



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTRUCTURA DEL BOSQUE DE *Abies hickelii* FLOUS ET
GAUSSEN EN LA COMUNIDAD DE SANTA MARIA YAVESIA,
DISTRITO DE IXTLAN, OAXACA, MEXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

JOSE LUIS JIMENEZ ROMUALDO



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

DIRECTORA DE TESIS: DRA. ROSA IRMA TREJO VAZQUEZ



2004
FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**ESTA TESIS NO SALI
DE LA BIBLIOTECA**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Jiménez Romualdo
José Luis
FECHA: 13/09/04
FIRMA:

DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a Usted que hemos revisado el trabajo escrito: **“Estructura del Bosque de *Abies hickelii* Flous et Gausson en la Comunidad de Santa María Yavesía, Distrito de Ixtlán, Oaxaca, México”**

realizado por **José Luis Jiménez Romualdo** con número de cuenta **9419491-1**

quién cubrió los créditos de la carrera de **Biología**

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

Dra. Rosa Irma Trejo Vázquez.

Propietario

Dra. Maria de Lourdes Villers Ruiz.

Propietario

Dra. María del Consuelo Bonfil Sanders

Suplente

M. en C. Rosa María Fonseca Juárez.

Suplente

M. en C. Rafael Torres Colín.

Consejo Departamental de Biología



M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez.

UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGÍA

*"Convertid un árbol en leña y podrá arder para vosotros;
pero ya no producirá flores ni frutos".*

Tagore, Rabindranath

DEDICATORIA

Este trabajo esta de dedicado a:

A mis Padres Luis Jiménez (†) y Leonarda Romualdo, sino fuera por ellos yo no estuviera aquí.

A mi madre por ser una luchadora incansable quien siempre ha dado todo para sacar a sus hijos adelante. Tú has sido mi mayor ejemplo de amor, honestidad, tenacidad, perseverancia y trabajo.

A ti Natalia, hermana mía, quien en los momentos difíciles siempre tuviste la fortaleza, coraje y entereza para sacar adelante a la familia; porque siempre has estado dispuesta a aguantarme, escucharme y ayudarme; porque has dado todo sin esperar recompensa, porque siempre has sido parte fundamental y motivación para que yo terminara la carrera. Gracias por ser como eres.

A Teresa, por ser mi hermana y por darme tres grandes sobrinos: Luis, Sofía y Rodrigo, ellos llegaron en momentos difíciles y han llenado de luz parte mi vida.

A mis sobrinos, que son mi adoración, quienes con sus travesuras, cometarios y compañía han alegrado mi vida y me han motivado para salir adelante.

A mis amigos de toda la vida Jorge "El chato", Ángel "El caballo", Jaime "El padrino", Moy "El mollejas", Heriberto "El iguana", Ismael "El bondi", Miguel "El Texas", Toño "El tolo", Raymundo "El gordo" y Eloy "El bunga" con quienes he pasado momentos inolvidables. Ustedes siempre me apoyaron y confiaron en que saldría adelante.

A las personas que conocí en la Facultad, con los que compartí clases y salidas de campo y que ahora son grandes amigos. Va con todo y sus apodos para que siempre se acuerden de los buenos momentos cuando sean eminentes doctores en Biología:

Rodrigo "Redrogo", Anahí "Anchita", Maripili "Pilarica", Karina, Flor, Gaby, Itzel "Tizelito", Jorge "El chino", Elisa "La China", Ricardo "el Rick", Alejandro "El niño", Diego, Carlos "El chichis", Carmen, Cristal "Cristalito" Isra, Donaji, Yadira, Cesar "El verde", Esteban "El Tripa", Edgar "El Perro", Araceli, Ingrid, Claudia, Paty "pato", " Iván "El Rojo", Arturo "El artufo", Marcia, Reyna, Alejandra, Elidía, José Ángel "El Abuelo", Francisco "El indiana", Lalo, Armando "Hippie" y Martha. A todos gracias por los buenos momentos que vivimos, por todos los viernes que pasamos juntos y por hacer de la carrera una etapa inolvidable en mi vida y una gran experiencia.

A Verónica, Selene, Miriam, Ethel, Alejandro, Mauricio, Noemí, Estebanito, Leticia, Mariana, Luis, Cynthia, Maria Elena, Ivón, Zita, Adriana, Emiliano, Cesar, Irene, Paty, Héctor y los que se me hayan olvidado, aunque convivimos poco, no por ello son menos importantes en mi vida.

A todas las personas que conocí durante la carrera y en la Universidad, porque de ellas aprendí algo valioso. En especial a Lorenzo Ortiz por enseñarme a vivir la montaña, si no fuera por ti este trabajo hubiera quedado inconcluso.

A mis maestros y mentores, porque ellos me abrieron las puertas del maravilloso universo que es la biología y me enseñaron lo valioso del trabajo del biólogo, aunque el mundo no lo entienda. En especial a la profesora del Colegio de Ciencias y Humanidades Blanca Susana Cruz Ulloa, gracias a sus enseñanzas y dedicación yo me dedico a la Biología.

A la comunidad de Yavesía por su enorme esfuerzo en la conservación y defensa de su riqueza biológica. A todas las comunidades indígenas y campesinas que igualmente se esfuerzan por conservar sus recursos naturales.

A todos aquellos que hacen de la Universidad un mundo aparte, un espacio para la expresión e intercambio de ideas y un lugar más libre.

Finalmente, esta tesis me la dedico, porque pese a los obstáculos y adversidades lo conseguí. Es la culminación de un sueño infantil ahora convertido en realidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

Enormemente a la Dra. Irma Trejo por confiar en mí y por haberme brindado la oportunidad de colaborar con ella, por su apoyo académico y por haber financiado este trabajo.

A las autoridades de Santa María Yavesía: Esteban Ramírez (Presidente Municipal 2000-2001) y Fermín Cruz (Presidente Municipal 2002-2003), Mauro Cruz y Fernando Ramos (Representantes comunales) por permitir la realización de este trabajo en sus bosques.

A la Dra. Irma Trejo, porque siempre estuviste dispuesta para el trabajo rudo en el campo, de ti he aprendido muchísimo. Gracias por iniciarme en el conocimiento de las comunidades vegetales, después de todo, las plantas no sólo en ensalada se disfrutan.

A la Biol. Verónica Aguilar y a los futuros biólogos Esteban Benítez y Fernando Camacho quienes conocí durante la realización de la tesis y ahora son grandes amigos.

Gracias por su incondicional apoyo durante el trabajo de campo, de éste hicieron buenos momentos y una gran experiencia, sin ustedes me hubiera tardado aun más tiempo en terminar este estudio. De igual manera a los Biólogos Gerardo Ambriz y Gabriela García por su apoyo en el trabajo de campo.

Sótero Ocampo, Rodolfo Cruz y Alejandro Pérez integrantes de la comunidad de Yavesía, quienes conocí durante mis visitas a Yavesía. Ellos me enseñaron mucho sobre el monte y sus bosques. Gracias por ayudarme a medir árboles y por haber sido los guías, de otra forma me hubiera perdido.

Al M. en C. Rafael Torres, a la M. en C. Rosa Maria Fonseca, al Dr. José Luis Villaseñor al Sr. Francisco Ramos los tres del Herbario Nacional (MEXU) y a Fernando Camacho por su ayuda en la determinación de las especies. Sin ellos el trabajo hubiera quedado como sp1, sp2, sp3...

A Esteban Benítez quien realiza la tesis también en Yavesía. Gracias por pasarme algunos de tus datos sobre pinos y encinos, con ellos pude describir mejor el sitio de estudio.

Al Instituto de Geografía por brindarme su infraestructura y por haber organizado un curso de SIG's, fundamental para mi trabajo.

A Celia López del Instituto de Geografía por ayudarme siempre que me surgían problemas sobre el manejo del ILWIS.

A las Doctoras Lourdes Villers y Consuelo Bonfil y a los M. en C. Rosa María Fonseca y Rafael Torres quienes fueron los revisores de este trabajo. Gracias por brindarme un poco de su tiempo.

A los directivos de Hombre Naturaleza, A. C.: Mercedes Alemán y Emmanuel Acha y a Adriana Saldaña quienes me brindaron la oportunidad y las facilidades de colaborar por tres años en la Organización mientras terminaba mis estudios. Aprendí mucho durante ese tiempo.

A la Sra. Ernestina Cano, a la Srita. Celia Pérez y a las niñas Mireya y Mirely por darnos de comer cuando realizamos el trabajo de campo, de otra forma hubiéramos comido puras sopas instantáneas y atún.

A Choti, quien nos prestó para dormir una de sus tantas casas, de lo contrario, hubiéramos dormido en un apartado de la presidencia municipal.

A mi familia por haber financiado mis estudios.

Finamente quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México por acogerme dentro su comunidad y haberme formado académica y socialmente.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	
	2.1. Los Bosques de <i>Abies</i> en México.....	8
	2.2. Descripción de <i>Abies hickelii</i> Folus et Gaussen.....	10
	2.3. Hábitat de <i>Abies hickelii</i>	11
	2.4. Distribución geográfica <i>Abies hickelii</i>	12
	2.5. Conservación de las poblaciones de <i>Abies hickelii</i>	13
	2.6. Uso de los bosques en la Sierra de Juárez.....	14
III.	OBJETIVOS	
	3.1. Objetivo General.....	15
	3.2. Objetivos particulares.....	15
IV.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	
	4.1. Generalidades de la Sierra de Juárez.....	16
	4.2. Sitio de estudio.....	17
	4.2.1. Relieve.....	17
	4.2.2. Geología.....	19
	4.2.3. Hidrología.....	19
	4.2.4. Clima.....	19
	4.2.1. Vegetación.....	21
V.	METODOS	
	5.1. Método de muestreo.....	22
	5.2. Sitios de muestreo.....	23
	5.3. Análisis de los parámetros estructurales.....	25
	5.4. Índice de diversidad.....	27
	5.5. Índice de similitud.....	27
	5.6. Mapeo del bosque de <i>Abies hickelii</i>	28
	5.7. Caracterización de las condiciones ambientales.....	28
VI.	RESULTADOS	
	6.1. Densidad.....	31
	6.2. Frecuencia.....	32
	6.3. Área basal.....	35

6.4. Valor de importancia.....	37
6.5. Estructura vertical.....	39
6.6. Estructura diamétrica.....	43
6.7. Índice de diversidad.....	45
6.8. Índice de similitud.....	45
6.9. Distribución y delimitación de bosque de <i>Abies hickelii</i>	46
6.10. Área potencial para el establecimiento del bosque de <i>Abies hickelii</i>	49
VII. DISCUSIÓN	
7.1. Características estructurales.....	51
7.1.1. Densidad.....	51
7.1.2. Área basal.....	52
7.1.3. Valor de importancia.....	52
7.1.4. Estructura vertical.....	53
7.1.5. Estructura diamétrica.....	55
7.1.6. Índice de diversidad.....	56
7.1.7. Índice de similitud.....	56
7.2. Condiciones ambientales en que se desarrolla el bosque de <i>Abies hickelii</i>	57
7.2.1. Altitud.....	57
7.2.2. Orientación de laderas y pendientes.....	59
7.3. Área potencial.....	61
7.4. Por qué conservar los bosques de <i>Abies hickelii</i> en Yavesia.....	61
7.4.1. Aspectos ambientales y biológicos que sustentan su conservación.....	61
7.4.2. Aspectos sociales que sustentan su conservación.....	63
VIII. CONCLUSIONES	65
LITERATURA CONSULTADA	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructuras vegetativas y reproductoras de <i>Abies hickelii</i>	10
Figura 2. Distribución geográfica de <i>Abies hickelii</i> en el Estado de Oaxaca.....	13
Figura 3. Localización geográfica de Santa María Yavesía.....	18
Figura 4. Diagrama ombrotérmico de la estación Cuajimoloyas, Oaxaca.....	20
Figura 5. Sitios de muestreo.....	24
Figura 6. Densidad en 0.1 hectáreas de las especies registradas en los tres sitios.....	33
Figura 7. Frecuencia de las especies muestreadas en los tres sitios.....	34
Figura 8. Área basal ($m^2 0.1ha^{-1}$) por especie en los tres sitios.....	36
Figura 9. Valor de importancia.....	39
Figura 10. Distribución de alturas presentadas por clase para todas las especies y para <i>Abies hickelii</i> en los tres sitios.....	42
Figura 11. Distribución de frecuencias de diámetros en los tres sitios.....	11
Figura 12. Bosque de <i>Abies hickelii</i> fotointerpretado en Santa María Yavesía a partir de una ortofoto de INEGI de 1995, esc 1:20,000.....	48
Figura 13. Área Potencial para el establecimiento del bosque de <i>Abies hickelii</i>	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clases de pendientes en grados.....	29
Tabla 2. Clasificación de las laderas.....	29
Tabla 3. Datos generales de los sitios de muestreo.....	30
Tabla 4. Datos florísticos de los sitios de muestreo.....	30
Tabla 5. Lista de especies encontrada en los tres sitios.....	31
Tabla 6. Área basal por especie registrada en cada sitio de muestreo.....	35
Tabla 7. Valor de importancia de cada especie.....	37
Tabla 8. Datos de la estructura vertical de los tres sitios.....	40
Tabla 9. Extensión del bosque de <i>Abies hickelii</i> que se presenta en un gradiente altitudinal.....	46
Tabla 10. Distribución del bosque de <i>Abies hickelii</i> respecto a la pendiente.....	46
Tabla 11. Extensión del bosque de <i>Abies hickelii</i> que se presenta en cada ladera.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Formulas para obtener los parámetros estructurales.....	26
Cuadro 2. Índice de similitud de de Sørensen.....	45

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los rasgos más destacados de la superficie terrestre y el componente del ecosistema más fácilmente reconocible es la cubierta vegetal (Newbiggin, 1949; Matteucci y Colma, 1982; Kent y Coker, 1992), la cual es resultado de procesos como la historia geológica, topográfica y climática (Newbiggin, 1949). Sin embargo, conjuntamente estos factores siguen actuando hoy en día sobre la distribución de las comunidades vegetales y las especies que las conforman.

No sólo factores históricos son los responsables de modelar la vegetación: la latitud, las condiciones geográficas locales (Acosta-Solis, 1977^a; Gower *et al.*, 2003), la acción combinada de factores ambientales (Gómez-Pompa, 1977; Matteucci y Colma, 1982; Oosterhoorn y Kappelle, 2000) climáticos y edáficos (Whittaker, 1975; Oosterhoorn y Kappelle, 2000; Gower *et al.*, 2003), los factores ecológicos (Acosta-Solis, 1977^b; Gower *et al.*, 2003) como recursos y condiciones (Gower *et al.*, 2003), migración, interacciones bióticas, competencia, facilitación y factores biológicos como la constitución genética de las especies y las poblaciones también juegan un papel importante (Dolezal y Srutek, 2002). Estos factores actúan sobre la estructura, la composición y el patrón espacial en las comunidades vegetales (Gómez-Pompa, 1977; Matteucci y Colma, 1982; Oosterhoorn y Kappelle, 2000; Dolezal y Srutek, 2002). El clima no sólo influye en la distribución de los bosques sino también en su tipo (Newbiggin, 1949).

En los últimos miles de años, un nuevo elemento se ha sumado a las causas que modelan la vegetación y en particular los bosques (Gower *et al.*, 2003); el ser humano, se ha convertido en un factor determinante que influye en la composición, abundancia y distribución de las comunidades a través de modificaciones estructurales y microclimáticas, dando lugar a la aparición de nuevos hábitats (McNeely, 2002). La distribución de la cubierta vegetal ha sido modificada por distintos usos humanos, tales como la urbanización, la industrialización, la agricultura o las prácticas pecuarias y silvícolas. Como resultado, en muchos sitios la vegetación forma un mosaico de parcelas

naturales y alteradas que varían en tamaño, forma y disposición, lo que influye en la composición y riqueza florística de una región (Regato *et al.*, 1999).

Conocer las causas que determinan la distribución y composición actual de la vegetación es de suma importancia para establecer medidas de conservación y/o aprovechamiento, sobre todo en comunidades con importancia forestal.

Las variables usadas para definir la estructura de la vegetación y que describen el comportamiento, el rendimiento, la abundancia o dominancia de las categorías vegetales en la comunidad pueden ser continuas, como el crecimiento de los árboles, la altura, la biomasa, el área basal y la cobertura medida en función del espacio bidimensional y tridimensional ocupado; o discretas, como la densidad, la frecuencia, (Matteucci y Colma, 1982; Chen y Bradshaw, 1999), la similitud de especies y la forma de crecimiento (McDonald, 2003).

Los atributos estructurales, como el tamaño de los individuos y su abundancia, nos permiten delimitar una comunidad, por ejemplo, una formación vegetal se distingue subjetivamente sobre la base de la dominancia de una especie de árbol (Mackenzie, 1998). Las especies dominantes son las que tienen un elevado índice de éxito ecológico y determinan en gran parte las condiciones bajo las cuales crecen las especies vinculadas con ellas (Krebs, 1985). Además, los atributos estructurales nos proporcionan información acerca de las especies y las poblaciones que la conforman, así como de la dinámica de la comunidad.

La altura de las plantas es usualmente un buen indicador de su condición o vigor y puede ser utilizada como un criterio del éxito de una especie en varios hábitats, como una medida de los ambientes favorables y es muy empleada por los forestales como un índice de la calidad de un sitio para varias especies de árboles, además de ser una variable que refleja los efectos de la tala (Hanson y Churchill, 1961).

La altura de los individuos y la forma de vida y de crecimiento nos sirven para determinar la diferenciación vertical o estratificación. La estratificación es la ocurrencia de organismos o sus partes a diferentes niveles del suelo, ocurre porque las formas de crecimiento tales como árboles, arbustos, hierbas, musgos, etc., difieren en requerimientos, como la intensidad de luz (Hanson y Churchill, 1961; Wittaker, 1975; Krebs, 1985), temperatura, condiciones de humedad, contenido de materia orgánica en el sustrato y otros elementos que varían (Hanson y Churchill, 1961). En los bosques las hojas y ramas de los árboles del dosel superior capturan la mayor cantidad de luz y los árboles de menor tamaño usan algo de la luz remanente. Estos árboles de estratos más bajos usualmente contienen tanto individuos jóvenes de las especies del dosel superior como árboles maduros de especies más pequeñas (Wittaker, 1975). El número de estratos varía de acuerdo al tipo y condiciones de la comunidad. En un estado de sucesión temprana usualmente hay un estrato, a medida que la sucesión avanza se desarrollan varios estratos; por ejemplo en un bosque templado ocurren de 5 a 7 estratos: 2 ó 3 de árboles, 1 ó 2 de arbustos, 1 de hierbas y el rasante, formado por musgos y líquenes (Hanson y Churchill, 1961).

La estructura diamétrica es un parámetro comúnmente usado para analizar la estructura poblacional de las especies arbóreas de la comunidad; existe una correlación estrecha entre diámetro y edad. Una distribución diametral continua con mayor proporción de individuos de diámetros pequeños y establecidos señala que el bosque puede tener una buena regeneración (Bonfil, *com. pers.*), establecimiento y reclutamiento entre la diferentes clases de tamaño (Sánchez-Velásquez *et al.*, 1991), este tipo de distribución es indicativa de una población estable capaz de autoperpetuarse en el tiempo (Rozas, 2002). Una distribución diametral discontinua nos indica problemas de regeneración o bien regeneración episódica (Bonfil, *com. pers.*) y es característica de poblaciones maduras de árboles dominantes en el dosel forestal (Rozas, 2002).

Por otro lado, el área basal y la altura son expresiones de la repartición de la biomasa en la arquitectura del árbol y de su cobertura (Hanson y Churchill, 1961). Las

variaciones máximas de diámetro y altura total para una especie son consideradas medidas del tamaño que refleja su tipo biológico potencial (Rozas, 2002).

La densidad poblacional permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas. Asimismo, la frecuencia está relacionada con el grado de uniformidad de ocurrencia de individuos de una especie en un área (Hanson y Churchill, 1961; Mostacedo y Fredericksen, 2000). Estos parámetros son indispensables en mediciones del efecto del fuego, de la lluvia de semillas y del cambio sucesional (Hanson y Churchill, 1961).

Sin embargo, el estudiar por separado los atributos estructurales no proporciona mayor información y éstos no permiten comparar especies con diferente forma de crecimiento. Al conjugar variables como la densidad, la frecuencia y el área basal podemos obtener información relacionada con la importancia relativa que tiene cada especie en la estructura de la comunidad vegetal (Hanson y Churchill, 1961; Mostacedo y Fredericksen, 2000; Rozas, 2002), así como su control del espacio y estado demográfico (Rozas, 2002) y su contribución a la estructura del sitio. Por otro lado, el análisis del valor de importancia como apoyo metodológico para medir la diversidad biológica permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia, nos alerta acerca de procesos empobrecedores (Magurran, 1988).

Actualmente, fenómenos como la deforestación, el cambio climático, la desertificación, el crecimiento de la población humana y el crecimiento desordenado de centros de población, ponen en riesgo a las comunidades biológicas, las cuales han evolucionado durante millones de años. La comprensión de este problema ha llevado a cuestionamientos acerca de los modelos de desarrollo y a integrar equipos de trabajo interdisciplinarios que aborden de manera integral la dicotomía que existe entre conservación y desarrollo, puesto que el bienestar del ser humano va de la mano con la conservación y funcionamiento de los ecosistemas (Rozzi *et al.*, 2001).

La *biología de la conservación* ha surgido como una ciencia interdisciplinaria, en primer lugar para investigar el efecto de los humanos sobre el resto de los seres vivos, las comunidades biológicas y los ecosistemas; y en segundo lugar para prevenir la degradación del hábitat, la extinción de especies y promover la restauración de los ecosistemas, buscando respuestas aplicables a situaciones específicas (Rozzi *et al.*, 2001).

Por otro lado, las características de México como país megadiverso, le permiten aspirar a la gestión de la biodiversidad de manera tal que no sólo signifique la conservación de la misma, sino una actividad con enorme potencial para el desarrollo económico de sus regiones más atrasadas (Lorenzo, 2000). Para ello es necesario generar un modelo de desarrollo sustentable que pondere la autosuficiencia local y regional; el aprovechamiento integral de los recursos del ecosistema para una producción diversificada y de uso múltiple del suelo, el rescate de las tecnologías tradicionales y la adopción de tecnologías apropiadas en los diferentes ámbitos de la vida comunitaria, así como de las formas de organización solidaria; la apropiación y adecuación de aquellas partes del conocimiento y de las tecnologías modernas que complementen y no sustituyan el saber tradicional, y que se adecuen a los procesos campesinos de desarrollo (Montiel *et al.*, sin año).

Para alcanzar este objetivo se requiere de la participación comunitaria en las actividades de ordenamiento y gestión del ecosistema, entendida como la capacidad local de utilizar y administrar sus recursos; sus potencialidades y cualidades humanas, asumiendo el derecho que tienen a la toma de decisiones y reconociendo a las personas como sujetos activos y no como objetos de estudio. La participación de la gente debe estar basada en el fortalecimiento de los conocimientos campesinos sobre los recursos naturales y en la toma de decisiones comunitarias por consenso, en la planeación de las actividades productivas y de conservación (Montiel *et al.*, sin año).

Experiencias en diversos países han demostrado que la participación de la comunidad, además de generar un sentimiento de propiedad, ayuda a mejorar las prácticas de ordenamiento forestal (McNeely, 2002), al modificar sus métodos de uso de

los recursos naturales (Rodgers, 2002) contribuyendo así al mantenimiento de la estabilidad ecológica (McNeely, 2002). Aunque es cierto que las poblaciones locales e indígenas también experimentan la tentación de sobreexplotar los recursos forestales para obtener beneficios inmediatos, en algunos casos han establecido sus propias medidas de gestión del ecosistema (McNeely, 2002). Bajo este enfoque uno de los caminos que se ha seguido para la protección de las comunidades vegetales ha sido la creación de áreas protegidas, ya sea enmarcadas dentro de un sistema de áreas naturales protegidas (ANP) o bien a partir de iniciativas de comunidades indígenas o campesinas (Ramírez, 2001). Así surgen las *Áreas Comunitarias Protegidas* y las *Reservas Ecológicas Campesinas* las cuales son modelos alternativos de ANP basadas en la participación directa, informada, consciente y decisoria de comunidades y campesinos en el proceso de la conservación de la biodiversidad (Montiel, *et al. sin año*). Este tipo de iniciativas son de gran importancia debido a que incluyen no sólo las zonas forestadas con poca perturbación, sino también a los diversos agroecosistemas que constituyen el reservorio genético más importante de plantas cultivadas, además de que son las zonas mejor conservadas del país (Ramírez, 2001).

Para finalizar se puede decir que la generación de información básica de la estructura de las comunidades vegetales es de gran relevancia para innumerables actividades de investigación, conservación y manejo de los ecosistemas (Gómez-Pompa, 1977; Matteucci y Colma, 1982; Kent y Coker, 1992). Los estudios sobre la relación entre la vegetación y las condiciones ambientales son un importante factor en el análisis y manejo de los ecosistemas forestales. Las características estructurales han sido usadas para definir requerimientos de nicho de especies silvestres, para examinar la heterogeneidad espacial y dinámica temporal del sotobosque, para explicar la variación microclimática, para investigar patrones de regeneración (Zenner y Hibbs, 2000) y para predecir posibles cambios futuros de la vegetación (Kent y Coker, 1992).

Por otro lado, el conocimiento de la influencia que los diferentes gradientes ambientales ejercen sobre los atributos de las especies vegetales es de gran importancia para su conservación y manejo, especialmente para aquellas que se encuentran bajo

condiciones restringidas y amenazadas o en peligro de extinción como resultado de actividades antrópicas (Sánchez-Velásquez *et al.*, 1991). Cuanta más investigación sistemática y detallada se realice acerca de estas relaciones, más confiable será su capacidad predictiva, ya que los cambios en la vegetación sirven a menudo de índices o indicadores de los efectos del manejo (Matteucci y Colma, 1982).

II. ANTECEDENTES

2.1. Los Bosques de *Abies* en México.

En América los bosques de *Abies* se extienden desde el norte de Alaska hasta Centro América (Madrigal, 1967). En el caso de México, existen discrepancias en cuanto al número de especies que se distribuyen en el país. De acuerdo con Martínez (1963) y Hernández (1985) se encuentran ocho especies, *Abies concolor*, *A. duranguensis*, *A. guatemalensis*, *A. hickelii*, *A. mexicana*, *A. oaxacana*, *A. religiosa* y *A. vejari*, de las cuales 6 son endémicas a México. Farjon (1990) considera que hay seis especies, *Abies concolor*, *A. guatemalensis*, *A. religiosa*, *A. duranguensis*, *A. hickelii* y *A. vejari*, las últimas tres endémicas a México.

Los *Abies* son árboles corpulentos, siempre verdes, resinosos, de copa simétrica y aguda; con hojas lineares y persistentes; las inflorescencias masculinas se producen en la parte inferior de las ramillas; los frutos se presentan en las ramillas más altas y constan de un eje erguido y persistente con escamas caducas (Hernández, 1985).

La mayoría de las especies de *Abies* del mundo poseen un sistema radical profundo y extendido y en sólo tres es superficial (*Abies balsamena*, *A. lasiocarpa* y *A. concolor*); las dos primeras tienen la característica de que pueden originar nuevos individuos al enraizar las ramas inferiores (Madrigal, 1967).

El bosque de *Abies* está confinado a sitios de alta montaña en laderas, cañadas y barrancas más o menos profundas, protegidas de la acción de los fuertes vientos y de la insolación intensa, por lo común entre 2400 y 3500 m de altitud, sin llegar al límite altitudinal de la vegetación arbórea, formando un piso por debajo del bosque de *Pinus hartwegii* (Madrigal, 1967).

Casi todas las especies del género crecen en suelos profundos y húmedos con buen drenaje y humedad atmosférica relativamente alta (Madrigal, 1967 y Hernández, 1985), en condiciones de temperatura baja sin grandes oscilaciones térmicas diurnas (Hernández, 1985); la excepción es *Abies balsamea* que forma masas puras en los lugares pantanosos de Canadá y *A. concolor* el cual requiere de menos humedad y se encuentra en sitios secos y pobres en nutrimentos en el norte de México (Madrigal, 1967).

Para Rzedowski (1977), los bosques de *Abies* se consideran típicamente como comunidades clímax; con frecuencia es la especie arbórea de mayor abundancia–dominancia; en condiciones naturales de poco disturbio comparte ciertos hábitats con otras especies de árboles.

En el norte de México las coníferas más importantes que se asocian con el género *Abies* son: *Pinus contorta*, *P. albicaulis*, *P. flexilis*, *P. aristata*, *P. ponderosa*, *P. monticola*, *P. lambertiana*, *Picea engelmanni*, *P. sitchensis*, *Tsuga heterophylla*, *Pseudotsuga taxifolia*, *Larix lyallii*, *L. occidentalis*, y *Thuja plicata* (Madrigal, 1967).

En el centro del país los bosques de *Abies* se encuentran en el Cinturón Volcánico Transmexicano; aquí forman masas puras o asociadas con *Pinus montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. hartwegii*, *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *Juniperus monticola*, *Alnus glabrata*, *A. firmifolia*, *Arbutus xalapensis* y *Quercus* spp. (Rzedowski, 1977).

Hacia el sur del país, el género *Abies* se extiende hasta Centroamérica; Madrigal (1967) observó que *Abies guatemalensis* se asocia con *Pinus ayacahuite*, *P. strobus* var. *chiapensis* y *Cupressus* sp. También se reporta a *Abies hickelii*, *A. religiosa* (Hernández, 1985) y *A. zapotequensis*, sin embargo, estudios genéticos posteriores determinaron que este último es un sinónimo de *A. hickelii* (Aguirre-Planter et al., 2000).

2.2. Descripción de *Abies hickelii* Flous et Gausсен.

Árbol de 20 y 30 m de altura, con diámetros que van de 70 a 90 cm. La corteza es grisácea y agrietada con un grosor de 3 a 4 cm compuesta de placas cuadrangulares irregulares de 6 cm de largo por 4 de ancho. La madera es suave de color blanquizo, ligeramente amarillento con estrías longitudinales de color rojizo claro (Martínez, 1963). Presenta ramas ascendentes que forman una copa cónica irregular; las ramillas están dispuestas en cruz y su tono es moreno oscuro, algo rojizo y más o menos hirsutas, las yemas son globosas o algo ovoides, ligeramente resinosas (Martínez, 1963). Las ramas secundarias son opuestas, frecuentemente con pelos glandulares y cicatrices de las hojas notorias (Semarnat, 2002).

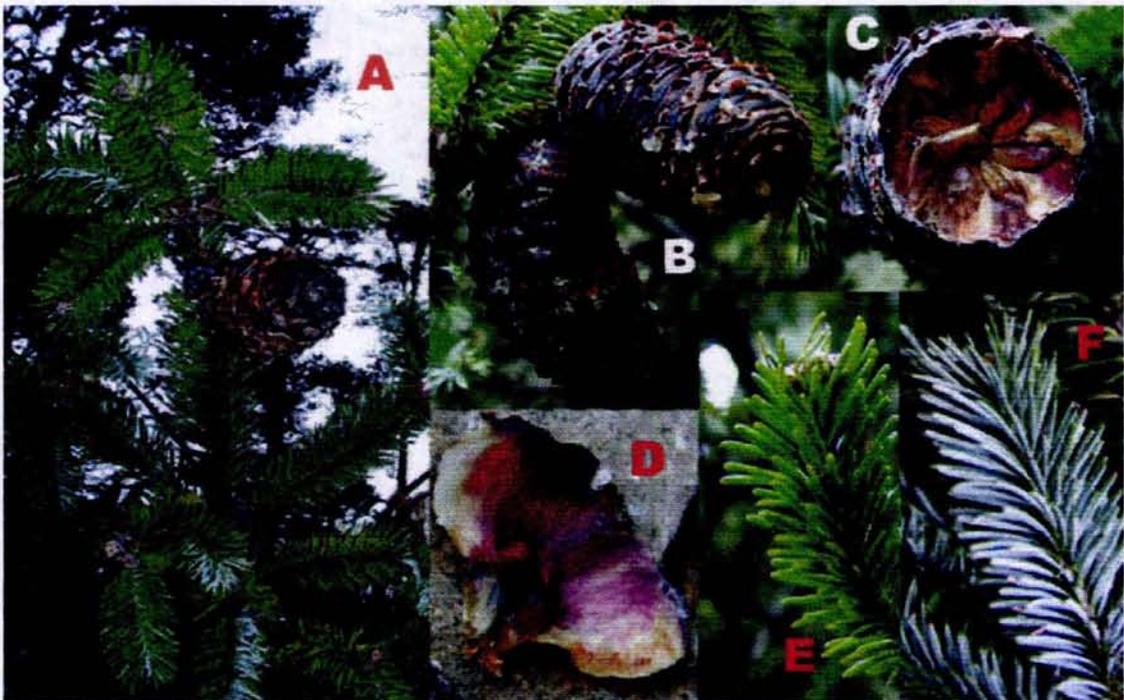


Figura 1. Estructuras vegetativas y reproductoras de *Abies hickelii*. A) ramillas, B) conos, C) semillas en el interior del cono, D) semilla con alas, E) hojas vistas por el haz F) Envés de las hojas. Fotografías corresponden a un ejemplar del bosque de Santa María Yavesía, Oaxaca tomadas por Irma Trejo en noviembre de 2002.

Presenta hojas lineares, ligeramente falcadas, con hendidura longitudinal en la cara superior; con ápice largo angostado, por lo común emarginado profundamente. La

base es torcida, por eso las hojas llegan a extenderse en un plano en forma subdística o casi dística, las hojas llegan a medir de 20 a 32 mm de largo y de 1 a 1.25 mm de ancho. Su color es verde brillante arriba y glauco abajo, carece de estomas en la cara superior y del lado inferior aparecen bandas de 7 a 9 hileras formadas de cada lado (Martínez, 1963). Las hojas tienen canales resiníferos que varían de 4 a 6 en las ramillas estériles (a veces son 8) y de 6 a 8 (por lo común 7) en las fértiles.

Los conos son cilíndricos oblongos brevemente acuminados hacia el ápice, obtusos, resinosos, subsésiles, solitarios con pedúnculo hasta de 10 mm, miden de 7 a 8 cm de largo por 3.5 a 7 cm de diámetro (Martínez, 1963).

Sus semillas son irregularmente elípticas de 6 a 7 mm de largo, con ala cuneada de color amarillo de 7 mm de largo por 6 a 7 mm de ancho con el borde externo ondulado (Martínez, 1963 y Semarnat, 2002).

2.3. Hábitat de *Abies hickelii*.

Las formaciones boscosas de *Abies hickelii* por lo general son muy densas, permitiendo que en el sotobosque se desarrollen algunos arbustos bajos, musgos y un limitado número de hierbas, así como individuos juveniles de la especie (Semarnat, 2002).

En el estado de Veracruz *A. hickelii* forma masa puras entre los 2900 y los 3300 m. s.n.m, en tanto que hacia el límite altitudinal inferior suele asociarse con *Pinus pseudostrobus*, *P. ayacahuite* y *P. patula* (Ávila, 1992). Farjon (1990) describe que también se puede asociar con árboles de las especies *Pinus montezumae*, *Cupressus lusitánica* y *Quercus* spp., así como arbustos de los géneros *Vaccinium*, *Andromeda*, *Ribes* y *Fuchsia*.

De acuerdo a estudios realizados en el Pico de Orizaba, en el bosque de *Abies hickelii* se registran 1697 mm anuales de precipitación, a diferencia de los bosques de *A.*

religiosa en los que se registran precipitaciones de alrededor de los 1250 mm anuales (Ávila, 1992). La especie se establece preferentemente en sitios con temperaturas medias que van de 8 a 12°C. (Reyes-Careaga, 2000). En el Pico de Orizaba el bosque de *A. hickelii* se presenta en pendientes a veces mayores de 70%, en exposiciones que varían de N a NE y NW a SE (Ávila, 1992 y Reyes-Careaga, 2000) y SW (Ávila, 1992).

Se desarrolla en suelos de origen volcánico (Farjon, 1990), con textura franca arenosa, con un pH ácido que varía de 4 a 6.7, con un contenido de materia orgánica de 0.29 a 21% (Ávila, 1992).

2.4. Distribución geográfica de *Abies hickelii*.

Abies hickelii es una especie endémica de México característica del sur y sureste del país (Hernández, 1985); tiene una distribución limitada a pequeñas poblaciones en los estados de Oaxaca, Veracruz (Aguirre-Planter *et al.*, 2000), Guerrero y Chiapas (Farjon, 1990).

En Veracruz se encuentra en Orizaba, la Sierra de Acultzingo, Perote y las Carabinas (Región de Xico), en Chiapas en Mezcalapa y Copainalá (Ávila, 1992). En Oaxaca se presenta en la Sierra Madre del Sur, en la Mixteca (Semarnat, 2002), en la Sierra de San Felipe, en la región del Cerro Zempoatépetl (Ávila, 1992), en la Sierra de Juárez esta reportado para los siguientes municipios: San Miguel Aloapam, San Miguel Yotao y San Juan Atepec en el Distrito de Ixtlán (Semarnat, 2002), no estaba reportado para Santa María Yavesía. Además lo encontramos en otros sitios como Santiago Yosundua del Distrito de Tlaxiaco, San Pedro Yucunama del Distrito Teposcolula y Zimatlán de Álvarez del Distrito de Zimatlán (Semarnat, 2002) (Figura 2).

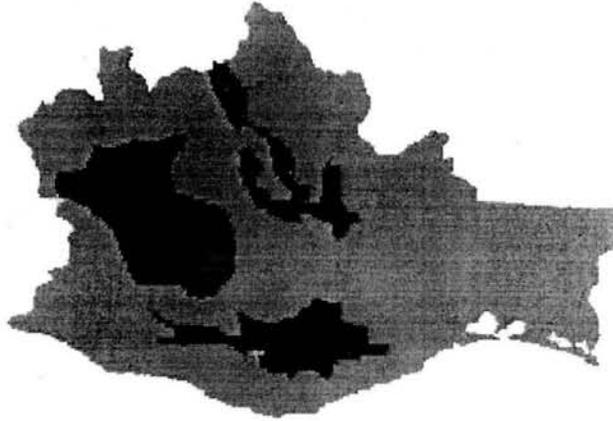


Figura 2. Distribución geográfica de *Abies hickelii* en el Estado de Oaxaca. Tomado de <http://www.semarnat.gob.mx/vida/biblio.htm#55>

2.5. Conservación de las poblaciones de *Abies hickelii*.

La extinción de las especies debido a las actividades humanas está superando por mucho la tasa natural de extinción y es mucho mayor que la tasa de evolución de especies nuevas. Esto se agudiza en especies con distribución restringida y con poblaciones pequeñas (Primack, 2001), como *A. hickelii*; es por ello que la protección de sus poblaciones es clave para la preservación de la especie.

El World Conservation Monitoring Center identifica a *A. hickelii* en su lista de especies amenazadas, se le considera en estado vulnerable debido a la tala extensiva y a la pérdida de hábitat (Semarnat, 2002). Es una especie considerada en peligro de extinción y sujeta a protección, contemplada por la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, anteriormente NOM-059-ECOL-2001 (Diario Oficial de la Federación, 2003) que dice "NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo".

Se considera en la NORMA como especie cuya "distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros" (Diario Oficial de la Federación, 2002).

Semarnat (2002) la incluye dentro del "Catálogo de Especies Vulnerables al Aprovechamiento Forestal en Bosques Templados del Estado de Oaxaca" debido a su condición de hábitat, rareza, endemismo, estatus oficial de conservación y a la opinión de expertos nacionales.

2.6. Uso de los bosques en la Sierra de Juárez.

Al igual que en la mayoría del territorio mexicano, en la Sierra de Juárez se presenta la incompatibilidad entre el desarrollo económico y la conservación de los recursos naturales. Los gobiernos han preferido utilizar los bosques para generar divisas y proveer materia prima a las industrias nacionales, dejando en segundo término la autonomía local (Bray, 1992).

Hasta mediados del siglo pasado la extracción de madera era únicamente para abastecer al sector minero; a partir de 1956, como parte de las políticas nacionales de desarrollo, se concedieron por 25 años 261,000 ha de bosques para la extracción de madera para la producción de pulpa y papel a la empresa Fábrica de Papel Tuxtepec (FAPATUX) (Bray, 1992).

Desde entonces la región fue objeto de la explotación intensa sin incluir actividades de administración forestal o de reforestación, lo que redujo a un tercio la superficie total de los bosques de la Sierra durante los 25 años que duró la concesión (Bray, 1992).

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Contribuir al conocimiento de los bosques de *Abies hickelii* del municipio de Santa María Yavesía para sustentar la iniciativa de conservación que la comunidad ha implementado.

3.2. Objetivos particulares

- a) Analizar los parámetros estructurales básicos de los bosques de *Abies hickelii* de Santa María Yavesía.
- b) Delimitar la distribución espacial del bosque de *A. hickelii* en la zona de estudio.
- c) Describir las condiciones ambientales físicas en las que se establecen los bosques de *A. hickelii*.

IV. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.1. Generalidades de la Sierra de Juárez.

La Sierra de Juárez es una de las cuatro subprovincias de la provincia fisiográfica-florística "Sierra Madre de Oaxaca"¹ (García y Torres, 1999) que se extiende a lo largo de un área con una longitud de 300 km y 75 km de ancho, con una altitud promedio de 2500 m s.n.m y con picos superiores a los 3000 m s.n.m (Ortiz, 1970; Ortega-Gutiérrez, 1985 y Bray, 1992). El relieve de la Sierra de Juárez es muy accidentado, con pendientes fuertes de más de 45° (Álvarez, 1994) y con poca interrupción de terrenos planos (Luis 1991). La geografía tan agreste y la falta de caminos mantuvo a las poblaciones humanas y sus bosques en relativo aislamiento (Ortega-Gutiérrez, 1985).

La geología de la Sierra de Juárez presenta una serie de problemas que complican su estudio; entre los que destacan la complejidad tectónica y estratigráfica. Se pueden encontrar rocas metamórficas del Paleozoico; rocas sedimentarias de origen Jurásico y Cretácico (López, 1981 y Ortega-Gutiérrez y González-Arreola 1985), algunas de las primeras probablemente de origen alóctono y rocas ígneas intrusivas y extrusivas, las primeras del Premesozoico y Cretácico y las segundas del Triásico (López, 1981).

La Sierra tiene una gran variedad de hábitats debido al complejo relieve, a las variaciones altitudinales y climáticas, así como al sustrato geológico; estas características ambientales han permitido el desarrollo de una gran variedad de comunidades vegetales (WWF y IUCN, 1997).

En cuanto a su riqueza florística se puede decir que es uno de los once centros de diversidad de plantas y endemismos de México, se encuentra dentro de la Provincia Florística Mixteca–Oaxaqueña y tiene áreas de gran riqueza florística, con alrededor de

¹ La Sierra Madre de Oaxaca o Sierra Norte de Oaxaca es una de las 10 provincias fisiográficas-florísticas del Estado de Oaxaca. Comprende cuatro subprovincias: la Sierra Mixteca, la Sierra Mazateca, la Sierra de Villa Alta y la Sierra de Juárez; los nombres hacen referencia a los rasgos culturales de los pueblos asentados en ellas (García y Torres, 1999).

2000 de las 8000 especies registradas en Oaxaca. Es el límite más norteño de muchos taxa Mesoamericanos y constituye uno de los cinco centros oaxaqueños de endemismos de leguminosas; el 18% de las especies de Rubiaceae y el 40% de las Monimiaceae que aquí ocurren son endémicas a Oaxaca (WWF y IUCN, 1997), además los bosques de *Quercus* son los más ricos del mundo en términos de diversidad de especies (Bray, 1992)

García y Torres (1999) mencionan que se han realizado numerosos levantamientos botánicos, no obstante, se desconoce la composición, distribución y relaciones ecológicas de muchas comunidades vegetales. En lo que respecta al Distrito de Ixtlán, las áreas mejor colectadas pertenecen a los municipios de Atepec, Comaltepec, Ixtlán, Macuiltianguis y Yolox; sin embargo, extensas áreas requieren aun de estudios profundos como los municipios de Capulalpan, Ixtepeji, Lachatao, Laxopa, Yanerí y Yavesía.

4.2. Sitio de estudio.

La comunidad de Santa María Yavesía es un municipio con una superficie de 9,150 ha que forma parte del Distrito de Ixtlán y se localiza en la Región Centro–Norte del Estado de Oaxaca (Ramírez *et al.*, 2001). Se localiza entre las coordenadas 17°08'30"-17°15'45"N y 96°21'15"-96°27'45"W. Colinda con los siguientes municipios: al norte con Santiago Xiacui, al este con Santiago Laxopa, al oeste con San Miguel Amatlán y al sur con Villa Díaz Ordaz, este último pertenece al Distrito de Tlacolula (Figura 3).

4.2.1. Relieve

Comprende un área con un rango altitudinal que va de los 1900 a los 3280 m s.n.m, con tres cañadas principales y una gran cantidad de cañadas menores, las cuales convergen en la cañada del Río Yavesía con dirección noroeste. En el sitio predominan las pendientes de 16° a 35°. Los parajes conocidos como las dos piedras y la puerta son las cimas más altas que se presentan en Yavesía, con altitudes de 3280 y 3020 m s.n.m. respectivamente.

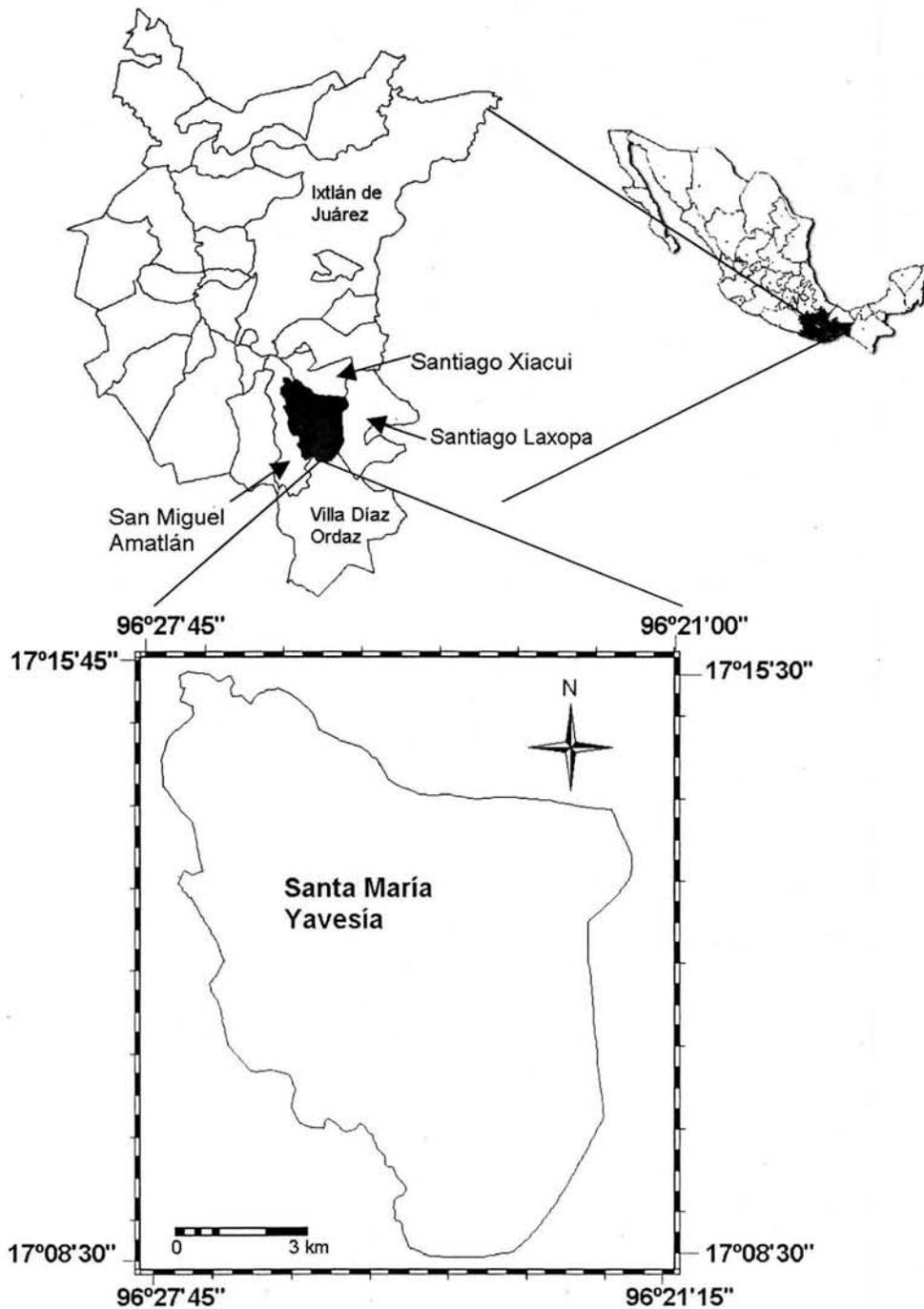


Figura 3. Localización geográfica de Santa María Yavesía. A) Límites del Distrito de Ixtlán excepto el Municipio de Villa Díaz Ordaz el cual corresponde al Distrito de Tlacolula, se presenta aquí para una mejor referencia de Yavesía.

4.2.2. Geología

En Yavesía se presentan dos tipos de roca de acuerdo con su origen. En la parte alta se presenta un sustrato litológico de origen ígneo extrusivo de Andesita porfídica de color gris oscuro que intemperiza en colores verde oscuro y café; son rocas del Oligoceno superior–Mioceno inferior. Hacia la parte baja, donde se asienta el pueblo, se presentan rocas sedimentarias marinas del Cretácico inferior constituidas por estratos de calizas de color gris verdoso y oscuro, acomodadas en estratos delgados y medianos con impresiones de gasterópodos, intercaladas con lutitas calcáreas en capas medianas de colores gris verdoso (SPP, 1984).

4.2.3. Hidrología

En las zonas altas de la región, las rocas, debido a su fracturamiento y a su permeabilidad secundaria, funcionan como zonas de recarga de agua (Ramírez *et al.*, 2001); es una zona de nacimiento de numerosos manantiales. Los principales ríos de la localidad, el Guacamayas y el Río Socorro, que confluyen en el Río Yavesía, son alimentados por un gran número de escurrimientos perennes y temporales (INEGI, 1999); estos ríos son considerados los brazos más largos del Río Papaloapan. La parte más alta de Yavesía conforma el parteaguas de la Cuenca del Río Papaloapan, de tal manera que los escurrimientos que aquí se originan vierten su contenido hacia dos direcciones, hacia el valle de Oaxaca (Ríos Norato y Cajonos) y hacia el Golfo de México (Ríos Socorro, Guacamayas y Yavesía). El agua se utiliza para el riego de parcelas y de los manantiales del Río Yavesía se toma el agua para embotellar y comercializar (Ramírez *et al.*, 2001).

4.2.4. Clima

En la zona no existe ninguna estación meteorológica, por lo que se tomó como referencia la estación de Cuajimoloyas, que se localiza en un área cercana y con condiciones similares. La información corresponde a un período a treinta años y se obtuvo a partir de la base de datos del Sistema de Información Climatológica (SIC_PC) del Instituto Mexicano para la Tecnología del Agua (IMTA).

De acuerdo al sistema de clasificación de Köppen modificado por García (1988) en la zona se presenta un clima tipo $Cb'(w1)(w)igw'$, es decir, semifrío con verano fresco largo, subhúmedo con régimen de lluvias de verano. La temperatura media anual es de 9.8°C y la precipitación anual acumulada de 1048.7. La mayor concentración de lluvia se presenta de junio a septiembre (Figura 4).

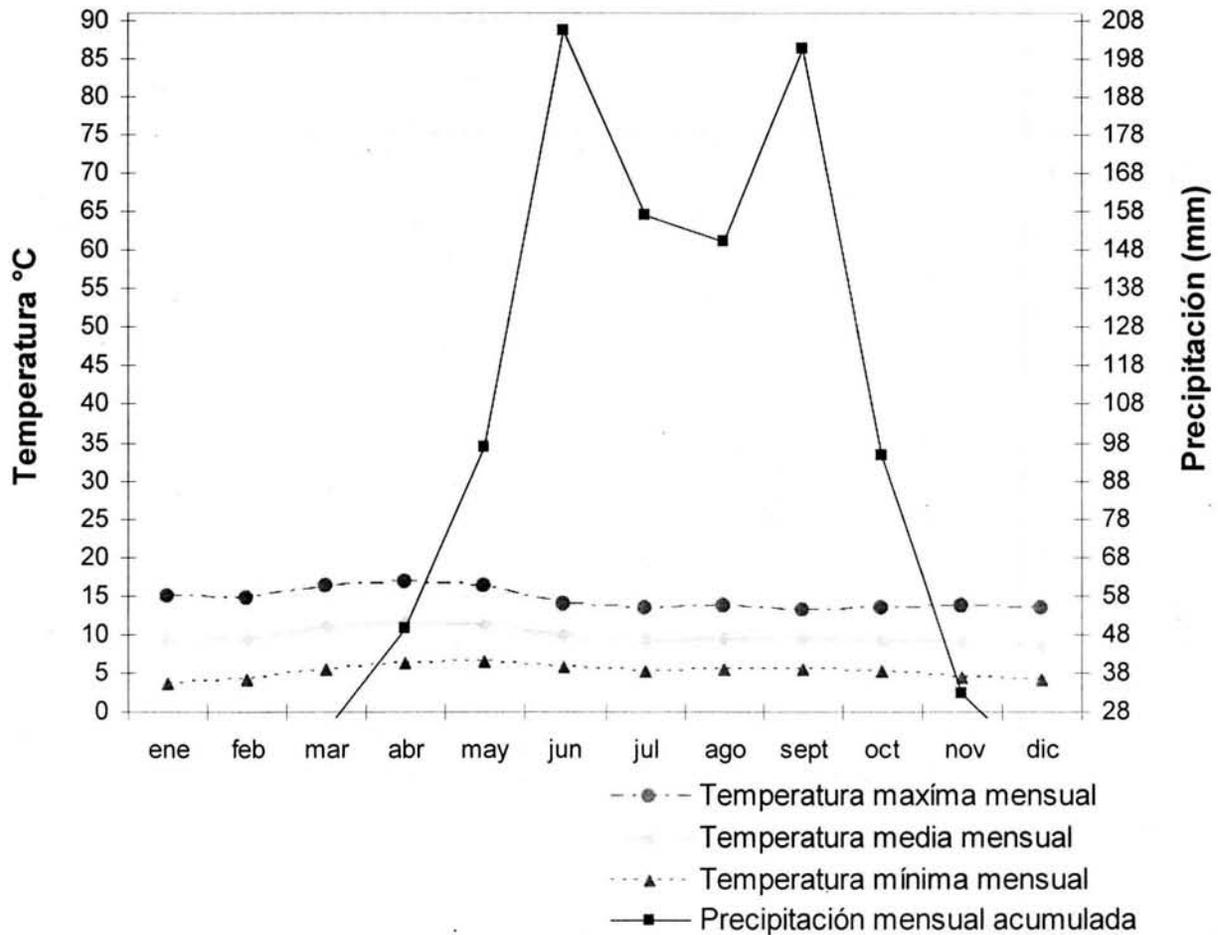


Figura 4. Diagrama ombrotérmico de la estación Cuajimoloyas, Oaxaca. Datos de 1954 a 1984, tomados a partir del Sistema de Información Climatológica (SIC_PC), IMTA.

4.2.5. Vegetación

Debido al relieve tan accidentado de Yavesía se presenta una gradiente altitudinal que permite que se establezcan diferentes formaciones vegetales en un área de 9150 ha. En la parte más alta se presentan bosques de *Pinus hartwegii*, de *P. ayacahuite* y de *Abies hickelii*.

Hacia la parte media y baja se puede encontrar bosques de *Pinus patula*, bosques mixtos de *Pinus-Quercus*, de *Quercus-Pinus* y bosques de *Quercus*. En estos bosques ocurren especies de encino como *Quercus acutifolia*, *Q. affinis*, *Q. aff. candicans*, *Q. aff. greggi*, *Q. castanea*, *Q. crassifolia*, *Q. glabrescens*, *Q. laeta*, *Q. laurina*, *Q. obtusata*, *Q. ocoteaefolia*, y *Q. rugosa*; y de pino como *Pinus oaxacana* y *P. lawsonii*, *P. montezumae*, *P. pringlei*, *P. leiophylla*, *P. aff. herrerae* y *P. maximinoi* (Benítez, com. pers.).

Además se presentan afloramientos de vegetación azonal, determinados por el sustrato litológico, en donde ocurren los géneros *Agave*, *Hecktia*, *Echeverria*, *Mammillaria*, *Sedum*, entre otros.

Algunas áreas donde había bosque de *Quercus* y bosque mixto han sido convertidas a huertos en los que se cultiva principalmente nuez, además de naranja, níspero, manzana, pera, mandarina y limón. También hay apertura del bosque para terrenos agrícolas principalmente para el cultivo de maíz.

En los bosques de Yavesía esta prohibida la extracción de madera a partir de árboles en pie, solo se permite con previa autorización de las autoridades comunales la extracción de árboles muertos o derribados por causas naturales. Se extrae leña como combustible para el uso doméstico.

V. METODOS

5.1. Método de muestreo.

Se empleo el método del transecto de 0.1 hectárea diseñado por Alwyn Gentry para sus estudios de bosques tropicales, el cual es rápido y fácil de aplicar. Con pocos días en el campo se pueden generar datos comparables sobre la diversidad alfa, la composición taxonómica, familias géneros y especies que domina en un sitio, además de la densidad y área basal de la cubierta forestal. Otros métodos de muestreo son más apropiados para entender con detalle los procesos ecológicos, sin embargo, la metodología de 0.1 ha es idealmente buena para entender a gran escala los patrones globales de la estructura, diversidad y composición del bosque por la rápida acumulación de datos comparables con otros sitios (Phillips y Miller, 2002).

Cada unidad de muestra de 0.1 ha representa la suma de 10 subunidades de muestra de 2 x 50 m que están definidas por una línea de 50 m de largo. Todas las plantas enraizadas a menos de un 1 m a ambos lados de la línea del transecto son registradas; cuando hay individuos con el tallo ubicado en el límite del área, son incluidos sólo si la distancia perpendicular de la línea al punto medio de la base de la planta es ≤ 1 m. El muestreo incluye árboles, arbustos grandes, lianas hemiepifitas, y ocasionalmente hierbas gruesas.

El método original considera solamente a los individuos con diámetro a la altura del pecho (1.30 m de altura) ≥ 2.5 cm o bien un perímetro a la altura del pecho (p.a.p) ≥ 7.85 cm, sin embargo, Trejo (2002) en su estudio de las Selvas Bajas Caducifolias de México realizó una modificación e incluye a los individuos con d.a.p ≥ 1 cm con el fin de representar con mayor detalle la estructura y composición de la vegetación. En el caso de los individuos que tienen más de un eje de crecimiento, todos los tallos con d.a.p ≥ 1 cm o un p.a.p ≥ 3.5 cm son medidos.

Con este tipo de muestreo es fácil evaluar las variables caminando en línea recta sin necesidad de desplazarse hacia los lados e incluso es posible tomar medidas desde fuera de la unidad, lo cual es importante cuando hay que mantener intactas las condiciones dentro de la unidad (Matteucci y Colma, 1982).

5.2. Sitios de muestreo.

Como primer paso se llevó a cabo un recorrido por el área junto con informantes de la comunidad de Yavesía, con el objetivo de ubicar los lugares en donde se establece el bosque de *Abies hickelii*.

Para la selección de los sitios de muestreo se tomó en cuenta la presencia de masas puras de *A. hickelii* y la extensión de los rodales. Se seleccionaron tres sitios representativos de las características estructurales, composición y condiciones ambientales en las que se establecen estos bosques. El sitio 1 se ubicó entre los parajes conocidos como “Las dos piedras” y “La puerta”, el sitio 2 fue establecido al sur de “Las dos piedras” y el sitio 3 al norte del mismo paraje. Cada sitio se ubicó geográficamente a través de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) (Figura 5).

En cada sitio se establecieron al azar 10 transectos para acumular un área de 0.1 ha. Algunos transectos se trazaron siguiendo la curva de nivel y otros transversales a ésta.

Para obtener los diámetros se utilizaron cintas métricas y cintas de costurero; se midieron los individuos con un p.a.p ≥ 3.5 cm; a los individuos con más de un eje de crecimiento cada uno de sus tallos fueron medidos. Posteriormente en gabinete las medidas de perímetros fueron convertidas a diámetros. Las alturas fueron estimadas.

De las variables físicas se determinó la orientación de la ladera y se midió la pendiente, así como la orientación e inclinación de cada transecto y la altitud.

Fueron colectados ejemplares botánicos de las morfoespecies medidas para determinarlos e ingresarlos a la colección del Herbario Nacional (MEXU).

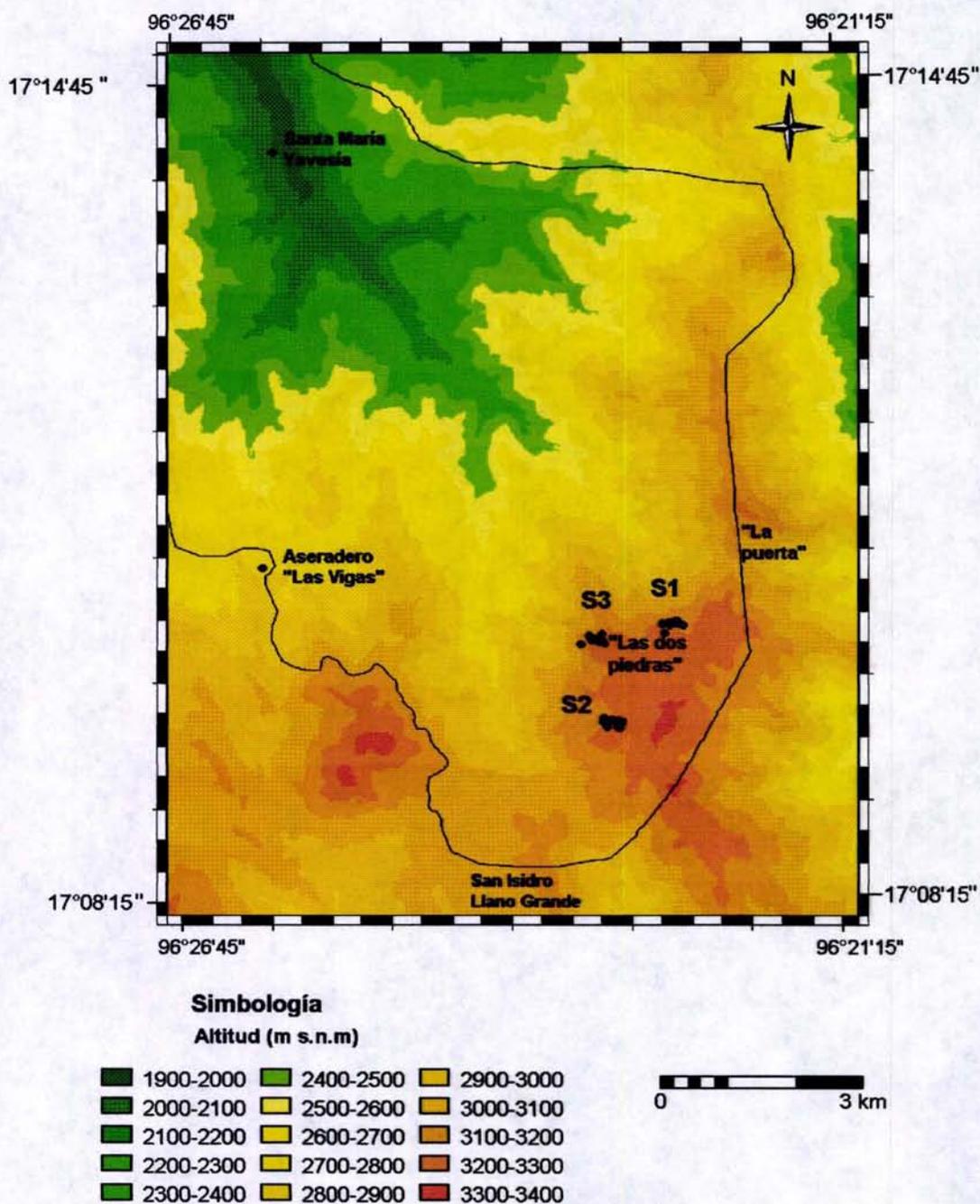


Figura 5. Sitios de muestreo. La línea negra es el límite territorial aproximado de la comunidad de Yavesía. S1= Sitio 1, S2= Sitio2 y S3= Sitio 3.

Adicionalmente se registro el número y altura de las plántulas de *Abies hickelii* que se encontraron dentro de los transectos, para analizar el estado de regeneración del bosque, sin incluirlos en el análisis de la estructura.

5.3. Análisis de los parámetros estructurales.

Con los datos tomados se procedió al análisis descriptivo de la densidad, frecuencia, área basal, estructura vertical y estructura diamétrica para definir la estructura espacial y cuantitativa del bosque de *Abies hickelii*.

La densidad (individuos/ 0.1ha⁻¹) se obtuvo de la división del número total de individuos por especie por transecto entre el número total de transectos observados. La frecuencia se define como la probabilidad de encontrar un atributo (por ejemplo una especie) en una unidad muestral y se mide en porcentaje, este porcentaje se refiere a la proporción de veces que se mide el atributo en las unidades muestrales en relación a la cantidad total de unidades muestrales (Mostacedo y Fredericksen, 2000); es una medida de la amplitud de distribución de una especie en el espacio. El área basal es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco de un árbol a una determinada altura del suelo (Matteucci y Colma, 1982); es una medida del espacio horizontal ocupado y puede ser considerada para estimar el volumen de especies arbóreas o arbustivas (Mostacedo y Fredericksen, 2000) o como indicadora de la cobertura, dominancia o abundancia de una especie en un sitio. En árboles, este parámetro se mide obteniendo el diámetro o el perímetro a la altura del pecho (a una altura de 1.3 m). El área basal total para individuos con más de un eje de crecimiento se saca a partir de la suma del área basal de cada tallo. El área basal fue considerada como m² ocupados por especie por unidad de área (Cuadro 1).

La aportación de cada especie a la estructura del bosque, se determinó a partir del Índice de importancia de Cottam, el cual se obtiene a partir del área basal, densidad y frecuencia (Matteucci y Colma, 1982). Para obtener el Valor de Importancia (V.I.), es

necesario transformar los datos de área basal, densidad y frecuencia en valores relativos. La suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100. Por lo tanto, la suma total de los valores del V.I. es igual a 300. Sin embargo, fue ajustado a 100% al dividir el V.I. de cada especie entre el número de parámetros.

Para la *estructura vertical* los individuos medidos se clasificaron con base en cinco clases de alturas (ver figura 10). Para determinar la *estructura diamétrica* los individuos se agruparon en 11 clases (Figura 11); en el caso de los individuos con más de un eje de crecimiento el diámetro total se obtuvo a partir de la conversión del área basal total.

Cuadro 1. Formulas para obtener los parámetros estructurales (Cruz, 197_; Matteucci y Colma, 1982 y Mostacedo y Fredericksen, 2000).

$$\text{Frecuencia (F)} = \frac{\text{Número de transectos donde aparece la especie}}{\text{Número total de transectos}} \times 100$$

$$\text{Densidad (D)} = \frac{\text{Número total de individuos de una especie por transecto}}{\text{Número total de transectos muestreados}}$$

$$\text{Área Basal} = \frac{\pi D^2}{4} = \pi r^2$$

Donde:

D = diámetro a la altura del pecho de cada individuos de cada especie

$$\text{Área Basal Absoluta (AB)} = \sum \text{ del área basal de los individuos de una especie}$$

$$\text{Frecuencia Relativa (FR)} = \frac{\text{Frecuencia de una especie}}{\sum \text{ de las frecuencias de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Densidad Relativa (DR)} = \frac{\text{número de individuos de una especie}}{\sum \text{ de los individuos de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Área Basal Relativa (ABR)} = \frac{\text{área basal de una especie}}{\sum \text{ del área basal de todas las especie}} \times 100$$

$$\text{Índice de Importancia} = \text{FR} + \text{DR} + \text{ABR}$$

5.4. Índice de diversidad.

Los índices de diversidad son aquellos que describen lo diverso que puede ser un determinado lugar, considerando el número de especies (riqueza) y el número de individuos de cada especie. Para este trabajo se empleó el Índice de Shannon-Wiener, el cual es uno de los índices más utilizados para determinar la diversidad alfa de un determinado hábitat (Mostacedo y Fredericksen, 2000), es un método basado en la estructura de la comunidad, es decir, en la distribución proporcional de la abundancia (Magurran, 1988). Este índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum(P_i \ln P_i)$$

Donde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

P_i = Abundancia relativa

\ln = Logaritmo natural

5.5. Índice de similitud.

Se realizó un análisis de similitud para determinar las diferencias florísticas entre los tres sitios. Los coeficientes de similitud han sido muy utilizados, especialmente para comparar comunidades con atributos similares (diversidad Beta). Pueden ser calculados en base a datos cualitativos (presencia/ausencia) o datos cuantitativos (abundancia). En índice utilizado fue el de Sørensen, este índice es el más utilizado para el análisis de comunidades y permite comparar dos o más comunidades mediante la presencia/ausencia de especies en cada una de ellas. Los datos utilizados en este índice son de tipo cualitativos (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

$$IS = (2C/A+B)*100$$

Donde:

IS = Índice de Sørensen

A = número de especies encontradas en la comunidad A

B = número de especies encontradas en la comunidad B

C = número de especies comunes en ambas localidades

5.6. Mapeo del bosque de *Abies hickelii*.

Se utilizó una ortofoto escala 1:20,000 de 1995 de INEGI con una resolución espacial de 2 x 2 m manejada en el programa de Sistemas de Información Geográfica (SIG) ILWIS 3.0 (Integrated Land and Water Management Information System). La delimitación y obtención del mapa de distribución del bosque de *A. hickelii* se llevó a cabo a partir de los sitios donde se realizó el muestreo, interpretando visualmente la ortofoto mediante la diferenciación de tonos de grises y texturas. Posteriormente se realizaron recorridos de campo para su verificación. La ortofoto cubre aproximadamente el 90% del territorio de Yavesía, el 10% restante comprende la parte baja del municipio por lo que no hubo subestimación en la cuantificación de la extensión del bosque.

5.7. Caracterización de las condiciones ambientales.

Para efectuar la caracterización de las condiciones ambientales (altitud, pendiente y orientación de laderas) en las que se establece el bosque de *Abies hickelii* fue necesario elaborar un mapa vectorial correspondientes a la zona de estudio a partir de la digitización de las curvas de nivel de la carta Topográfica Tlalixtac de Cabrera, E14D48 esc. 1:50,000.

Derivado del mapa vectorial se obtuvo un Modelo Digital de Terreno (MDT) del cual se produjeron tres mapas: altimétrico, de pendientes y de orientación de laderas con una resolución espacial de 20 x 20 m. El mapa altimétrico fue dividido en 15 clases en intervalos de 100 m; los mapas de pendientes y de laderas fueron clasificados considerando las clases que se presentan en las tablas 1 y 2.

Posteriormente a través del proceso de álgebra de mapas se procedió a sobreponer capas de información y realizar el cruce de mapas. El mapa del bosque de *A. hickelii* fue cruzado por separado con el mapa altimétrico, con el de pendientes y con el de orientación de laderas, esto permitió obtener los datos estadísticos que permitieron

cuantificar la extensión de bosque que se establece a diferente altitud y en las diferentes clases de pendiente y orientación, como una manera de determinar las preferencias de desarrollo del bosque de *A. hickelii*.

Tabla 1. Clases de pendientes en grados

0 – 1
1 – 3
3 – 6
6 – 10
10 – 16
16 – 25
25 – 35
35 – 55
55 – 90

Tabla 2. Clasificación de las laderas

Norte	337.5 – 22.5
Noreste	22.5 – 67.5
Este	67.5 – 112.5
Sureste	112.5 – 157.5
Sur	157.5 – 202.5
Suroeste	202.5 – 247.5
Oeste	247.5 – 292.5
Noroeste	292.5 – 337.5

Finalmente, una vez obtenidas las preferencias del bosque para cada parámetro se procedió a sobreponer las tres capas de información (mapas altimétrico, de pendientes y de orientación de laderas) para ubicar los sitios que reúnen dichas condiciones de pendiente, altitud y orientación de ladera, para así determinar el área potencial de establecimiento del bosque de *A. hickelii* en la localidad. Como resultado se obtuvo un mapa con una resolución espacial de 20 x 20 m.

VI. RESULTADOS

El muestreo se realizó en un gradiente altitudinal que va de los 3118 a los 3222 m s.n.m., en los sitios predominan las pendientes que van de 9 a 35°. Las laderas presentan orientaciones noreste, noroeste y suroeste (Tabla 3).

Tabla 3. Datos generales de los sitios de muestreo.

Sitio	Coordenadas	Altitud (m s.n.m.)	Orientación de ladera	Pendiente en grados	Fecha de muestreo
1	17°10'25" 96°22'38"	3160 - 3210	NE, NW	10 - 25	23/03/02
2	17°09'39" 96°23'08"	3150 - 3190	NE, NW	09 - 35	24/03/02
3	17°10'18" 96°23'16"	3118 - 3222	NW, SW	25 - 35	14/04/02

Tabla 4. Datos florísticos de los sitios de muestreo.

	Árboles/ arbustos	Lianas/ Hemiepifitas	Total
Sitio 1			
Número de especies	9	0	9
Número de individuos	195	0	195
Número de familias	7	0	7
Área basal (m ² 0.1ha ⁻¹)	12.18	0	12.18
Sitio 2			
Número de especies	9	1	10
Número de individuos	319	1	320
Número de familias	5	1	6
Área basal (m ² 0.1ha ⁻¹)	11.01	1*10 ⁻⁴	11.01
Sitio 3			
Número de especies	9	0	9
Número de individuos	193	0	193
Número de familias	5	0	5
Área basal (m ² 0.1ha ⁻¹)	10.91	0	10.91

En total se encontraron 14 especies pertenecientes a 13 géneros y 9 familias que se enlistan en la tabla 5.

Tabla 5. Lista de especies encontrada en los tres sitios.

Pinaceae

Abies hickelii Flous & Gaussen
Pinus ayacahuite Ehrenb. ex Schtdl.
Pinus hartwegii Lindl.

Caprifoliaceae

Lonicera mexicana (Kunth) Rehder

Compositae

Roldana sartorii (Sch. Bip. ex Hemsl.) H. Rob. & Brettell
Ageratina pazcuarensis (Kunth) R.M. King & H. Rob.
Telanthophora andrieuxii (DC.) H. Rob. & Brettell

Ericaceae

Arbutus xalapensis Kunth
Comarostaphylis discolor (Hook.) Diggs

Solanaceae

Cestrum anagyris Dunal

Lauraceae

Litsea neesiana (Schauer) Hemsl.

Saxifragaceae

Ribes rugosum Coville & Rose

Salicaceae

Salix paradoxa Kunth

Valerianaceae

Valeriana clematitis Kunth

6.1. Densidad.

Considerando a todos los individuos de todas las especies, solo dos sitios presentaron densidades similares. El sitio 1 presentó una densidad de 195 ind 0.1ha⁻¹, mientras que en el sitio 3 fue de 190; el valor máximo de densidad lo tuvo el sitio 2 con 320 individuos (Tabla 4).

Abies hickelii, presentó el mismo patrón, ya que el sitio con mayor densidad fue el 2, con 247 ind 0.1ha⁻¹. Los sitios 1 y 3 presentaron densidades de 142 y 126 ind 0.1ha⁻¹ respectivamente (Tabla 7). Como se puede observar en la figura 6, *A. hickelii* presentó

los valores más altos respecto a todas las especies en los tres sitios; el resto de las especies presentaron densidades muy bajas, del orden de 6 ind 0.1ha⁻¹. *Roldana sartorii* también tuvo densidades altas en los tres sitios, lo que la hace la especie más abundante del sotobosque. *Pinus ayacahuite* y *P. hartwegii* estuvieron mejor representados en el sitio 3 (Figura 6).

Tomando como base los valores de densidad relativa (DR), en el sitio 1 *Abies hickelii* presentó un valor de 73% seguida de *Roldana sartorii* con el 20%, el resto de las especies para este sitio presentaron valores $\leq 2\%$. En el sitio 2 *Abies hickelii* presentó una DR mayor (78%) respecto al sitio 1 y *Roldana sartorii* presentó una DR menor (17%); el resto de las especies presentaron valores $\leq 2\%$. El sitio 3 presentó los valores más bajos registrados para *Abies hickelii* con el 65%; *Roldana sartorii* presentó una DR (16%) muy similar que en el sitio 2. En este sitio *Pinus ayacahuite* estuvo mejor representado con un valor de 9%, seguido de *P. hartwegii* (5%) y *Ageratina pazcuarensis* (3%) (Tabla 7).

6.2. Frecuencia.

En el sitio 1, dos especies presentan frecuencia alta: *Abies hickelii* y *Roldana sartorii* con 31% cada una; la tercera especie más frecuente fue *Litsea neesiana* con 9%, el resto de las especies presentaron frecuencias $\leq 6\%$ (Figura 7). De las 14 especies muestreadas, 5 no fueron registradas en este sitio.

En el sitio 2 *Abies hickelii* presentó la misma frecuencia que en el sitio 1, *Roldana sartorii* presentó una frecuencia de 28%. La tercera especie más frecuente fue *Pinus ayacahuite* (9%). El resto de las especies presentaron frecuencias $\leq 6\%$ (Figura 7).

En el caso del sitio 3 hay tres especies que presentan una frecuencia relativa alta, *Abies hickelii* (29%), *Pinus ayacahuite* (24%) y *Roldana sartorii* (21%). En este sitio *R. sartorii* presentó la menor frecuencia (Figura 7). El resto de las especies presentaron frecuencias $\leq 6\%$ (Figura 7).

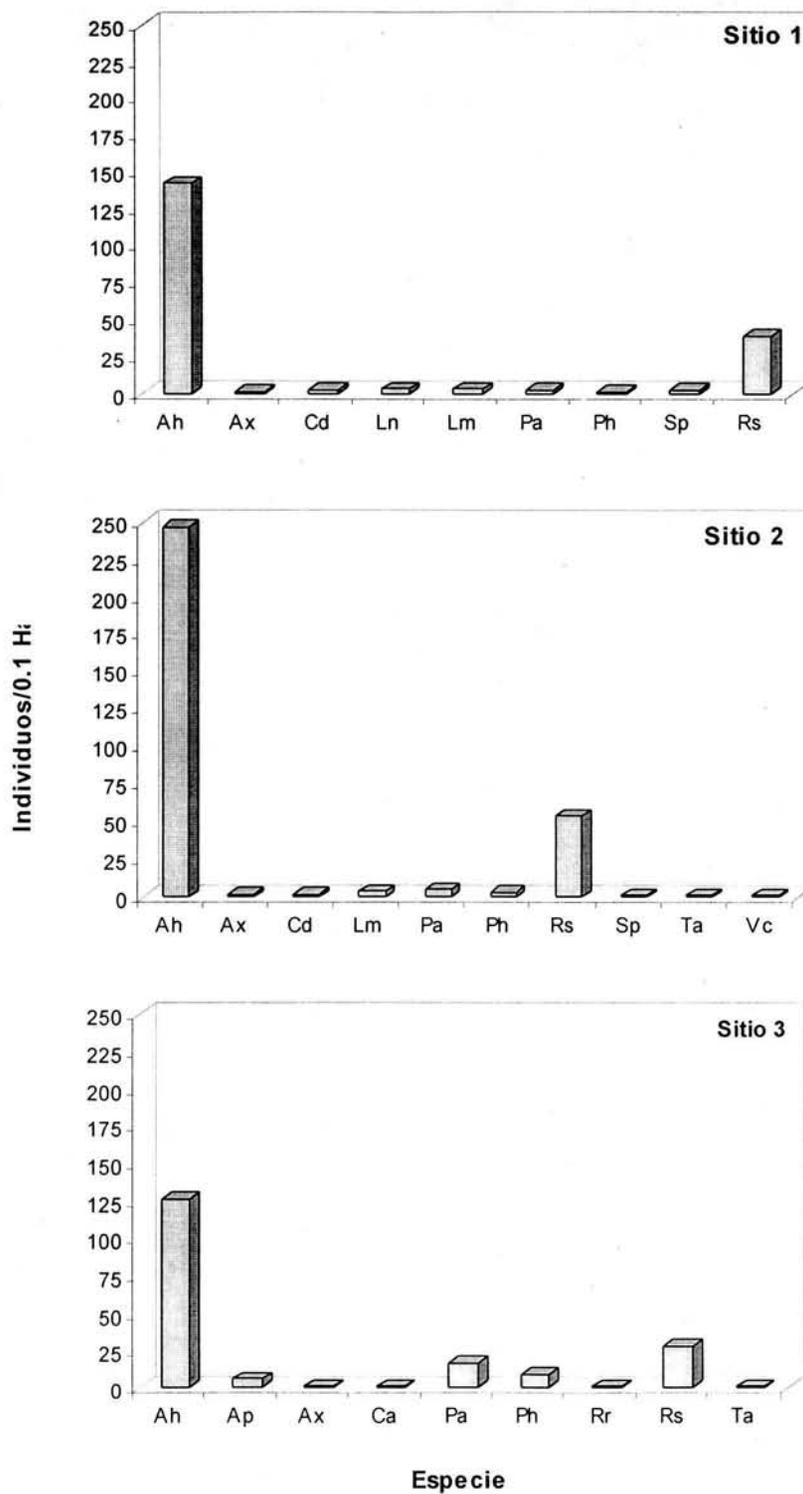


Figura 6. Densidad en 0.1 hectáreas de las especies registradas en los tres sitios. Ah = *Abies hickelii*, Ax = *Arbutus xalapensis*, Ca = *Cestrum anagyris*, Cd = *Comarostaphylis discolor*, Ln = *Litsea neesiana*, Lm = *Lonicera mexicana*, Pa = *Pinus ayacahuite*, Ph = *Pinus hartwegii*, Sp = *Salix paradoxa*, Rs = *Roldana sartorii*, Ta = *Telanthophora andrieuxii*, Vc = *Valeriana clematidis*, Ag = *Ageratina pazcuarensis* y Rr= *Ribes rugosum*.

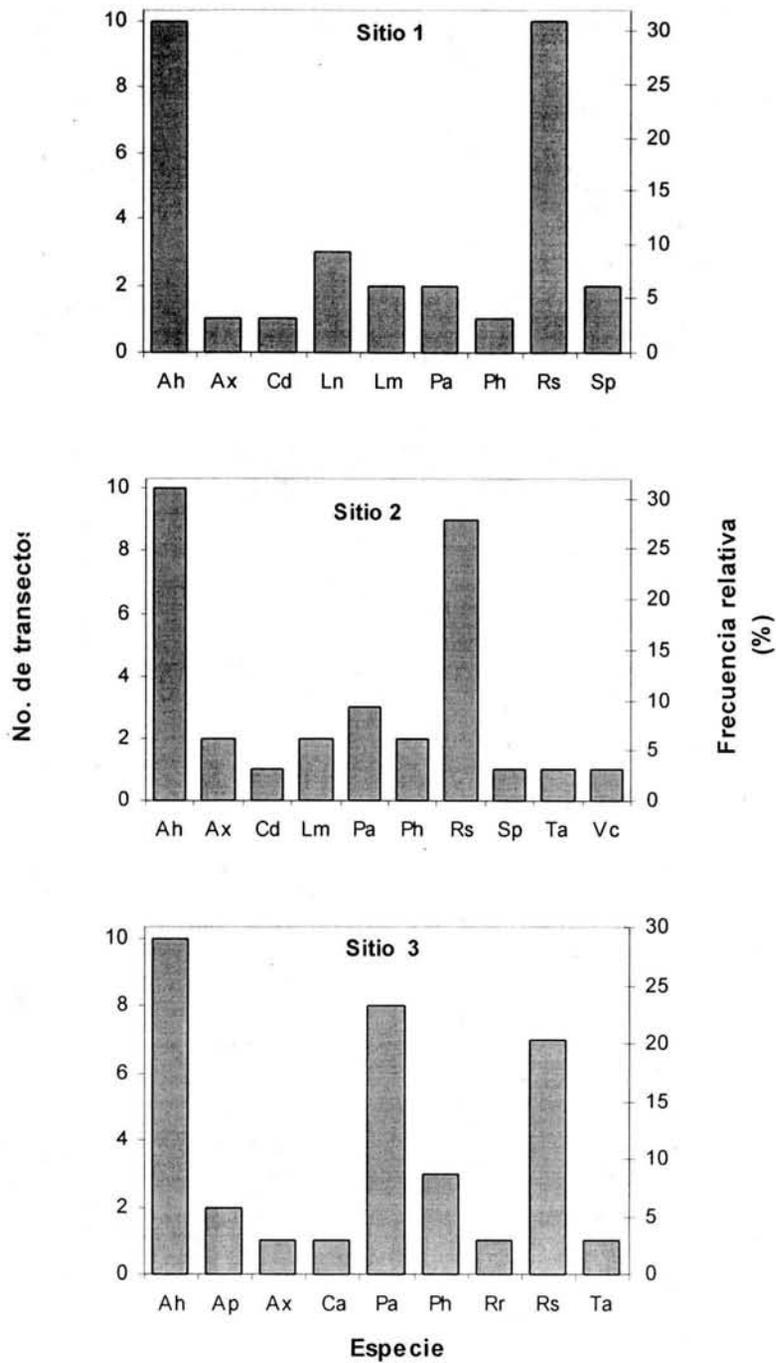


Figura 7. Frecuencia de las especies muestreadas en los tres sitios. En el eje Y1 se presenta el número de transectos en que fueron encontradas las especies, en tanto que en el eje Y2 se presentan los valores de frecuencia relativa. Ah = *Abies hickelii*, Ax = *Arbutus xalapensis*, Ca = *Cestrum anagyris*, Cd = *Comarostaphylis discolor*, Ln = *Litsea neesiana*, Lm = *Lonicera mexicana*, Pa = *Pinus ayacahuite*, Ph = *Pinus hartwegii*, Rs = *Roldana sartorii*, Sp = *Salix paradoxa*, Ta = *Telanthophora andrieuxii*, Vc = *Valeriana clematidis*, Ap = *Ageratina pazcuarensis* y R = *Ribes rugosum*.

6.3. Área basal.

El área basal total por sitio fluctuó entre 10.9 (sitio 3) y 12.2 m² 0.1 ha⁻¹ (sitio 1). El sitio 2, que presentó mayor densidad de individuos de *Abies hickelii* y de todas las especies, tuvo un valor intermedio de área basal (11.01 m² 0.1 ha⁻¹) (Tabla 6).

La especie que más contribuyó al área basal total de cada sitio fue *A. hickelii*; los valores para esta especie fueron de 6.4 m² 0.1 ha⁻¹ en el sitio 3 a 9.9 m² 0.1 ha⁻¹ en el sitio 1. Le siguieron en relevancia el resto de las especies arbóreas, en el sitio 1, *Pinus ayacahuite* con 0.7, *Arbutus xalapensis* con 0.5, *Litsea neesiana* 0.4, *Salix paradoxa* 0.3 y *Pinus hartwegii* 0.2 m² 0.1 ha⁻¹; en el sitio 2 fueron *Arbutus xalapensis* y *Pinus hartwegii* con 0.5 m² 0.1 ha⁻¹ cada una; y para el sitio 3 fueron *Pinus ayacahuite* y *Pinus hartwegii* con 2.2 m² 0.1 ha⁻¹ cada una (Figura 8). Las especies que menos contribuyeron al área basal fueron las arbustivas.

Tabla 6. Área basal por especie registrada en cada sitio de muestreo.

Especie	SITIO 1		SITIO 2		SITIO 3	
	Área basal (m ² 0.1 ha ⁻¹)	Área basal (%)	Área basal (m ² 0.1 ha ⁻¹)	Área Basal (%)	Área basal (m ² 0.1 ha ⁻¹)	Área Basal (%)
<i>Abies hickelii</i>	9,9	81,4	9,8	89	6,4	59
<i>Cestrum anagyris</i>	-	-	-	-	2*10 ⁻³	0,02
<i>Telanthophora andrieuxii</i>	-	-	1*10 ⁻⁴	1*10 ⁻³	2*10 ⁻⁴	1*10 ⁻³
<i>Arbutus xalapensis</i>	0,5	3,8	0,5	4,6	0,02	0,2
<i>Comarostaphylis discolor</i>	0,1	0,9	0,01	0,1	-	-
<i>Ageratina pazcuarensis</i>	-	-	-	-	4*10 ⁻³	0,04
<i>Ribes rugosum</i>	-	-	-	-	1*10 ⁻⁴	1*10 ⁻³
<i>Litsea neesiana</i>	0,4	3,0	-	-	-	-
<i>Lonicera mexicana</i>	0.01	0,1	9*10 ⁻³	0,1	-	-
<i>Pinus ayacahuite</i>	0,7	5,5	0,1	1,0	2,2	20,5
<i>Pinus hartwegii</i>	0,2	2,0	0,5	4,6	2,2	20,3
<i>Salix paradoxa</i>	0,3	2,5	0,03	0,2	-	-
<i>Roldana sartorii</i>	0,1	0,8	0,03	0,3	0,02	0,2
<i>Valeriana clematitis</i>	-	-	2*10 ⁻⁴	2*10 ⁻³	-	-
TOTAL	12,2	100%	11,0	100%	10,9	100%

No obstante que el valor más alto de área basal para todas las especies y para *Abies hickelii* se presentó en el sitio 1, los valores relativos muestran que la contribución de área basal de *A. hickelii* por sitio fue mayor en el sitio 2 con un 89%, el sitio 1 presenta 81.4% y 59% el sitio 3 (Tabla 6).

La menor contribución al área basal relativa de *A. hickelii* en el sitio 3 se debe al aporte de *Pinus ayacahuite* (20.5%) y *P. hartwegii* (20.3%) al área basal del sitio.

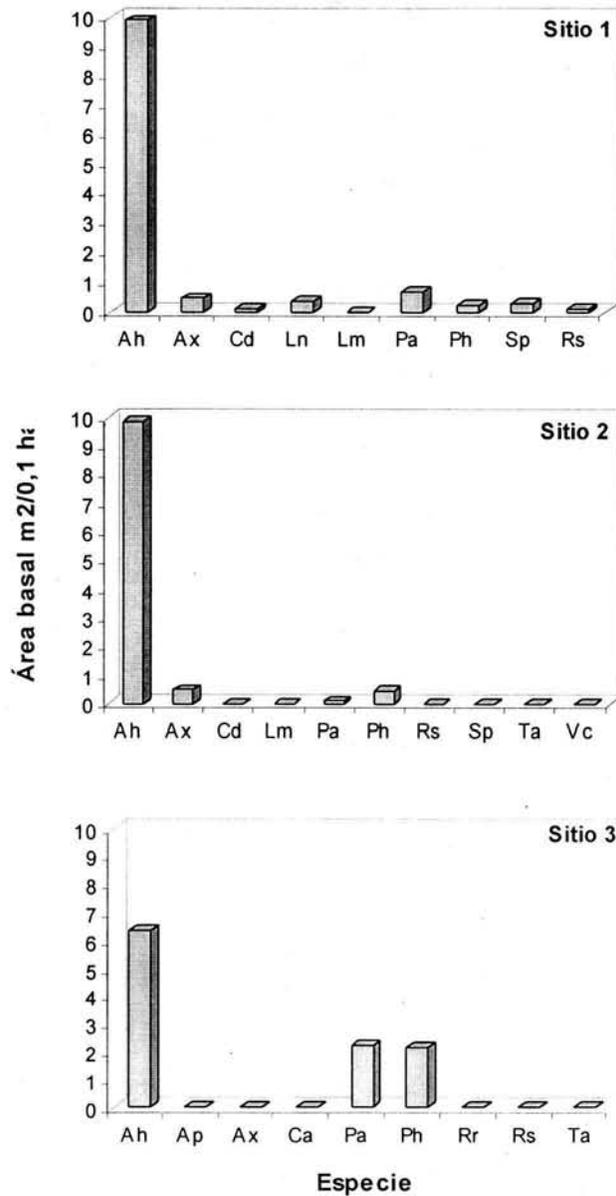


Figura 8. Área basal (m² 0.1ha⁻¹) por especie en los tres sitios. Ah = *Abies hickelii*, Ax = *Arbutus xalapensis*, Ca = *Cestrum anagyris*, Cd = *Comarostaphylis discolor*, Ln = *Litsea neesiana*, Lm = *Lonicera mexicana*, Pa = *Pinus ayacahuite*, Ph = *Pinus hartwegii*, Sp = *Salix paradoxa*, Rs = *Roldana sartorii*, Ta = *Telanthophora andrieuxii*, Vc = *Valeriana clematitis*, Ag = *Ageratina pazcuarensis* y Rr = *Ribes rugosum*.

6.4. Valor de Importancia.

Como se comentó antes, la densidad, área basal y frecuencia son variables relacionadas con la importancia que tiene cada especie en la composición total del sitio, así como su control del espacio y estado demográfico (Rozas, 2002). En la tabla 7 se presenta el valor de importancia de cada especie por sitio.

Tabla 7. Valor de importancia de cada especie.

ESPECIE	N	Puntos de ocurrencia	F	FR (%)	ABR (%)	DR (%)	Valor de importancia ajustado a 100%
SITIO 1							
<i>Abies hickelii</i>	142	10	100	31,3	81,4	73	62
<i>Arbutus xalapensis</i>	1	1	10	3,1	3,8	1	2
<i>Comarostaphylis discolor</i>	2	1	10	3,1	0,9	1	2
<i>Litsea neesiana</i>	3	3	30	9,4	3	2	5
<i>Lonicera mexicana</i>	3	2	20	6,3	0,1	2	3
<i>Pinus ayacahuite</i>	2	2	20	6,3	5,5	1	4
<i>Pinus hartwegii</i>	1	1	10	3,1	2	1	2
<i>Roldana sartorii</i>	39	10	100	31,3	0,8	20	17
<i>Salix paradoxa</i>	2	2	20	6,3	2,5	1	3
TOTAL	195	32	320	100	100	100	100
SITIO 2							
<i>Abies hickelii</i>	247	10	100	31,3	89	77	66
<i>Arbutus xalapensis</i>	2	2	20	6,3	5	1	4
<i>Comarostaphylis discolor</i>	2	1	10	3,1	0,1	1	1
<i>Lonicera mexicana</i>	4	2	20	6,3	0,1	1	3
<i>Pinus ayacahuite</i>	5	3	30	9,4	1	2	4
<i>Pinus hartwegii</i>	3	2	20	6,3	4	1	4
<i>Roldana sartorii</i>	54	9	90	28,1	0,3	17	15
<i>Salix paradoxa</i>	1	1	10	3,1	0,2	0,3	1
<i>Telanthophora andrieuxii</i>	1	1	10	3,1	1*10 ⁻³	0,3	1
<i>Valeriana clematitidis</i>	1	1	10	3,1	2*10 ⁻³	0,3	1
TOTAL	320	32	320	100	100	100	100
SITIO 3							
<i>Abies hickelii</i>	126	10	100	29,4	59	65	51
<i>Ageratina pazcuarensis</i>	6	2	20	5,9	0,04	3	3
<i>Cestrum anagyris</i>	1	1	10	2,9	0,02	1	1
<i>Arbutus xalapensis</i>	1	1	10	2,9	0,2	1	1
<i>Pinus ayacahuite</i>	17	8	80	23,5	20	9	18
<i>Pinus hartwegii</i>	9	3	30	8,8	20	5	11
<i>Ribes rugosum</i>	1	1	10	2,9	1*10 ⁻³	1	1
<i>Roldana sartorii</i>	31	7	70	20,6	0,2	16	12
<i>Telanthophora andrieuxii</i>	1	1	10	2,9	1*10 ⁻³	1	1
TOTAL	193	34	340	100	100	100	100

N = número de individuos, F = Frecuencia, FR = Frecuencia relativa, ABR = Área basal relativa y DR = Densidad relativa.

En general *Abies hickelii* presentó valores altos de frecuencia, área basal y densidad. *Roldana sartorii* presentó valores bajos en área basal, pero su frecuencia y densidad contribuyeron a su alta importancia relativa. Las especies que más contribuyeron a la estructura del bosque para los tres sitios fueron *Abies hickelii* y *Roldana sartorii* (Tabla 7); la primera domina en el dosel, en tanto que la segunda es una especie componente del sotobosque.

En el caso del sitio 3, *Pinus ayacahuite* presentó un valor de importancia mayor que *Roldana sartorii*, en tanto que *Pinus hartwegii* tuvo un valor muy similar al de la última (Figura 9). La importancia relativa de las dos especies de pinos, se debe a que parte de los transectos del sitio 3 se ubicaron en una zona de transición entre el bosque de *Abies* y el de *Pinus*, en los transectos 7, 8 y 9 se ubicaron las altitudes más bajas del sitio (3140 m s.n.m), además los transectos 7 y 8 se establecieron en pendientes de cuatro y seis grados respectivamente y en orientación SW.

Ageratina pazcuarensis, *Cestrum anagyris*, *Arbutus xalapensis*, *Comarostaphylis discolor*, *Lonicera mexicana*, *Litsea neesiana*, *Ribes rugosum*, *Salix paradoxa*, *Telanthophora andrieuxii* y *Valeriana clematitidis* son especies con poca importancia dentro de la estructura de la comunidad (Figura 9).

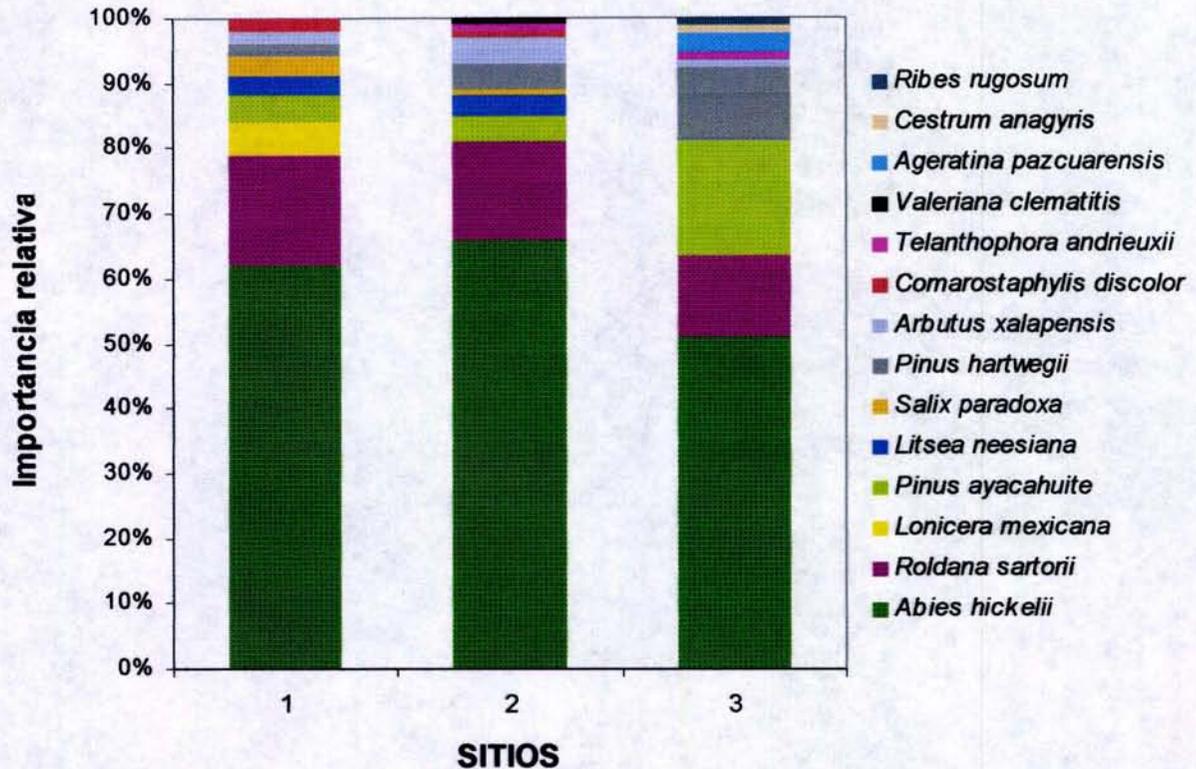


Figura 9. Valor de importancia. Se muestra la importancia relativa de las especies presentes en los tres sitios.

6.5. Estructura vertical.

De acuerdo a las clases establecidas para la altura se puede observar que en el sitio 1 el 66.2% de los individuos se presentaron en las tres primeras clases de altura (≤ 10 m), en las cuatro clases restantes se presentó el 33.8% de los individuos, principalmente de *Abies hickelii*, aunque también se presentaron algunos individuos de *Salix paradoxa*, *Arbutus xalapensis*, *Pinus ayacahuite* y *P. hartwegii* (Tabla 8).

En el caso de la distribución de alturas de *Abies hickelii* se puede observar que el 58% de ellos se presentaron en las tres primeras clases de altura (≤ 10 m), con una mayor concentración de individuos (27%) en la tercera clases (5–10 m), sin embargo, aunque los porcentajes son menores en las clases de alturas mayores debido a que están distribuidos en las cuatro clases restantes, cabe destacar que el total porcentual

corresponde al 42%, es decir, hay un número considerable de *A. hickelii* con alturas mayores a 10 m, (Figura 10). En este sitio la altura máxima de los árboles es >50 m y la mínima de 1.60 m, con una altura promedio de 15.03 m.

Tabla 8. Datos de la estructura vertical de los tres sitios.

ALTURA (m)	Sitio 1				Sitio 2				Sitio 3			
	N _T	N _A	N _T (%)	N _A (%)	N _T	N _A	N _T (%)	N _A (%)	N _T	N _A	N _T (%)	N _A (%)
1.3 - 3	52	25	26,7	18	138	81	43	33	41	7	22	6
3.1 - 5	32	20	16,4	14	37	32	12	13	15	10	8	8
5.1 - 10	45	38	23,1	27	54	49	17	20	31	28	17	22
10.1 - 20	25	23	12,8	16	33	31	10	13	44	39	24	31
20.1 - 30	15	13	7,7	9	42	41	13	17	41	32	22	25
30.1 - 40	13	12	6,7	8	15	13	5	5	15	9	8	7
> 40	13	11	6,7	8	0	0	0	0	3	1	0	1
TOTAL	195	142	100	100	319*	247	100	100	190	126	100	100

N_T = Número total de individuos de todas las especies, N_A = número de individuos de *Abies*.

* Son 119, porque la *Valeriana clematidis* no fue incluida.

En el caso del sitio 2, el 72% de los individuos se presentaron en las tres primeras clases de altura (≤ 10 m). Dentro de estas tres clases se registraron individuos de especies arbóreas como *Pinus ayacahuite*, *P. hartwegii*, *Salix paradoxa* y *Arbutus xalapensis*. El 28% de los individuos se distribuyó en las cuatro clases restantes; al igual que el sitio 1, estas clases están representadas prácticamente por *Abies hickelii* (Figura, 10).

La distribución de altura de *A. hickelii* muestra que la mayoría se agrupa en las tres primeras clases, lo que representa el 66% del total. A diferencia del sitio 1, los individuos <10 m se presentaron en la primera clase (33%); mientras que los >10 m se distribuyeron en las cuatro clases restantes. Aunque los porcentajes son menores que en el sitio 1, en términos absolutos el sitio 2 presentó mayor número de individuos de poca altura. La altura máxima de los árboles fue de 40 m y la mínima de 1.40 m, con una promedio de 11.07 m (Tabla 8).

El sitio 3 presentó una estructura vertical muy diferente a la de los dos sitios anteriores. En éste la distribución de alturas fue más homogénea; el número de individuos que se presentaron en las tres primeras clases no sobrepasó el 47% del total.

La mayoría de los individuos de las especies arbóreas fueron de más de 10 m de altura (Figura 10). También se presentaron en las tres primeras clases individuos de las siguientes especies: *Pinus ayacahuite*, *Roldana sartorii* y *Arbutus xalapensis*.

El 36% de los individuos de *Abies hickelii* se presentaron en las tres primeras clases de altura (<10 m); la mayoría (64%) en las clases que van de 10 a 30 m, con una disminución muy notable en las siguientes clases. En este sitio la altura máxima de los árboles fue de 50 m y la mínima de 1.80 m, siendo la altura promedio de 16.6 m (Figura 10).

La distribución de alturas fue muy similar entre los sitios 1 y 2, ya que en ellos la mayor frecuencia de árboles se ubicó en las tres primeras clases, en tanto que en el sitio 3 la mayor frecuencia se presentó en las clases tres y cuatro. La altura promedio del dosel fue muy variable entre los sitios, y fluctuó entre 11.2 m (sitio 2) y 16 m (sitio 3). El análisis de varianza realizado para comparar las alturas de los *Abies* entre los tres sitios mostró que hay diferencias significativas, esto es, los tres sitios presentan alturas diferentes $F = 10.65$, G.L = 512 y $P = 0.05$.

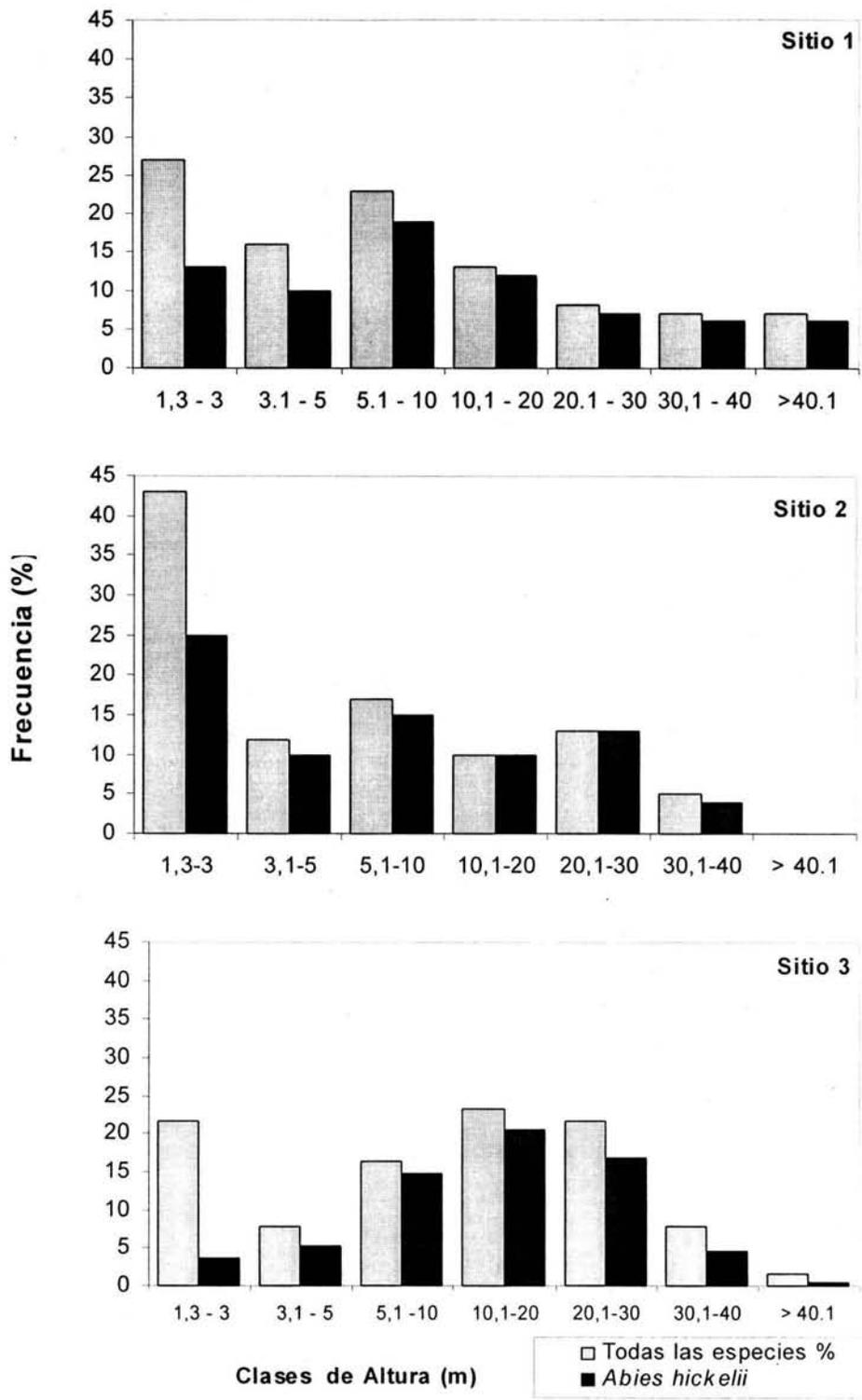


Figura 10. Distribución de alturas presentadas por clase para todas las especies y para *Abies hickelii* en los tres sitios.

6.6. Estructura diamétrica.

En el primer sitio se observó una curva ligeramente cargada a la izquierda (figura 11), con la mayoría de los individuos ubicados de la segunda a la cuarta clase (64% del total); *Abies hickelii* representó el 47.2%, *Roldana sartorii* el 12.8% y *Comarostaphylis discolor* y *Lonicera mexicana* el 3% restante. *Roldana sartorii* fue una de las especies que más contribuyó a la estructura diamétrica de la comunidad en las clases bajas con el 20%, esto es debido a su carácter arbustivo. La especie dominante fue siempre *Abies hickelii*, ya que en las clases superiores la contribución de las otras especies arbóreas fue de 4% en conjunto (Figura 11).

En el sitio 2 la distribución de frecuencias presentó una curva totalmente cargada a la izquierda, en este caso la mayoría de los individuos (81.3%) presentaron diámetros ≤ 20 cm, el 60.3% correspondió a *Abies hickelii*, el 16.9% a *Roldana sartorii*, el 1.3% a *Lonicera mexicana* y *Pinus ayacahuite* cada una y el 1.5% restante correspondió a *Telanthophora andrieuxii*, *Comarostaphylis discolor*, *Salix paradoxa*, *Valeriana clematitis* y *Pinus hartwegii*. El resto de las clases (≥ 20.1) están representadas en su mayoría por *Abies hickelii* (16.9%); *Arbutus xalapensis* esta representado en la clase diez y *Pinus ayacahuite* en la clase seis con el 0.3% cada una, *P. hartwegii* apareció en las clases seis, siete y ocho con el 0.3% respectivamente (Figura 11). La distribución de las frecuencias de los diámetros para el caso de *Abies hickelii* indica que este es un bosque joven, con gran reclutamiento de individuos y buena regeneración. *Abies hickelii* fue la única especie presente en todas las clases

El sitio 3 presentó una gran cantidad de individuos en la primera clase (15.3%), principalmente *Roldana sartorii* (9.5%), *Abies hickelii* y *Ageratina pazcuarensis* representaron el 2.5% cada una; *Cestrum anagyris*, *Ribes rugosum* y *Telanthophora andrieuxii* el 1.5% restante. En la segunda clase hay una disminución de individuos (11%), aquí *Abies hickelii* representó el 6.3% y *Roldana sartorii* el 4.2% (Figura 11).

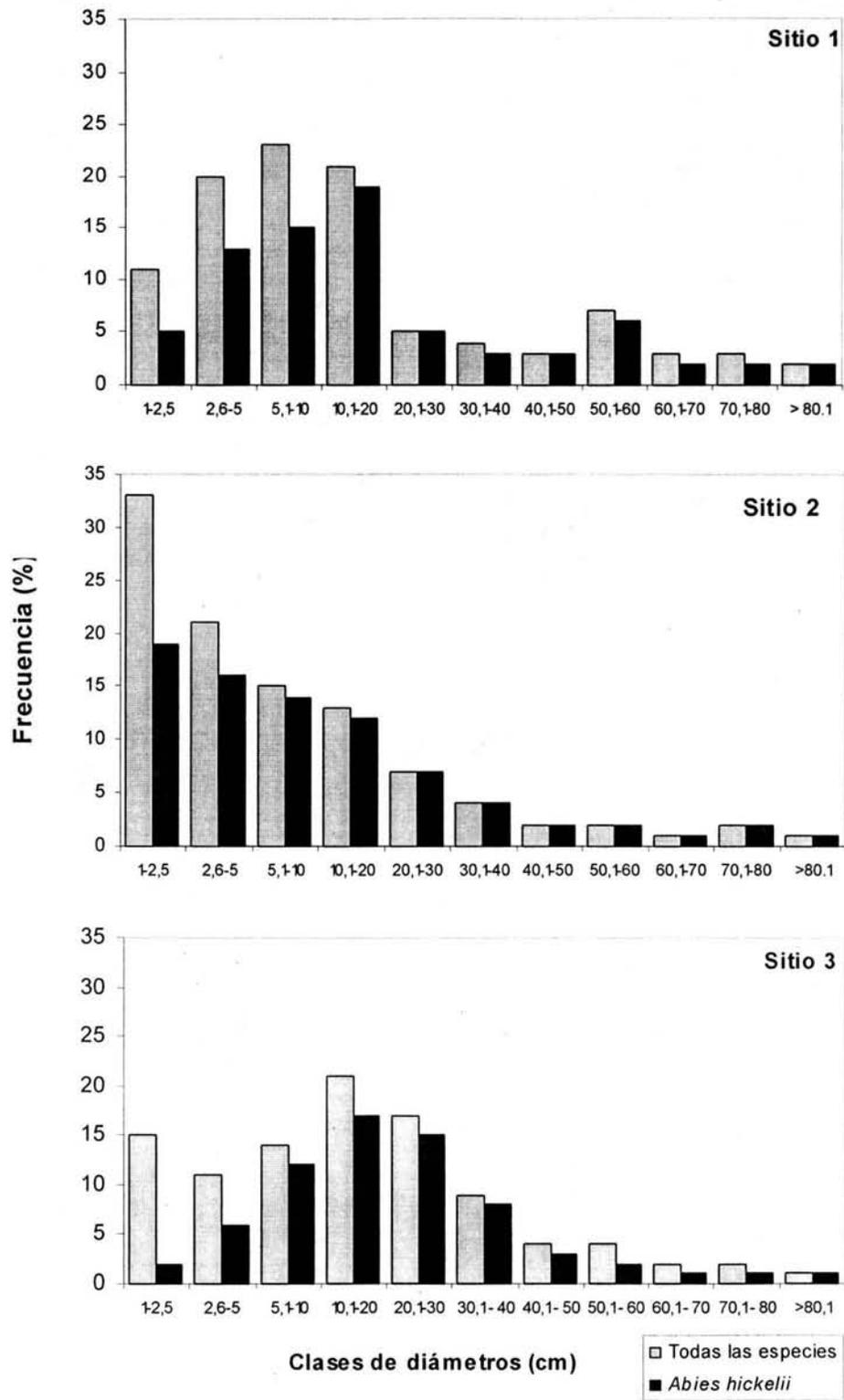


Figura 11. Distribución de frecuencias de diámetros en los tres sitios. Los valores relativos de *Abies* están representados respecto al total.

La mayor concentración de individuos se presentó en las clases tres, cuatro y cinco, en éstas hay un mayor aporte de *A. hickelii* con el 11.6, 17.4 y 15.3%, también se presentaron *Pinus ayacahuite* con 1.1, 2.5 y 0.5%, *P. hartwegii* con el 1.1% en la clase cinco y *Arbutus xalapensis* con el 0.5 en la clase cuatro (Figura 11).

El resto de las clases (de la 6 a la 11) estuvieron prácticamente representadas por *Abies hickelii*; *Pinus ayacahuite* y *P. hartwegii*, también aparecen pero su contribución no sobrepaso el 1.1% por clase.

6.7. Índice de diversidad.

En índice de diversidad mostró que el sitio 2 es el menos diverso ($H' = 0.78$), el sitio más diverso fue el 3 ($H' = 1.15$), en tanto que el sitio 1 presentó un valor intermedio ($H' = 0.88$).

6.8. Índice de similitud.

De acuerdo a los resultados que arrojo el índice de similitud, los sitios 1 y 2 tienen alta similitud y el sitio 1 y 3 y el 2 y 3 tienen menor similitud entre si (Cuadro 2). De las 14 especies registradas 5 aparecieron en los tres sitios, 4 en dos y 5 en un sitio (Tabla 7).

Cuadro 2. Índice de similitud de Sørensen.

Sitio	Similitud (%)		
	1	2	3
1		84	56
2	8		53
3	5	5	

Número de especies compartidas.

6.9. Distribución y delimitación del bosque de *Abies hickelii*.

De la interpretación de la ortofoto se determinaron nueve manchones de bosque de *Abies hickelii*, los cuales cubren un área total de 185.8 ha, lo que representa el 2% del territorio total de la comunidad de Yavesía.

En el análisis de la distribución altitudinal se encontró que el bosque se presenta desde los 2500 hasta los 3400 m s.n.m, sin embargo, la mayor extensión (82.3%) se presenta en el intervalo de 2900 a 3300 m s.n.m (Tabla 9). Hacia la parte baja se mezcla con bosque de *Quercus* y de *Pinus*, en tanto que hacia la parte alta se mezcla con el bosque de *Pinus hartwegii*.

En relación a la pendiente del terreno, se encontró que el bosque de *Abies hickelii* se establece preferentemente en sitios con pendientes pronunciadas, ya que se presenta en pendientes de 10 a 55°, aunque preferentemente en pendientes de 10 a 35°; en este intervalo se establece el 82.2% del bosque (Tabla 10).

Tabla 9. Distribución del bosque de *Abies hickelii* a lo largo de un gradiente altitudinal.

Altitud	Área (ha)	%
2500-2600	2,1	1,1
2600-2700	5,5	3,0
2700-2800	10,2	5,5
2800-2900	13,6	7,3
2900-3000	32,2	17,3
3000-3100	34,2	18,4
3100-3200	48,0	25,8
3200-3300	38,5	20,7
3300-3400	1,4	0,8
Total	185,8	100,0

Tabla 10. Distribución de bosque de *Abies hickelii* respecto a la pendiente.

Pendiente	Área (ha)	%
0-1	0,5	0,3
1-3	1,6	0,8
3-6	3,1	1,5
6-10	11	5,4
10-16	39,4	19,5
16-25	79,2	39,1
25-35	48,1	23,8
35-55	19,5	9,6
55-90	0,1	0,04
Total	185,8	100,0

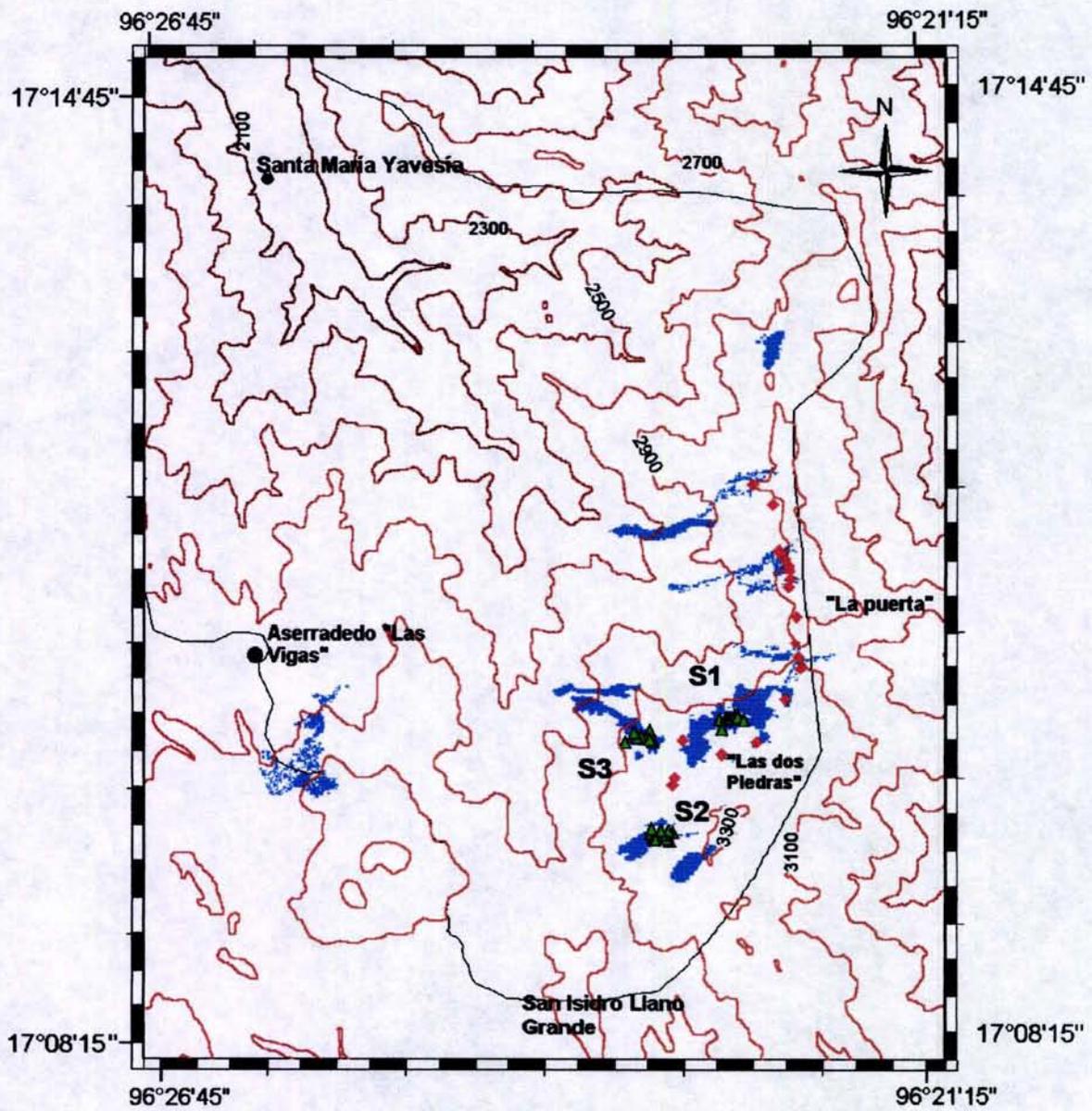
En cuanto a la distribución del bosque en relación a la orientación de las laderas, el área marcada por los polígonos muestra que el bosque de *Abies hickelii* se presenta preferentemente en laderas con orientación oeste, noroeste y norte, con el 21.8, 42.7 y

23.4% del área total de los polígonos respectivamente. Para el resto de las orientaciones el área presentó un valor porcentual acumulado de 13.1% (Tabla 11).

Tabla 11. Distribución del bosque de *Abies hickelii* por orientación de ladera.

Ladera	Área (ha)	%
Norte	43,3	23,4
Noreste	9,3	5,0
Este	1,0	0,5
Sureste	1,0	0,5
Sur	1,4	0,8
Suroeste	9,8	5,3
Oeste	40,4	21,8
Noroeste	79,1	42,7
Total	185,8	100,0

La extensión del área es menor que en las dos tablas anteriores debido a que los lugares planos carecen de orientación.



Simbología

- Bosque *Abies hickelii*
- Puntos de verificación
- Sitios de muestreo

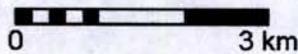
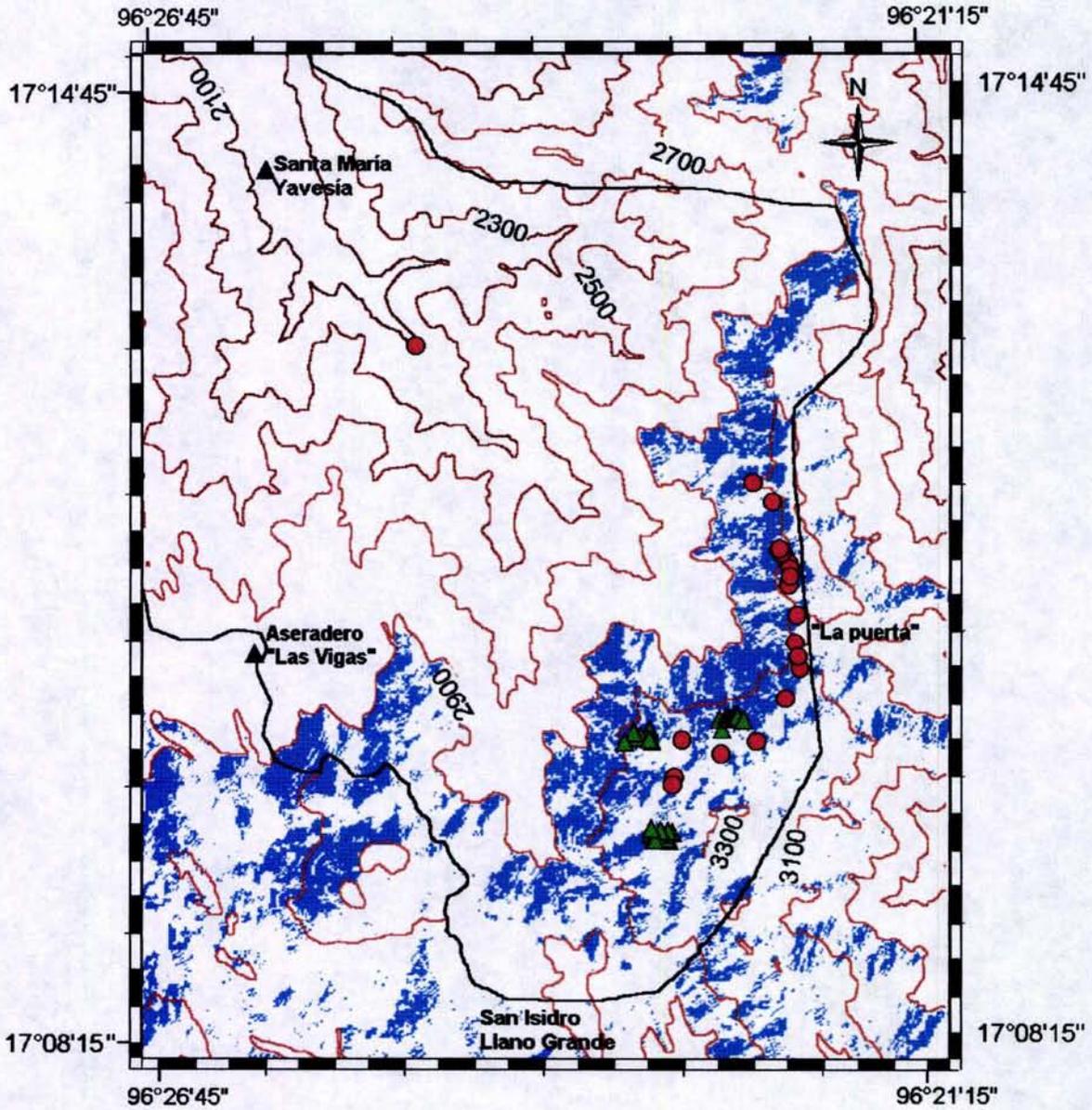


Figura 12. Bosque de *Abies hickelii* fotointerpretado en Santa María Yavesía a partir de una ortofoto de INEGI de 1995, esc 1:20,000.

6.10. Área potencial para el establecimiento del bosque de *Abies hickelii*.

El área potencial de este bosque se estableció a partir de las tres variables ambientales consideradas (altitud, pendiente y orientación de la ladera); para ello se tomó el gradiente altitudinal donde se presentó la mayor extensión de la masa forestal (2900-3300), pendientes de 10 a 35° y laderas W, NW y N. El área potencial resultante cubre una extensión de 1137.6 ha (Figura 13), lo que representa el 12.4% del territorio de Yavesía.



Simbología

- Bosque *Abies hickelii*
- Puntos de verificación
- Sitios de muestreo

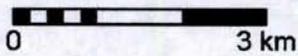


Figura 13. Área Potencial para el establecimiento del bosque de *Abies hickelii*.

VII. DISCUSIÓN

Phillips y Miller (2002) presentan datos de sitios muestreados en Norteamérica y Europa utilizando el método del transecto de 0.1 ha en bosques templados lluviosos y bosques boreales húmedos (Sistema de Zonas de vida de Holdridge) dominados por coníferas como *Picea*, *Abies*, *Tsuga*, etc, en estos sitios se muestra que el número de especies y familias van de 5 a 13 especies y de 4 a 8 familias; estos números son similares a los encontrados en el bosque de *Abies hickelii* de Yavesía (Tabla 2); lo cual es un indicio de que posiblemente este tipo de bosques tiendan a presentar valores similares. Por otro lado, la similitud en los valores es un reflejo de la consistencia del método para obtener datos comparables de diferentes comunidades vegetales.

7.1. Características estructurales.

La densidad, frecuencia y área basal son parámetros relacionados con la importancia que tiene cada especie en la composición total del sitio, así como su control del espacio y estado demográfico (Rozas, 2002).

7.1.1. Densidad

Los valores de densidad absoluta, tanto para *Abies hickelii* como para todas las especies fueron, superiores a los reportados por Reyes-Careaga (2000)² en el mismo tipo de bosque; el valor más alto para la Cuenca del Río Jamapa es de 169 individuos, el cual es inferior incluso al sitio 3, que presentó la menor densidad (193 individuos). Sin embargo, en términos relativos la densidad de *A. hickelii* es igual en las dos localidades, con una densidad promedio de 71% para la Cuenca y de 72% para Yavesía, lo que podría indicar que *A. hickelii* tiende a presentar valores estables de densidad relativa, aunque hacen falta estudios en otras localidades para corroborar lo anterior.

² Reyes-Careaga, realizó su estudio del Bosque de *Abies hickelii* en la Cuenca superior del Río Jamapa, utilizando la metodología del transecto de 0.1ha.

7.1.2. Área basal

El área basal (AB) total por sitio fluctuó entre 10.9 (sitio 3) y 12.2 m² ha⁻¹ (sitio 1) con un promedio de 11.4 m² 0.1 ha⁻¹ (Tabla 4). Si tomamos al AB como un indicador de la cobertura, la especie que más contribuye a ésta es *Abies hickelii* con el 76.5% en promedio, la cual presenta en el sitio 1 los valores más altos en términos absolutos. En general el resto de las especies presenta coberturas muy bajas, las mayores después del *A. hickelii* corresponden a *Pinus ayacahuite* con 9% y *P. hartwegii* con 8.9% en promedio para los tres sitios.

Se reconoce que existe una correlación positiva en especies arbóreas entre la altura y el área basal, es decir, individuos de mayor altura tienden a presentar generalmente mayor área basal, con base en ello se podría pensar que el sitio 3 tendría los valores más altos de área basal, dado que en promedio presenta los individuos más altos y de mayor AB. Sin embargo, aunque el sitio 2 presenta ejemplares de *Abies hickelii* de menor tamaño, el gran número de individuos permite una compensación, que determina en términos relativos que en él se presente el valor de ABR más alto, mientras que en el sitio 3, la baja densidad determina que se presenten valores más bajos de AB.

7.1.3. Valor de importancia para cada especie.

Los resultados del valor de importancia de cada especie, muestran que este bosque es monoespecífico, ya que *Abies hickelii* domina horizontal y verticalmente, con un dosel superior de *A. hickelii*, un subdosel de *A. hickelii* con escasos individuos de *Arbutus xalapensis* y *Salix paradoxa*. Sin embargo, aunque los valores son bajos para estos dos géneros, su presencia confirma que son especies componentes de este tipo de bosque (Rzedowski, 1978). *Roldana sartorii* es la especie principal en el sotobosque; poca información existe acerca de ésta especie, sin embargo varios autores (Rzedowski, 1978, y Ávila 2002) mencionan que en algunos bosques de *Abies religiosa* se presenta *Roldana angulifolius*, esta especie es muy parecida fisonómicamente a *R. sartorii* y es dominante en el sotobosque, de tal manera, se puede suponer que el género es componente en

algunos bosques de *Abies* y a nivel de especie cumplen la misma función y determinan la fisonomía del estrato arbustivo.

Las especies que más contribuyen a la estructura del bosque para los tres sitios son *Abies hickelii* y *Roldana sartorii*, en tanto que el resto de las especies (*Ageratina pazcuarensis*, *Cestrum anagyris*, *Arbutus xalapensis*, *Comarostaphylis discolor*, *Lonicera mexicana*, *Litsea neesiana*, *Ribes rugosum*, *Salix paradoxa*, *Telanthophora andrieuxii* y *Valeriana clematidis*), aunque son componentes de este tipo de bosque, tienen poca importancia en la estructura de la comunidad.

La importancia relativa de las dos especies de pinos en Yavesía, como se mencionó antes se debe a que algunos transectos del sitio 3 se ubicaron en un zona de transición entre el bosque de *Abies* y el de *Pinus*, en condiciones ambientales diferentes (pendiente, orientación de ladera y altitud), lo cual influyó en los valores de densidad y área basal de estas especie. En cambio, en el bosque de *A. hickelii* que se presenta en la Cuenca del Río Jamapa, las especies de pino tienen valores de importancia altos (Reyes-Careaga, 2000), lo que se puede deber al uso del bosque para actividades pecuarias, agrícolas y forestales (Ávila, 1992). Esto nos permite afirmar que el bosque de *A. hickelii* en Yavesía está bien conservado y que los valores de importancia reflejan la estructura de una comunidad poco perturbada.

7.1.4. Estructura vertical

En el sitio 1 se presenta una gran cantidad de individuos de *Abies hickelii* de tallas pequeñas, sin embargo, la discontinuidad que se presenta entre la tercera y cuarta clase es resultado de la extracción de leña y madera que se realizó en el sitio en décadas pasadas, aún así, se presenta una gran cantidad de árboles de tallas grandes que posiblemente actuaron como árboles semilleros para la regeneración en el sitio, ya que en éste se registro a los individuos de mayor talla.

El sitio 2 presenta una gran cantidad de individuos de baja altura, lo que nos sugiere que existe una alta regeneración y reclutamiento como respuesta a eventos de

perturbación reciente. En ambientes forestales densos como los bosques templados, el principal factor limitante para el establecimiento de nuevas cohortes es la disponibilidad de espacio apropiado para el asentamiento y el desarrollo de los árboles jóvenes (Rozas, 2002). La existencia de claros en el dosel principal, por desaparición de uno o varios árboles dominantes (Rozas, 2002), permite el establecimiento de especies pioneras y el reclutamiento de plántulas de las especies arbóreas (Schnitzer y Bongers, 2002). Esto se pudo constatar con el conteo de los individuos juveniles de *Abies hickelii* (con un d.a.p < 1 cm) los cuales constituyeron casi el doble de los individuos (486) con d.a.p > 1 cm. Esta situación se debe a factores de perturbación antropogénica reciente, lo cual fue confirmado por los habitantes del lugar, principalmente debido a la extracción de leña y musgo por parte de personas ajenas a la comunidad.

El sitio 3 presenta una estructura vertical muy diferente de los otros dos sitios, ya que tiene una distribución de alturas más homogénea. Aun cuando no se presentaron los individuos de mayor altura, existe una gran cantidad de individuos de tamaño grande, lo que dió como resultado una altura promedio mayor que los sitios anteriores. Esto se debe a un bajo reclutamiento de las especies arbóreas lo que probablemente se deba a una baja presencia de claros, ya que muestran que no ha existido extracción reciente de madera, leña u otros productos.

Los histogramas de frecuencias muestran que existe un patrón común a los tres sitios. Todos presentan un sotobosque conformado por *Roldana sartorii* y especies acompañantes como *Comarostaphylis discolor*, *Ageratina pazcuarensis* y *Telanthophora andrieuxii*; un subdosel constituido por *Salix paradoxa*, *Arbutus xalapensis* e individuos jóvenes de *Abies hickelii* y un dosel superior constituido principalmente por *Abies hickelii* y como especies acompañantes *Pinus ayacahuite* y *P. hartwegii*. *Cestrum anagyris*, *Ribes rugosum* y *Valeriana clematitidis* quedan fuera de la interpretación ya que sólo se encontró un individuo para cada especie.

Los resultados de este estudio, comparado con los de Reyes-Careaga (2000) y de Ávila (1992) muestran que los individuos de *Abies hickelii* en el área de Yavesía

presentan mayor altura, además de que existe una mayor proporción de individuos de tallas grandes. Esta mayor altura, puede deberse a que la presión de uso agrícola y pecuario que se da en la región de la Cuenca del Río Jamapa no está presente en Yavesía.

7.1.5. Estructura diamétrica

Como se aprecia en los resultados (Figura 11), en el primer sitio tenemos una curva sesgada hacia los valores bajos, con la mayoría de los individuos ubicados entre la segunda y la cuarta clase y en el sitio 2 la distribución de frecuencias presenta una típica distribución de "J" invertida (Figuroa-Rangel y Olvera-Vargas, 2000), lo que indica que éste es un bosque joven, con buena regeneración y alto reclutamiento de individuos de *Abies hickelii*. Estos dos sitios presentan una distribución "balanceada", que de acuerdo con Rozas (2002) se presenta cuando existen abundantes individuos en las clases de tamaños menores y el número va disminuyendo progresivamente hacia las clases de diámetros mayores. Este tipo de distribución es indicativa de una población estable capaz de autoperpetuarse en el tiempo debido a que tiene buena regeneración, establecimiento y reclutamiento activo de las especies dominantes entre las diferentes clases de tamaño (Sánchez-Velásquez *et al.*, 1991; Rozas, 2002; Ruiz-Jiménez *et al.*, 2000). Esto constituye un bosque multietáneo, es decir, formado por más de una cohorte (Rozas, 2002), las cuales alcanzan su madurez en diferentes periodos de tiempo (Figuroa-Rangel y Olvera-Vargas, 2000).

El sitio 3 presenta una distribución unimodal, con mayor concentración de individuos en las clases intermedias (10 a 30 cm de d.a.p), lo que de acuerdo con Ruiz-Jiménez *et al.* (2000) puede interpretarse como un indicio de un deficiente reclutamiento de nuevos individuos provocado por la densidad y sombreado de los individuos de tallas grandes lo cual impide la presencia de claros en el dosel forestal.

7.1.6. Índice de diversidad.

Los valores que se obtuvieron del índice de diversidad pueden ser explicados a partir de los valores de importancia, si tomamos en cuenta que el índice de Shannon-Wiener se basa en las abundancias que presentan las especies. El sitio 2, no obstante que presentó el mayor número de especies tuvo el valor más bajo del índice de diversidad, esto debido a que en este sitio *Abies hickelii* y *Roldana sartorii* son las especies con mayor abundancia y consecuentemente con mayor dominancia respecto a las otras especies y sitios. El sitio 3 es el más diverso no obstante que presentó el menor número de individuos, esto se explica debido a que está en el ecotono con el bosque de *Pinus*, aquí aunque *Abies hickelii* fue el más abundante hay otras especies como *Pinus ayacahuite* y *P. hartwegii* que presentaron abundancias más altas respecto a los otros dos sitios, consecuentemente la dominancia esta repartida entre varias especies.

De tal manera podemos considerar que en el sitio 1 y 2 hay una clara dominancia de *Abies hickelii*, que se traduce en una menor diversidad del sitio, en tanto que el sitio 3 al ubicarse en una zona ecotonal la abundancia de individuos del sitio esta repartida en un mayor número de especies, es decir, hay cambios en la distribución proporcional de las abundancias que están afectando el valor de diversidad alfa.

7.1.7. Índice de similitud

En la figura 5 se puede apreciar que el sitio 3 se ubica entre el sitio 1 y el 2, por lo que se esperaría que la similitud fuera mayor entre éste y los otros dos sitios, sin embargo, presenta el valor más bajo. Esto posiblemente se deba a que las condiciones ambientales entre los sitios 1 y 2 son más parecidas, si bien los tres sitios se presentan en cañadas, el sitio 3 se encuentra rodeado de formaciones rocosas lo que le permite estar más protegido de la insolación y el viento; además, aquí se presentan las mayores pendientes y aparentemente es un sitio con mayor humedad. Pero la causa más importante que determina que el sitio 3 sea el menos parecido se debe a que parte de los transectos se realizaron en el límite entre el bosque de *Abies hickelii* y el bosque de *Pinus*, lo que determina variaciones en la estructura y composición del sitio.

Hay que tomar en cuenta que el índice de similitud empleado no considera las abundancias, sino la presencia o ausencia de especies, de tal manera, especies con valores de importancia bajos y en consecuencia con poca importancia en la estructura de los sitios, determinan diferencias en la similitud. Por ejemplo, *Cestrum anagyris* y *Ribes rugosum* fueron especies que ocurrieron una vez en el sitio 3, y *Valeriana clematitis* en el sitio 2, esta última es una especie atípica de este tipo de bosque.

7.2. Condiciones ambientales en que se desarrolla el bosque de *Abies hickelii*.

El conocimiento de la influencia que los diferentes gradientes ambientales ejercen sobre los atributos de las especies vegetales es de gran importancia para su conservación y manejo, especialmente para aquellas que se encuentran bajo condiciones restringidas y amenazadas o en peligro de extinción como resultado de actividades antrópicas (Sánchez-Velásquez *et al.*, 1991).

7.2.1. Altitud

Altitudinalmente los factores del suelo y clima son considerados como los determinantes primarios del cambio en la composición de especies y la estructura de una comunidad en montañas sin disturbio. Procesos históricos, migración, disturbios naturales, interacciones bióticas, así como competencia y facilitación han sido reconocidos también como factores que juegan un papel muy importante (Dolezal y Srutek, 2002).

En el análisis se encontró que el bosque de *Abies hickelii* se establece preferentemente entre los 2900 y 3300 m s.n.m. (82.3%). La distribución altitudinal registrada en Yavesía presenta valores similares a los reportados por Ávila (1992), quien registró que el bosque de *A. hickelii* se presenta principalmente de los 2900 a los 3300 y por Reyes-Careaga (2000) quien encontró que la mayor extensión de la comunidad (92.2%) está a altitudes que van de los 2700 a los 3300.

Aunque el bosque de *A. hickelii* en Yavesía llega en la parte baja hasta los 2500 m s.n.m, el porcentaje acumulado entre los 2500 y 2900 m sólo representa el 16.9%, (Tabla 8), y en estas condiciones el bosque está constituido por pequeños manchones aislados en algunos sitios y en otros se muestra mezclado con pinos y encinos. La preferencia que tiene *A. hickelii* a esta altitud en cuanto a pendiente y orientación de laderas son las mismas (pendiente de 10 a 35° y laderas con orientación W, NW y N), por lo que se asume que estas variables no limitan su presencia; posiblemente otras como el gradiente térmico, la humedad, el suelo o la distribución de otra (s) especie (s) jueguen un papel más importante en las restricciones para su establecimiento esta altitud. Al respecto Dolezal y Srutek (2002) consideran que el grado por el cual una especie extiende su rango de distribución hacia la parte baja está mucho más influenciado por competencia que por el ambiente. Sánchez-Velásquez *et al.* (1991) encontraron que *A. religiosa* no se encuentra por debajo de los 2800 m, probablemente porque los pinos tienen mayor éxito competitivo. *A. hickelii* puede enfrentar una situación similar en Yavesía; ya que por debajo de los 2900 m se mezcla con árboles de *Pinus* y *Quercus*; sin embargo, hacen falta elementos para confirmarlo.

El límite altitudinal de ocurrencia del bosque de *Abies hickelii* en la parte alta está alrededor de los 3300 m s.n.m; por arriba de esta cota sólo se presenta el 0.8% de la extensión del bosque, debido a que en la zona hay pocos lugares con altitudes superiores a los 3300 m los cuales están más expuestos a factores como el viento y la radiación solar. Se observó durante el trabajo de campo que por arriba de esta altitud el bosque de *A. hickelii* es reemplazado por el bosque de *Pinus ayacahuite* y de *Pinus hartwegii*. Dolezal y Srutek (2002) reconocen que el límite superior de distribución altitudinal de una especie está determinado por factores relacionados con la temperatura; los cambios en la elevación alteran la temperatura, la precipitación y el viento (Bonan, 2002). Ávila (1994) encontró que una de las variables ambientales que determinan el cambio en la estructura de este bosque es la temperatura máxima absoluta, en tanto que Hernández (1989) considera que casi siempre es la distribución de las zonas húmedas lo que determina los límites altitudinales de los bosques de *Abies*. Rzedowski (1978) y Sánchez-Velásquez *et al.* (1991) encontraron que los factores limitantes de las poblaciones de *Abies religiosa*

arriba de los 3600 m son las condiciones de menor humedad, que no parecen ser favorables para la existencia de especies del género. Aunque no se tienen datos de clima, de acuerdo a lo anterior se puede inferir que éste juega un papel importante en el establecimiento de la comunidad.

7.2.2. Orientación de laderas y pendientes

El cambio de la vegetación resulta de las discontinuidades topográficas, edáficas y por otros factores como la precipitación y la pendiente (Dolezal y Srutek, 2002). De acuerdo con Madrigal (1967) el relieve es uno de los factores que determinan la presencia del bosque de *Abies religiosa* y para *A. hickelii* los lugares más abiertos y expuestos resultan inadecuados para su establecimiento (Ávila, 1992).

En Yavesía el bosque de *Abies hickelii* se presenta preferentemente en laderas con orientación noroeste, norte y oeste respectivamente, esto posiblemente tiene que ver con los cambios en las condiciones climáticas locales, relacionadas con la variación topográfica. Factores como la pendiente y orientación de las laderas producen diferencias locales en la radiación solar (Bonan, 2002); en el hemisferio norte a medida que aumenta la latitud, las laderas orientadas al norte reciben menor radiación solar que las orientadas al sur, debido a que están menos expuestas al sol (Critchfield, 1966; Linacre 1992; Bonnan, 2002 y Oliver e Hidore, 2002), lo que les permite tener menor temperatura y potencialmente conservar mayor humedad, factor determinante para el establecimiento de los *A. hickelii* (Hernández, 1985).

De acuerdo a lo anterior, una ladera noroeste es más cálida que una norte, lo cual sugiere que aún cuando el género *Abies* crece en barrancas sombrías y húmedas, protegidas de la insolación intensa (Rzedowski, 1978 y Hernández, 1985) en condiciones de temperatura baja sin grandes oscilaciones térmicas (Hernández, 1985), *Abies hickelii* no tolera los sitios totalmente sombríos, razón por la cual la mayor extensión del bosque se establece en laderas noroeste; por otro lado, laderas noreste-noroeste y este-oeste reciben la misma cantidad de radiación solar respectivamente (Bonan, 2002), de tal

manera, se esperaría que la extensión de bosque fuera similar en la ladera noreste y en la ladera noroeste y la de la ladera este fuera similar a la oeste. Sin embargo, la relación entre la dirección de la ladera y la radiación solar que le llega no siempre es igual; el ángulo de la pendiente, su dirección y la latitud interactúan con la época del año y la hora del día para producir complejos patrones de radiación solar sobre una superficie (Bonan, 2002). Esto, sumado a otros elementos como las características físicas y químicas del suelo, son factores que pueden estar influyendo en el establecimiento de *A. hickelii*. Ávila (1994) encontró que una de las variables ambientales que se relacionan más con los cambios estructurales de *A. hickelii* es la composición química del suelo (Nitrógeno del primer horizonte, profundidad del segundo horizonte y pH del primer horizonte), sin embargo, falta el estudio de estas variables en la localidad que den más elementos para determinar su influencia en el establecimiento del bosque de *A. hickelii*.

En relación al desarrollo de este bosque con la pendiente del terreno, se encontró que se establece preferentemente en sitios con pendientes pronunciadas que en sitios planos, pero menores a las registradas para *Abies religiosa*, que de acuerdo a Sánchez-Velásquez *et al.* (1991) se localiza en pendientes de 36 a 45°. La pendiente es una de las variables ambientales que se relacionan más con los cambios estructurales de *A. hickelii* (Ávila, 1994). Una de las variables que está directamente relacionada con la inclinación de la pendiente es la cantidad de radiación solar que recibe: a mayor pendiente, menor radiación solar (Bonan, 2002). Esto, junto con la orientación de la ladera, son factores que afectan las condiciones microclimáticas (temperatura y humedad) de un sitio y que posiblemente estén determinando el establecimiento de los bosques de *A. hickelii*. Los lugares más abiertos y expuestos resultan inadecuados para su establecimiento; la humedad relativa la que juega un papel importante en ello (Ávila, 1992).

7.3. Área potencial.

El por qué no se encuentra bosque de *Abies hickelii* en todos los lugares donde se predijo que podría establecerse de acuerdo a los resultados del SIG, se debe a que en éste sólo se utilizaron tres variables. Entre más variables ambientales (temperatura, humedad, litología, suelo, materia orgánica, en suelo, etc.) y bióticas (asociación entre especies, facilitación, competencia, etc.) se incluyan en un modelo, mayor será el grado de fidelidad de la predicción. Con solo las tres variables utilizadas es posible que otras especies tengan los mismos requerimientos; tal es el caso de *Pinus ayacahuite* la cual es una de las especies de pino que hay en la zona que más se encuentra asociada a *Abies hickelii*.

7.4. Por qué conservar los bosque de *Abies hickelii* en Yavesía.

La conservación de los bosques de *Abies hickelii* en Yavesía, se sustenta en dos ejes principales, el aspecto biológico y el social, que permitirán a los pobladores tener alternativas de uso del bosque que no impliquen el aprovechamiento forestal consuntivo. En este apartado se incluyen aspectos no directamente relacionados con el trabajo realizado, sin embargo, son razones fundamentales que sustentan los motivos de conservación por parte de la comunidad de Yavesía.

7.4.1. Aspectos biológicos y ambientales que sustentan su conservación.

La biodiversidad es resultado de procesos evolutivos e históricos y se ve amenazada cuando los sucesos naturales, las intervenciones humanas o las alteraciones del hábitat erosionan la constitución genética hasta el grado de comprometer el futuro evolutivo de una especie (Kanashiro, *et al.*, 2002). Así, la condición básica para la supervivencia a largo plazo, no obstante el potencial evolutivo de una especie, es mantener niveles razonables de variación genética dentro de las poblaciones. Para predecir la variabilidad genética es fundamental el tamaño de la población, así como la conservación de los procesos ecológicos y genéticos en que se apoya (Kanashiro, *et al.*, 2002). En este sentido, el estudio realizado por Aguirre-Planter, *et al.* (2001) demostró que las poblaciones de *A. hickelii* de Oaxaca y Veracruz, debido a su relativo aislamiento,

presentan poca diversidad genética intrapoblacional, bajo flujo genético y alta diferenciación genética interpoblacional. Bajo las premisas anteriores, podemos considerar varios puntos que favorecen el mantenimiento de buena parte del acervo genético de la especie y su viabilidad evolutiva en las poblaciones de *A. hickelii* de Yavesía: 1) las poblaciones de *A. hickelii* están bien conservadas, –contrario a lo que sucede con los bosques de las comunidades aledañas, los cuales fueron sometidos a manejo forestal por más de cuarenta años– con una buena densidad, con estructuras diamétrica y de altura balanceadas y con regeneración adecuada 2) la extensión de los rodales de *A. hickelii* de Yavesía es relativamente extensa (185,8 ha), dadas las condiciones ambientales muy particulares en que se desarrolla 3) se desconoce el estado de las poblaciones y de las comunidades de *A. hickelii*, en otras localidades de Oaxaca 4) los ejemplares utilizados por Aguirre-Planter *et al.* (2001) para su análisis fueron tomados de nuestra zona de estudio, lo que sustenta la propuesta.

Por otro lado, el uso forestal consuntivo puede tener repercusiones negativas sobre la comunidad. Se ha visto que la elevada mortalidad de árboles grandes –que en nuestro caso se consideraría la extracción– puede reducir la fecundidad de las especies del dosel y de los árboles emergentes, reducir el volumen y la complejidad estructural del bosque, fomentar la proliferación de especies colonizadoras efímeras y alterar los ciclos biogeoquímicos que influyen en la evapotranspiración, el ciclo del carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero, servicios clave del ecosistema (McNeely, 2002).

Debido a la topografía tan accidentada y a las pendientes pronunciadas que se presentan en la zona, es evidente que la cubierta vegetal juega un papel importante en la prevención de la pérdida de suelo, así como en la captación, retención e infiltración de agua que alimenta los numerosos manantiales de la zona; en zonas con pendientes abruptas la erosión hídrica se presenta con mayor intensidad, así mismo, es de singular importancia en la ocurrencia de procesos gravitacionales como derrumbes, los cuales se presentan en pendientes entre 20 y 45° (Palacio-Prieto, 1983). Al respecto, los habitantes de la comunidad han notado que cambios en la estructura de la vegetación y

más drásticamente, cambios en el uso del suelo en las partes altas, pueden tener efectos negativos, como sucedió años atrás cuando después de una fuerte tormenta el suelo desprotegido de las áreas de cultivo fue arrastrado hasta la parte baja, donde se asienta la comunidad.

Si consideramos que la mayor parte del bosque de *A. hickelii* (82.2%) se presenta en las cañadas principales y en pendientes de 10 a 35°, las cuales están dentro de las categorías de grados de erosión de fuerte a muy fuerte (Palacio-Prieto, 1983), cambios en el uso de suelo en estos lugares pueden afectar el abastecimiento de los manantiales, la calidad de los cuerpos superficiales de agua, la pérdida de suelo y el asolvamiento de las partes bajas, afectando las actividades productivas dependientes del agua (embotellamiento de agua y los criaderos de truchas), indispensables para la economía de los pobladores.

7.4.2. Aspectos sociales que sustentan su conservación

Las razones para la conservación de los bosques de Yavesía que exponemos aquí no se presentan a partir de una inquietud personal, pues son las premisas bajo las cuales se permitió que se iniciara el presente trabajo y son argumentos que dan sustento a algunas de las acciones de conservación que la comunidad de Yavesía ha expresado en su Estudio de Ordenamiento Territorial Comunitario, asimismo, son el cimiento para determinar en términos monetarios el valor de los bienes y servicios que proporcionan sus bosques.

Se reconoce que la mayor parte de las zonas bien conservadas del país están en manos de comunidades indígenas y campesinas (Ramírez, 2001) en las que se concentra la pobreza, siendo los recursos naturales junto con el propio trabajo, los principales activos económicos de que se dispone para el mejoramiento social (Provencio, 2001), Este hecho ha permitido ver el potencial que tienen las iniciativas campesinas para la conservación efectiva sin decreto o con el apoyo de otros instrumentos legales (Ramírez, 2001), tal como se está llevando a cabo en Yavesía. Si

bien es cierto que las poblaciones locales e indígenas también experimentan la tentación de sobreexplotar los recursos forestales para obtener beneficios inmediatos, en algunos casos han establecido sus propias medidas de gestión del ecosistema (McNeely, 2002).

Finalmente se puede decir que la protección y el uso adecuado de los bosques es crítico para asegurar la viabilidad de diversas actividades productivas de las que dependen amplias cadenas económicas. Además, los recursos naturales y los servicios ambientales son un capital natural cuya protección y mejoría resulta esencial para el futuro desarrollo, siendo la conservación de los ecosistemas una manera de proteger dicho capital, independientemente del valor intrínseco que tienen las especies y su entorno natural (Provencio, 2001). En este sentido los mercados de servicios ambientales son los que menor riesgo implican para la sustentabilidad, pues mientras en mejor condición se encuentren, mayor potencial económico pueden tener (Lorenzo, 2000).

VIII. CONCLUSIONES

Se resumen en forma puntual los aspectos estudiados de la comunidad vegetal y las razones para su conservación.

- Los valores de densidad absoluta tanto para *Abies hickelii* como para todas las especies son superiores a los reportados por Reyes-Careaga (2000). En términos relativos la densidad de *A. hickelii* es igual en las dos localidades. Se presenta una alta densidad debido a lo bien conservado de la localidad.
- Si tomamos al AB como un indicador de la cobertura, la especie que más contribuye a ésta es *A. hickelii*, con el 76.5%. El resto de las especies presenta coberturas muy bajas, las mayores después del *A. hickelii* corresponden a *Pinus ayacahuite* con 9% y *P. hartwegii* con 9% en promedio para los tres sitios.
- Las especies que más contribuyen a la estructura del bosque para los tres sitios son *Abies hickelii* y *Roldana sartorii*, en tanto que *Ageratina pazcuarensis*, *Cestrum anagyris*, *Arbutus xalapensis*, *Comarostaphylis discolor*, *Lonicera mexicana*, *Litsea neesiana*, *Ribes rugosum*, *Salix paradoxa*, *Telanthophora andrieuxii* y *Valeriana clematitidis* aunque son componentes de este tipo de bosque, son especies con poca importancia dentro de la estructura de la comunidad.
- El bosque de *Abies hickelii* es monoespecífico ya que domina horizontal y verticalmente, con un dosel superior de *A. hickelii* y *Pinus ayacahuite* y *P. hartwegii* como especies acompañantes, un subdosel de *A. hickelii* con escasos individuos de *Arbutus xalapensis* y *Salix paradoxa* y un sotobosque conformado por *Roldana sartorii* y especies acompañantes como *Comarostaphylis discolor*, *Ageratina pazcuarensis* y *Telanthophora andrieuxii*.
- Se presentan sitios con una distribución “balanceada” de las clases diamétricas lo que indica hay un bosque joven, con buena regeneración y alto reclutamiento de

individuos de *Abies hickelii* entre las diferentes clases de tamaño. Esto constituye un bosque multietáneo, es decir, formado por más de una cohorte. Otros sitios presentan una distribución unimodal, con mayor concentración de individuos en las clases intermedias de 10 a 30 cm de d.a.p, lo puede interpretarse como un indicio de un deficiente reclutamiento de nuevos individuos provocado por la densidad y sombreado de los individuos de tallas grandes lo cual impide la presencia de claros en el dosel forestal.

- El bosque se establece preferentemente de los 2900 a 3300 m s.n.m. (82.3%). Aunque en Yavesía llega hasta los 2500 m en el límite inferior, por debajo de los 2900 está constituido por pequeños manchones aislados en algunos sitios y en otros se muestra mezclado con pinos y encinos. Por arriba de los 3300 el bosque de *Abies hickelii* es reemplazado por bosque de pino, principalmente *Pinus ayacahuite* y *P. hartwegii*.
- En Yavesía el bosque de *Abies hickelii* se presenta preferentemente en laderas con orientación noroeste, norte y oeste respectivamente y pendientes pronunciadas (10-35°), debido a las condiciones microambientales que en ellas se presentan. *A. hickelii* no tolera los sitios totalmente sombríos, razón por la cual la mayor extensión del bosque se establece en laderas noroeste.
- Hace falta integrar más variables ambientales y bióticas para determinar con mayor fidelidad el área potencial del bosque de *A. hickelii*, sin embargo, se tiene un primer avance para futuros estudios y para la implementación de estrategias de conservación y de uso.
- La conservación de las poblaciones de *A. hickelii* de Yavesía es fundamental para asegurar el futuro evolutivo de la especie y de los procesos ecológicos que se dan a nivel de comunidad, debido a su buen estado de conservación.

- Debido a la topografía tan accidentada y a las pendientes pronunciadas en las que se desarrolla el bosque de *A. hickelii*, éste juega un papel importante en la prevención de la erosión, así como en la captación, retención e infiltración de agua que alimenta los numerosos manantiales de la zona.
- El cambio en el uso de suelo en los sitios donde se presenta el bosque de *A. hickelii* podría afectar negativamente el abastecimiento de los manantiales, la calidad de los cuerpos superficiales de agua y las actividades económicas que dependen del buen abasto y calidad del agua.
- La protección y el uso adecuado de los bosques es crítico para asegurar la viabilidad de diversas actividades productivas en Yavesía, pues mientras en mejor condición se encuentren, mayor potencial económico pueden tener.

LITERATURA CONSULTADA

- Acosta-Solis, M. 1977a. Formaciones y biomas fitogeográficos de América Tropicandina. En: Acosta-Solis, M. *Conferencias fitogeográficas*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Quito Ecuador, pp. 119-176.
- Acosta-Solis, M. 1977b. Bases ecológicas para clasificar áreas fitogeográficas. En: Acosta-Solis, M. *Conferencias fitogeográficas*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Quito Ecuador, pp. 39-71.
- Aguirre-Planter, E., G. R. Fuernier y L. E. Eguiarte. 2000. Low levels of genetic variation within and high levels of genetic differentiation among population of species of *Abies* from southern Mexico and Guatemala. *American Journal of Botany* 87(3): 362-371.
- Álvarez, C. J. 1994. *Distribución altitudinal de los roedores de la vertiente oriental de la Sierra de Juárez, Oaxaca*. Tesis de Licenciatura (Biólogo). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 88 pp.
- Ávila, C. H. 1992. *La estructura del bosque de oyamel (Abies hickelii Flous et Gausson) y su relación con factores ambientales físicos y antropógenas en el Pico de Orizaba, Veracruz*. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, México, 116 pp.
- Ávila, C. H. 1994. Variación estructural del bosque de oyamel (*Abies hickelii* Flous et Gausson) en relación a factores ambientales en el Pico de Orizaba. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* Vol. 3 (1): 5-17
- Ávila, V. D. 2002. La vegetación de la Cuenca del Río Magdalena: un enfoque florístico, fitosociológico y estructural. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 86 pp.
- Barker, M. G., y M. A. Pinard. 2001. Forest Canopy research: sampling problems, and some solutions. *Plant Ecology* 153: 23-38.
- Bonan, G. B. 2002. *Ecological Climatology. Concepts and applications*. Cambridge. Reino Unido, 677 pp.
- Bray, D. B. 1992. La lucha por el bosque: conservación y desarrollo en la Sierra de Juárez. *El cotidiano*. Jun 48: 21-27.

- Chen, J., y G. A. Bradshaw. 1999. Forest structure in space: a case study of an old growth spruce-fir forest in Changbaishan Natural Reserve, PR China. *Forest Ecology and Management* 120 (1-3): 219-233.
- Critchfield, H. J. 1966. *General Climatology*. Prentice Hall, Inc. Nueva Jersey. 420 pp.
- Cruz, L. M. 197_. *Manual de laboratorio de ecología vegetal*. Universidad de El Salvador, Departamento de Fitotecnia, San Salvador, El Salvador. 144 pp.
- Diario Oficial de la Federación. *NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Secretaría de Gobernación. 06-marzo-2002, México, pp 95-190. Revisado en: http://www.gobernacion.gob.mx/dof/2002/marzo/dof_06-03-2002.pdf
- Diario Oficial de la Federación. *ACUERDO por el cual se reforma la nomenclatura de las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como la ratificación de las mismas previa a su revisión quinquenal*. Secretaría de Gobernación. 23-abril-2003, México, pp 8-18. Revisado en: http://www.gobernacion.gob.mx/dof/2003/abril/dof_23-04-2003.pdf
- Dolezal, J. y M. Srutek. 2002. Altitudinal changes in composition and structure of mountain-temperate vegetation: a case study from the western Carpathians. *Plant Ecology* 158: 201-221.
- Farjon, A. 1990. Drawings and descriptions of the genera *Abies*, *Cedrus*, *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothotsuga*, *Tsuga*, *Cathaya*, *Pseudotsuga*, *Larix* and *Picea*. Koeltz Scientific Books, International Association for Plant Taxonomy, República Federal de Alemania. 330 pp.
- Figuroa-Rangel B. L. y M. Olvera-Vargas. 2000. Dinámica de la Composición de especies en bosques de *Quercus crassipes*. H. et B. en Cerro Grande, Sierra de Manantlán, México. *Agrociencia* 34: 91-98.
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Talleres de Offset Larios, S. A., México. 217 pp.

- García, A. y R. Torres. 1999. Estado actual del conocimiento sobre la flora de Oaxaca. En: Vázquez M. A. (Editor). *Vegetación y Flora*. Serie: Sociedad y Naturaleza en Oaxaca. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca, México, pp. 49-86.
- Gómez-Pompa, A. 1977. *Ecología de la vegetación del Estado de Veracruz*. Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Continental, S.A., México. 91 pp.
- Gower, S.T., J. J. Landsberg y K. E. Bisbee. 2003. Forest Biomes of the World. En: *Introduction to Forest Ecosystem Science and Management*. Young, R. A y R. L. Giese (Eds). John Wiley & Sons, Estados Unidos de América. pp. 57-74.
- Hanson, H. C. y E. D. Churchill. 1961. *The Plant community*. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York. 218 pp.
- Hernández, M. E, 1985. Distribución y utilidad de los *Abies* en México. *Boletín del Instituto de Geografía*, Universidad Nacional Autónoma de México. 15:75-118.
- INEGI. 1999. Carta Topográfica. *Tlalixtac de Cabrera*. E14-D48. Esc 1:50,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- Kanashiro, M., I.S. Thompson, J.A.G. Yared, M.D. Loveless, P. Coventry, R.C.V. Martins-da-Silva, B. Degen y W. Amaral. 2002. Valores de la conservación y gestión forestal: el Proyecto Dendrogene en la Amazonia brasileña. *Unasyuva* Vol. 53 (209). Consultado en: http://www.fao.org/DOCREP/004/Y3582S/y3582s06.htm#P1_0
- Kent, M. y P. Coker. 1992. *Vegetation and Analysis. A practical approach*. Belhaven Press, Gran Bretaña. 363 pp.
- Krebs, C. J. 1985. *Ecología. Estudio de la distribución y abundancia*. Harla, S.A. de C.V., México. 753 pp.
- Linacre, E. 1992. *Climate data and Resources. A reference guide*. Routledge, Gran Bretaña. 366 pp.
- López-Ramos, E. 1981. *Geología de México*. Tomo III, México. 446 pp.
- Lorenzo, S. 2000. La conservación de la biodiversidad y el mercado. En: Muñoz, C. y A. C. González (comps.). *Economía, sociedad y medio ambiente. Reflexiones y avances hacia un desarrollo sustentable en México*. Instituto Nacional de Ecología-Semarnap, México, pp. 147-166. Consultado en: http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=313&id_tema=5&dir=Consultas

- Luis, M. A. 1991. *Aspectos de la distribución y fenología de los Papilionoidea de la Sierra de Juárez, Oaxaca*. Tesis de Maestría ((Maestría en Ciencias (Biología)). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 123 pp.
- Mackenzie, A., A. S. Ball y R. S. Virdee. 1998. *Instant notes in Ecology*. Bios scientific publisher, Reino Unido. 321 pp.
- Madrigal, S. X. 1967. Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de Oyamel (*Abies religiosa* (H.B.K) SCHL. ET CHAM) en el Valle de México. *Boletín Técnico No. 18, INIF, México*. 77 pp.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press, Nueva Jersey. 179 pp.
- Martínez, M. 1963. *Las Pináceas Mexicanas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, México. 400 pp.
- Matteucci, S., y A. Colma, 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Organización de los Estados Americanos – Programa regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington D.C. 168 pp.
- McDonald, G. M. 2003. *Biogeography. Space Time and Life*. Jonh Wiley & Sons. INC., Estados Unidos de América. 518 pp.
- McNeely, J. A. 2002. La biodiversidad forestal a nivel del ecosistema: ¿cuál es el lugar de la población?. *Unasyva* 53 (209).
- Consultado en http://www.fao.org/DOCREP/004/Y3582S/y3582s03.htm#P0_0
- Montiel, R., V. M. Tena, A. S. Ortiz y M. A. García. 199-. Chimalapas: Ordenamiento ecológico participativo. Reflexiones metodológicas. Department for International Development (DFID)–Maderas del Pueblo del Sureste, A.C., México. 55 pp.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, Zaragoza, España. 84 pp.
- Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. 2000. *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR) Santa Cruz, Bolivia, 87.
- Consultado en: <http://www.cadex.org/bolfor/Libros/Ecologia%20Vegetal.pdf>

- Newbiggin, M. I. 1949. *Geografía de Plantas y Animales*. Fondo de Cultura Económica, México. 377 pp.
- Oliver, J. E. y J. J. Hidore. 2002. *Climatology: an atmospheric science*. Prentice Hall, Nueva Jersey. 410 pp.
- Oosterhoorn, M. y M. Kappelle. 2000. Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rican montane cloud forest. *Forest Ecology and Management* 126 (1-3): 292-307.
- Ortega-Gutiérrez, F. y C. González-Arreola. 1985. Una edad cretácica de las rocas sedimentarias deformadas de la Sierra de Juárez, Oaxaca. *Rev. Inst. Geol.* 11(2):146-156.
- Ortiz, D. 1970. *Contribución al conocimiento de la Flora de la Sierra de Juárez, Oaxaca*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 33 pp.
- Palacio-Prieto, J. L. 1983. Metodología para el desarrollo de trabajos geomorfológicos. En: Instituto de Geografía. *Primer congreso interno del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México*, Instituto de Geografía, México, pp 52-72.
- Phillips, O. y J. S. Miller. 2002. *Global Patterns of Plant Diversity: Alwyn H. Gentry's Forest Transect Data Set*. Missouri Botanical Garden Pres, Estados Unidos. 319 pp.
- Primack R. 2001. Problemas de las poblaciones pequeñas. En: Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. *Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica, México, pp. 363-383.
- Provencio, E. 2001. Potencial de vinculación económica y ambiental en las políticas públicas para un desarrollo sustentable. En: Muñoz, C. y A. C. González. (comp.). *Economía, sociedad y medio ambiente. Reflexiones y avances hacia un desarrollo sustentable en México*. Instituto Nacional de Ecología-Semarnap, México, pp. 11-24. Consultado en:
http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=313&id_tema=5&dir=Consultas

- Ramírez, R., F. Ramos y A. Ríos 2001. *Estudio de Ordenamiento Territorial Comunitario en Santa María Yavesía*. Proyectos de Desarrollo Sierra Norte de Oaxaca, A.C. – WWF, México. 67 pp.
- Ramírez, G. 2001. Integración de proyectos en una iniciativa comunitaria. En: Instituto Nacional de Ecología. *El ordenamiento ecológico en la gestión y manejo de recursos naturales de cara al siglo XXI* (memoria). INE-Semarnat. Consultado en: http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=338&id_tema=8&dir=Consultas
- Regato P., M. Castejón, G. Tella, S. Giménez, I. Barrera y R. Elena-Rosselló. 1999. Cambios recientes en los paisajes de los sistemas forestales mediterráneos de España. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* Fuera de Serie n° 1:383-398.
- Reyes-Careaga, M. del P. 2000. *Estructura y distribución del Bosque de Abies en la cuenca superior del Río Jamapa, Veracruz*. Tesis de Licenciatura (Licenciado en Geografía), Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 109 pp.
- Rodgers, W.A., R. Nabanyumya, E. Mupada y L. Persha. 2002. Conservación comunal de la biodiversidad en bosques cerrados de África oriental. *Unasylva* 53 (209). Consultado en: <http://www.fao.org/DOCREP/004/Y3582S/y3582s00.htm#TopOfPage>
- Rozas, V. 2002. Estructura y patrones de regeneración del roble y la haya en un bosque maduro del litoral occidental de Cantabria. *Invest. Agr.: Sist. Rec. For* 11 (1): 107-136. Consultado en: <http://www.inia.es/sitemapa/pags/bib/framerfo.htm>
- Rozzi R., R. Primack, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. 2001. ¿Qué es la biología de la conservación?. En: Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. *Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica, México, pp. 45-58.
- Ruiz-Jiménez, C. A., J. Meave y J. L. Contreras-Jiménez. 2000. El bosque mesófilo de la región de Puerto Soledad (Oaxaca), México: Análisis estructural. *Bol. Soc. Bot. México* 65: 23-37.
- Rzedowski, J., L. Vela y X. Madrigal. 1977. Algunas consideraciones acerca de la dinámica de los bosques de coníferas en México. *Ciencia Forestal*. 2(5): 15-35.

- Sánchez-Velásquez, L. R., Ma. del R. Pineda-López y A. Hernández-Martínez. 1991. Distribución y estructura de la población de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl et Cham., en el Cofre de Perote, Estado de Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana* 16: 45-55.
- Schnitzer, S. A. y F. Bongers 2002. The ecology of lianas and their role in forests. *Trends in Ecology & Evolution* 17 (5): 223-230.
- Semarnat. Septiembre, 2002. Catálogo de Especies Vulnerables al Aprovechamiento Forestal en Bosques Templados del Estado de Oaxaca. Consultado en <http://www.semarnat.gob.mx/vida/abiehick.htm>
- SPP. 1984. Carta Geológica. Oaxaca. E14-9. Esc. 1:250,000. Secretaria de Programación y Presupuesto-INEGI. México.
- Trejo, I. y R. Dirzo. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forest. *Biodiversity and Conservation* 11: 2063-2084.
- Universidad del Salvador. 1973. *Guía para estudio de Vegetación y suelo*. Universidad del Salvador-Facultad de Ciencias y Humanidades-Instituto de Ciencias Naturales y Matemáticas – Departamento de Biología, San Salvador. 43 pp.
- Whittaker, R. H. 1975. *Communities and Ecosystems*. Mcmillan Publishing Co Inc., Estados Unidos de América. 385 pp.
- WWF and IUCN (1994-1997). *Centres of plant diversity. A guide and strategy for their conservation*. Vol. 3. IUCN Publications Unit, Cambridge, Reino Unido. 562 pp.
- Zenner E. K. y D. E. Hibbs. 2000. A new method for modelling the heterogeneity of forest structure. *Forest Ecology and Management* 129: 75-87.