, 1994). Tienen una amplia gama de texturas y ocurren en todas las

zonas climatológicas, constituyendo la etapa inicial de formación de un gran número de suelos (FitzPatrick, 1984). El Regosol eutrítico es rico o muy rico en nutrientes con regular contenido de materia orgánica (INEGI, 1998 y 1999).

Los suelos Vertisoles son suelos minerales que se caracterizan por su elevado contenido en arcilla, un 30% o más en todo el perfil y como mínimo en un espesor de por lo menos 50 cm., con arcillas expandibles y con grietas que se abren y cierran periódicamente (Porta, *et al.* 1999). Son de colores oscuros (de negro a pardo-rojizo) (INEGI, 1998 y 1999).

6.1.3. Hidrología

La zona capta agua para dos cuencas hidrológicas del Estado, la parte norte capta el agua para la cuenca del Río Ameca, mientras que el sur capta para la cuenca del Río Ayuquila (Guerrero y López, 1997). De acuerdo a Fierros (1995), la red hidrológica presenta numerosos afluentes permanentes y de temporal, siendo los ríos más importantes el Río Grande, Río Yerbabuena, y arroyos El Salto y Palmilla.

6.1.4. Vegetación

Guerrero y López (1997) consideran para la Sierra de Quila seis tipos de vegetación: bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino, bosque de encino, bosque tropical caducifolio, bosque de galería y bosque espinoso.

El bosque de *Pinus* y *Quercus* es la formación vegetal más característica de la Sierra de Quila, la cual se distribuye desde los 1900 msnm. hasta los límites más altos de la sierra. Son bosques de climas templados, que pierden su humedad de manera más lenta que el resto de tipos de vegetación de la zona, lo que hace que los árboles conserven sus hojas por más tiempo. Esta comunidad arbórea se

conforma principalmente por individuos de los géneros *Pinus*, *Quercus* y algunos elementos del género *Alnus* y *Arbutus* (Guerrero y López, 1997).

El bosque de *Quercus* se distribuye por toda la sierra entre los 1500 y los 1900 msnm., traslapándose con frecuencia con el bosque tropical caducifolio. Los bosques de *Quercus* son bosques cerrados con árboles de tronco bien definido, de alturas variables y con cortezas duras y ásperas. Las hojas presentan diferentes tamaños según la especie, sin embargo todas son duras y coriáceas, de aspecto brillante. Al ser un bosque de tipo caducifolio, todos los individuos pierden sus hojas durante la estación seca del año. En las partes mas bajas de la sierra se encuentra la presencia de *Quercus magnoliifolia*, mezclado con elementos de *Quercus gentryi*, *Quercus splendens* y *Quercus laeta*. En las partes medias de la sierra predomina el *Quercus magnoliifolia*, *Quercus resinosa*, *Quercus castanea*, *Quercus eduardii* y *Quercus coccolobifolia*.

A la comunidad arbórea que crece a lo largo de ríos y arroyos se le llama bosque de galería. Los géneros de este tipo de vegetación que Guerrero y López (1997) encontraron en la zona son *Alnus*, *Astianthus*, *Casimiroa*, *Ficus*, *Guazuma*, *Cedrela*, *Morus*, *Prunus*, *Pithecellobium*, *Psidium*, *Bursera* y *Salix*.

El Bosque mesófilo de montaña se distribuye en zonas muy húmedas, se encuentra compuesto de elementos perennifolios y caducifolios y posee características de tipos de vegetación tanto templada como tropical. La superficie que este tipo de vegetación ocupa en el país es mínima, ya que no llega a cubrir el 2% del territorio. En la Sierra de Quila su presencia es fragmentaria, se le encuentra en cañadas o en lugares donde existen nacimientos de agua permanentes (Guerrero y López, 1997), presentando una distribución desde los 1950 a los 2560 metros sobre el nivel del mar. Las especies presentes en el bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Quila pertenecen a los géneros *Clethra*, *Meliosma*, *Phoebe*, *Prunus*, *Quercus* y *Styrax* las mas frecuentes.

El bosque tropical caducifolio se distribuye en regiones de clima cálido, con estaciones bien marcadas que ocasionan la pérdida de las hojas de los árboles durante una parte del año. Es un grupo heterogéneo de comunidades vegetales distribuido por las laderas de la sierra, desarrollándose en suelos someros bien drenados y pedregosos, asentándose desde los 1300 hasta los 1850 msnm. Presenta una estructura densa en donde se reconocen tres estratos. Los géneros de mayor frecuencia en este tipo de vegetación son *Bursera*, *Euphorbia* y *Jatropha*, así como especies favorecidas por el disturbio como *Guazuma ulmifolia* e *Ipomea murucoides* (Guerrero y López, 1997).

El Bosque espinoso se desarrolla a menudo bajo climas secos con suelos de mal drenaje. Se sitúa a los 1300 metros en las faldas de la sierra. Presenta clima seco durante siete meses del año. Se caracteriza por presentar árboles con alturas entre 5 y 10 metros, con copas anchas y hojas compuestas. Debido a que los suelos de este tipo de vegetación son aptos para la agricultura, el bosque ha sido modificado paulatinamente teniendo como causa principal el cambio de uso de suelo. Las especies representativas en esta comunidad las conforman los géneros *Prosopis*, *Pithecellobium*, *Guazuma* y *Acacia*.

6.2. Materiales

El desarrollo del presente trabajo consta de dos fases. La primera fase constituyó el trabajo de campo en el cual se realizó la implantación sistemática de sitios de muestreo permanentes, así como la recolecta de datos.

La red sistemática de sitios fue previamente establecida en el área piloto (ver cap. 6.3.1), con ayuda de un SIG se generó una red de puntos preliminar a cada 100 m y dentro de ésta, se seleccionó al azar el primer punto de muestreo, posteriormente se determinaron con equidistancia a cada 400 m el resto de los puntos. Las coordenadas geográficas de referencia (UTM) de cada punto significó el centro de cada círculo de muestreo. Las coordenadas fueron almacenadas en un GPS – Navegador (GARMIN XL 12) y con auxilio de una brújula se localizaron estos puntos en el campo. Una vez localizado el centro del sitio de muestreo se clavó una estaca de metal de 35 cm. al nivel del suelo, con el fin de dejar permanentemente identificado el sitio para futuros inventarios. Para cada círculo de muestreo se registraron datos del área como fecha de registro, número de sitio, radio, altitud, exposición, pendiente, coordenadas X Y (referencia GPS en campo), relieve, así como, porcentaje y tipo de erosión.

Para el registro de parámetros del arbolado se utilizaron diversas tablas de interpretación de variables cualitativas, así como varios instrumentos de medición, considerándose entre los mas indispensables para la medida de altura de los árboles el clinómetro Sunnto o pistola Haga, y la cinta diamétrica para la toma de diámetros de fuste. Los datos de colecta se llenaron en la tabla de registro con la ayuda del instructivo de campo (Villavicencio, 2002).

La segunda fase consistió en la captura de los datos obtenidos en campo y la posterior aplicación de los índices de diversidad. Para el desarrollo de esta etapa se utilizó el programa de computo Excel 2000.

6.3 Métodos

6.3.1 Delimitación de área de muestreo

Se seleccionó una superficie de 1,570 hectáreas denominada "Área Piloto", la cual representa un rectángulo de aproximadamente 1.8 kilómetros de ancho x 10 kilómetros de largo, orientado de sur a norte en la parte central de la zona de protección (Figura 1). Dicha Área Piloto abarca distintas cotas altitudinales y es considerada como una superficie representativa por cubrir todos los tipos de vegetación presentes dentro del área natural.

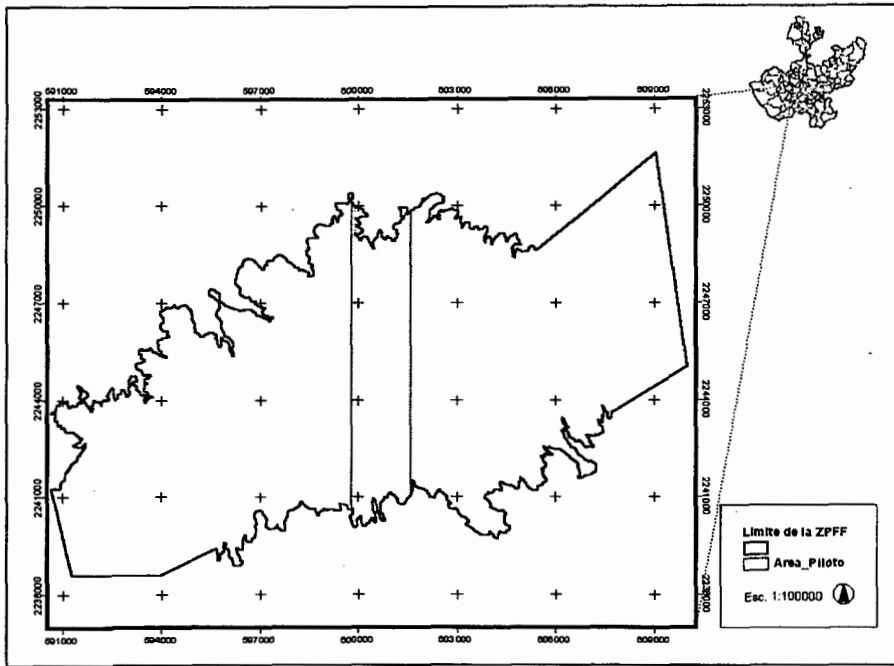


Figura 1. Localización de la Zona de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila, y ubicación del área piloto (trayecto en gris) (Fuente: Villavicencio, en preparación).

En el "Área Piloto" se estableció una red de 93 sitios de muestreo permanentes distribuidos sistemáticamente en una red de 400 x 400 m. El muestreo

sistemático permite una distribución uniforme (objetividad) de la muestra en toda la superficie ya que brinda mayor representatividad (Akca, 1995). La red se definió previamente con la ayuda de un SIG, de esta manera se obtuvo la coordenada geográfica del punto central de cada sitio. Se establecieron círculos concéntricos de 0.05 (500 m²) y 0.01 (100 m²) ha. respectivamente. Los sitios de muestreo concéntricos circulares son utilizados frecuentemente en bosques templados para fines de inventario forestal local, regional y nacional (SARH, 1994). Dentro de los sitios de 0.05 ha. se tomó registro a todo el arbolado considerado como adulto, de manera contraria, el inventario de la regeneración natural se registró en el círculo de 100 m² (Figura 2).

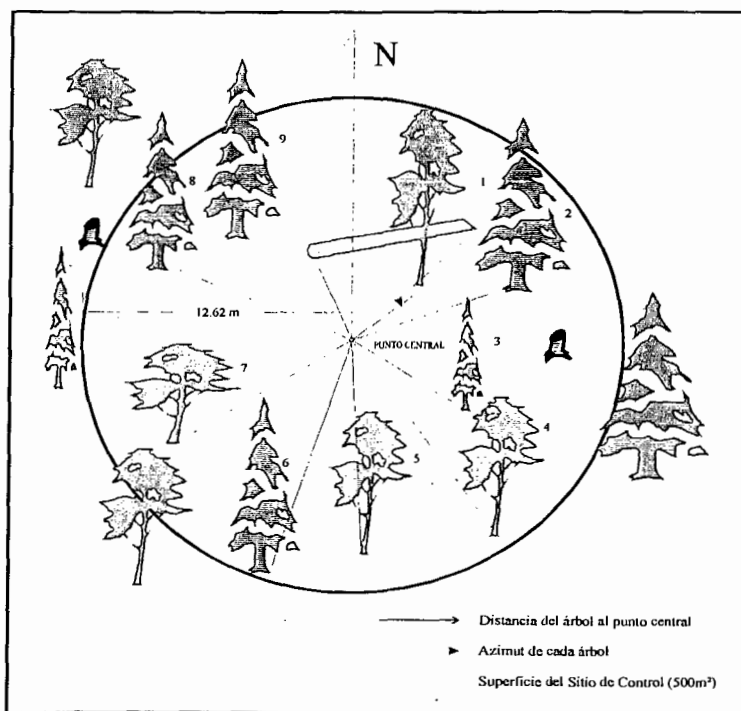


Figura 2. Círculo de muestreo de 0.05 hectáreas de superficie.

Cada círculo de muestreo quedó marcado de manera permanente mediante una estaca metálica clavada al nivel del suelo, además de georreferenciarlos con el GPS.

Para cada sitio fueron levantados datos dasométricos, así como variables cualitativas en todo el arbolado ≥ 7 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP):

1. Especie
2. Coordenadas geográficas
 - 2.1 Azimut magnético (α) (con brújula).
 - 2.2 Distancia (e) (del centro del círculo al árbol).
3. Diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 7 cm
4. Altura (con medidor de alturas "SUUNTO").
5. Posición sociológica de acuerdo a la clasificación de IUFRO Piso de altura
6. Vitalidad
7. Daños visibles.
8. Madera muerta en pie y apiada, así como vegetación arbustiva (con azimut y distancia)
9. Regeneración natural
10. Altitud

Con estos datos se determinó la diversidad, la abundancia y frecuencia por especies, para posteriormente calcular los respectivos valores de importancia. Por otro lado, para poder llevar a cabo la estratificación de sitios de muestreo en base a el tipo de suelo y el intervalo altitudinal se requirió de la sobreposición de la red sistemática de los sitios de muestreo con las cartas temáticas correspondientes a través del SIG creado para el área natural protegida. Una descripción sobre el concepto del SIG del ANP se localiza en el capítulo 6.3.2.

6.3.2 Sistemas de información geográfica

Un sistema de información geográfica (SIG) es un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar la información geográfica de una manera clara y cercana a la realidad (www.gis.com). Permitiendo así gestionar y analizar la información espacial convirtiéndose en una herramienta esencial para el análisis y la toma de decisiones. Surgieron como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para satisfacer múltiples propósitos. Entre las aplicaciones que se pueden mencionar están los servicios de emergencia, soporte en el gobierno, la educación, la industria y en diferentes aspectos del medio ambiente, como las investigaciones científicas, el manejo de recursos y la planeación regional (www.usgs.gov/research/gis.html), permitiendo monitorear y modelar gran cantidad de información.

Para el desarrollo de este trabajo se dispuso de las siguientes capas temáticas elaboradas para el SIG – Base del área natural protegida, llevado a cabo por Villavicencio (en preparación):

- Cobertura intervalos altitudinales
- Cobertura tipo de suelos

La construcción del SIG se logró con base en la digitalización de cartas temáticas en escala 1:50000 Atengo F13D73, Cocula F13D74 y Tecolotlán F13D83 del INEGI (1974, 1975 y 1996), así como la integración de datos vectoriales de cartas topográficas en la misma escala. El SIG está referido en coordenadas “Universal Transversal Mercator” (UTM) bajo la proyección “Geodetic Reference System”1980 (GRS80).

Con las coberturas señaladas se realizó la sobreposición de estas con la red sistemática de sitios de muestreo establecida para el área piloto, logrando de esta manera la estratificación de tipo de suelo y intervalos altitudinales y la relación de sitios establecidos espacialmente en cada variable ambiental.

6.3.3 Análisis de datos

A los datos obtenidos se les aplicó el índice de diversidad alfa de Shannon - Wiener, el Índice de importancia Ecológica (IVI) de Curtis y McIntosh para obtener el peso ecológico de las diferentes especies en la comunidad y el Coeficiente de afinidad de Sørensen para obtener la diversidad beta. A partir del análisis de resultados, se efectuó una comparación florística en función al gradiente altitudinal y al tipo de suelo.

Para analizar los índices a través del gradiente altitudinal, el área fue estratificada por intervalos altitudinales a cada 100 metros. Se obtuvo un total de 13 grupos de alturas. De igual manera se obtuvieron 8 tipos de suelo presentes en el área natural, de los cuales solo 6 tipos inferen en el "Área Piloto".

6.3.3.1 Diversidad florística en comunidades arbóreas.

Una vez agrupados los sitios por cada covariable se estimaron los siguientes índices de diversidad y afinidad de especies de Shannon - Wiener y Sørensen descritos por Magurran (1989).

6.3.3.1.1 Diversidad Alfa

Para obtener la riqueza y la abundancia proporcional de las especies se utilizó el Índice de Shannon - Wiener, el cual es propuesto para poblaciones infinitas y supone que los individuos son muestreados al azar, estando todas las especies representadas en la muestra (Ramos, *et.al.*, 1982). El índice mide el grado de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar (Magurran, 1989) y sus valores fluctúan de 0 cuando hay una sola especie a 3.5, alcanzando raramente valores mayores a 4.5. Según Stirling y Wilsey (2001) la diversidad proporcional expresada mediante el índice de Shannon - Wiener no es fuertemente afectada por las especies raras,

además depende no solo del número de especies, si no también de la frecuencia con que están representadas. El Índice se encuentra representado en la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \cdot \ln(P_i)$$

Donde; **S** es el número de especies, ***pi*** es la proporción de individuos encontradas en la especie *i*-ésima y se obtiene dividiendo el número de individuos de una especie entre el total de individuos de todas las especies, ***ni*** es igual al número de individuos de la especie *i*, y **N** es el número total de individuos.

6.3.3.1.2 Diversidad Beta

Para obtener la similitud entre las localidades se utilizó el Índice de Sørensen, según el cual a mayor número de especies compartidas entre comunidades arbóreas mayor será su similitud (Moreno, 2001). El coeficiente de Sørensen mide la similitud en la composición de especies entre una región y otra, expresando la similitud de una manera fácil de interpretar (Shmida y Wilson, 1985, y Vellend, 2001). Se le considera un índice cualitativo debido a que hace referencia a la presencia – ausencia de especies entre áreas sin tomar en cuenta las abundancias relativas. Los valores de Sørensen suelen variar de 0, indicando que no se tienen especies en común, a 1, cuando ambas regiones comparten todas las especies. Sin embargo se puede multiplicar por cien el resultado con el fin de obtener los porcentajes de similitud entre regiones. Debido a que la similitud es medida entre pares de muestras o regiones, puede ser fácilmente relacionada a variables ambientales, permitiendo observar el cambio en la composición de especies a lo largo de un gradiente (Vellend, 2001). Se encuentra representado por la siguiente fórmula:

$$C_N = 2_{JN} / (aN + bN) \cdot 100$$

Donde; ***JN*** es el número de especies compartidas por ambas localidades; ***aN*** es el número de especies exclusivas de la localidad A, y ***bN*** el número de especies exclusivas de la localidad B.

6.3.3.1.3 Índice de Importancia Ecológica

El peso ecológico de las diferentes especies fue evaluado mediante el Índice de Importancia Ecológica, (IVI) por sus siglas en ingles (Importance Value Index), el cual fue formulado por Curtis y McIntosh (1951; En Lampreth, 1990). El índice es utilizado para describir comunidades vegetales basándose en algunos de los atributos de las poblaciones presentes, en donde se evalúa la abundancia, la frecuencia y la dominancia relativas de las diferentes especies presentes en un determinado lugar. Entendiendo por abundancia el número de individuos por especie; la frecuencia expresada como la presencia o ausencia de una especie, caracterizando la homogeneidad de un bosque (Lampreth, 1990), y la dominancia como la proporción del área basal de la especie. Estas características se utilizan como medidas de valoración para evaluar el significado y la relación existente entre especies arbóreas de una población (Jiménez, *et.al.*, 2001). Al sumar las tres variables, frecuencia, abundancia y dominancia relativas, provoca un incremento en las diferencias de las especies entre muestras con composición florística semejante (Matteucci y Colma, 1982), y debido a que cada uno de estos tres factores representan un valor porcentual, el resultado de la suma de los tres será 300.

$$IVI = (N / ha) + (m^2 / ha) + N_s$$

Donde ***N/ha*** es la abundancia relativa, ***m²/ha*** es la dominancia relativa y ***N_s*** es la frecuencia relativa.

6.3.3.2 Pruebas de significancia

Una vez que se obtienen los resultados de los índices de diversidad, es conveniente aplicar pruebas de significancia para comprobar las diferencias significativas entre muestras. En el presente trabajo se utilizó el método de Hutchenson para calcular la "t", basado en la siguiente formula:

$$t = (H_1 - H_2) / (\text{Var}H_1 + \text{Var}H_2)^{1/2}$$

Donde; H_1 es la diversidad de la muestra 1 y $\text{Var} H_1$ es su varianza. Y H_2 es la diversidad de la muestra 2 con su respectiva varianza.

6.3.3.3 Análisis multivariable

Con el fin de conocer las variables ambientales que explican la organización de las comunidades en la zona de estudio, se realizó una ordenación de Bray & Curtis mediante la técnica de varianza – regresión incluida en el paquete PC-ORD 4.10 (Mc Cune y Mefford, 1999) y se realizó una transformación "Beals smoothing" a los datos de abundancias de especies. Dicha transformación es recomendada ampliamente en matrices que contienen una gran cantidad de ceros y representan datos heterogéneos, con el fin de evitar el efecto de truncación por ceros (McCune y Mefford, 1999; McCune y Grace, 2002).

Existen dos esquemas generales de análisis multivariable en comunidades ecológicas: la clasificación y la ordenación (Gauch, 1982). Ordenación es el término colectivo para una serie de técnicas que arreglan objetos (muestras o especies), a lo largo de ejes abstractos construidos sobre la base de la composición botánica. Su objetivo principal es acomodar las muestras, o especies, de tal manera que la distancia entre los puntos esté inversamente relacionada con las semejanzas entre ellos (McCune y Grace, 2002).

El propósito principal de la ordenación es representar las relaciones entre las especies y muestras (unidades geográficas), lo más fielmente posible, en un espacio de pocas dimensiones (Gauch, 1982). El producto final es una gráfica, usualmente bi-dimensional, en la cuál muestras o especies semejantes o ambas, se encuentran cerca una de otra y las disimiles se encuentran apartadas. Una consideración subsecuente puede hacerse con respecto al supuesto sobre la relación entre las especies y los factores ambientales (modelo de respuesta): lineal o unimodal. Se ha observado que la respuesta de las especies a los factores ambientales es de tipo no lineal; por ello es que algunos métodos de ordenación han optado por buscar modelos alternativos, y el modelo de respuesta unimodal es la solución que tiene más sentido en el contexto de la respuesta de las especies a los factores ambientales. Este modelo encuentra sustento en los principios fundamentales de la Ecología como la Ley de la Tolerancia de Shelford (Ter Braak, 1989), la cuál establece que la existencia y prosperidad de un organismo dependen del carácter completo de un conjunto de condiciones. La ausencia o la reducción en abundancia de organismos de una especie pueden ser atribuidos, tanto a la deficiencia como al exceso, cualitativos o cuantitativos, con respecto a uno de diversos factores que se acercarán tal vez a los límites de tolerancia del organismo en cuestión (Odum, 1972).

El método de ordenación de Bray & Curtis es un método de ordenación indirecta, esto se refiere a que los sitios de muestreo se encuentran dentro de un sistema de coordenadas basadas en la disimilitud de la composición de las especies (Ludwig y Reynolds, 1988). Bray & Curtis u Ordenación Polar fue uno de los primeros métodos de ordenación utilizados en ecología de plantas, debido a que es una de las pocas técnicas que fue desarrollada específicamente para analizar datos de este tipo de comunidades. Es un método simple al que se le han hecho varias modificaciones hasta convertirse en uno de los métodos de ordenación mas robustos (Ludwig y Reynolds, 1988), y parte del supuesto de que los datos no necesitan ser lineales (McCune y Grace, 2002).

Su función es posicionar las unidades de muestreo dentro de un sistema de coordenadas o ejes, con el fin de obtener la similitud entre muestras y su relación con gradientes ambientales (Ludwig y Reynolds, 1988). El procedimiento selecciona aquellas muestras con los valores mas distantes y los utiliza como polos, y a partir de éstos empieza a posicionar las demás muestras para los tres ejes utilizados (Ludwig y Reynolds, 1988).



7. Resultados y Discusión

7.1 Descripción de la vegetación

Dentro del Área Piloto se registraron cuatro tipos de bosques, bosque de pino – encino, bosque de encino – pino, bosque de encino y bosque tropical caducifolio. Dentro de los cuales se encontraron 33 especies pertenecientes al estrato arbóreo distribuidas en 16 géneros y 14 familias (Cuadro 2).

Cuadro 2. Listado de especies encontradas en el Área Piloto.

Familia	Nombre Científico
Apocynaceae	<i>Thevetia ovata</i> A. DC.
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.
Bombacaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i> Britten & E.G. Baker.
Burseraceae	<i>Bursera bipinnata</i> Engl. <i>Bursera fagaroides</i> Emgl.
Clethraceae	<i>Clethra hartwegii</i> Britton
Compositae	<i>Viguiera quinqueradiata</i> (Cav.) A. Gray.
Convolvulaceae	<i>Ipomea murucoides</i>
Ericaceae	<i>Arbutus glandulosa</i> Mart. & Gal. <i>Arbutus xalapensis</i> H. B. & K.
Fabaceae	<i>Acacia hindsii</i> Benth. <i>Acacia pennatula</i> Benth. <i>Lysiloma acapulcensis</i> Benth.
Fagaceae	<i>Quercus candicans</i> Nee. <i>Quercus castanea</i> Emerson. <i>Quercus coccolobifolia</i> <i>Quercus crassifolia</i> Benth. <i>Quercus eduardii</i> <i>Quercus gentryi</i> C. H. Mull. <i>Quercus laeta</i> Liebm.

Continuación Cuadro 2.

	<i>Quercus magnolifolia</i>
	<i>Quercus obtusata</i> Humb. & Bonpl.
	<i>Quercus resinosa</i> Liemb.
Leguminosae	<i>Eysenhardtia polystachya</i> Sarg.
Pinaceae	<i>Pinus devoniana</i> Lindl.
	<i>Pinus douglasiana</i> Martinez.
	<i>Pinus lumholtzii</i> Rob. & Fer.
	<i>Pinus oocarpa</i> Schltld.
Rosaceae	<i>Crataegus pubescens</i> Steud.
	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
Tiliaceae	<i>Heliocarpus terebinthinaceus</i> Hochr.
	<i>Otras hojosas</i>

Se registraron un total de 3,044 individuos de especies arbóreas (población) dentro de los 93 sitios muestreados, presentándose una densidad de arbolado promedio de 632 individuos. El diámetro promedio a la altura de pecho que presenta la población es de 19.4 cm., así como un área basal promedio de 21.5 m² por hectárea. El promedio en altura fue de 10 m.

Las especies que mostraron mayor ocurrencia a lo largo del muestreo fueron *Quercus resinosa*, presentándose en 69 de los 93 sitios muestreados, con un total de 1,263 árboles en los sitios del área piloto, *Pinus lumholtzii* con 477 individuos encontrados en 50 sitios y *Pinus douglasiana* con 351 individuos en 41 sitios (Figura 3). Por el contrario, durante el muestreo se encontraron especies presentes en un sitio únicamente, como *Acacia hindsii*, *Ceiba aesculifolia*, *Crataegus pubescens*, *Lysiloma acapulcensis*, *Quercus crassifolia*, *Quercus gentryi* y *Thevetia ovata*, perteneciendo en su mayoría al tipo de vegetación bosque tropical caducifolio.

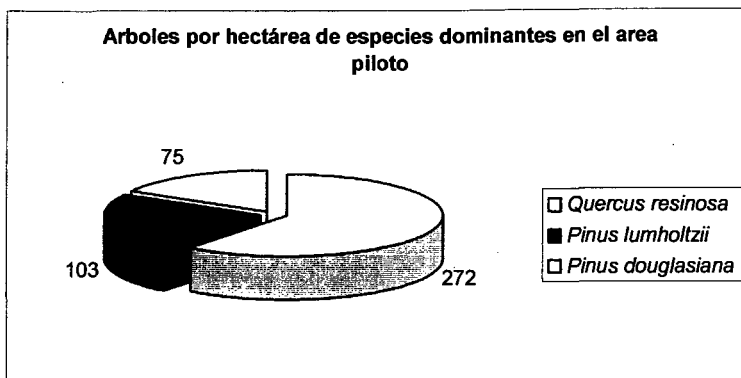


Figura 3. Árboles por hectárea de las especies dominantes del Área Piloto

7.2 Diversidad florística

7.2.1 Comunidades arbóreas por intervalo altitudinal

7.2.1.1 Descripción de los intervalos altitudinales

La altitud se considera como un factor ambiental importante que afecta la estructura y la organización de la comunidad (Pavón, *et.al.*, 2000). La Zona de Protección de Flora y Fauna (ZPFF) presenta un gradiente altitudinal que va de los 1350 a los 2560 metros sobre el nivel del mar, registrándose diferentes tipos de vegetación a lo largo de este gradiente. En las partes mas bajas se encuentra el bosque tropical caducifolio, mientras que en las partes medias se encuentran encinares que se van combinando con elementos de bosque de pino, hasta las partes altas donde se tiene un bosque homogéneo de pino – encino. La Figura 4 muestra un perfil sintético de elevación del terreno correspondiente al transecto rectangular (área piloto), considerando sus límites

extremos que por un lado se delimitan por la cota de la altura a 1500 m en su parte sur y por su extremo norte a los 2000 m, pudiendo observarse un desnivel máximo de 750 metros en un transecto de aproximadamente 7000 metros.

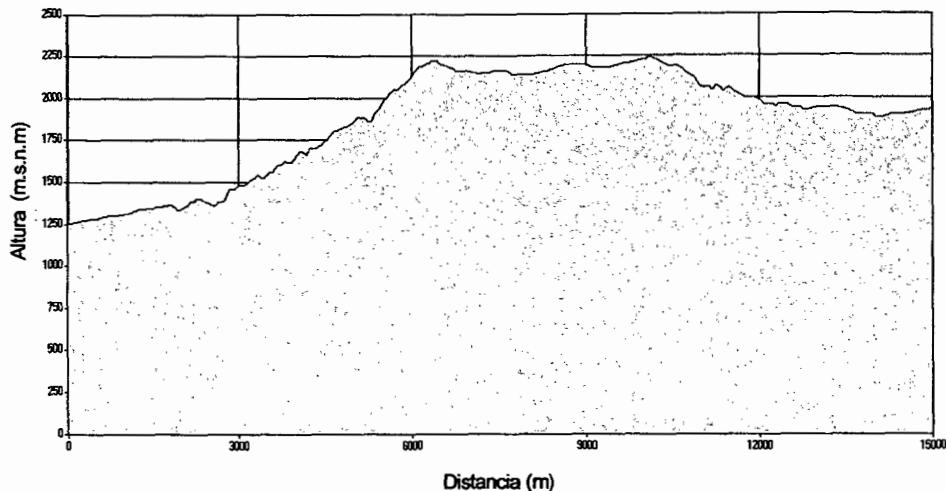


Figura 4. Perfil sintético de elevación del terreno en el área piloto. Las cotas del ANP delimitan en la parte sur (izq.) a partir de los 1500 m, mientras que el límite norte (der.) se sitúa en la cota de 2000 m.

En base a ello se dividió el perfil altitudinal en intervalos a cada 100 m. (Figura 5), y se obtuvo ocho intervalos altitudinales para el Área Piloto (Cuadro 3), y se les otorgó un número arábigo a cada intervalo con el fin de facilitar el análisis ecológico de cada uno de ellos.

Cuadro 3. Intervalos altitudinales presentes en el Área Piloto.

Intervalos altitudinales	Intervalo Altitudinal (msnm)
1	1500-1600
2	1600-1700
3	1700-1800
4	1800-1900
5	1900-2000
6	2000-2100
7	2100-2200
8	2200-2300

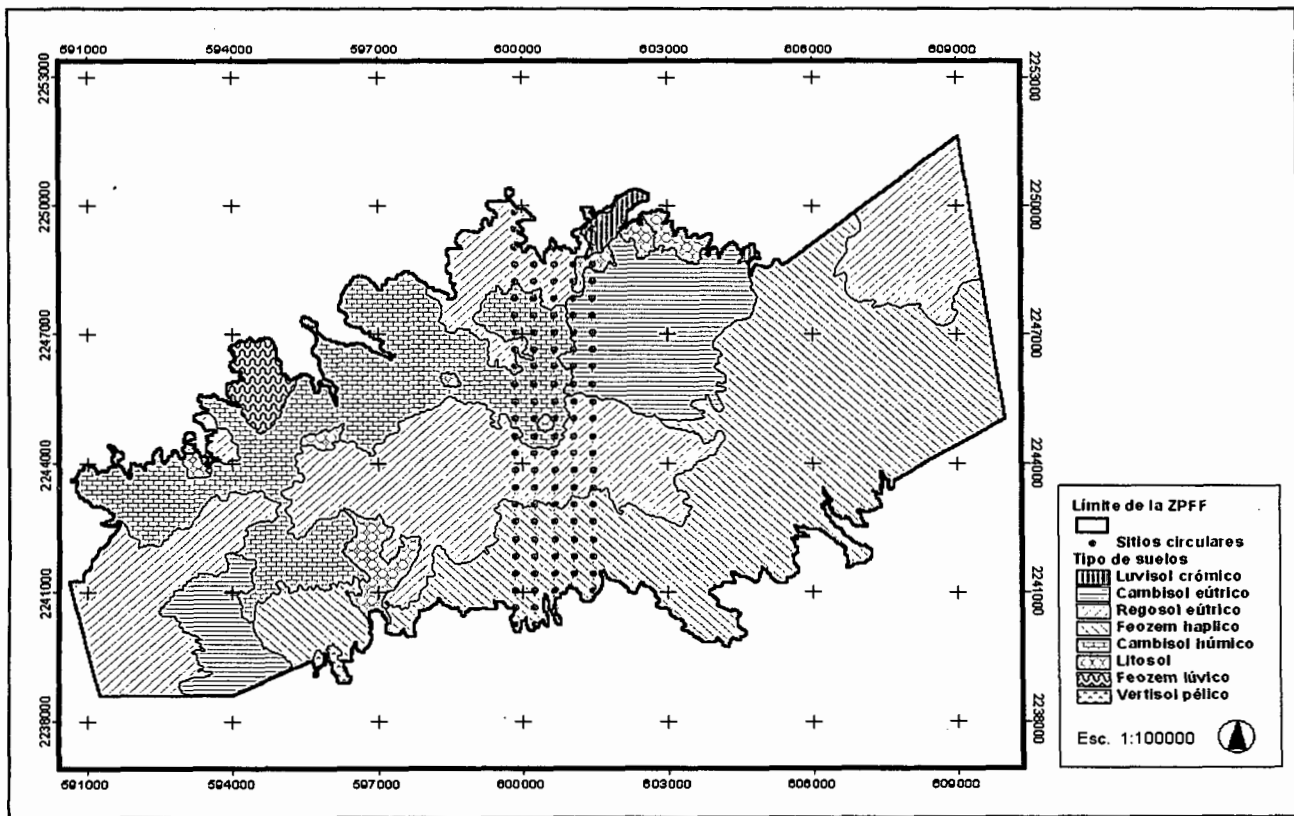


Figura 9. Poligonal de la ZPFF Sierra de Quila señalando los diferentes tipos de suelos y distribución de red de sitios de muestreo.

7.2.1.2 Índices de diversidad de comunidades por intervalos altitudinales

7.2.1.2.1 Diversidad alfa

La riqueza y abundancia proporcional de las especies se vio reflejada mediante la aplicación del índice de Shannon – Wiener (Cuadro 4).

Cuadro 4. Índice de Shannon - Wiener y abundancia (Numero de árboles por hectárea) por intervalos altitudinales.

Intervalo altitudinal	Especie	Abundancia N /ha	Índice de Shannon
1500 – 1600 m	<i>A. hindsii</i>	25	1.91
	<i>A. pennatula</i>	30	
	<i>B. bipinneta</i>	10	
	<i>C. aesculifolia</i>	15	
	<i>E. polystachya</i>	55	
	<i>G. ulmifolia</i>	120	
	<i>H. terebinthaceus</i>	65	
	<i>I. murucoides</i>	90	
	<i>V. quinqueradiata</i>	15	
	Total	425	
1600 – 1700 m	<i>A. pennatula</i>	240	1.2
	<i>B. bipinneta</i>	40	
	<i>B. fagaroides</i>	7	
	<i>E. polystachya</i>	153	
	<i>I. murucoides</i>	47	
		Total	
1700 - 1800 m	<i>A. pennatula</i>	80	1.64
	<i>B. fagaroides</i>	7	
	<i>H. terebinthaceus</i>	7	
	<i>I. murucoides</i>	33	
	<i>L. acapulcensis</i>	20	
	<i>Q. magnolifolia</i>	153	
	<i>Q. resinosa</i>	173	
	<i>T. ovata</i>	47	
	Total	520	

Continuación Cuadro 4.

1800 – 1900 m	<i>A. pennatula</i>	40	0.26
	<i>Q. resinosa</i>	500	
	Total	540	
1900 – 2000 m	<i>A. glandulosa</i>	27	0.97
	<i>A. xalapensis</i>	20	
	<i>C. hartwegii</i>	7	
	<i>P. devoniana</i>	7	
	<i>P. lumholtzii</i>	127	
	<i>Q. castanea</i>	13	
	<i>Q. laeta</i>	13	
	<i>Q. resinosa</i>	547	
Total	760		
2000 – 2100 m	<i>A. glandulosa</i>	1	1.54
	<i>A. pennatula</i>	2	
	<i>A. xalapensis</i>	23	
	<i>C. hartwegii</i>	7	
	<i>P. douglasiana</i>	69	
	<i>P. lumholtzii</i>	102	
	<i>P. oocarpa</i>	80	
	<i>Q. castanea</i>	8	
	<i>Q. coccolobifolia</i>	15	
	<i>Q. eduardii</i>	15	
	<i>Q. gentryi</i>	2	
	<i>Q. obtusata</i>	4	
	<i>Q. resinosa</i>	371	
Total	700		
2100 – 2200 m	<i>A. acuminata</i>	3	
	<i>A. glandulosa</i>	7	
	<i>A. xalapensis</i>	15	
	<i>C. hartwegii</i>	7	
	<i>C. pubescens</i>	2	
	<i>Haya</i>	4	
	<i>P. devoniana</i>	16	
	<i>P. douglasiana</i>	116	
	<i>P. lumholtzii</i>	126	
	<i>P. oocarpa</i>	43	
	<i>P. serotina</i>	1	
	<i>Q. candicans</i>	3	
	<i>Q. castanea</i>	10	
	<i>Q. coccolobifolia</i>	34	
<i>Q. laeta</i>	1		
<i>Q. magnolifolia</i>	3		

	<i>Q. obtusata</i>	27	1.91
	<i>Q. resinosa</i>	249	
	Total	668	
2200 –2300 m	<i>A. glandulosa</i>	25	1.9
	<i>A. xalapensis</i>	10	
	<i>C. hartwegii</i>	2	
	<i>P. devoniana</i>	11	
	<i>P. douglasiana</i>	56	
	<i>P. lumholtzii</i>	105	
	<i>P. oocarpa</i>	63	
	<i>Q. candicans</i>	14	
	<i>Q. castanea</i>	25	
	<i>Q. coccolobifolia</i>	36	
	<i>Q. crassifolia</i>	1	
	<i>Q. laeta</i>	1	
	<i>Q. obtusata</i>	24	
	<i>Q. resinosa</i>	264	
	Total	637	

Se encontraron los valores mas altos (1.91) en la comunidad arbórea del intervalo 1 (1500- 1600 msnm) y en la del intervalo 7 (2100- 2200 msnm). En el intervalo 1 se registraron 85 individuos distribuidos en 9 especies, perteneciendo a especies encontradas en el tipo de vegetación bosque tropical caducifolio, el cual por su elevación y condiciones climatológicas se caracteriza por presentar un gran número de especies en comparación con otros tipos de vegetación (Rzedowski,1978). La comunidad arbórea del intervalo 7, perteneciente a bosque de pino – encino tuvo el mayor número de sitios muestreados (38), presentando 1,269 individuos. En este intervalo altitudinal se registró la mayor cantidad de especies encontradas durante el muestreo (18) representadas principalmente por especies del género *Pinus*, *Quercus* y *Arbutus*. Las diferencias en número de especies presentes, sitios muestreados e individuos identificados no reflejan una diferencia estadísticamente significativa ($P>0.001$) entre ambos intervalos altitudinales. Para ver ambos intervalos altitudinales desarrollados, consultar el Anexo I.

A pesar de la poca diferencia entre los sitios muestreados de los intervalos altitudinales 7 y 8, el número de especies (14) presentes en la comunidad de mayor elevación es menor. Esto debido a la disminución en la temperatura entre otros factores que se presentan a medida que aumenta la altitud (Lamprecht, 1990), resultados en los que se obtuvo una disminución en la riqueza de especies a medida que aumentaba la altura fueron obtenidos por Vázquez y Givnish (1998) en un estudio en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Es importante señalar que la incidencia de especies del género *Quercus* continúa a medida que aumenta la elevación, mostrando la amplitud de hábitat en el que el género puede presentarse (Pavón, *et.al.*, 2000).

El valor mas bajo (0.26) de diversidad le corresponde a la comunidad del intervalo altitudinal 4 (1800 – 1900 msnm). Esta comunidad arbórea (n=27) se encuentra conformada por únicamente 2 especies (*A.pennatula* y *Q.resinosa*), y su bajo valor de diversidad alfa se encuentra fuertemente influenciado por la cantidad de sitios muestreados (1) en comparación con el resto de las comunidades, sin embargo es interesante mencionar que esta comunidad es representativa del bosque de encino y por lo tanto la presencia de especies se limita a aquellas del género *Quercus* y del género *Arbutus*.

La Figura 6 muestra la curva de comportamiento del Índice de Shannon - Wiener en relación al gradiente altitudinal, en donde se observa que los valores mas altos de Shannon - Wiener están representados en los extremos de la curva, perteneciendo a los tipos de vegetación bosque tropical caducifolio y bosque de pino – encino, mientras que los correspondientes a bosque de encino muestran poca diversidad de especies, debido a que el Bosque de *Quercus*, encontrado entre los 1500 – 1900 m (Guerrero y López, 1997) presenta en su gran mayoría especies pertenecientes a este género, lo que resulta en menores valores de diversidad. Situación contrastante con el estudio de Hegazy, *et.al.* (1997) llevado a cabo en Arabia Saudita, en el cual demostraron variación en riqueza, diversidad y similitud de especies a lo largo de gradientes altitudinales divididos cada 500 m. Sin embargo, para dicho estudio se obtuvo que los valores mas altos de diversidad se encontraron en

elevaciones intermedias, decreciendo a medida que aumentaba y disminuía la elevación. Lo que puede reflejar que las variaciones en diversidad pueden ser atribuidas no únicamente al gradiente altitudinal sino a diferencias climáticas, discontinuidades del sustrato, exposición y pendiente de la montaña, así como la historia del sitio de estudio y otras variables ambientales.

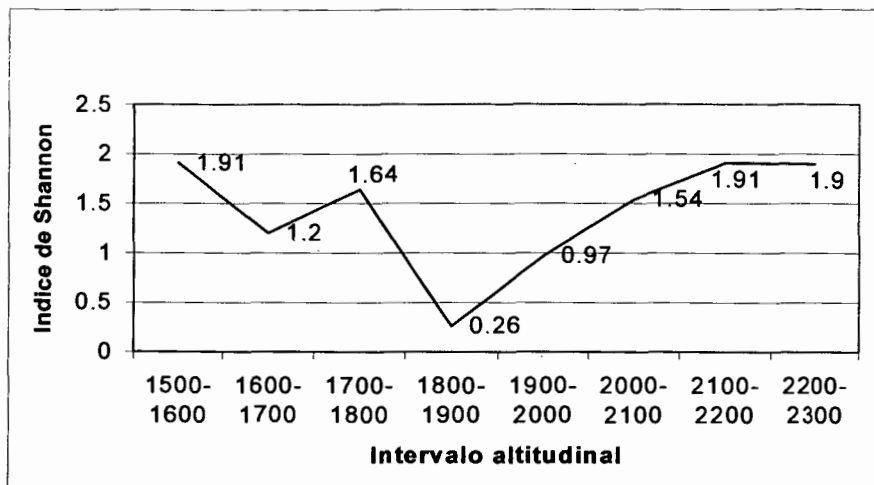


Figura 6. Curva de comportamiento del índice de Shannon - Wiener en relación al gradiente altitudinal.

7.2.1.2.2 Diversidad Beta

El Cuadro 5 muestra que las comunidades de los intervalos altitudinales 7 y 8 tiene el valor mas alto, con un 81% de similitud ya que comparten 13 especies. Un aspecto importante en la similitud de estas comunidades es que comparten las especies de mayor peso ecológico obtenidas a partir del IVI (*P. douglasiana*, *P. lumholtzii* y *Q. resinosa*).

Las comunidades de los intervalos 6 y 8 también presentan un porcentaje alto de similitud (74%), con las mismas tres especies (*P. douglasiana*, *P. lumholtzii* y *Q. resinosa*) como las de mayor peso ecológico en ambas comunidades. Mientras que las comunidades de los intervalos 1 y 5, 1 y 6, 1 y 7, 1 y 8 no tienen similitud alguna, debido al tipo de vegetación presente en cada uno. Según lo anterior, a partir de los 2000 m. de elevación, el número de especies que comparten los intervalos es alto, indicando que existe una baja tasa de recambio de especies en las mayores altitudes. Es decir, el nivel de reemplazo de especies a medida que aumenta la altura es bajo. Mientras que el recambio de especies que existe de los 1700 a los 1900 m. de elevación es alto al no presentar altos porcentajes de similitud de especies entre intervalos. Resultados similares fueron obtenidos por Vázquez y Givnish (1998) al aplicar el Índice de Sørensen a especies del bosque tropical a través de un gradiente altitudinal en la Sierra de Manantlán, en donde se observó una alta tasa de recambio entre los 1900 y los 2000 metros, correspondiendo al cambio de bosque seco al bosque de niebla. En las elevaciones menores existe una mayor tasa de recambio debido a que presenta temperaturas mas altas, mayor radiación solar y mejores condiciones de riqueza de nutrientes (Vázquez y Givnish, 1998).

Cuadro 5. Afinidad porcentual de especies por intervalo altitudinal.

Intervalo	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	35	-						
3	43	46	-					
4	18	40	28	-				
5	0	12	0	20	-			
6	0	19	11	26	57	-		
7	0	15	0	10	61	64	-	
8	0	9	0	12	73	74	81	-

7.2.1.2.3 Especies de importancia ecológica en la comunidad

El Cuadro 6 reúne los valores de importancia de las especies encontradas por intervalo altitudinal en las muestras.

Cuadro 6. Índice de valor de importancia de las especies por intervalo altitudinal.

Intervalo	1	2	3	4	5	6	7	8
Especies								
<i>A. hindis</i>	12.65							
<i>A. pennatula</i>	22.64	123.5	44.81	63.35		1.79		
<i>A. acuminata</i>							2.79	
<i>A. glandulosa</i>					19.81	1.56	5.13	12.44
<i>A. xalapensis</i>					17.71	16.5	14.45	9.98
<i>B. bipinnata</i>	12	46.02						
<i>B. fagaroides</i>		13.12	12.78					
<i>C. aesculifolia</i>	11.79							
<i>C. hartwegii</i>					7.72	3.01	5.48	2.44
<i>C. pubescens</i>							1.11	
<i>E. polystachya</i>	38.69	90.85						
<i>G. ulmifolia</i>	57.6							
<i>H. terebinthinaceus</i>	33.19		13.08					
<i>I. murucoides</i>	48.82	26.41	18.58					
<i>L. acapulcensis</i>			23.68					
<i>P. devoniana</i>					7.78		11.16	10.99

Continuación Cuadro 6

<i>P. douglasiana</i>						40.82	53.4	40.2
<i>P. lumholtzii</i>					74.09	48.27	52.55	48.35
<i>P. oocarpa</i>						43.6	21.51	36.97
<i>P. serotina</i>							1.64	
<i>Q. candicans</i>							2.87	5.14
<i>Q. castanea</i>					17.55	5.72	10.32	20.24
<i>Q. coccolobifolia</i>						10.46	14.03	18.65
<i>Q. crassifolia</i>								1.2
<i>Q. eduardii</i>						9.94		
<i>Q. gentryi</i>						2.11		
<i>Q. laeta</i>					9.02		1.02	1.29
<i>Q. magnolifolia</i>			92.81				3.15	
<i>Q. obtusata</i>						6.01	14.76	15.43
<i>Q. resinosa</i>			70.77	236.64	146.28	110.15	82.44	76.52
<i>T. ovata</i>			23.45					
<i>V. quinqu radiata</i>	62.62							
Suma Total	300	300	300	300	300	300	300	300

En la comunidad arbórea del intervalo 1 las especies de mayor peso ecológico fueron *V. quinqu radiata* (63%) y *G. ulmifolia* (58%), correspondiendo estas especies al bosque tropical caducifolio. En la comunidad del intervalo 3, *Q. magnolifolia* fue la especie con el valor de IVI mas alto (93%), seguido de *Q. resinosa* con 71% (Figura 7), debido a que es en este intervalo altitudinal en donde se presenta el Bosque de *Quercus* homogéneo según Guerrero y López (1997). Al igual que la comunidad del intervalo 1, la del intervalo 2 presenta individuos característicos del bosque tropical caducifolio, sin embargo para esta comunidad las especies de mayor peso ecológico son *A. pennatula* con 123.5% y *E. polystachya* con 91%.

En la cota 1800 – 1900 m. (intervalo 4), la presencia de encinares se hace evidente dando paso a un bosque homogéneo con especies de *Q. resinosa* como dominantes, representando un valor de IVI de 237%. En el intervalo 5 los encinares se empiezan a mezclar con elementos de pino, encontrando que *Q. resinosa* sigue siendo la especie dominante con 146%, seguido por *P. lumholtzii* con 74%.

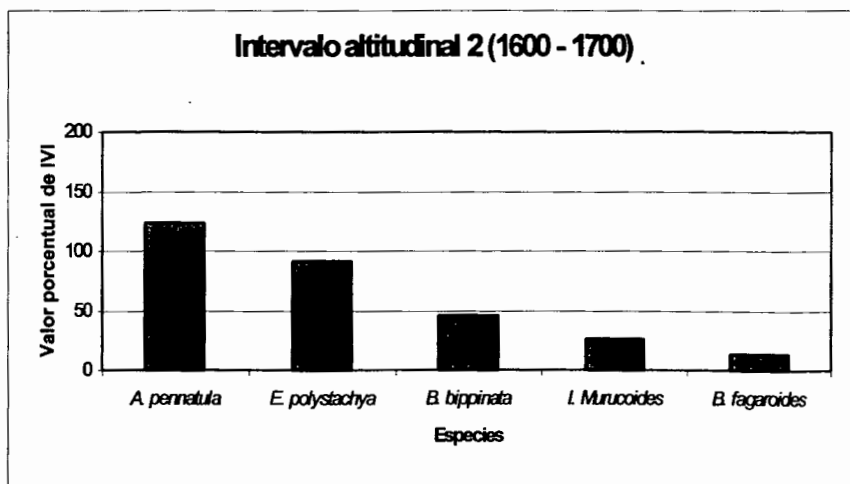
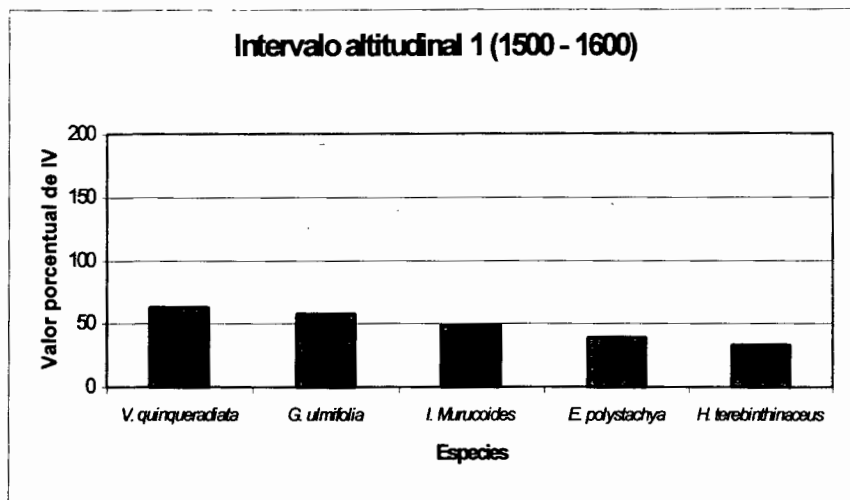
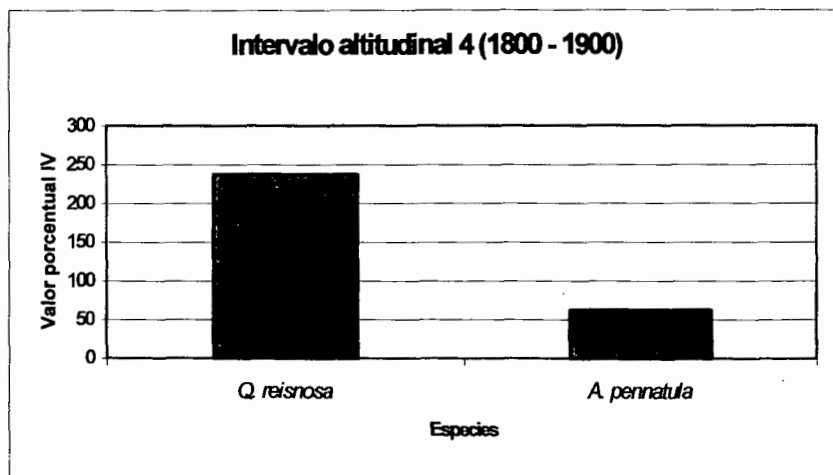
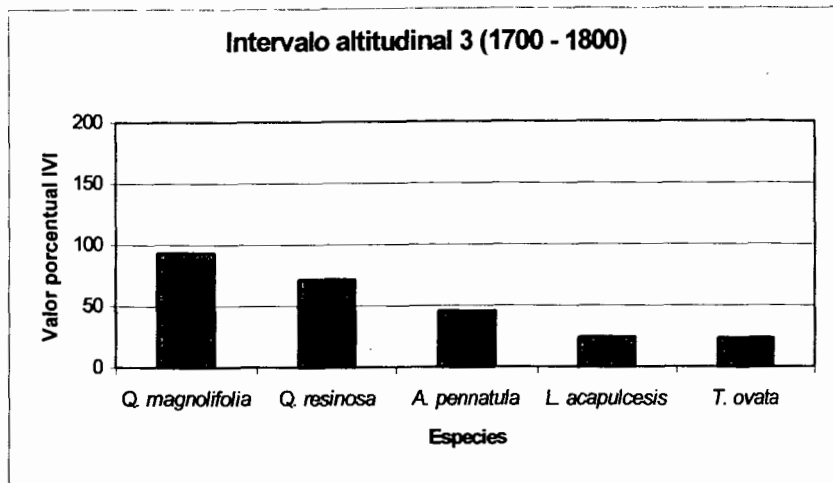
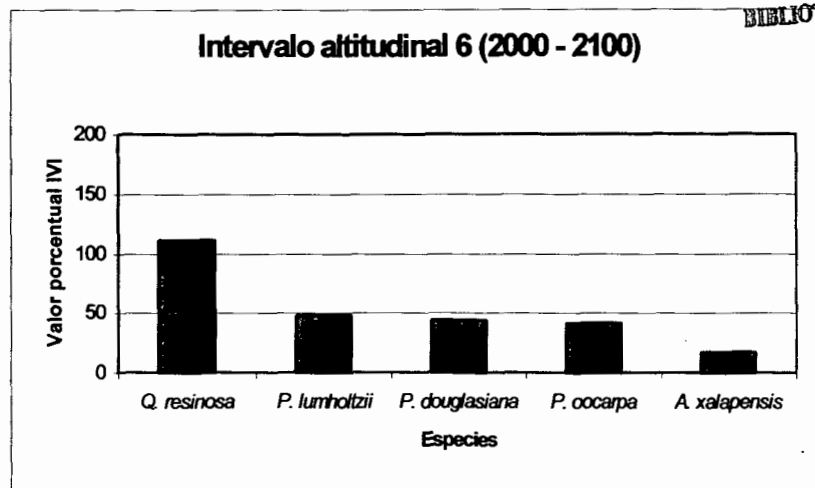
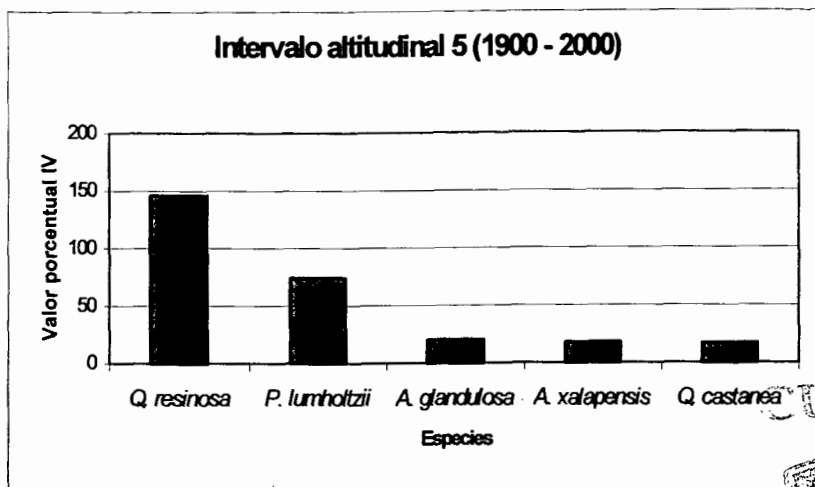


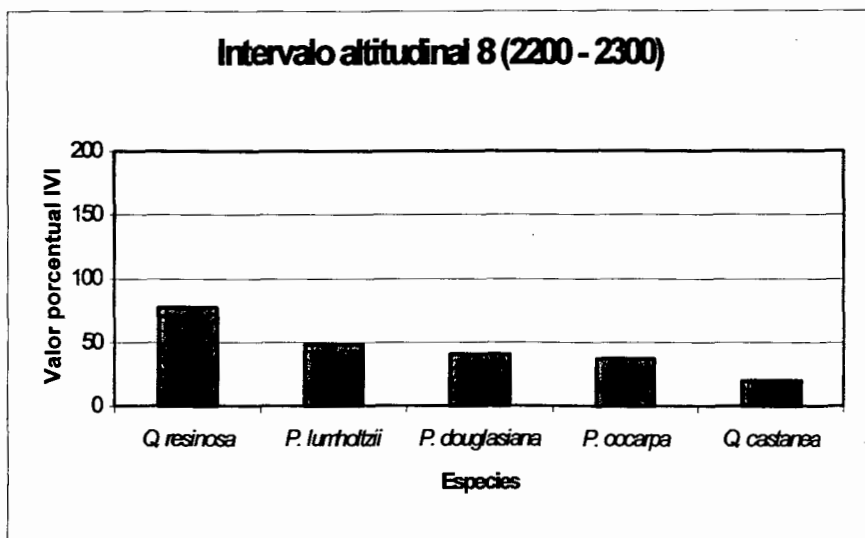
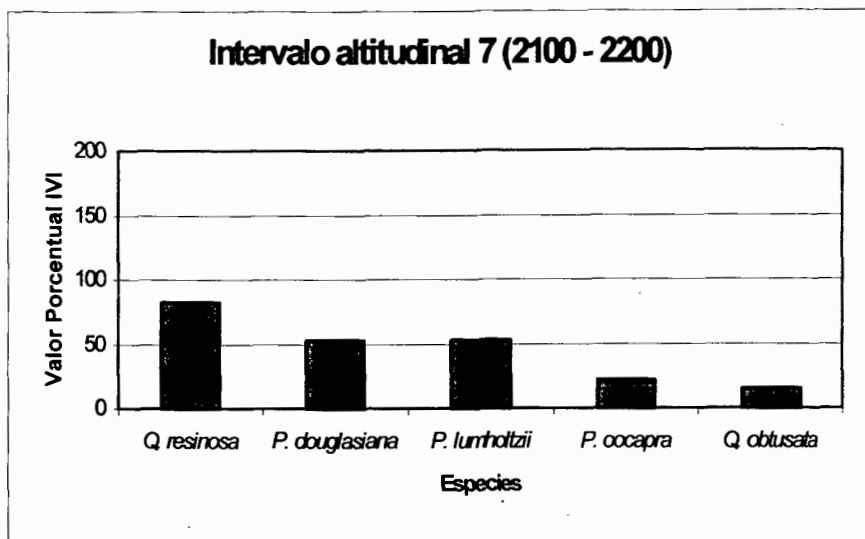
Figura 7. Especies de mayor peso ecológico por rango altitudinal



Continuación Figura 7.



Continuación Figura 7.



Continuación Figura 7.

La especie de mayor peso ecológico en las comunidades de los intervalos 6, 7 y 8, continua siendo *Q. resinosa*, encontrando similitudes en el comportamiento de dos especies de pino (*P. lumholzii* y *P. douglasiana*), ya que presentan altos valores de importancia ecológica para los mismos tres intervalos, así como una similar distribución dentro del área piloto.

Como se muestra en la Figura 8, *Quercus resinosa* fue la especie utilizada para ejemplificar su distribución a lo largo del gradiente altitudinal, debido a que ocurre en seis de los ocho intervalos altitudinales presentes en el área piloto. La Figura muestra que la mayor importancia ecológica de la especie está representada entre 1800 y 1900 metros de elevación, en donde se encontró un bosque de *Quercus* bien definido. A medida que aumenta la elevación se presenta una disminución en la importancia ecológica de la especie, dando lugar a que especies del género *Pinus* alcancen niveles altos de importancia en la comunidad. El gran peso ecológico de los encinos en el área de estudio es resultado de la alta diversidad de especies del género *Quercus* que ocurren en el Estado de Jalisco, en donde se reportan más de 40 especies según González (1993), así como 15 especies de este género en Sierra de Quila (Guerrero y López, 1997).

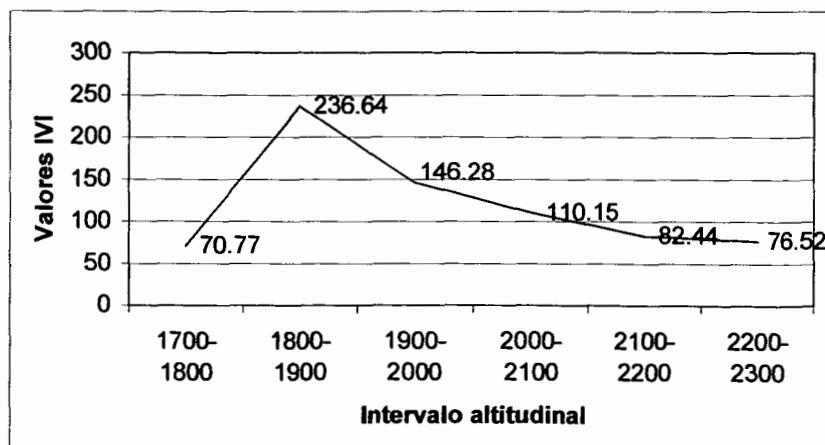


Figura 8. Importancia ecológica de *Q. resinosa* a lo largo del gradiente altitudinal

La ocurrencia de *Pinus oocarpa* se presenta hasta en el intervalo altitudinal 6, que corresponde de 2000 a 2100 msnm., resultado similar al del estudio de Guerrero y López (1997) en el que la aparición de la especie se reporta en los 2100 metros. Contrariamente la presencia de *Quercus laeta* se vio restringida a las mayores elevaciones, arriba de los 1900 msnm. correspondiendo al tipo de vegetación bosque de pino – encino. Guerrero y López (1997) reportan esta especie como característica de ecotonías con el bosque tropical caducifolio, esta excepción podría atribuirse por una parte a la poca incidencia de individuos de esta especie (4) en toda el área de muestreo, mismas que por otra parte debieron seguramente estar ubicadas en hábitats húmedos como bosques mesófilos o de galería.

7.2.2 Tipos de suelo

7.2.2.1 Descripción de los tipos de suelo

De las cartas edafológicas se obtuvo un total de 6 diferentes subtipos de suelo para el Área Piloto (Figura 9). El Cuadro 7 muestra la superficie y distribución por subtipo de suelo para la ZPFF y el Área Piloto (AP), donde en ésta última existe una distribución similar en los suelos *Regosol*, *Feozem* y *Cambisol* con 34, 29 y 33%, respectivamente. Estos mismos son los predominantes para toda el área natural. En lo subsiguiente se le denominará en este trabajo a cada subtipo de suelo: estrato, identificado por un número romano con el fin de diferenciarlos de los intervalos altitudinales.

Cuadro 7. Superficie y distribución porcentual por subtipo de suelo.

Suelo	Estrato	AP (ha)	%
<i>Cambisol eutríco</i>	I	161.51	10.26
<i>Cambisol húmico</i>	II	363.21	23.08
<i>Feozem háplico</i>	III	456.28	28.99
<i>Feozem lúvico</i>	IV	-	0.00
<i>Litosol</i>	V	40.52	2.57
<i>Luvisol crómico</i>	VI	20.28	1.29
<i>Regosol eutríco</i>	VII	532.2	33.81
<i>Vertisol pélico</i>	VIII	-	0.00
Total		1574	100

7.2.2.2 Índices de diversidad de comunidades por tipo de suelo.

7.2.2.2.1 Diversidad alfa

La comunidad arbórea del estrato III muestra los valores más altos de diversidad de especies, según los valores del Índice de Shannon - Wiener (2.23) (Cuadro 8), debido en gran medida a que es el tipo de vegetación bosque tropical caducifolio la que se presenta en este estrato. En esta comunidad se presentan 400 individuos comprendidos en 23 especies, en 15 sitios de

muestreo. Los menores valores (1.13) los presenta la comunidad del estrato VI (N = 26), la cual es representada únicamente por cuatro especies en solo 2 sitios de muestreo. Lo anterior se debe a que el estrato está representado por una superficie pequeña y en una alta elevación, presentando especies del Bosque de *Pinus - Quercus*. Sin embargo el estrato V (N = 76), que también tiene una mínima ocurrencia de especies (5) y el mismo número de sitios muestreados presenta un valor de diversidad relativamente mayor (1.25) pero estadísticamente no significativo ($P > 0.001$). La comunidad presente en el tipo de suelo Regosol eutrico (estrato VII) es la que muestra mayor cantidad de individuos (N = 1435), representados en 17 especies, y a pesar de tener el mayor número de sitios muestreados (38) los valores de diversidad son bajos (1.63). La distribución de este tipo de suelo a lo largo del Área Piloto es amplia y se esperarían valores de mayor diversidad para esta comunidad debido a que es un tipo de suelo rico en nutrientes (INEGI 1998 y 1999) y a que se presenta una alta riqueza de especies.

Cuadro 8. Índice de Shannon - Wiener por estratos de suelo

Estrato de suelo	H
I	1.75
II	1.94
III	2.23
V	1.25
VI	1.13
VII	1.73

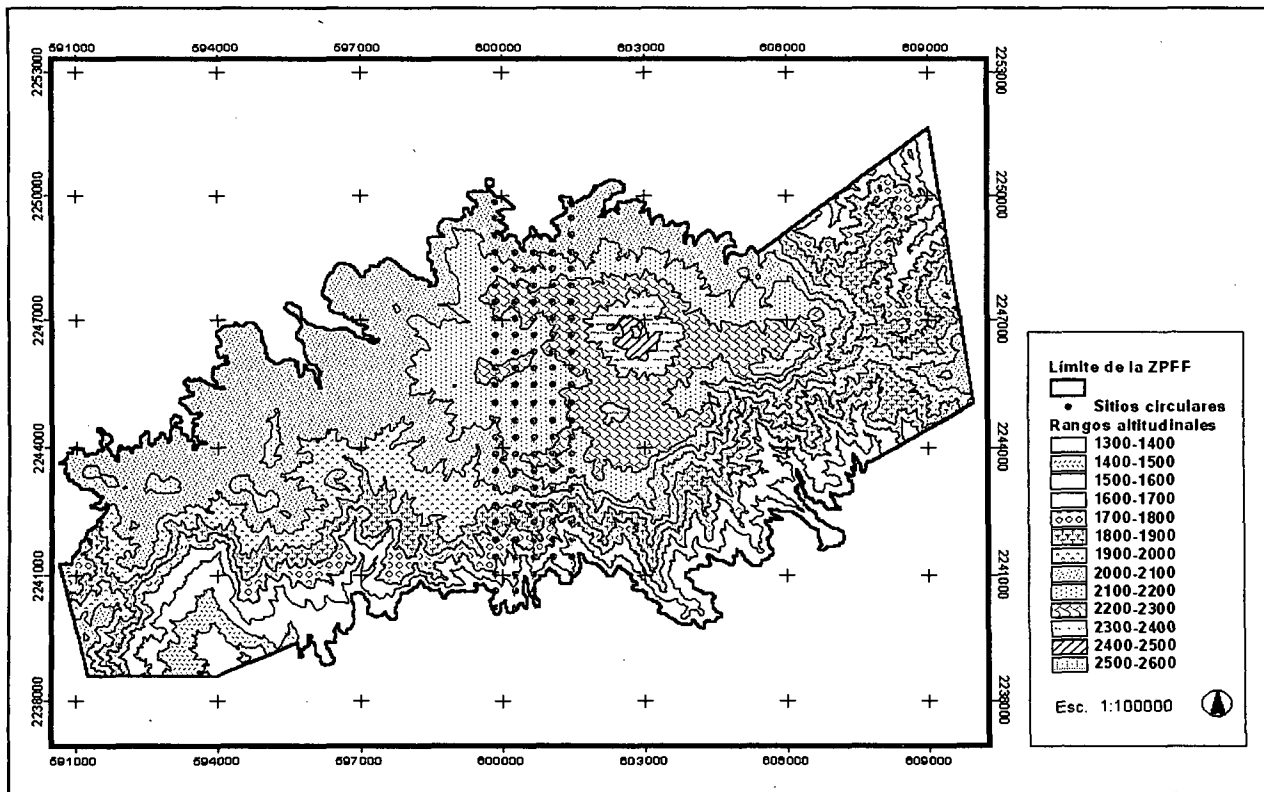


Figura 5. Poligonal de la ZPFF Sierra de Quila mostrando la división del perfil altitudinal a cada 100 metros.

7.2.2.2.2 Diversidad Beta

De acuerdo al Índice de afinidad de especies de Sørensen, las comunidades de los estratos V y VI presentan el mayor porcentaje de similitud (89%) debido a que estos estratos de suelos se presentan juntos en la parte norte de la sierra bajo el mismo gradiente altitudinal, lo que hace que ambas comunidades estén influenciadas por factores ambientales similares. Las comunidades de el estrato I y el estrato II presentan igualmente un porcentaje considerable de afinidad con respecto a la del estrato VII (76 y 82%), presentándose las tres comunidades en las partes centrales del Área Piloto; en el otro extremo, los valores porcentuales menores de similitud los presenta la comunidad del estrato III (Feozem haplico) con respecto a las demás comunidades, debiéndose concretamente a que es el bosque tropical caducifolio el tipo de ecosistema en donde se desarrolla (Cuadro 9).

Cuadro 9. Afinidad porcentual de especies por comunidad arbórea en los diferentes estratos de suelo.

Estrato\ Estrato	I	II	III	V	VI	VII
I	-					
II	69	-				
III	29	45	-			
V	59	45	14	-		
VI	50	38	15	89	-	
VII	76	82	50	45	38	-

7.2.2.2.3 Especies de importancia ecológica

De la misma manera que para los intervalos altitudinales, el peso ecológico de las especies por estrato de suelo fue obtenido mediante el índice de importancia ecológica (Cuadro 10).

Cuadro 10. Índice de valor de importancia de las especies en los estratos de suelo.

Especie/Estrato	I	II	III	IV	V	VI
<i>A. hindsii</i>			3.38			0.8
<i>A. pennatula</i>			36.48			
<i>A. acuminata</i>		1.42				1.92
<i>A. glandulosa</i>	3	7.4	5.23			7.42
<i>A. xalapensis</i>	18	10.43	7.82			14.19
<i>B. bipinnata</i>			10.94			
<i>B. fagaroides</i>			4.18			
<i>C. aesculifolia</i>			3.26			
<i>C. hartwegii</i>		1.17	1.87			7.49
<i>C. pubescens</i>		1.87				
<i>E. polystachya</i>			25.09			
<i>G. ulmifolia</i>			14.78			
<i>H. terebinthinaceus</i>			10.53			
<i>I. murucoides</i>			20.61			
<i>L. acapulcensis</i>			4.55			
<i>P. devoniana</i>		22.47	1.9			4.01
<i>P. douglasiana</i>	38	76.7		55.69	162.89	32.06
<i>P. lumholtzii</i>	63	13.69	23.38	50.09	33.67	68.99
<i>P. oocarpa</i>	20	40.28		33.55		29.62
<i>P. serotina</i>		2.63				
<i>Q. candicans</i>	9	2.51				0.71
<i>Q. castanea</i>	21	18.49	4.54			6.86
<i>Q. coccolobifolia</i>	20	12.62		31.1	50.3	12.74
<i>Q. crassifolia</i>	2					
<i>Q. eduardii</i>			2.38			3.49
<i>Q. gentryi</i>			2.82			
<i>Q. laeta</i>		1.25	2.28			1.01
<i>Q. magnolifolia</i>		5.14	18.73			
<i>Q. obtusata</i>	13	15.63				12.62
<i>Q. resinosa</i>	89	66.1	84.74	129.58	53.12	94.68
<i>T. ovata</i>			4.33			
<i>V. quinquerradiata</i>			6.06			
Otras Hojasas	3					
Suma Total	300	300	300	300	300	300

Para el ecosistema encino-pino, las tres especies que representan el valor del índice de importancia ecológica más alto por comunidad arbórea son: en el estrato I, *Quercus resinosa* (89%), *Pinus lumholtzii* (63%) y *Pinus douglasiana* (38%). En estrato II ocupa el primer sitio *Pinus douglasiana* con (77%), seguido de *Quercus resinosa* y *Pinus oocarpa* en orden de importancia (Figura 10).

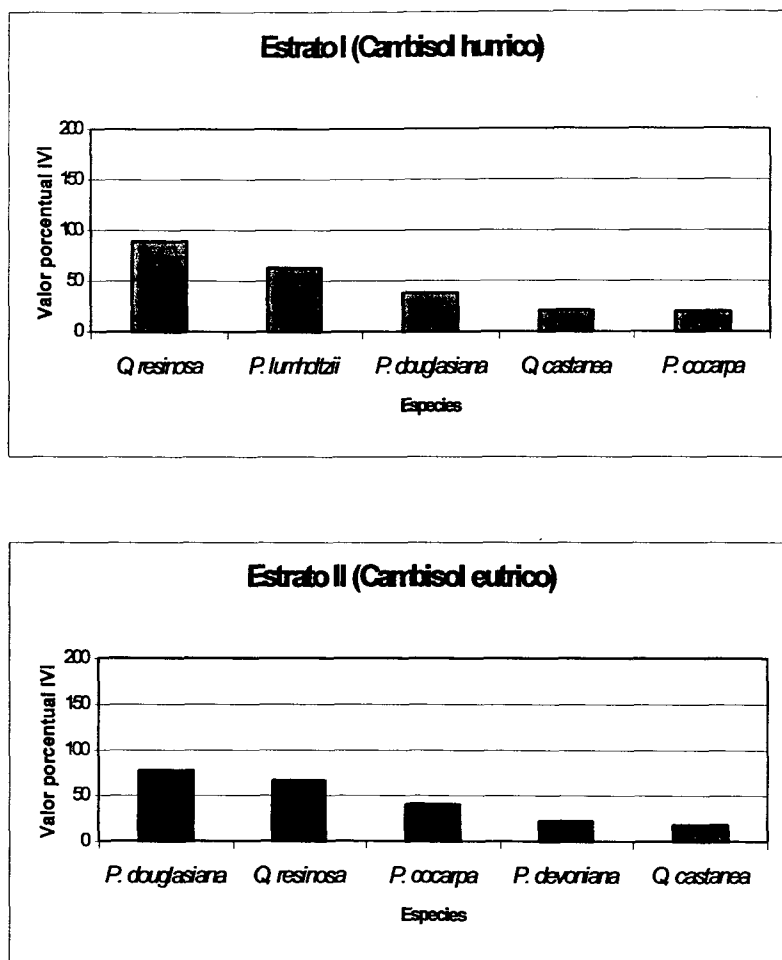
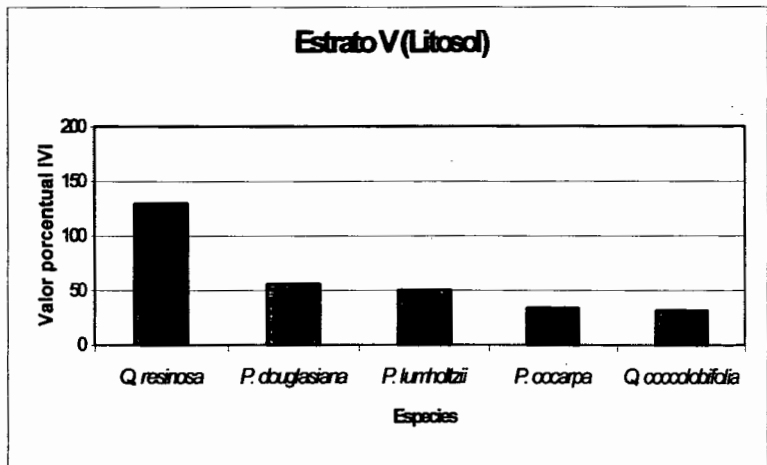
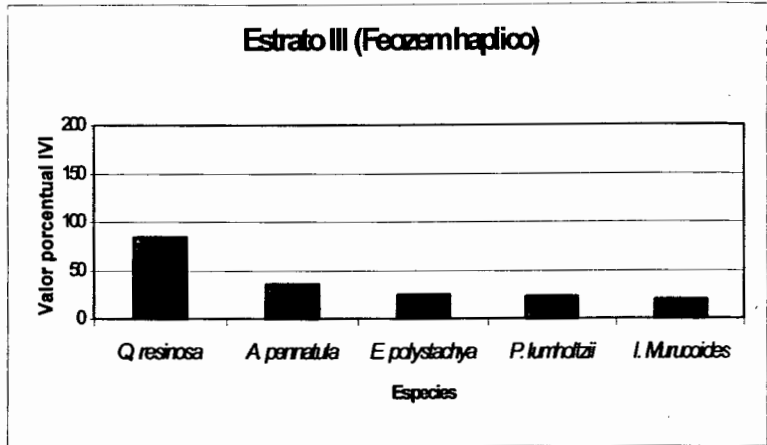
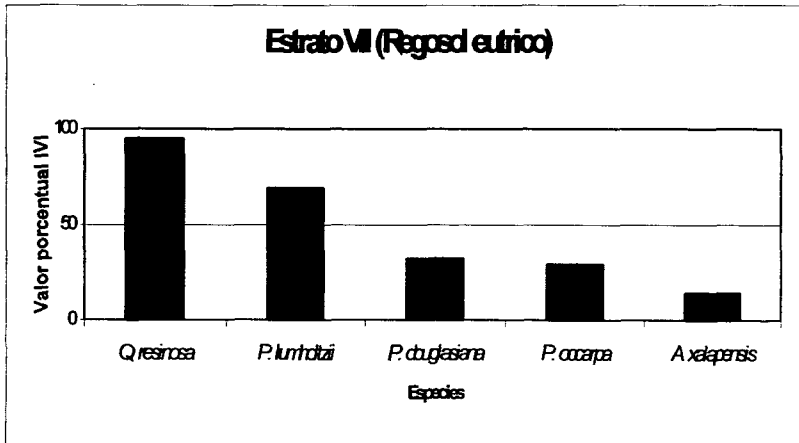
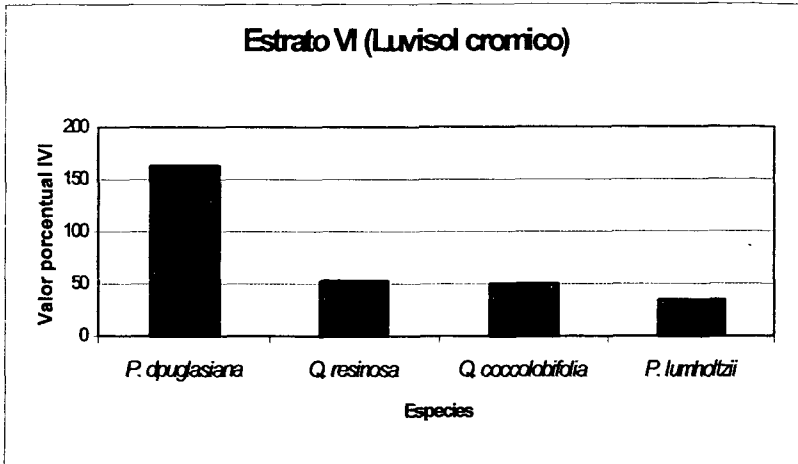


Figura 10. Especies de mayor peso ecológico en los diferentes estratos de suelo



Continuación Figura 10.



Continuación Figura 10.

En el estrato III se encontró a *Quercus resinosa*, seguido de *Acacia pennatula* y *Eysenhardtia polystachya*, un cuarto orden referido a este tipo de vegetación (bosque tropical caducifolio) lo ocupa *Ipomea murucoides*. Dentro de los estratos V y VI considerados también como superficies donde ocurre vegetación de encino-pino, se presentó como primera especie *Pinus douglasiana* (55%) y *Quercus resinosa* (130%) en el estrato V, sin embargo para el estrato VI, el orden de especies fue inverso. Por último, para la comunidad del estrato VII (ver Anexo 2), la especie que registra el mayor peso ecológico es *Quercus resinosa*, seguido de *Pinus lumholtzii* y *Pinus douglasiana*. Especies como *Alnus acuminata*, *Clethra hartwegii* y *Prunus serotina* ocurrieron de manera esporádica, concentrándose particularmente en sitios cercanos a arroyos o pequeñas cañadas.

Debido a que en el desarrollo de los suelos se registran cambios significativos con el aumento de la elevación (FitzPatrick, 1984), el análisis de la composición florística e importancia ecológica de las especies corresponde con el obtenido en el análisis de los intervalos altitudinales, mostrando que en la mayoría de las comunidades son las especies de *Q. resinosa*, *P. lumholtzii* y *P. douglasiana* las que tienen mayor peso ecológico, y es solo en un estrato que ocurren géneros de especies tropicales pertenecientes a las familias Leguminosae y Convolvulaceae.

7.2.3 Análisis multivariable

El análisis de ordenación Bray y Curtis mostró que el porcentaje acumulado de variación explicada por el primer eje es de 90%, el segundo eje explicó 7.15% de la variación y el tercero 2% de la variación. El porcentaje de variación total, acumulado hasta el tercer eje fue de 98% (Cuadro 11)

Cuadro 11. Variación extraída y acumulada de los tres ejes, obtenida a partir del método de ordenación Bray & Curtis.

Variación explicada	Eje 1	Eje 2	Eje 3
% Extraído	88.92	7.15	1.94
% Total acumulado	88.92	96.07	98.01

El primer eje de ordenación está compuesto por la combinación de un gradiente elevacional y de espacio en sentido este-oeste y correlacionó por tanto con elevación ($r=-0.869$) y con longitud ($r= -0.667$). El segundo eje se compuso por un gradiente de inclinación, correlacionó con pendiente ($r= -0.339$) y finalmente el tercer eje se compuso por un gradiente elevacional ($r=0.334$) (Cuadro 12)

Cuadro 12. Importancia de las distintas variables ambientales en los tres ejes, según el método de ordenación de Bray & Curtis.

Variable	Eje1	Eje 2	Eje 3
Elevación	-0.869	.314	.334
Longitud	-0.667	.030	.120
Pendiente	.174	-0.339	-.223
Latitud	-.315	-.031	-.002
Exposición	-.103	-.208	-.229
Tipo de suelo	-.206	-.162	-.150
Erosión	-.115	-.212	-.044

El diagrama de ordenación (Figura 11), muestra en la porción derecha a los sitios 110, 108, 111, 104, 106, 99 y 103, los cuales representaron al bosque tropical caducifolio, en los cuales alcanzaron sus máximas abundancias las siguientes especies: *Acacia pennatula*, *Ipomea murucoides*, *Lysiloma acapulcensis*, *Heliocarpus therebinthaceus*, *Thevetia ovata*, *Bursera fagaroides*, *Eysenhardtia polystachya*, *Bursera bipinnata*, *Viguiera quinqueradiata*, *Guazuma ulmifolia*, *Ceiba aesculifolia* y *Acacia hindsii* (Cuadro 13). Al centro de la porción positiva del eje 1 se ubicaron los sitios que corresponden con ecotonos entre bosque tropical caducifolio y los encinares (sitios 98, 93, 89 y 88) en estos sitios alcanzaron sus máximas abundancias las siguientes especies: *Thevetia ovata*, *Lysiloma acapulcensis* y *Heliocarpus therebinthaceus*.

Cuadro 13. Abundancias máximas de las especies encontradas en el área piloto de Sierra de Quila sobre los tres ejes utilizados para el método de ordenación Bray & Curtis.

Especie	Eje 1	Eje 2	Eje 3
<i>Q.resinosa</i>	-963	-117	-.013
<i>Q.aleta</i>	-259	.371	-.037
<i>Q.eduardii</i>	-.224	-.545	-.082
<i>Q.candicans</i>	-.273	.409	.176
<i>Q.coccolobifolia</i>	-.655	-.228	-.195
<i>Q.obtusata</i>	-.363	.816	.643
<i>Q.castanea</i>	-.422	.728	.690
<i>Q.gentry</i>	-.087	-.492	-.019
<i>P.oocarpa</i>	-.703	.111	.192
<i>P.lumholtzii</i>	-.899	-.122	-.131
<i>P.douglasiana</i>	-.820	.291	.403
<i>P.devoniana</i>	-.262	.703	.223
<i>P.serotina</i>	-.001	.328	.244
<i>A.glandulosa</i>	-.507	.172	-.137
<i>A.pennatula</i>	.947	-.222	-.320
<i>A.xalapensis</i>	-.795	-.170	.135
<i>I.murucoides</i>	.957	-.214	-.141
<i>L.acapulcensis</i>	.458	-.107	.310
<i>H.therebinthaceus</i>	.886	-.201	-.048
<i>T.ovata</i>	.458	-.107	.310
<i>B.fagaroides</i>	.712	-.165	.138
<i>E.polystachya</i>	.972	-.217	-.324
<i>B.bipinnata</i>	.961	-.216	-.331
<i>V.quinqueradiata</i>	.949	-.212	-.321
<i>G.ulmifolia</i>	.951	-.210	-.312
<i>C.aesculifolia</i>	.914	-.202	-.352
<i>A.hindsii</i>	.939	-.208	-.289
<i>Haya</i>	-.086	.489	.428
<i>A.acuminata</i>	-.018	.654	.358
<i>C.hartwegii</i>	-.380	.546	.449

Finalmente en la porción izquierda del diagrama se ubicaron los sitios que correspondieron con los bosques de encino-pino y pino-encino, en estos, alcanzaron sus máximas abundancias las especies: *Quercus resinosa*, *Pinus lumholtzii*, *Pinus douglasiana*, *Pinus oocarpa* y *Arbutus xalapensis*.

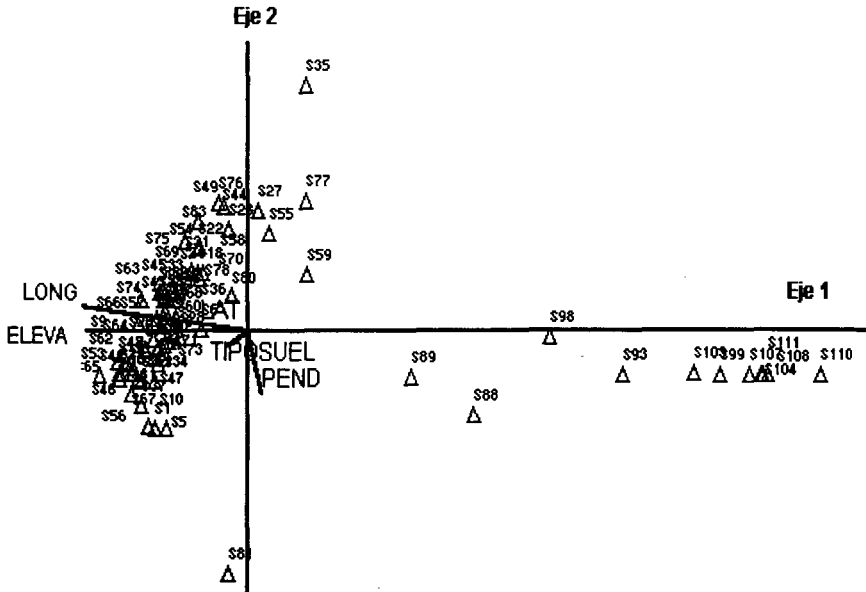


Figura 11. Diagrama de ordenación obtenido mediante el método de Bray & Curtis del eje 1 y 2.

Resultados similares en los que se utilizó el método de Bray & Curtis los obtuvo Boyce (1998), el cual utilizó este método debido a la naturaleza de sus datos (no lineales), y obtuvo que la elevación explicaba 2/3 de la variación de las especies, en un estudio llevado a cabo en una comunidad arbórea de Mt. Ascutney, Vermont en Estados Unidos.

De la misma manera, Sardinero (2000) realizó un análisis de la vegetación a lo largo de un gradiente ambiental en New Hampshire, Estados Unidos, en donde utilizó el método de Análisis de Correspondencia (CA). En éste distinguió 12 comunidades principales de plantas y obtuvo que la estructura y composición de las comunidades están controladas principalmente por el gradiente altitudinal.

8. Conclusiones

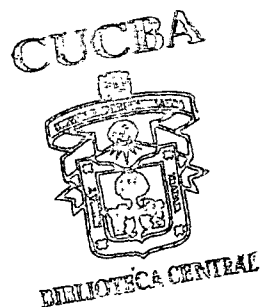
- Dentro de los cuatro tipos de bosque encontrados en el Área Piloto de la Zona de Protección de Flora y Fauna, los géneros de mayor frecuencia fueron *Quercus* (52%) y *Pinus* (36%).
- Los resultados presentan una alta diversidad alfa de especies en las menores elevaciones debido al tipo de vegetación que presenta (bosque tropical caducifolio), diversidad que disminuye en las elevaciones medias en donde se encuentra un bosque de *Quercus* homogéneo y vuelve a aumentar en las altas elevaciones a medida que los componentes del bosque de *Quercus* se van mezclando con individuos del género *Pinus* hasta formar el bosque de *Pinus – Quercus*.
- Las comunidades arbóreas desarrolladas en suelo Feozem háplico fueron las que presentaron los mayores valores de diversidad alfa, resultado debido a que es el bosque tropical caducifolio el tipo de vegetación que se expresa en estos suelos.
- La diversidad beta en la ZPFF, expresada mediante la tasa de recambio entre comunidades, disminuye a medida que aumenta la altura, permitiendo encontrar las mismas especies dominantes en las elevaciones altas.
- El Índice de Importancia Ecológica, demostró que sin importar la variable ambiental que se tome como indicador, las especies arbóreas dominantes en la ZPFF Sierra de Quila son *Quercus resinosa*, *Pinus lumholtzii* y *Pinus douglasiana* para el bosque de pino – encino, y *Acacia pennatula*,

Eysenhardtia polystachya e *Ipomea murucoides* para el bosque tropical caducifolio.

- El método de ordenación de Bray & Curtis refleja que es el gradiente altitudinal la variable ambiental que muestra mayor correlación con la diversidad de especies en la zona de estudio.
- Para la Sierra de Quila, la elevación representa un factor determinante en la diversidad mas importante que el tipo de suelo en el que se presente la comunidad, sin embargo la diversidad de un ecosistema no se expresa como el resultado de un único factor de influencia, sino de toda una serie de variables y sus correlaciones. La distribución de las especies en las comunidades forestales puede ser explicada mediante los cambios de elevación presentes en la zona, lo que lleva a condiciones variables de temperatura y grados de humedad, sin embargo es importante considerar todo un conjunto de variables (topografía, grados de exposición, la presencia de disturbio, los factores de históricos, etc.) que hacen que Sierra de Quila presente su alta diversidad de especies.
- El empleo de medidas de diversidad permite aclarar los procesos ecológicos que se llevan a cabo en sitios de interés con el fin de proporcionar herramientas científicas que permitan tomar decisiones adecuadas durante el manejo del área y así procurar su conservación, por lo que es importante continuar con estudios de este tipo que permitan conocer mas sobre la composición florística de las áreas de interés.

9. Recomendaciones

- Debido a que los resultados de los índices demuestran que el tipo de suelo no es determinante en la diversidad de especies del área de estudio, se recomienda realizar análisis exhaustivos de los suelos con el fin de detallar las características de los mismos y así poder realizar análisis mas específicos.
- Es necesario ampliar la red de sitios de muestreos con el fin de obtener una muestra objetiva en toda el área protegida a fin de poder determinar eventos que por condiciones encontradas específicamente en el área piloto, no pudieron ser identificadas en otro tipo de hábitats.



10. Bibliografía

Akca, A. 1995. **Forest inventory**. Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde. Univesität Göttingen. Alemania.

Boyce, R. L. 1998. **Fuzzy set ordination along an elevation gradient on a mountain in Vermont, USA**. Journal of Vegetation Science 9: 191-200.

Bravo – Núñez, E. 1991. **Sobre la cuantificación de la diversidad biológica**. Hidrobiologica Vol.1 (1), Págs. 87-93. México.

Brewer, R., 1994. **The Science of Ecology**. 2da Edición. Saunders College Pulishers. E.U.A.

Chapela, G. 1996. **Panorama del sector forestal en México**. Gaceta Biológica (38): 27 – 39.

Comisión Nacional para el uso de la Biodiversidad (CONABIO). s.a. www.conabio.gob.mx. Consultada en Noviembre de 2002.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). s.a. www.conanp.gob.mx. Consultada en Mayo 2003.

Corral, J., O. Aguirre y J. Jiménez. 2001. **Medición de disturbio ecológico en un bosque de niebla, utilizando modelos de abundancia de especies**. Memorias V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Guadalajara, Jalisco, México.

Fierros, M. L. 1995. **Contribución al conocimiento de los macromicetos en la Sierra de Quila, Jalisco.** Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Guadalajara, México.

FitzPatrick E. A. 1984. **SUELOS, su formación, clasificación y distribución.** CECSA. México.

Flores, O. y P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo. Segunda Edición. UNAM. Ediciones Técnico – Científicas S.A. de C.V. México.

Gadow, Von K. V. 1999. **Waldstruktur und Diversität.** Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde, Georg-August Universität Göttingen.

Gallegos, A., Abundio, E., Morales M. E., Hernández, E. 2001. **Valor de importancia de especies arbóreas en un bosque tropical de la costa de Jalisco.** Memorias V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Guadalajara, Jalisco, México.

Gallegos, R. A. 1997. **Erfassung und Herleitung von planungsrelevanten Relief- und Vegetationsparameter mit Hilfe von terrestrischen und aerophotogrammetrischen Methoden unter Verwendung eines Geographischen Informationssystem. Modellstudie am Beispiel des Lehrwaldes der Universität Guadalajara/Mexico.** Civillier Verlag Göttingen. Universität Göttingen.

García, E. 1988. **Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana).** UNAM. México.

Gauch, H. G. 1982. **Multivariate Analysis in Community Ecology.** Cambridge University Press. Cambridge

Geographic Information Systems (GIS). s.a. www.gis.com. Consultada en Mayo 2003.

Geographic Information System (GIS). s.a. (www.usgs.gov/research/gis.html). Consultada en Mayo 2003.

González, R. 1993. **La Diversidad de los Encinos Mexicanos**. En: Diversidad Biológica en México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. México D.F. pp. 125 – 142.

Guariguata, M. R. y G. H. Catan. 2002. **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. LUR (Libro Universitario Regional).

Guerrero, J. J. y G. A. López. 1997. **La Vegetación y La Flora de Sierra de Quila**. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México. 134 p.

Hahn-Schilling, B. 1994. **Struktur, sukzessionale Entwicklung und Bewirtschaftung Selektiv Genutzter Moorwälder in Malaysia**. Göttinger Beiträge zur land – und forstwirtschaft in den Tropen und subtropen. Göttingen.

Halffter, G. (Comp.). 1998. **La diversidad biológica de Iberoamerica**. Vol. II. Acta Zoológica Mexicana, nueva serie, volumen especial. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, México. Pp.4 – 9.

Hegazy, A. K., M. A. El - Demerdash, y H. A. Hosni. 1997. **Vegetation, species diversity and floristic relations along an altitudinal gradient in south-west Saudi Arabia**. Journal of Arid Environments. Academic Press Limited 38: 3 – 13.

INEGI 1972. **Cartas Edafológicas F13D73 Atengo, F13D74 Cocula, F13D83 Tecolotlán**. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI 1998. **Perfiles de suelos**. Banco de información sobre perfiles de suelos. Versión 1.0. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI 1999. **Estadísticas del medio ambiente**. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Tomo I. México. pp 71-72.

Jardel, E. J. 1990. **Estrategia para la conservación de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán**. Laboratorio Natural Las Joyas, Universidad de Guadalajara. El Grullo, Jalisco.

Jiménez, j., O. Aguirre & H. Kramer. 2001. **Análisis de la Estructura Horizontal y Vertical en un Ecosistema Multocohortal de Pino – Encino en el Norte de México**. Invest. Agr. Sist. Recurs. For. Vol 10 (2): 355 – 366.

Krebs, C. J. 2000. **Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia**. Oxford University Press. México D. F.

Lamprecht, H. 1990. **Silvicultura en los Trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido**. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Alemania.

LGEEPA 1999. **Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente**. Ediciones Delma. México D.F.

Lübbers, P. 1997. **Diversitätsindizes und Stichprobenverfahren**. Abteilung Forstliche Biometrie, Universität Freiburg.

Ludwig, J. A. y J. F. Reynolds. 1988. **Statistical Ecology. A primer on Methods and Computing**. WILEY – Interscience. Estados Unidos.

- Magurran, A. 1989. **Diversidad ecológica y su medición**. Ediciones Vedral. España.
- Matteucci, S. D. y A. Colma. 1982. **Metodología para el estudio de la vegetación**. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington D.C.
- McCune, B. y J. B. Grace. 2002. **Analysis of Ecological Communities**. MJM Software designs. Oregon.
- McCune, B. y M. J. Mefford. 1999. **PC-ORD for Windows. Multivariate Analysis of Ecological Data**. V. 4. !0. MJM Software. Oregon.
- Moreno, C. E. 2001. **Métodos para medir la biodiversidad**. M&T Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Muro, J. R. 1992. **Evaluación del muérdago enano *Arceuthobium vaginatum* subsp. *Durangense* sobre *Pinus sp.* en la Sierra de Quila**. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. México.
- Nangendo G., A. Stein, M. Gelens, A. de Gier y R. Albricht. 2002. **Quantifying differences in biodiversity between a tropical forest area and a grassland area subject to traditional burning**. Forest Ecology and Management 164: 109–120.
- Neumann, M. y F. Starlinger. 2001. **The significance of different indices for stand structure and diversity in forests**. Forest Ecology and Management 145: 91-106.
- Odum, E. P. 1972. **Ecología**. McGraw – Hill Interamericana. México D. F.

Osorio, O., A. Valiente - Baunet, P. Dávila y R. Medina. 1996. **Tipos de Vegetación y diversidad beta en el Valle de Zapotitlan de las Salinas, Puebla, México.** Boletín de la Sociedad Botánica de México 59: 35 – 58.

Patrick, R. 1973. Use of algae, specially diatoms, in the assessment of water quality. American Society for Testing and Materials, Special Technical Publication 528, 76-95. (Consultado en: Magurran, A. (1989). **Diversidad ecológica y su medición.** Ediciones Vedral. España).

Pavón, N. P., H. Hernández – Trejo y V. Rico – Gray. 2000. **Distribution of plant life forms along an altitudinal gradient in the semi – arid Valley of Zapotitlán, Mexico.** Journal of Vegetation Science 11 : 39-42. Sweden.

Porta, J., M. López – Acevedo, y C. Roquero. 1999. **Edafología para la agricultura y el medio ambiente.** Ediciones Mundi – Prensa. España.

Ramos, J. M., *et.al.* 1982. **Análisis estructural de un área de vegetación secundaria en Uxpanapa, Veracruz.** BIOTICA, Vol. 7 (1): 7-29.

Reice, S.R. 1997. **Nonequilibrium determinants of biological community structure.** In: Kareivo, P. (Ed). Exploring ecology and its applications. SINAUER Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts, USA. Pp. 156-167.

Ricklefs, R. E. y D. Schluter (Ed.). 1993. **Species diversity. An introduction to the problem.** En: Species diversity in ecological communities. Historic and geographic perspectives. University of Chicago Press. E.U.A.

Rondeux, J. 1999. **Inventarios forestales y biodiversidad.** UNASYLVA 196, Vol.50. www.fao.org/decrop/x0963s/x0963s00htm

Rzedowski, J. 1978. **Vegetación de México.** Ed. Limusa. México.

Sánchez-Velásquez L. R. y M. R. Pineda. 2000. **Ecología cuantitativa de plantas. Métodos.** Universidad de Guadalajara. Pp 43-45, 95-97, 121, 131.

Sardinero, S. 2000. **Classification and Ordination of Plant Communities along an Altitudinal Gradient on the Presidential Range, New Hampshire, USA.** Plant Ecology, 148: 81 – 130.

SARH 1993. **Estudio de la flora y fauna de la zona protectora forestal Sierra de Quila.** Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). www.semarnat.gob.mx. Consultada en Noviembre 2002.

Shmida, A. y M. V. Wilson. 1985. **Biological determinants of species diversity.** Journal of Biogeography, 12: 1-20.

Spaargaren, O. C. (comp.). 1994. **World Reference Base for Soil Resources.** Draft. ISSS – ISRIC – FAO. Wageningen/Rome.

Stirling, G. y B. Wilsey. 2001. **Empirical relationships between species richness, evenness and proportional diversity.** The American Naturalist, Vol. 158 (3): 286-299.

Ter Braak, C. J. F. 1989. **CANOCO – an extension of DECORANA to analyze species – environment relationships.** Hydrobiology, 184: 169 – 170.

Vázquez, J. A. y T. J. Givnish. 1998. **Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity on the Sierra de Manantlan.** Journal of Ecology. British Ecological Society. Volumen 86, Issue 6: 999 – 1020.

Vellend, M. 2001. **Do commonly used indices of beta-diversity measure species turnover?.** Journal of Vegetation Science 12: 545-552.

Villavicencio, G. R. 2002. **Metodología para el Establecimiento de Sitios Permanentes de Monitoreo en la Zona de Protección de Flora y Fauna "Sierra de Quila"**. Documento No. 1/2. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.

Villavicencio, G. R. (en prep.) **Kartierung von Vegetationsstrukturen und deren Veränderung in Naturschutzgebieten mit Hilfe von Fernerkundung und terrestrischen Inventurverfahren. dargestellt am Beispiel des Schutzgebietes für Flora und Fauna "Sierra de Quila" des Bundeslandes Jalisco im Westen Mexikos**. Tesis Doctorado. Abt. Fernerkundung und LIS. Universität Freiburg.

Villavicencio, G. R., Gallegos, R. A., Chávez, H. A., Sánchez, R. C. 2000. **Aplicación de SIG, sitios de control e inventario, caso Parque Nacional Volcán-Nevado de Colima**. Memorias del IV Congreso nacional de Áreas Naturales Protegidas. Yucatán. México.

Whittaker, R.H. 1972. **Evolution and measurement of species diversity**. *Taxon*, 21 (2/3): 213 – 251.

Wild, A. 1989. **Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell**. Ediciones Mundi – Prensa. España.

Yoccoz, N.G., J.D. Nichols y T. Boulinier. 2001. **Monitoring of biological diversity in space and time**. *Trends in Ecology & Evolution*. Vol.16 No. 8.

11. Anexos

Anexo I. Índice de Shannon - Wiener desarrollado para los intervalos altitudinales 1 y 7.

Intervalo altitudinal 1:

n	Arboles		pi	lnpi	pi(lnpi)
	x	ha			
5	25		0.058823529	-2.833213344	-0.166659608
6	30		0.070588235	-2.650891787	-0.187121773
2	10		0.023529412	-3.749504076	-0.088223625
3	15		0.035294118	-3.344038968	-0.118024905
11	55		0.129411765	-2.044755984	-0.26461548
24	120		0.282352941	-1.264597426	-0.357062803
13	65		0.152941176	-1.877701899	-0.287177937
18	90		0.211764706	-1.552279499	-0.328718011
3	15		0.035294118	-3.344038968	-0.118024905
85	425		1	-22.66102195	-1.915629048

Intervalo altitudinal 7:

n	Arboles		pi	lnpi	pi(lnpi)
	x	ha			
6	3		0.004728132	-5.354224998	-0.025315485
13	7		0.010244287	-4.58103511	-0.046929438
28	15		0.022064618	-3.813779957	-0.084149597
13	7		0.010244287	-4.58103511	-0.046929438
4	2		0.003152088	-5.759690107	-0.018155052
8	4		0.006304177	-5.066542926	-0.031940381
30	16		0.023640662	-3.744787087	-0.088529245
221	119		0.174152876	-1.747821766	-0.304388188
240	130		0.189125295	-1.665345545	-0.314958968
82	44		0.064617809	-2.73926522	-0.177005318
2	1		0.001576044	-6.452837287	-0.010169956
6	3		0.004728132	-5.354224998	-0.025315485
19	10		0.014972419	-4.201545489	-0.0629073
65	35		0.051221434	-2.971597198	-0.15220947
1	1		0.000788022	-7.145984467	-0.005631193
6	3		0.004728132	-5.354224998	-0.025315485
51	28		0.040189125	-3.214158835	-0.129174232
474	256		0.373522459	-0.984777146	-0.367836381
1269	686		1	-74.73287824	-1.916860612

Anexo II. Índice de Importancia Ecológica desarrollado para el estrato de suelo VII.

Especie	Abundancia N/ha	%	Dominancia G (m ² /ha)	%	Frecuencia	%	IVI
<i>Acacia pennatula</i>	1	0.1	0.01	0.1	1	0.6	0.8
<i>Alnus acuminata</i>	2	0.3	0.26	1.0	1	0.6	1.9
<i>Arbutus glandulosa</i>	16	2.1	0.24	1.0	7	4.8	7.4
<i>Arbutus xalapensis</i>	17	2.2	0.49	2.0	16	10	14.2
<i>Clethra hartwegii</i>	11	1.5	0.57	2.3	6	3.7	7.5
<i>Pinus devoniana</i>	9	1.2	0.22	0.9	3	1.9	4.0
<i>Pinus douglasiana</i>	49	6.5	3.75	15.0	17	10.6	32.1
<i>Pinus lumholtzii</i>	176	23.3	6.60	26.3	31	19.4	69.0
<i>Pinus oocarpa</i>	67	8.8	3.02	12.0	14	8.7	29.6
<i>Quercus candicans</i>	1	0.1	0.00	0.1	1	0.6	0.7
<i>Quercus castanea</i>	8	1.1	0.50	2.0	6	3.7	6.9
<i>Quercus coccolobifolia</i>	22	2.9	0.91	3.6	10	6.2	12.7
<i>Quercus eduardii</i>	7	0.9	0.18	0.7	3	1.9	3.5
<i>Quercus laeta</i>	1	0.1	0.08	0.3	1	0.6	1.0
<i>Quercus obtusata</i>	22	2.9	1.04	4.1	9	5.6	12.6
<i>Quercus resinosa</i>	344	45.6	7.16	28.5	33	20.6	94.7
Otras hojosas	3	0.4	0.05	0.2	1	0.6	1.2
Total	755	100	25.08	100	38	100	300