



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

ESTRUCTURA Y CONDICIONES MICROAMBIENTALES
EN BOSQUES DE LA COMUNIDAD DE SANTA MARÍA
YAVESÍA, OAXACA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

EDGAR ORTA MENDOZA

DIRECTORA DE TESIS: DRA. ROSA IRMA TREJO VÁZQUEZ

ASESOR DE TESIS: M. EN C. GERMÁN CALVA VÁSQUEZ



MÉXICO, D. F.

SEPTIEMBRE, 2009.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

LA VIDA

LXXVI

El hombre, cuando entra en la VIDA,
es blando y débil,
mas muere rígido y fuerte.

Las plantas, cuando entran en la VIDA,
son tiernas y delicadas,
más mueren secas y tiesas.

Los duros y fuertes
son compañeros de la muerte,
los blandos y flexibles,
de la VIDA.

Con armas rígidas se puede vencer.
A los árboles fuertes les aguarda la tala.
Lo fuerte y grande es inferior.
Lo blando y flexible, superior.

LXXVIII

Nada hay en el mundo entero
más blando y débil que el agua.
No obstante, nada como ella
para erosionar lo duro,
El agua no es sustituible.
Lo débil vence a lo fuerte
y lo bueno a lo duro,
todos lo saben en la Tierra,
Pero nadie es capaz de ponerlo en práctica.

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco a la vida por mis padres David y Ernestina, por que al igual que en muchos aspectos de mi vida, este trabajo seria inexistente sin la vida que me brindaron, gracias por todo su amor, apoyo y ejemplo de vivir con valores y dignidad. Este logro también es suyo.
- A mis hermanos por su amor y respaldo: Jorge, por compartir una visión de la vida y un mundo de posibilidades y alternativas. David, por demostrar que la mejor actitud y hasta humor siempre es importante para la vida. Deseo lo mejor para ustedes y sus familias que también están formando.
- A toda mi familia: Mis abuelitos José, Baudelia, Daniel y Elvira. Mis tíos y primos, por compartir y apoyarnos en las buenas y en las malas.
- Ana Laura por darme la oportunidad en descubrir el amor de pareja, y compartirme tu amor, gracias lau por tu apoyo, comprensión, confianza, paciencia, tiempo, momentos buenos y malos. Te amo. A la familia Bonilla Ruiz agradezco sus atenciones, confianza, apoyo y aprecio.
- A la gente de Santa María Yavesía por la oportunidad de realizar este trabajo en su comunidad, conocer un poco de sus costumbres y buena organización, para llevar de manera pragmática el manejo sustentable de los recursos naturales para si y las futuras generaciones. En particular a la familia Cruz, por sus atenciones y hospitalidad en su casa. Sr. Mauro, su esposa Laura y sus hijas Sara y Raquel.
- A mis amigos de la carrera que vivimos y compartimos cosas que además no enseñan en las aulas, pero complementan esta etapa en la universidad de una manera inolvidable, gracias por tu amistad Fidencio “richi”, José “enano”, David “deivid”, Jonathan “yoni” pero que juntos somos los richis de Durango. Martha, Abigail, Guisela, Erika, Jose Luis “chapa”, Ángel “jaguar”, Mario “sulfato”, Claudia sarahi, Cecilia, Anahy, Rene, Chavita y todos los compas de la generación.
- A los amigos y compas que estuvimos en el grupo estudiantil CUBO-A607, así como GER-27 que utilizando estos espacios con la finalidad de complementar la vida académica de la universidad y como individuo con eventos y actividades, en servicio de la comunidad estudiantil y sociedad en general.
- A los chavos del laboratorio de contaminación atmosférica, con los cuales pase agradables momentos Almita, Rebeca, Paty, Manuel, Pedro, Ricardo, Benito, Oswaldo, Leonel, Rebeca Ávila, Viridiana, Berenice, Griselda, Oscar y Berenice.
- A mis amigos del Instituto de Geografía con los que compartí buenos momentos y sobre todo me brindaron su apoyo y amistad sincera en una etapa muy importante para mi, Julio, Evelyn, Tania, Sofía y Areli. Así como también Pedro y Oswaldo.
- A la universidad pública y gratuita UNAM, por la oportunidad de conocer y desarrollarme en muchos aspectos personales con la ayuda de esa parte humana. M. en C. Germán Calva, por su amistad más que alumno, profesionalismo y sencillez personal. Biól. Ángeles Galván, por su siempre buena y humana atención, apoyo personal y aporte a este trabajo. Dra. Irma Trejo, por la oportunidad de ser parte de su equipo de trabajo, aportar su conocimiento a mi formación profesional y que el humor y la ciencia van de la mano. Dr. Arcadio Monroy y Biól. Leticia López, por su tiempo y conocimiento aportados para el enriquecimiento y la mejora de este trabajo. Finalmente a todos los maestros que tuve la oportunidad de conocer durante la carrera. En especial al Biól. Alejandro Tecpa por dejarme vivir varias experiencias de una cosmovisión que también comparto.
- Al Centro de Ciencias de la Atmosfera por las facilidades para procesar los muestras de anillos de crecimiento en sus talleres, en especial a la Dra. Lourdes Villers Ruiz por su amable atención. Así también a la M. en C. Fabiola Rojas García por el asesoramiento en dichas muestras en el taller y este trabajo. Sobre todo gracias por tu amistad.
- Agradezco al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), por haberme otorgado una beca de licenciatura como parte del proyecto IN303908

ÍNDICE

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	2
II. ANTECEDENTES	4
2.1 ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LAS COMUNIDADES VEGETALES.....	4
2.2 LA ESTRUCTURA DEL BOSQUE Y SU MICROCLIMA.	7
2.3 ELEMENTOS CLIMÁTICOS.....	8
2.3.1 Radiación solar.	8
2.3.2 Temperatura y humedad.	9
2.3.3 Humedad atmosférica y movimiento del aire.	9
2.4 ELEMENTOS FISIAGRÁFICOS.....	10
2.4.1 Pendiente.....	10
2.4.2 Exposición.....	10
2.4.3 Factor edáfico.....	10
2.5 INVESTIGACION DENDROCRONOLÓGICA.	11
2.5.1 Definición de dendrocronología.....	12
2.5.2 Estructuras celulares.	12
2.5.3 Identificación de anillos de crecimiento.	13
132.6 LOS BOSQUES TEMPLADOS DE MÉXICO Y LA SIERRA NORTE DE OAXACA.....	14
III. JUSTIFICACIÓN	17
IV. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	18
V. OBJETIVO GENERAL	19
OBJETIVOS PARTICULARES	19
VI. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	20
6.1 Localización	20
6.2 Relieve.....	20
6.3 Geología	20
6.4 Edafología.....	22
6.5 Hidrología.....	22
6.6 Clima	23
6.7 Vegetación	23

VII. MÉTODO	25
7.1 SELECCIÓN DE SITIOS	25
7.2 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURA ARBÓREA DE LOS SITIOS	26
7.3 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS ESTRUCTURALES	26
7.4 VARIABLES CLIMÁTICAS (Temperatura, Precipitación) Y MICROCLIMÁTICAS (Temperatura, Humedad Relativa)	29
7.5. DENDROCRONOLOGÍA Y ESTRUCTURA DE EDADES MEDIANTE ANILLOS DE CRECIMIENTO.....	30
7.5.1 Obtención de la muestra.....	30
7.5.2 Preparación (secado, montaje, orientación y pulido).....	31
7.5.3 Medición y conteo de anillos de crecimiento con el programa <i>WinDENDRO</i>	33
VIII. RESULTADOS	34
8.1 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURA ARBÓREA DE LOS SITIOS	34
8.1.1 Densidad Relativa	35
8.1.2 Frecuencia Relativa	36
8.1.3 Dominancia Relativa.....	37
8.1.4 Valor de Importancia Relativa	38
8.1.5 Estructura vertical	39
8.1.6 Estructura diamétrica.....	40
8.2 VARIABLES MICROCLIMÁTICAS (Temperatura y Humedad Relativa).....	41
8.2.1 Registro continuo de temperatura y humedad relativa en el interior del bosque de pino, pino-encino, encino (BP, BPE, BE) y pastizal (P).....	41
8.2.2 Comparacion de variables de temperatura y humedad relativa entre BP y BPE.....	48
8.2.3 Diferencias de temperatura y humedad relativa entre sitios de (BP, BPE, BE) y pastizal (P).	50
8.2.4 Diferencias significativas de temperatura y humedad relativa entre BP y BPE.....	55
8.3 DENDROCRONOLOGÍA EN INDIVIDUOS DE PINO CON MAYOR VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (V.I.R) EN BP Y BPE MEDIANTE LA OBTENCIÓN DE ANILLOS DE CRECIMIENTO	57
8.3.1 Cronologías de sitios de bosque de pino (BP).....	59
8.3.2 Cronologías de sitios de bosque de pino-encino (BPE).....	60

8.3.3 Relación entre variables climáticas (Temperatura y Precipitación) y anillos de crecimiento de bosque de pino (BP).....	63
8.3.4 Relación entre variables climáticas (Temperatura y Precipitación) y anillos de crecimiento de bosque de pino-encino (BPE).....	65
8.3.5 Diferencias y similitud de crecimiento entre sitios de bosque de pino (BP) y bosque de pino-encino (BPE).	68
8.4 ESTRUCTURA DE EDADES MEDIANTE ANILLOS DE CRECIMIENTO EN INDIVIDUOS DE PINO CON MAYOR V.I.R EN BP Y BPE.....	71
8.4.1 Distribución de edades y estadio biológico de individuos de pino con mayor V.I.R presentes en BP y BPE.	72
8.4.2 Distribución de edades y estadio biológico por sitio de individuos de pino con mayor V.I.R en BP y BPE.	73
8.4.3 Estructura de edades mediante clases diamétricas de individuos de pino con mayor V.I.R en BP y BPE.	74
IX. DISCUSIÓN	77
9.1 COMPOSICIÓN FRORÍSTICA Y ESTRUCTURA ARBÓREA	76
9.2 VARIABLES MICROCLIMÁTICAS (TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA).....	79
9.3 DENDROCRONOLOGÍA EN INDIVIDUOS DE PINO CON MAYOR V.I.R EN BP Y BPE MEDIANTE LA OBTENCIÓN DE ANILLOS DE CRECIMIENTO	82
9.4 ESTRUCTURA DE EDADES MEDIANTE ANILLOS DE CRECIMIENTO EN INDIVIDUOS DE PINO CON MAYOR V.I.R EN BP Y BPE.....	83
X. CONCLUSIONES	85
XI. RECOMENDACIONES.....	87
XII. LITERATURA CITADA.....	88
Apéndice 1	95
Apéndice 2	96
Anexo 1	98

RESUMEN

El municipio de Santa María Yavesía localizado en la cabecera de la cuenca del río Papaloapan, en la Sierra norte de Juárez, Oaxaca. Cuenta con 6,455 hectáreas cubiertas en su mayoría por bosques templados de los cuales gran parte cual se mantienen como área comunal protegida. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la estructura, condiciones microambientales (temperatura y humedad) y anchuras de anillos de crecimiento de *Pinus* spp. Para lo cual se seleccionaron 6 sitios en un gradiente altitudinal de 2,317 a 3247 msnm. que representan diferentes condiciones de bosque en la zona [dos rodales de bosque de pino (BP), tres de bosque de pino-encino (BPE) y uno de bosque de encino (BE)] y uno sin cobertura arbórea Claro- Pastizal (P), donde cada sitio estuvo representado por una superficie de 1 hectárea dividida en diez círculos con un área de 1000 m² cada uno. Se registraron un total de 13 familias, 18 géneros y 39 especies y una densidad de 3,348 a individuos. Los géneros más representativos del área de estudio fueron *Quercus* y *Pinus* con 14 y 9 especies respectivamente para los sitios analizados, las especies de mayor V.I.R fueron: (BP) sitio 1 *Pinus ayacahuite* con 20.7%, sitio 5 *Pinus hartwegii* con 92%, para (BPE) sitio 4 *Pinus lawsonii* con 20.8%, sitio 3 *Pinus pseudostrobus* con 22.9% y sitio 2 *Pinus ayacahuite* con 32.5% y (BE) *Quercus* aff. *obtusata* con 36.1% de VIR. Las especies arbóreas analizadas mostraron alturas que van desde 1.3 hasta 60 m y en todos los sitios los máximos porcentajes en diámetro se encuentran en el intervalo de 10.1 - 30 cm. Las especies con mayor diámetro sobresalen *Abies hickelii*, *Pinus ayacahuite*, *P. lawsonii*, *Quercus* aff. *obtusata* y *Q. laeta*. En cuanto a las condiciones microclimáticas registradas de temperatura y HR por medio de almacenadores de datos HOBO, se observó la influencia que tiene la estacionalidad (primavera, verano, otoño e invierno) y los periodos de secas y lluvias sobre las condiciones microambientales de temperatura y HR, ya que se ve reflejado en el comportamiento y tendencias en los registros mensuales de todos los sitios, en los cuatro tipos de hábitats. Entre el sitio 1 y 5 de (BP) hay diferencias significativas del sitio 5 para las temperaturas medias y mínimas con valores menores y no presentando diferencias significativas en la HR máxima, media y mínima. Para (BPE) se observan diferencias significativas entre los tres sitios (2, 3 y 4), en temperatura y HR máxima, media y mínima con mayores valores de temperatura del sitio 4 y viceversa en HR. Para el caso del (P) existen diferencias significativas entre sitios presentando valores mayores del sitio (Claro) en temperatura media y máxima que el sitio (Bosque) mostrando así que la vegetación amortigua las condiciones de temperaturas extremas. El comportamiento en las cronologías de los individuos de pino con mayor V.I.R en sitios de BP y BPE, mostró la importancia y relación de las variables precipitación y temperatura para el crecimiento anual en los anillos, siendo la precipitación el recurso hídrico fundamental ya que en BPE (sitio 2) fue mayor que (sitio 3) y (sitio 4) e incluso con respecto a los sitios en BP (sitio 1 y 5), coincidiendo así con los registros de los HOBOS donde la temperatura y (HR) son más estables debido a la estructura con mayor cobertura vegetal que favorece las condiciones microambientales y de crecimiento. La estructura de edades mediante anillos de crecimiento de las especies con mayor V.I.R en BP y BPE muestran que como tipo de bosque son bosques sucesionalmente maduros, mientras que como sitio son bosques juveniles (sitio1 y sitio 4) y maduros (sitio 2, 3 y 5).

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques cubren alrededor de 3,870 millones de hectáreas, cifra que representa el 30% de la superficie de la Tierra, donde el 56% son bosques tropicales y subtropicales y el 44% restante corresponde a bosques templados y boreales (FAO, 2001). No obstante, el 75% de los bosques del mundo, es decir, 2900 millones de hectáreas han desaparecido en los últimos 50 años, quedando solamente el 22% de la diversidad de los bosques primarios en estado de amenaza, debido a las altas tasas de deforestación, extracción de madera, la conversión a usos agrícolas o ganaderos, el pastoreo excesivo, y en menor medida las plagas, enfermedades e incendios forestales (Toledo y Ordóñez, 1993; Nigel y Francis, 1995; FAO, 1997; Abramovitz, 1998).

Los bosques templados mexicanos se sitúan como los más diversos del mundo (Rzedowski, 1991a) y además son considerados uno de los biomas más ricos en especies en nuestro país (Rzedowski, 1978). Estos bosques se extienden en las zonas altas de las montañas, principalmente en los estados de Chihuahua, Durango y Oaxaca (IFN, 2000), donde la población indígena tiene una importante presencia (Toledo, 2002). Tal es el caso de los habitantes de la comunidad Zapoteca y Mixe de Santa María Yavesía, donde la importancia de estos bosques se ve acentuada por el excelente estado de conservación en que se encuentran, lo cual permite analizar la estructura y composición original entre otras características de los bosques templados de la sierra norte. Localizados dentro de una de las áreas de más alta prioridad para la conservación (Sierras del Norte de Oaxaca-Mixe RTP-130), según la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) (Arriaga *et al.*, 2000).

En términos locales, los bosques de Santa María Yavesía representan un importante reservorio de servicios ambientales como oxígeno, captación de agua resultando manantiales (aprovechados por una cooperativa embotelladora de agua), contenido de carbono, hogar de la fauna (fuente importante de proteínas para la población local), hongos comestibles, plantas medicinales, y fuente de combustibles renovables como la madera.

La modificación de la composición y estructura del dosel puede ser una de las principales causas que ocasionan los cambios microclimáticos en el interior del bosque (Richardson y Bond, 1991; Young y Mitchell, 1994; González-Espinoza *et al*, 1995) o físico y químicos en el mantillo y suelo (Richardson y Bond, 1991; González-Espinoza *et al.*, 1995) que afecta de igual manera el crecimiento vegetal.

La investigación dendroecológica es una subdisciplina en la Ecología Forestal, que se enfoca en usar los anillos de crecimiento para monitorear los bosques y los factores físicos de su medio ambiente. El objetivo es estimar los procesos de crecimiento y productividad de las especies arbóreas, así como determinar la interrelación de los factores bióticos y abióticos (Copenheaver y Abrams, 2003). Hay varios factores que pueden influir sobre el crecimiento del anillo, desde los puramente ecológicos (competencia intraespecífica e interespecífica) hasta los antrópicos (prácticas silvícolas, extracción de agua), siendo el clima uno de los más importantes (Fritts, 1976).

Las interrelaciones de los árboles entre sí, como competencia, estructura de edades, relación edad/diámetro, mortalidad, etc., pueden estudiarse utilizando técnicas de dendrocronología. Además, otros fenómenos que están relacionados a la dinámica del bosque como infestaciones con insectos, aparición de determinadas plagas, incendios, aumento de poblaciones de animales que comen o ramonean partes de los árboles pueden cuantificarse empleando esta técnica (Rodríguez, 1997).

En este contexto se pretende dar continuidad y generar más información de la que se dispone en cuanto a la estructura del bosque mixto de montaña, así como de algunas variables microambientales cuantificables (temperatura y humedad relativa) durante un ciclo anual, con respecto a diferente densidad de *Pinus* spp y gradiente altitudinal, complementado con la dendrocronología, esperando contribuir a la discusión de los factores asociados a la diversidad presente y por tanto encaminadas a proponer prácticas de manejo sustentables para una conservación de los recursos.

II. ANTECEDENTES

2.1 ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LAS COMUNIDADES VEGETALES.

Una proporción importante de los estudios en ecología vegetal ha estado dirigida hacia el reconocimiento de la composición y estructura de las comunidades vegetales, es decir, del conjunto de especies que las conforman y el arreglo que éstas toman en el espacio (Hunter, 1999). El conocimiento de la vegetación ha sido uno de los objetivos centrales de múltiples actividades de investigación y desarrollo científico, dada la importancia que tiene como subsistema fundamental de los sistemas ecológicos (Mateucci y Colma, 1982). Los estudios descriptivos de la vegetación que han considerado los atributos fisonómico-estructurales, datan de principios del siglo XIX y continúan en la actualidad, siendo útiles como indicadores de los cambios en la estructura, la composición y el patrón espacial de las comunidades vegetales (Mateucci y Colma, 1982).

Las comunidades vegetales pueden definirse como el conjunto de especies que comparten una determinada área y guardan cierta afinidad una con la otra (González Medrano, 2004). Éstas presentan una composición florística determinada, una uniformidad fisonómica y condiciones de hábitat semejantes. También son descritas a través de las especies que contribuyen en la propia estructura de la comunidad (Müeller-Dombois y Ellenberg, 1974; Kent y Coker, 1992).

La estructura de la vegetación de acuerdo con Dansereau (1957), se define como la organización espacial de los individuos que forman una asociación vegetal, donde las formas de crecimiento, la estratificación y la cobertura son elementos primarios de la misma. Resulta de primordial importancia contar con elementos que describan la estructura de la vegetación en distintos niveles (estratificación, composición y cobertura) (Müeller-Dombois y Ellenberg, 1974), ya que permiten delimitar las comunidades que se establecen en un área, con base en la dominancia de una o varias especies (Mackenzie *et al.*, 1998).

Se entiende por estratificación la ocurrencia de las partes de los organismos a distintos niveles del suelo, debido a las diferencias de requerimientos entre ellos (luz, temperatura, humedad, materia orgánica y otros elementos) (Whittaker, 1975; Krebs, 1995). La estratificación o estructura vertical se determina a través de la altura de los individuos, la forma biológica y crecimiento de éstos. La altura de los organismos es considerada un indicador de las condiciones o éxito de una especie en un ambiente favorable (Hanson y Churchill, 1961).

La estructura diamétrica u horizontal proporciona la cobertura que abarcan las formas de vida en un área delimitada; ambos (estratificación y cobertura) son parámetros cuantitativos (González Medrano, 2004). Por otra parte, las variables que detallan el comportamiento, rendimiento, abundancia o dominancia de las comunidades vegetales pueden ser continuas cuando se trata de la biomasa, el área basal, la altura y la cobertura medida en función del espacio bidimensional ocupado; o discretas como la densidad, la frecuencia o la cobertura determinada a partir de unidades puntuales (Mateucci y Colma, 1982; Chen y Bradshaw, 1999).

Algunos ecólogos adjudican el papel de dominantes a aquellas especies que tienen mayor representatividad numérica; sin embargo, la abundancia por sí sola no es suficiente. De acuerdo con Krebs en (1995), las especies dominantes son aquellas que tienen un elevado índice de éxito ecológico y determinan en gran medida las condiciones bajo las cuales crecen las especies vinculadas con ellas. La dominancia indica la influencia que presenta una o más especies en una determinada área, aunque no siempre se trate de las más abundantes, incluyendo a las poblaciones que de igual manera son reducidas en número (Hanson y Churchill, 1961). Las especies dominantes son las que controlan el flujo de energía en mayor proporción.

La densidad, área basal y frecuencia, son variables que se relacionan con la importancia que tiene cada especie en la composición total de la comunidad vegetal. No obstante, algunos autores consideran que las variables de manera individual no detallan las características de las comunidades, ni permiten compararlas con diferentes formas de crecimiento; por ello proponen combinar éstas tomando como base sus valores relativos (Mateucci y Colma, 1982). Al combinar o sumar los valores relativos, es posible obtener un mejor parámetro conocido como el índice o valor de importancia, que señala las especies con mayor relevancia ecológica en una comunidad. La aplicación del índice de importancia permite identificar las especies más sensibles a las perturbaciones ambientales, dada su baja representatividad en la comunidad; además de ser un apoyo metodológico para medir la diversidad biológica entre comunidades (Magurran, 1988).

Asimismo, la heterogeneidad de los factores ambientales como la pendiente, la variación topográfica, la disponibilidad de lluvia, etc., pueden influir en la diversidad biológica (Wilson, 2000).

Distintos estudios han contribuido al conocimiento de los factores que determinan la diversidad correlacionando la riqueza local de especies y factores abióticos; sin embargo, es necesario continuar con estudios que promuevan el entendimiento de los cambios en la composición de las comunidades (Ricklefs y Schluter, 1993), para encontrar las causas de la diversidad y de una planeación adecuada para su conservación; sobre todo ante la amenaza que implica eventos como la deforestación, la pérdida acelerada de especies (donde los países tropicales han sido los más afectados) (Millennium Ecology Assessment, 2005) y el cambio climático global.

2.2 LA ESTRUCTURA DEL BOSQUE Y SU MICROCLIMA.

El microclima del interior del bosque es un determinante en su dinámica. La temperatura y la humedad establecen las características y respuestas fisiológicas de los organismos que conforman este sistema (Kellomaki y Väisänen, 1997; Tejelmark, 1998).

La estructura del bosque (que incluye la estratificación de la vegetación, la altura, cobertura del dosel y la densidad de árboles, arbustos y hierbas) condiciona un microclima particular (Pardé, 1978; Whitmore, 1990), ya que las copas de los árboles separan el medio forestal del atmosférico y amortiguan las variaciones climáticas que se dan en el exterior del rodal (Cachan, 1978). Esto protege a los árboles de las heladas y de la insolación intensa que pueden causar incluso la muerte de individuos saludables (Schnitzler y Borlea, 1998). Adicionalmente, las variaciones estacionales del clima en el interior del bosque afectan la distribución de especies (Leathwick, 1995), los fenómenos de floración, fructificación, germinación y crecimiento (Diller, 1935; Pardé, 1978; Barbour *et al.*, 1987; Kellomaki y Vaisanen, 1997; Tejelmark, 1998), así como mecanismos fisiológicos de cada individuo (Bergh *et al.*, 1998).

En el caso de los bosques de encino, la morfología de la mayoría de especies de latifoliadas que se encuentran en él, contribuyen a que las condiciones microclimáticas en el interior del bosque sean menos cambiantes. En general, las latifoliadas son árboles con hojas anchas que sirven de protección contra la radiación directa y también ayudan a cubrir una mayor área de retención de humedad (Perry, 1994).

En el caso de los pinos sus acículas pueden tener una menor área foliar, que tal vez no alcanzaría a amortiguar los cambios de temperatura y humedad que se dan dentro y fuera del dosel (Perry, 1994), sin embargo lo hacen mediante la transpiración.

2.3 ELEMENTOS CLIMÁTICOS.

El microambiente en el bosque está controlado principalmente por la cubierta vegetal, los diferentes estratos, la densidad de la vegetación y por la composición, características físicas del sitio. En consecuencia, el microclima existente cerca del suelo es la suma de interacciones atmosféricas imperantes en la región, movimiento del aire, humedad atmosférica y composición, específicamente en esa pequeña área (Hernández, 2007).

2.3.1 Radiación solar.

El sol provee de la energía necesaria para que las plantas efectúen la fotosíntesis y es responsable del calentamiento del aire y del suelo. La energía que alcanza el piso forestal puede variar ampliamente bajo diferentes tipos de sombra, pero existe evidencia de que el desarrollo de las raíces de las plántulas se reducen si éstas crecen en niveles bajos de iluminación, independientemente de su tolerancia (Hernández, 2007).

La radiación solar es transmitida en un amplio espectro que incluye la luz visible y radiación ultravioleta, por un lado, y el calor o radiación infrarroja por el otro. La luz es absorbida por las plantas, rocas, suelo y el aire alrededor de los objetos y también es transferida entre éstos. La temperatura del aire varía de igual forma que la energía solar, ya que la estructura del bosque modifica el perfil térmico debido a que la cubierta vegetal, las hojas, ramas y troncos, dentro y fuera del dosel absorben y emiten radiación (Pardé, 1978; Barbour *et al.*, 1987).

2.3.2 Temperatura y humedad.

La temperatura y la humedad, combinadas, son factores que frecuentemente limitan el establecimiento de la regeneración, toda vez que el sitio pueda proveer la luz necesaria para el crecimiento. Musálem y Solís (2000) reportan que uno de los factores que más influyen en la temperatura del suelo, es la condición de la apertura del dosel, registrándose en general, las más altas temperaturas en las condiciones del dosel abierto. Señalan además, que en la condición de apertura del dosel cerrado, se observa una menor variación, debido probablemente a las condiciones microclimáticas que se generan (Hernández, 2007).

2.3.3 Humedad atmosférica y movimiento del aire.

La humedad relativa influye en la evapotranspiración; si el déficit de presión de vapor es más alto en el aire, la planta y el suelo perderán agua. Por otra parte, aunque la velocidad del viento decrece dentro de los rodales, y es casi imperceptible a nivel del suelo, su efecto desecante sobre el dosel es un hecho bien conocido (Spurr y Barnes, 1980).

Por su parte Pardé (1978) y Chen *et al.* (1999) mencionan que la precipitación pluvial y la humedad relativa están muy relacionadas con la penetración de la neblina y de los vientos, y en el interior del bosque la velocidad del viento disminuye y con ello se reduce la tasa de desecación. De esta forma se conserva una mayor humedad en el interior del bosque con respecto a las condiciones que prevalecen fuera del dosel y en hábitats sin cubierta arbórea.

También el movimiento del aire por el viento, dentro de los bosques hace las veces de un agente polinizante de corredores y por los cuales se diseminan las semillas de los árboles (Hernández, 2007).

2.4 ELEMENTOS FISIAGRÁFICOS.

La fisiografía del terreno influye, directamente en el desarrollo de los árboles. Sin embargo, los cambios que sufra determinan un cambio directo en otros factores como la temperatura. Así, por ejemplo las formas de terreno cóncavas tienden a ser más calientes. Por otra parte el microrelieve también es importante, ya que la supervivencia de plántulas es mayor en pendientes bajas con suelos profundos (Hernández, 2007).

2.4.1 Pendiente.

La inclinación del terreno determina el grado potencial de erosión y las características del suelo, pues en pendientes pronunciadas está latente la probabilidad de daño directo a las plántulas por arrastre de suelo y rocas, entre otros materiales; la pendiente es determinante para la posibilidad de humedad, lixiviación de nutrientes y para el desarrollo del suelo, observándose que el grado de pendiente se asocia por lo general de manera inversa con la profundidad de los suelos (Spurr y Barnes, 1980).

2.4.2 Exposición.

La exposición de un sitio influye en buena medida en la humedad del suelo. Las pendientes orientadas al sur, experimentan mayor cantidad de radiación y temperaturas más elevadas que las orientadas al norte (Spurr y Barnes, 1980).

2.4.3 Factor edáfico.

El proceso de regeneración forestal está restringido a un microambiente específico en el cual los árboles deberán resistir la etapa más crítica de su existencia (Pérez, 2005).

2.5 INVESTIGACION DENDROCRONLÓGICA.

En el año 1901, Andrew E: Douglass, conocido como “El padre de la Dendrocronología”, observó que los anillos expuestos en un tronco cortado en un pino en Flangstaff, Arizona, EUA, exhibían variaciones en su anchura. Se preguntaba si los árboles de Arizona eran influenciados más por la humedad disponible que por la competencia dentro del rodal, y si la humedad disponible tenía un efecto de correspondencia sobre el ancho de los anillos. Analizó que si esto era cierto, los años secos deberían registrarse como anillos delgados y podría usar el grosor de los crecimientos como una prueba para un registro de largo alcance del tiempo y del clima.

No fue hasta 1911 que Douglass se dio cuenta del verdadero significado de sus observaciones. De esta manera estableció el fechado-cruzado, un procedimiento que podía aplicarse en áreas donde el crecimiento de un anillo está limitado de manera frecuente por el clima. Douglass derivó dos importantes implicaciones de su descubrimiento: a) el fechado-cruzado, el cual al estudiar el modelo de anillos anchos y delgados podría utilizarse como una herramienta cronológica para identificar el año calendario exacto en que se formaron los anillos de crecimiento. Para lograr lo anterior, se requiere que el año del último anillo sea conocido y que las variaciones relativas de los anillos se observen en muchos árboles; b) la segunda implicación es que los modelos del ancho de los anillos en sí mismos, representen un registro de las condiciones ambientales sobre una región. Las variaciones observadas del ancho de los anillos se pueden atribuir a las condiciones locales dominantes del hábitat donde se desarrollan los árboles y de esta manera se registran las variaciones mesoclimáticas de la región (Villanueva, 2004).

2.5.1 Definición de dendrocronología.

La palabra *dendrocronología* proviene del griego: *dendros* que significa árbol, *cronos* tiempo y *logos* conocimiento. La dendrocronología es el conocimiento o estudio de la edad de los árboles (Fritts, 1976).

Si se considera a cada árbol como un instrumento capaz de registrar todos los fenómenos que ocurren en el medio que lo rodea, la dendrocronología no es otra cosa que la ciencia que interpreta, o “lee” dicho registro ambiental (Dendrocronología, 2002).

2.5.2 Estructuras celulares.

Existe una diferenciación entre las gimnospermas (plantas que no producen flores) y las angiospermas (plantas que sí producen flores). Los crecimientos o anillos de las gimnospermas, como son las coníferas está dominada por traqueidas, que son células orientadas verticalmente, con paredes celulares relativamente lignificadas. Las traqueidas a lo largo de la porción interna de un anillo son anchas y poseen paredes celulares delgadas. Estas células anchas forman la madera temprana (madera de primavera), de constitución porosa, con baja densidad y de tonalidad brillante. En alguna sección de la parte media del anillo, las traqueidas se tornan planas, con paredes gruesas y dan lugar a la madera tardía (madera de verano). La transición entre madera temprana y tardía puede ser gradual en algunas especies y abrupta en otras (Villanueva, 2004).

En la madera de las gimnospermas, los espacios tubulares de orientación vertical y que conectan las células tanto horizontal como verticalmente, se denominan canales resiníferos. Estos vasos resiníferos pueden estar dispersos, agrupados o ausentes en el anillo de crecimiento (Figura 1). La exudación de resina de estos ductos en tejido dañado ayuda a proteger el árbol del ataque posterior de insectos o enfermedades (Villanueva, 2004).

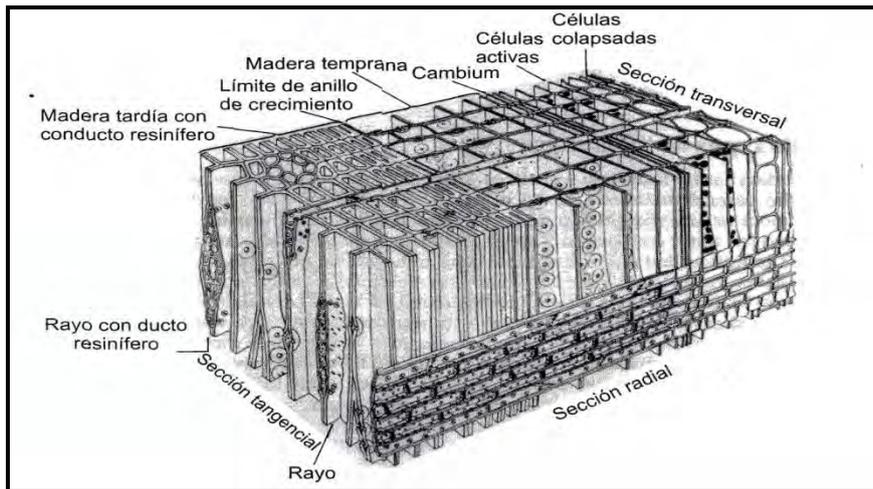


Figura 1: Estructura celular de la madera de gimnospermas (coníferas) (Villanueva, 2004).

2.5.3 Identificación de anillos de crecimiento.

En bosques templados, en árboles de coníferas en desarrollo, se adiciona anualmente una capa de madera justo debajo de la corteza, desde el nivel del suelo hasta la punta y en alrededor de todo el fuste.

El anillo anual de crecimiento del xilema se forma al exterior del que se formó en el año anterior. Este se divide en dos porciones conocidas como madera temprana y madera tardía. Las células (traqueidas) de la madera temprana se forman al inicio de la época de crecimiento, durante un período rápido de crecimiento radial. En la madera tardía, la actividad del cambium decrece y las traqueidas presentan paredes gruesas con cavidades progresivamente más chicas. Este contraste de las últimas células son las primeras del año siguiente, es lo que delimita a un anillo de crecimiento anual (Figura 2) (Villanueva, 2004).



Figura 2: Identificación de anillos de crecimiento en *Pinus pseudostrobus* (Foto: Edgar Orta Mendoza).

2.6 LOS BOSQUES TEMPLADOS DE MÉXICO Y LA SIERRA NORTE DE OAXACA

México presenta una de las floras más variadas del continente americano, como consecuencia de la situación territorial entre dos grandes zonas: la templada del norte y la tropical, con una extensión amplia de zona subtropical, reflejando en gran medida la diversidad de climas y suelos producidos por la variación topográfica y la historia geológica (Miranda y Hernández, 1963; Rzedowski, 1993; Mittermeier y Mittermeier, 1992; CONABIO, 1998).

Es importante señalar que en América el espacio donde se unen las dos principales regiones biogeográficas del planeta (neártica y neotropical) es en México, país en el que hay una importante cantidad de endemismos, principalmente en estados como Oaxaca -el más rico-, seguido por Chiapas, Veracruz, Guerrero y Michoacán ya que la mayor biodiversidad del planeta está en la franja intertropical (entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio) porque hay mayor radiación solar incidente y por que las plantas trabajan en el proceso de fotosíntesis todo el año (Mittermeier y Mittermeier, 1992). Así por ejemplo a nivel mundial México se encuentra como el tercer país después de China e Indonesia con el mayor número de especies endémicas de plantas vasculares con alrededor de 15 000 especies (CONABIO, 2006).

México junto con China, India, Perú y Colombia, es uno de los cinco países con mayor diversidad de ecosistemas, lo que se refleja en la variedad de ecorregiones caracterizadas; prácticamente todos los tipos de vegetación terrestre conocidos se encuentran representados en el país (Cloud y Toledo, 1988; CONABIO 2006). Particularmente los bosques templados, cubren la mayor parte de las montañas, con dominancia de pinos, encinos y bosques mixtos en climas templado subhúmedos (García, 1988). Estos bosques albergan gran abundancia de especies y endemismos de plantas vasculares (Rzedowski, 1993), coníferas (Styles, 1993), vertebrados terrestres (Flores y Geréz, 1989), mamíferos, anfibios y reptiles (Flores-Villela, 1993).

México se ubica entre los cinco países llamados “megadiversos”, que albergan entre 60 y 70% de la diversidad biológica conocida del planeta. La diversidad conjunta de especies de México representa aproximadamente 12% del total mundial. Situándose junto con Brasil, Colombia e Indonesia como el tercer país más megadiverso para los diferentes taxa (Mittermeier y Mittermeier, 1992; CONABIO, 2006); particularmente se calcula que en México existen alrededor de 220 familias de fanerógamas, 2 410 géneros y 26 000 especies, cifras que lo sitúan en el cuarto lugar a nivel mundial (CONABIO, 1998).

Los bosques templados de México son considerados como ecosistemas prioritarios por la gran riqueza de especies que presentan (Challenger, 1998), con características exclusivas debido al aporte de elementos de origen boreal y meridional y un porcentaje elevado (cercano al 70%) de endemismos, como consecuencia de la conformación de regiones que han funcionado a manera de islas, en las partes más elevadas del occidente norteamericano (Rzedowski, 1991a, b).

México ocupa un lugar importante como centro primario en diversidad de pinos (*Pinus* spp.) a nivel mundial y de diversidad de encinos (*Quercus* spp.) en el hemisferio occidental (Nixon, 1993; Styles, 1993; Challenger, 1998). En él se encuentran cerca de 55 especies de pinos, que representan la mitad de las que se distribuyen a nivel mundial (CONABIO, 1998), y el 85% son especies endémicas del país (Styles, 1993). En el caso de los encinos, se encuentran entre 135 y 150 especies, de las cuales 94 son endémicas (Valencia, 2004), representando alrededor del 40% de la diversidad mundial (Nixon, 1993).

De los 32 estados de la República Mexicana, Oaxaca después de Chiapas es considerado como el segundo estado más diverso con la presencia de 10,000 especies de plantas vasculares (García-Mendoza, 2004), que representan casi la mitad del total estimado para México (Rzedowski, 1978).

Oaxaca se encuentra dividido en 8 regiones: Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Papaloapan, Sierra Norte, Sierra Sur y Valles Centrales (García-Mendoza, 2004); particularmente la Sierra Norte de Oaxaca (también conocida como Sierra de Juárez), se caracteriza por la presencia de grandes pendientes y barrancas, originando una gran variación topográfica, altitudinal, diversidad de substratos geológicos y climas. Estas características ambientales, determinan en gran medida, un mosaico de comunidades y formaciones que incluyen algún tipo de vegetación perenne, donde el bosque mesófilo de montaña es predominante, aunque represente menos del 1% en nuestro país (Heywood y Davis, 1997).

La sierra Norte de Oaxaca, se encuentra cubierta por grandes extensiones de bosques de *Quercus*, *Pinus* y *Abies*, así como pequeñas zonas de matorrales (García y Torres, 1999), con un alto número de endemismos (Lorence y García-Mendoza, 1989), y una importante riqueza de especies de pinos y encinos. Se han registrado 14 especies y 2 variedades de pinos (Styles, 1993; Del Castillo, 2004) y 52 especies de encinos (Valencia y Nixon, 2004).

Debido a la diversidad de estos bosques, la Sierra Norte de Oaxaca ha sido incluida como área prioritaria para la conservación (Sierras del Norte de Oaxaca-Mixe RTP-130), de acuerdo a los criterios establecidos por CONABIO (Arriaga *et al.*, 2000).

Actualmente, la superficie cubierta por los bosques templados en México alcanza alrededor del 16% (Palacio *et al.*, 2000), cifra mucho menor si se considera el área potencial (25%) propuesta por Rzedowski (1990). De los bosques remanentes, aproximadamente el 40% son clasificados como bosques secundarios con dominio de vegetación arbustiva o herbácea (Velázquez, *et al.*, 2002). Esta disminución ha sido consecuencia de las prácticas agrícolas y ganaderas no sustentables, la explotación de los recursos maderables e incendios forestales.

III. JUSTIFICACIÓN

El bosque de Yavesía es de gran importancia en términos ecológicos, ya que se observa una alta diversidad beta, poco común para los bosques templados, con especies de pino que representan cerca del 10% de la diversidad mundial y de encino con el 7.5% de la diversidad nacional (Benítez y Trejo, 2004). Además de los servicios ambientales que proporciona, como en las zonas altas del territorio, que se lleva a cabo una importante captación de agua que alimenta escurrimientos permanentes y temporales que terminan por verter gran parte de su contenido en el río Papaloapan (INEGI, 1999), siendo éste una de las cuencas hidrológicas primarias para la subsistencia de varias comunidades aledañas e incluso grandes ciudades (Trejo, *com. pers*).

Estudios realizados por Benítez y Trejo (2004), Benítez (2006) y Aguilar (2007) han contribuido al conocimiento de la estructura, composición y diversidad de especies en estos bosques templados; sin embargo, es necesario continuar con estudios y técnicas que involucren otros factores en la dinámica forestal. Tal es el caso de la dendrocronología, disciplina que utiliza el crecimiento de los anillos de árboles fechados al año de su formación, como un método indirecto o “proxy” para analizar el clima. Resaltando el echo que la mayoría de trabajos dendrocronológicos realizados en México corresponden a cronologías de anillos de árboles derivadas de coníferas del centro, norte y noroeste de México (Villanueva, 2004), quedando la parte sur por explorar.

De aquí la importancia de conocer la relación de parámetros estructurales y condiciones microambientales en los diferentes tipos de bosque planteados, y que en su caso favorecen el óptimo crecimiento de los individuos de pino. Con la finalidad de una planeación adecuada para su conservación, sobre todo ante la amenaza que implica eventos como la deforestación y el cambio climático global.

IV. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.- ¿Existen diferencias en la estructura (altura, cobertura, densidad, dominancia, frecuencia y valor de importancia) en bosque de pino, encino y pino-encino?

2.- ¿Cómo se comportan las variables de temperatura y humedad en un ciclo anual para cada uno de los cuatro microambientes propuestos?

3.- ¿El desarrollo en anchura de anillos de crecimiento está relacionado con la temperatura y/o la humedad?

4.- ¿El desarrollo en anchura de anillos de crecimiento está relacionado con el índice de dominancia de pinos o de encinos?

V. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la estructura, condiciones microambientales (temperatura y humedad) y anchuras de anillos de crecimiento en bosques de la comunidad de Santa María Yavesía, Oaxaca con diferente densidad de *Pinus* spp.

OBJETIVOS PARTICULARES:

1. Caracterizar y comparar la estructura (densidad, frecuencia, dominancia y valor de importancia) específica del estrato arbóreo en bosques con diferente densidad de *Pinus* spp.
2. Comparar las condiciones microclimáticas (temperatura y humedad relativa) bajo el dosel de bosques con diferente densidad de *Pinus* spp. durante un ciclo anual.
3. Realizar y comparar las cronologías entre sitios mediante la obtención de muestras de anillos de crecimiento de individuos de pino.
4. Comparar la estructura de edades mediante anillos de crecimiento de individuos de pino, presentes en bosque de pino y de pino-encino.

VI. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

6.1 Localización

El municipio de Santa María Yavesía se localiza en la cabecera de la cuenca del río Papaloapan, en la Sierra de Juárez, Oaxaca. Cuenta con 6,455 hectáreas cubiertas en su mayoría por bosques templados. Se localiza entre las coordenadas 17°08' 30"-17°15'45" de latitud norte y 96°21'15"-96°27'45" de longitud oeste (Ramírez *et al.*, 2001; Jiménez, 2004); Colinda al norte con el municipio de Santiago Xiacui, al sur con Villa Díaz Ordaz, al este con Santiago Laxopa y al oeste con San Miguel Amatlán; todos ellos del Distrito de Ixtlán, excepto Díaz Ordaz, el cual pertenece al Distrito de Tlacolula (Aguilar, 2007) (Figura 3).

6.2 Relieve

Yavesía posee un relieve muy accidentado en el que predominan pendientes entre 16° hasta 35° que ocasiona un rápido descenso en la altitud y que determinan un paisaje verdaderamente escarpado. El intervalo altitudinal en la comunidad de Yavesía oscila de los 1900 hasta los 3280 msnm. Cuenta con tres principales cañadas y un número variado de cañadas menores que convergen en el río Yavesía que fluye en dirección noroeste y atraviesa a la comunidad (situada alrededor de los 2000 msnm) (Benítez, 2006; Aguilar, 2007).

6.3 Geología

La Sierra Norte de Oaxaca corresponde al terreno tectonoestratigráfico Juárez o Cuicateco, constituido principalmente por rocas ígneas y sedimentarias que resultaron del desarrollo de volcanes submarinos al tiempo que avanzaba el mar durante el Jurásico Tardío-Cretácico, con una estratigrafía constituida por una alternancia de derrames basálticos, tobas, materiales volcanoclásticos y calizas (Delgado-Argote, 1988; Centeno-García, 2004). En el área de estudio se logra diferenciar dos tipos de roca de acuerdo al origen geológico: a) por un lado se observa un sustrato litológico formado por rocas metamórficas con unidades constituidas por esquistos y pizarras del Cretácico inferior; b) por otra parte se distinguen rocas ígneas extrusivas de

Andesitas porfídicas de color gris oscuro que intemperiza a verde oscuro y café; éstas se presentan en la parte alta de la comunidad y son rocas del Oligoceno superior-Mioceno inferior (SPP, 1984; Aguilar, 2007).

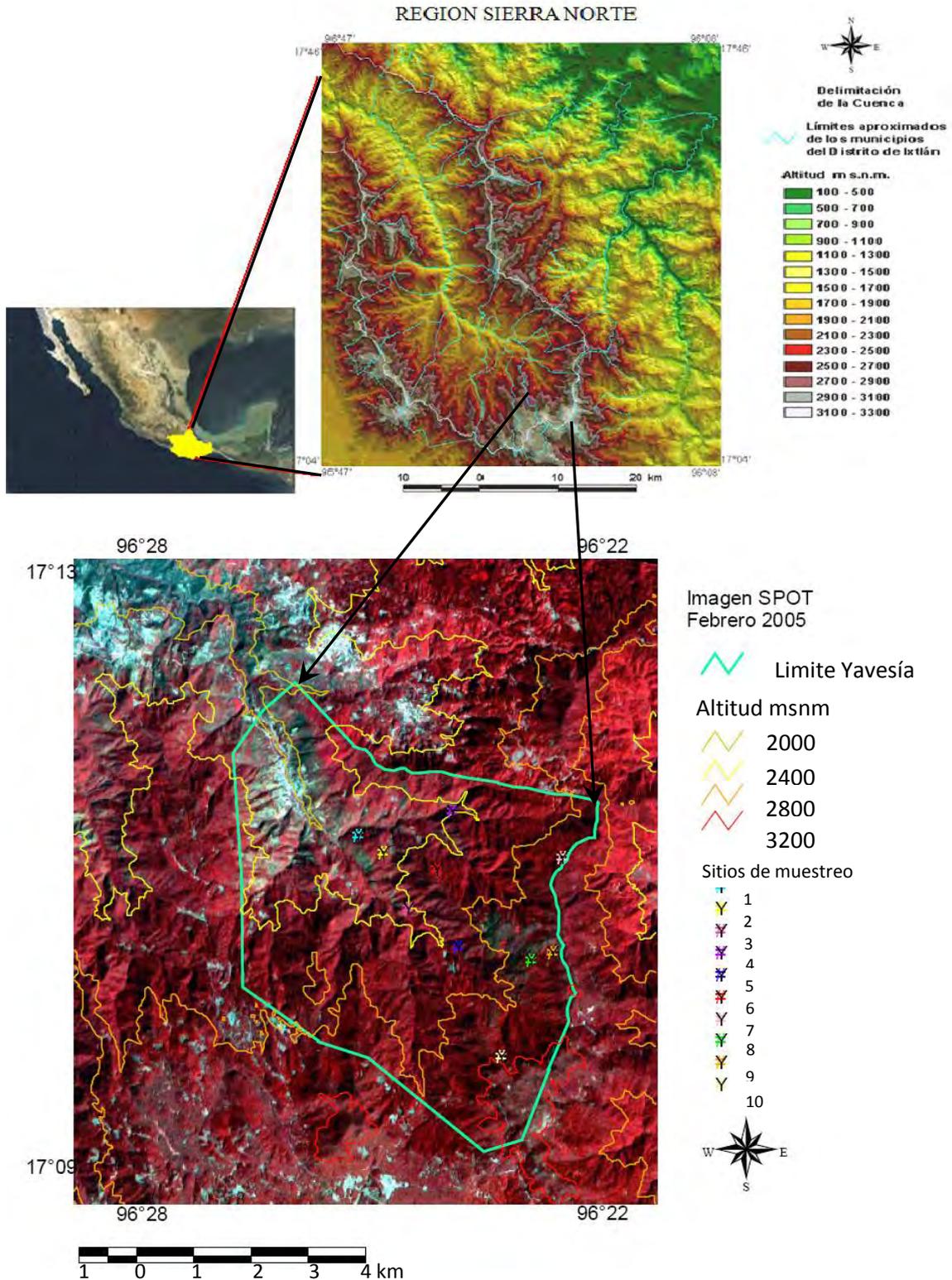


Figura 3. Ubicación geográfica del sitio de estudio; Municipio de Santa María Yavesía, Oaxaca. México. Modelo digital (Benítez, 2006).

6.4 Edafología

De acuerdo a la clasificación de suelos de la FAO-UNESCO, el municipio de Yavesía posee tres tipos de suelo: cambisol, el de mayor predominancia, con las subfases crómica y húmicas; luvisol crómico y litosol como suelos secundarios (SPP, 1984; Aguilar, 2007).

- Cambisol: Suelo joven, con poco desarrollo. Cuenta con una capa de terrones en el subsuelo que cambian con respecto al tipo de roca subyacente, con acumulación de calcio y arcilla principalmente; es un suelo que muestra de alta a moderada susceptibilidad de erosión.

- Litosol: Suelo con una amplia distribución. No presentan desarrollo, con una profundidad menor a 10 cm, con características variables de acuerdo al material que lo forma. La susceptibilidad a la erosión depende de la zona donde se encuentre y puede ser desde moderada a muy alta y en los bosques y selvas se les da un uso forestal.

- Luvisol: Son suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas, por lo tanto se restringe a la vegetación natural de selvas o bosques; presentan una acumulación de arcilla en el subsuelo, de color rojo o claro, moderadamente ácido. Presentan una alta susceptibilidad a la erosión.

6.5 Hidrología

En la parte más alta de Santa María Yavesía se localiza el parte aguas de la Cuenca del Río Papaloapan, cuyos escurrimientos vierten su contenido hacia el Valle de Oaxaca (Río Norato y Cajonos) y hacia el Golfo de México (Río Socorro, Guacamayas y Yavesía). Además en las zonas altas, las rocas debido

a su fracturamiento y permeabilidad secundaria, permiten la recarga de agua (Ramírez *et al.*, 2001) y el nacimiento de manantiales (Aguilar, 2007).

Un gran número de escurrimientos perennes y temporales alimentan a los principales ríos de la comunidad: Guacamayas y Socorro que confluyen a su vez en el río Yavesía (INEGI, 1999). La comunidad hace uso del agua para sus necesidades domésticas y es empleada además para riego de sus parcelas lo cual eleva la calidad de vida de los habitantes; mientras que el agua de los manantiales se embotella y comercializa dando un valor agregado al recurso.

6.6 Clima

El tipo de clima se determinó en los estudios realizados por Benítez (2006) y Aguilar (2007) con los datos de dos estaciones meteorológicas que se encuentran más cercanas al área de estudio. La primera ubicada a una altitud de 1950 msnm, en la comunidad de San Pedro Nolasco también conocida como Xiacui; mientras que la segunda estación se ubica en la comunidad de Cuajimoloyas, a una altitud de 3150 msnm.

De acuerdo al sistema de clasificación de Köppen modificado por García (1988), en la parte baja, el clima es templado con verano fresco largo, subhúmedo con régimen de lluvias en verano C(w2)(w)igw. En la parte más alta de la cuenca existe un clima semifrío con verano fresco largo, subhúmedo con régimen de lluvias en verano Cb'(w2)(w)ig.

6.7 Vegetación

En Santa María Yavesía se encuentran una serie de comunidades vegetales que pueden definirse por su fisionomía, estructura, composición y fenología, debido al gradiente altitudinal (de 1900 hasta los 3280 msnm) (Benítez, 2006; Aguilar, 2007).

Benítez y Trejo en 2004, mencionan que en las zonas más altas, principalmente en aquellas de clima semifrío, expuestas al viento, cercanas a los 3200 m, se observa la presencia de bosques de *Pinus hartwegii* y *P. ayacahuite*, con árboles de hasta 50 m de altura. También se observan bosques dominados por *Abies hickelii* entre los 2600 y 3000 m distribuidos principalmente en las cañadas (Jiménez, 2004), y *Quercus ocoteaefolia* en zonas más húmedas; estas especies son reemplazadas por *P. lawsonii* y *P. patula* en las zonas medias (Aguilar, 2007).

En la parte media y baja se observan bosques mixtos de *Pinus-Quercus*, de *Quercus-Pinus* y de *Quercus* con las siguientes especies: *P. leiophylla*, *P. patula* var. *longipedunculata*, *P. oaxacana*, recientemente clasificado como *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* (Del Castillo, 2004), *P. lawsonii*, *P. herrerae*, clasificado actualmente como *P. teocote* (Del Castillo, 2004) y *P. pseudostrobus*; mientras que de encinos se encuentran individuos de *Quercus acutifolia*, *Q. castanea*, *Q. crassifolia*, *Q. glabrescens*, *Q. laeta*, *Q. laurina*, *Q. obtusata* y *Q. rugosa* (Benítez, 2006). En las partes más bajas, cercanas al poblado, se establecen encinares caducifolios (*Q. liebmanii*), en laderas con exposición al sur y con la aparición de elementos tropicales, como el caso del género *Bursera* (Benítez y Trejo, 2004).

Debido a la presencia de diversos escurrimientos de agua permanentes e intermitentes existen especies que se distribuyen casi exclusivamente en este tipo de hábitats con alta humedad, tal es el caso de *Alnus jorullensis* var. *jorullensis*, *Salix paradoxa*, *Tilia mexicana* y *Telantophora andrieuxii*, entre otras, así como plantas acuáticas como *Hydrocotyle mexicana* (Benítez, 2006).

Además existen parches de vegetación azonal determinados por el sustrato, principalmente en afloramientos rocosos en los que se encuentran diferentes especies de los géneros *Agave*, *Echeverria*, *Hechtia*, *Mammillaria* y *Sedum* (Benítez, 2006).

VII. MÉTODO

7.1 SELECCIÓN DE SITIOS

1.- Con la finalidad en dar seguimiento y complementar la información generada en trabajos realizados por tesis de licenciatura y maestría, los sitios fueron seleccionados en función de que en ellos se cuenta con un registro de datos en variables útiles para este estudio, en base a los criterios que a continuación se describen.

- a) Se seleccionaron 6 sitios que representan diferentes condiciones de bosque en la zona [dos rodales de bosque de pino (BP), tres rodales de bosque de pino-encino (BPE) y un rodal de bosque de encino (BE)] y uno sin cobertura arbórea claro- pastizal (P). Se procedió a georeferenciar y ubicar cada sitio boscoso con ayuda de un geoposicionador (GPS) etrex Vista Garmin 2000.
- b) Para definir los tres hábitats boscosos se tomó en cuenta las siguientes características del sitio: Los bosques de pino deben presentar una evidente dominancia del género *Pinus* spp. tanto de hojarasca como de individuos. Los bosques de pino-encino presentar una mezcla del género *Pinus* spp. y del género *Quercus* y de otras plantas latifoliadas tanto de hojarasca como de individuos. El bosque de encino presentar una dominancia de representantes de *Quercus* y de otras plantas latifoliadas, tanto de hojarasca como de individuos.

7.2 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURA ARBOREA DE LOS SITIOS

Los seis sitios boscosos elegidos son parte del área de estudio en el trabajo realizado por Wong (2009), donde cada sitio estuvo representado por una superficie de 1 hectárea dividida en diez círculos con un área de 1000 m² cada uno, diámetro de 35.6 m y una distancia de 50 m entre cada círculo (Figura 4). Para evaluar la estructura arbórea se estableció un círculo con 2 radios, 1 menor (de 8.9 m) dentro del principal (17.8 m). En ambos círculos se midieron la altura y el diámetro del árbol tratando de identificar la especie; en el círculo pequeño se contabilizaron todos los árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 1 cm, mientras que en el círculo grande se midieron todos los árboles a partir de un diámetro ≥ 10 cm (BOLFOR, 2000).

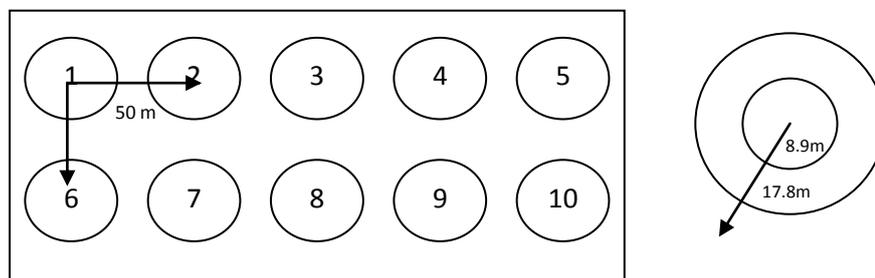


Figura 4. Características de un sitio de muestreo, círculo de 1000 m².

7.3 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Con los datos obtenidos en el trabajo de campo y tras determinar la identidad taxonómica de los ejemplares colectados se realizó el análisis de los parámetros estructurales del estrato arbóreo en cada uno de los sitios

➤ Área basal

Se obtuvo con la fórmula del área de un círculo y obtener el área basal:

$$\text{Área basal} = \pi \left(\frac{D^2}{4} \right)$$

Donde:

D = Diámetro a la altura del pecho

$\pi = 3.1416$

A partir del área basal, se calculó el área basal relativa (ABR), que es el área total de una especie expresada en por ciento del área basal de todas las especies en un área dada.

$$ABR = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\Sigma \text{ del área basal de todas las especies}} \times 100$$

Otros aspectos importantes en la estructura son la densidad, frecuencia y dominancia relativas de las especies las cuales se calcularon de la siguiente manera:

➤ **Densidad**

Es el número de individuos de una especie en el área muestreada. Posteriormente se calculó la densidad relativa (DR), que considera el número de individuos de una especie, expresada en porcentaje en relación al número total de todas las especies.

$$DR = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\Sigma \text{ de todos los individuos de todas las especies}} \times 100$$

➤ **Frecuencia**

Es la ocurrencia (presencia) de las especies en cada círculo de muestreo. La frecuencia relativa (FR) se calculó con la siguiente fórmula:

$$FR = \frac{\text{Frecuencia de la especie}}{\Sigma \text{ de las frecuencias de todas las especies}} \times 100$$

➤ **Dominancia**

Es el área basal promedio de cada especie en un área determinada. Posteriormente se calculó la Dominancia relativa (DomR), que es el total del área basal de cada especie expresada en porcentaje del área basal de todas las especies.

$$DomR = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\Sigma \text{ de las áreas basales de todas las especies}} \times 100$$

Finalmente a partir de la información aportada en valores relativos por la densidad, frecuencia y dominancia; se calculó el valor de importancia relativa (VIR) (Matteucci y Colma, 1982), para cada una de las especies de todos los sitios y conocer la aportación de cada especie a la estructura del bosque:

Valor de Importancia Relativa (VIR) = DR + FR + DomR

VIR máx = 300 %

En cada sitio se realizó la caracterización ecológica con base en dos formas de registro de campo. La primera reúne características generales del sitio de estudio como ubicación, descripción orográfica (relieve, exposición, pendiente, altitud, condiciones hídricas y erosión) y estratificación de la vegetación (tipo, asociación, usos, estratos, cobertura y altura, entre otros). La segunda, contiene los datos florísticos como son características sociológicas y forma biológica de las especies presentes.

Para el caso en la toma de muestras de pino (dendrocronología) se identificaron en base a las claves para la determinación de los pinos mexicanos (Campos, 1993). Aunque de forma conjunta a la toma de datos en campo se realizó la colecta de ejemplares botánicos, los cuales fueron identificados y cotejado por taxónomos especialistas del laboratorio de plantas vasculares de la Facultad de Ciencias, UNAM.

7.4 VARIABLES CLIMÁTICAS (Temperatura, Precipitación) Y MICROCLIMÁTICAS (Temperatura, Humedad Relativa)

Con la base de datos y registros históricos de la estación meteorológica Cuajimoloyas ubicada a una altitud de 3,100 msnm, se relacionaron las variables climáticas de temperatura y precipitación con los años respectivos a las cronologías de anillos de crecimiento de cada uno de los sitios seleccionados, construyendo las graficas con el programa *Origin Lab*. Ver 7.5.

En cuanto a las condiciones microclimáticas se evaluaron la temperatura y humedad relativa con almacenadores de datos HOBO®. Estos se fijaron con la ayuda de una escuadra metálica cerca del tronco de un árbol en el centro aproximado de cada rodal a 1m de altura, en cada uno de los sitios seleccionados (Figura 5A). Uno más se colocó en el sitio sin cobertura arbórea considerado como pastizal para tener como referencia el comportamiento de estas variables fuera del dosel. Los datos se tomaron de septiembre de 2007 a septiembre de 2008 en los siete sitios. La información registrada en las memorias de los sensores fue recuperada con el uso de un accesorio portátil (Figura 5B).



Figura 5: Sensores HOBO®: (A) Colocación de sensores HOBO® en cada tipo de bosque planteado; (B) Obtención de datos de los sensores.

Las lecturas de los sensores se utilizaron para obtener los promedios diarios y mensuales máximos, medios y mínimos de temperatura y humedad relativa durante un periodo anual. Posteriormente se graficaron y se evaluaron las diferencias entre sitios por medio de un análisis de varianza en el programa *StatGraphics*. Ver 5.0.

7.5. DENDROCRONOLOGIA Y ESTRUCTURA DE EDADES MEDIANTE ANILLOS DE CRECIMIENTO

Esta técnica se realizó para los individuos de pino, en bosque de pino (sitio 1, 10 individuos y sitio 5, 10 individuos) y bosque de pino-encino (sitio 2, 10 individuos, sitio 3, 10 individuos y sitio 4, 10 individuos).

7.5.1 Obtención de la muestra

Las muestras se obtuvieron con un taladro Pressler (16" y 5 mm de diámetro) herramienta básica en el trabajo dendrocronológico, el cual se utiliza para la extracción de núcleos de incrementos en árboles vivos (Figura 6).

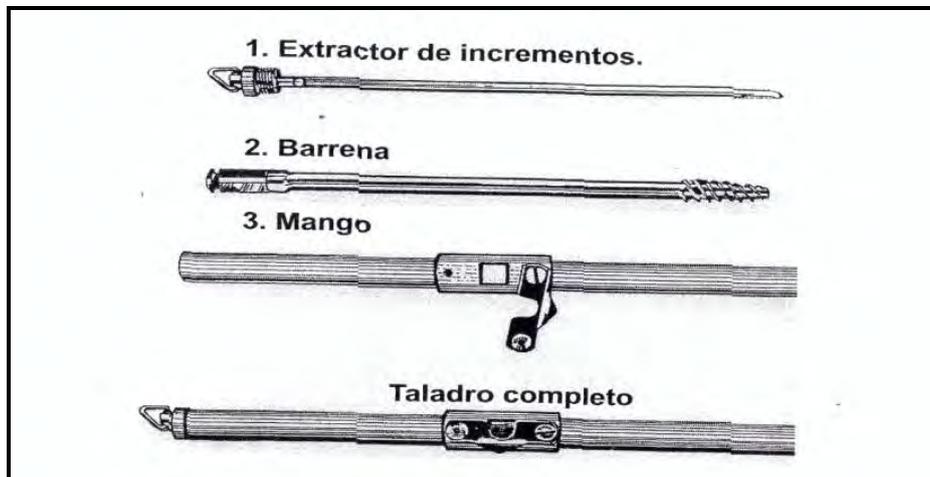


Figura 6: Componentes del taladro tipo Pressler (Grissino-Mayer, 2003).

En árboles vigorosos, no resinosos y en general con buen estado de salud, se tomaron 2 núcleos (cara A y B) perpendicular a la pendiente con el taladro, girando el mango en el sentido de las manecillas del reloj y la barrena en ángulo recto (90°) en el tejido leñoso del tronco de cada pino a la altura del pecho (1.30 m) conocido también como diámetro normal (Figura 7A). Obteniendo el núcleo con el taladro se colocaron en popotes para su traslado y manipulación (Figura 7B). Estos fueron debidamente etiquetados con los datos del individuo y del sitio en cuestión. Conjuntamente a la extracción de núcleos del individuo muestreado fue caracterizado su vigor de arbolado y porcentaje de retención de copa (Formato, Anexo 1).



Figura 7: Obtención de la muestra: (A) Barrenamiento y extracción del núcleo con el taladro Pressler. (B) Colocación de los núcleos en popotes para su traslado.

7.5.2 Preparación (secado, montaje, orientación y pulido)

En el Laboratorio de Contaminación Atmosférica de la FES-Zaragoza se colocaron los núcleos en una estufa Kinet, durante 2 días a 45 °C, para secar los núcleos y evitar la invasión de hongos y/o bacterias por humedad. Posteriormente se montaron los núcleos en bastidores de madera de 40 cm de longitud, con un canal de 4 mm de ancho y 2 mm de profundidad, en los cuales fueron debidamente orientados, ya que de esto depende el poder observar con mayor claridad los anillos de crecimiento. Las células de la madera (traqueidas) deben quedar perpendiculares a los incrementos anuales, esto se logra

buscando la cara que mejor refleje la luz; finalmente éstos fueron adheridos firmemente al bastidor con pegamento (Figura 8A). Una vez secos, se realizó el pulido mecánico en el Centro de Ciencias de la Atmosfera UNAM, primero con una lijadora de banda de 50 y 100 grados (Figura 8B), con la finalidad de obtener una cara plana de la muestra, para posteriormente pulir en un torno con discos en los cuales se adhirieron lijas de 220 y 320 grados (Figura 8C). Por ultimo manualmente se dio el acabado con una lija de 400 grados (Figura 8D); procedimiento que permite ver y diferenciar más claramente los anillos en las muestras.

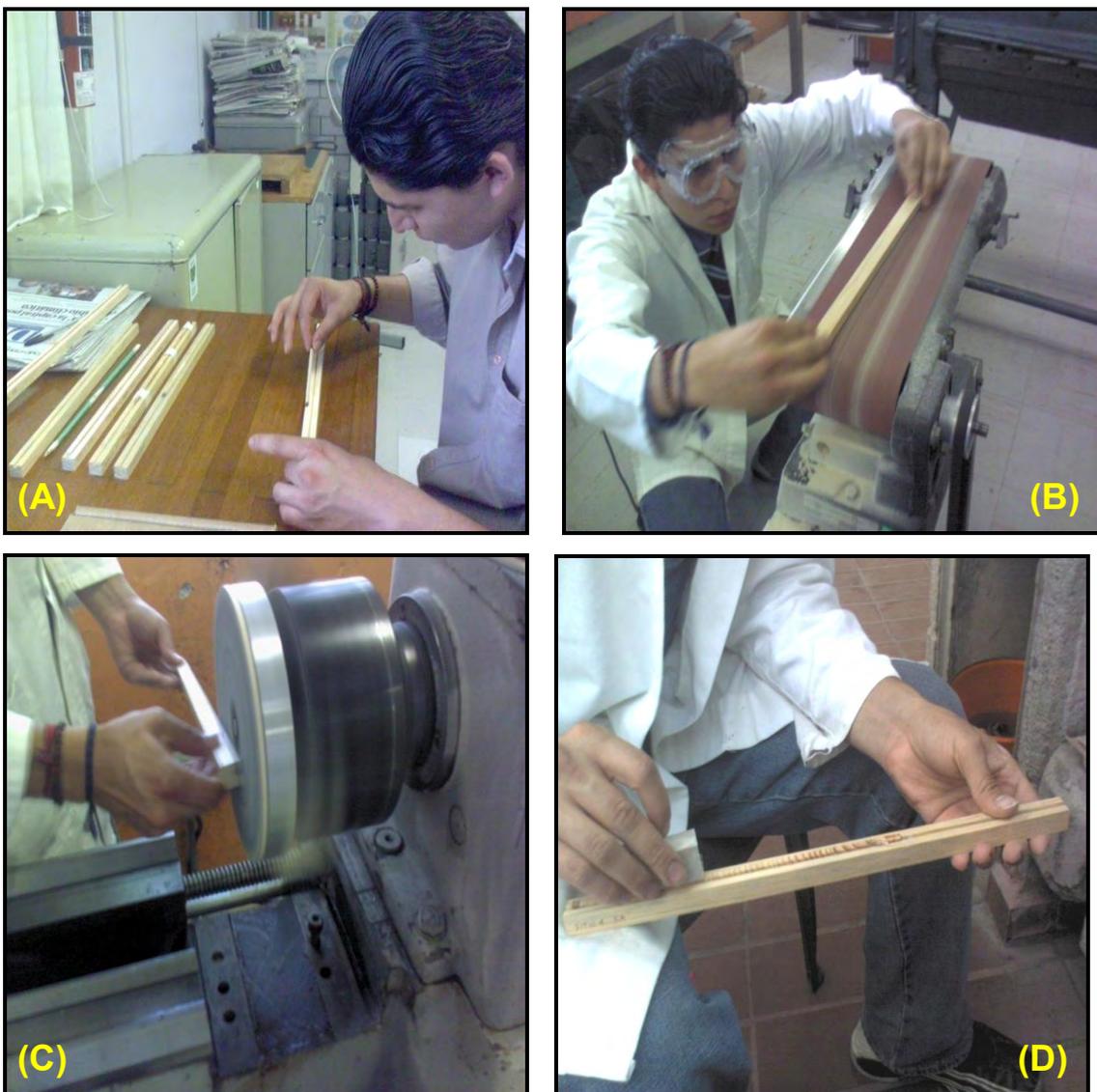


Figura 8: Preparación de la muestra: (A) Orientación de los núcleos, para adherirlos al bastidor con pegamento; (B) Pulido mecánico con lijadora de banda de 50 y 100 grados en el Centro de Ciencias de la Atmosfera UNAM; (C) Pulido en torno con lijas de 220 y 320 grados; (D) Acabado con lija de 400 grados.

7.5.3 Medición y conteo de anillos de crecimiento con el programa *WinDENDRO*

Se adhirió papel milimétrico a una cara del bastidor de cada núcleo y con un estereoscopio Heerbrungg modelo Wild M3 y resolución 16X; se marcaron los anillos que fueron poco visibles, y se descartaron anomalías como anillos falsos o incendios. Posteriormente en el Laboratorio de Contaminación Atmosférica de la FES-Zaragoza se realizó la medición y conteo de anillos de crecimiento con la ayuda del software especializado *WinDENDRO* con una exactitud de 0.001 mm, el cual obtiene datos de nueve variables del núcleo en formato txt que posteriormente se transportan a hojas de cálculo Excel para su tratamiento, como son: medida en milímetros del anillo total de crecimiento, porcentaje, densidad y medida en milímetros de madera temprana y madera tardía, con sus respectivos porcentajes y densidades. Para ello se escanean los pares de núcleos (cara A y B) con el programa *WinDENRO* y así obtener una imagen en la cual trazar el "Path" o línea a cada núcleo y una vez calibrado los parámetros del programa este realiza la medición y conteo de anillos dado por su respectivo año (Figura 9). Es decir la fecha de formación de cada anillo puede establecerse comenzando desde el centro hasta la corteza del árbol y asignando al último anillo la fecha del año presente.

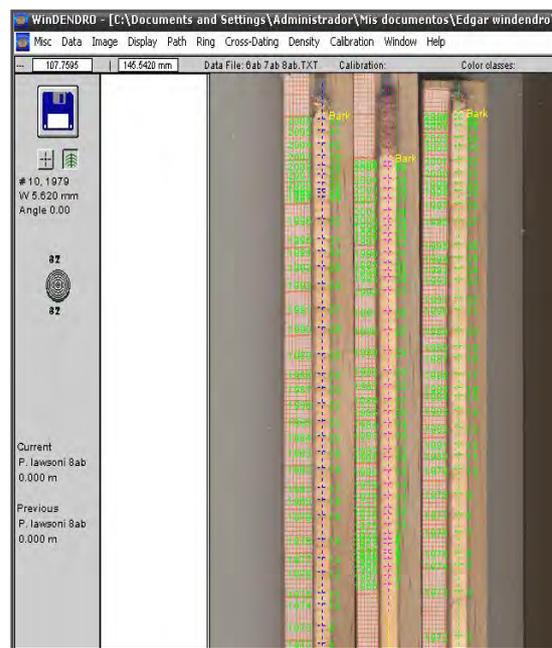


Figura 9: Medición y conteo de anillos de crecimiento con el programa *WinDENDRO*.

Con las medidas del anillo total de crecimiento se realizaron los promedios por individuo (sincronización A y B) y por sitio (sincronización retrospectiva 2006 - individuos), para construir y comparar las cronologías entre sitios que presentan individuos de pino. Por ultimo con el conteo de anillos se describió la estructura de edades, en bosque de pino y de pino-encino.

VIII. RESULTADOS

Se obtuvieron los datos de 6 sitios en diferentes condiciones de bosque ubicados en el área de Santa María Yavesía con diferentes condiciones ambientales (Tabla 1).

Tabla 1: Características físicas de los sitios de muestreo.

Tipo de Bosque	Longitud W	Latitud N	Altitud (msnm)	Pendiente (°)	Orientación
1 (BP)*	96°34'15"	17°12'17"	2777	10	S
5 (BP)	96°22'37"	17°11'57"	3247	5	N
2 (BPE)*	96°22'29"	17°13'12"	2766	25	E
3 (BPE)	96°22'53"	17°11'19"	2768	28	N
4 (BPE)	96°26'07"	17°13'10"	2317	10	E
6 (BE)*	96°26'13"	17°14'11"	2250	26	SE

*BP = Bosque de Pino, *BPE = Bosque de Pino-Encino y *BE = Bosque de Encino.

8.1 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURA ARBÓREA DE LOS SITIOS

Se registraron un total de 13 familias, 18 géneros y 39 especies y una densidad de 3,348 individuos. Los géneros más representativos del área de estudio fueron *Quercus* y *Pinus* con 14 y 9 especies respectivamente para los sitios analizados. No obstante se pueden encontrar varias especies de otros géneros en cada sitio aunque con menor importancia (Apéndice 1). En la figura 10, se pueden observar los porcentajes de área basal relativa de las principales especies de los sitios de muestreo.

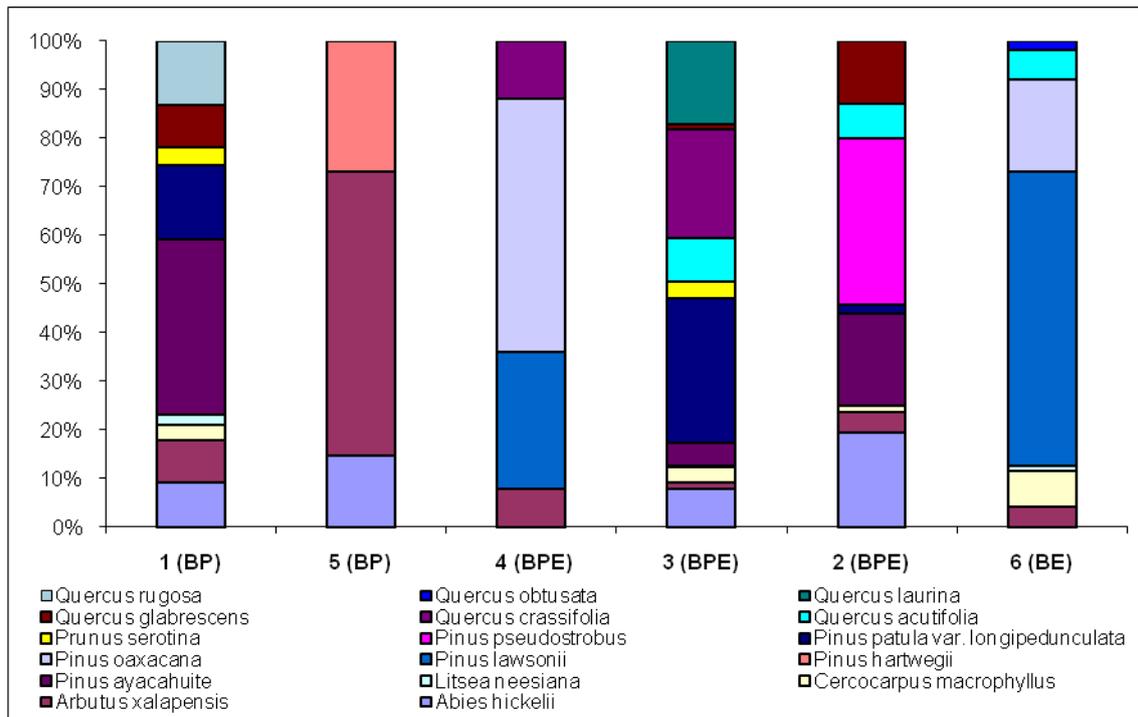


Figura 10: Área basal relativa de las principales especies por sitio de cada tipo de bosque (Modificado de Wong, 2009).

De manera general, el género *Pinus* fue el más representativo en área basal relativa en la mayoría de los sitios. Sin embargo se encontraron varias especies de otros géneros en cada sitio con menor área basal (Apéndice 2). En el (BP) la especie con mayor área basal del sitio 1 fue *P. ayacahuite*, mientras que para el sitio 5 en segundo lugar *P. hartwegii*. En los sitios 4, 3 y 2 en (BPE) las mayores áreas basales fueron *P. oaxacana*, *P. patula var. longipedunculata* y *P. pseudostrobus* respectivamente. Finalmente el sitio 6 (BE), la especie con mayor área basal relativa la presentó fue *Pinus lawsonii*.

8.1.1 Densidad Relativa

La densidad en (BP); para el sitio 1 estuvo mayor determinada por el género *Quercus* que corresponde a *Q. affinis* 25%, *Q. rugosa* 18.1% y *Q. glabrescens* 5.2%, mientras el género *Pinus* con *P. patula var. longipedunculata* 15.5% y *P. ayacahuite* 13.5%. En el sitio 5 estuvo representado prácticamente por una sola especie que fue *Pinus hartwegii* con un 99.5% de un total de tres especies.

Para el (BPE) el sitio 4 la mayor densidad la presentó el género *Quercus* correspondiente a *Q. laeta* 25.4%, *Q. castanea* 18.5 y *Q. crassifolia* 10.9% %, mientras que para *Pinus* fue representado por *P.oaxacana* con 7.1%. Mientras tanto para el sitio 3 y 2 se presentó una densidad equilibrada tanto en el género *Quercus* y *Pinus*; sin embargo presenta una mayor densidad la especie *Pinus pseudostrobus* con 24.3% en el sitio 3 y *Pinus ayacahuite* 35.1% para el sitio 2. La densidad del (BE) fue determinada por el género *Quercus* correspondiente a *Q. aff. obtusata* 50.9%, *Q. laeta* 18.5% y *Q. acutifolia* 11.7% (Figura 11).

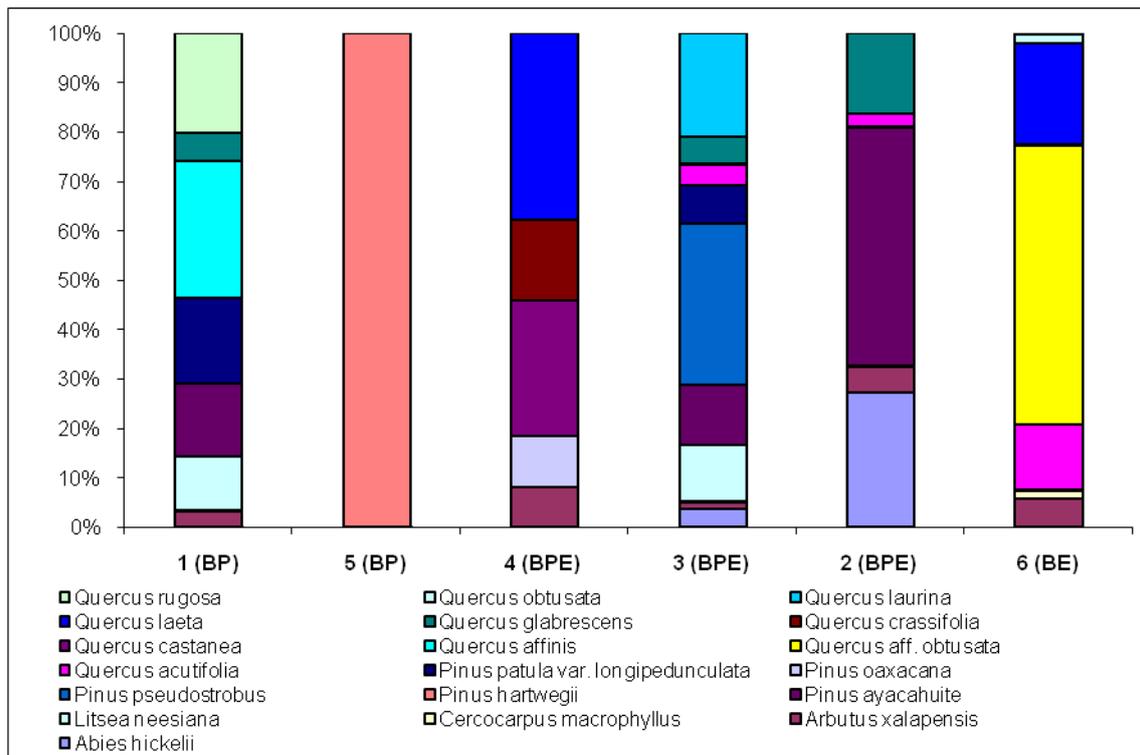


Figura 11: Densidad relativa de las principales especies por sitio de cada tipo de bosque (Modificado de Wong, 2009).

8.1.2 Frecuencia Relativa

En cuanto a la frecuencia relativa de las especies (Figura 12), se puede observar que es muy diversa entre sitios considerando principalmente las especies más representativas. En el caso del (BP) el sitio 1 estuvo constituido por mas especies, reflejadas con frecuencias correspondientes a *Q. affinis* 12.3%, *Q. rugosa* 12.3%, *P. ayacahuite* 11.1%, *P. patula var. longipedunculata* 9.9% y *Q. glabrescens* 8.6%. Mientras la frecuencia del sitio 5 estuvo constituida por la especie *Pinus hartwegii* con un 76.9%.

Para el (BPE) el sitio 4 presentó una mayor frecuencia de *Q. castanea* 17.9%, mientras que en los otros dos sitios estuvo constituido por mas especies como el sitio 3, correspondiente a *Q. laurina* 12%, *P. patula* var. *longipedunculata* 8.4%, *P. ayacahuite* 7.2%, *Q. glabrescens* 7.2% y *Q.acutifolia* 4.8% entre otras latifoliadas con menor frecuencia (Apéndice 2). Para el caso del sitio 2 la mayor frecuencia la tuvo *P.ayacahuite* 20.4% y *Q. acutifolia* 8.2% entre otras. La frecuencia del (BE) estuvo constituida en mayor parte por *Q. aff. obtusata* 18.2% y *Q.acutifolia* 12.7%.

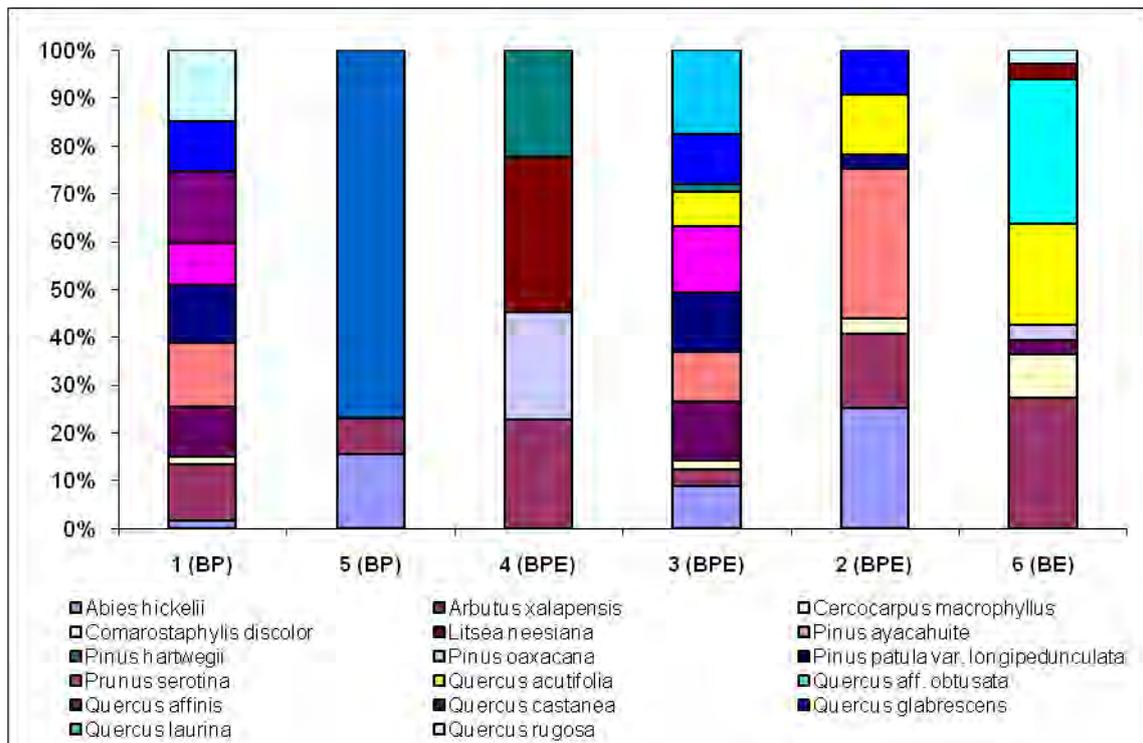


Figura 12: Frecuencia relativa de las principales especies por sitio de cada tipo de bosque (Modificado de Wong, 2009).

8.1.3 Dominancia Relativa

Los resultados de la dominancia relativa se muestran en la (Figura 13) con las especies más importantes de cada sitio. Para el (BP) del sitio 1 la especie *P. ayacahuite* 37.5% presentó la mayor dominancia, mientras que para el sitio 5 la especie *P. hartwegii* con 99.5%. En el (BPE) el sitio 4 presentó una mayor dominancia de *P. lawsonii* 29.1%, *P.oaxacana* 22% y *Q. laurina* 19.3%, mientras que el sitio 3 fue *P. pseudostrobus* 32.4%, *Q. laurina* 24.6% y *P. patula* var. *longipedunculata* con 16.1%.

Finalmente en el sitio 2 la mayor dominancia la representó *P. ayacahuite* con 41.1%. Para el (BE) la dominancia fue determinada por *Q. aff. obtusata* 39.2%, *P. lawsonii* 28%, *Q. laeta* 24.9% y *Q. acutifolia* 4.9% respectivamente.

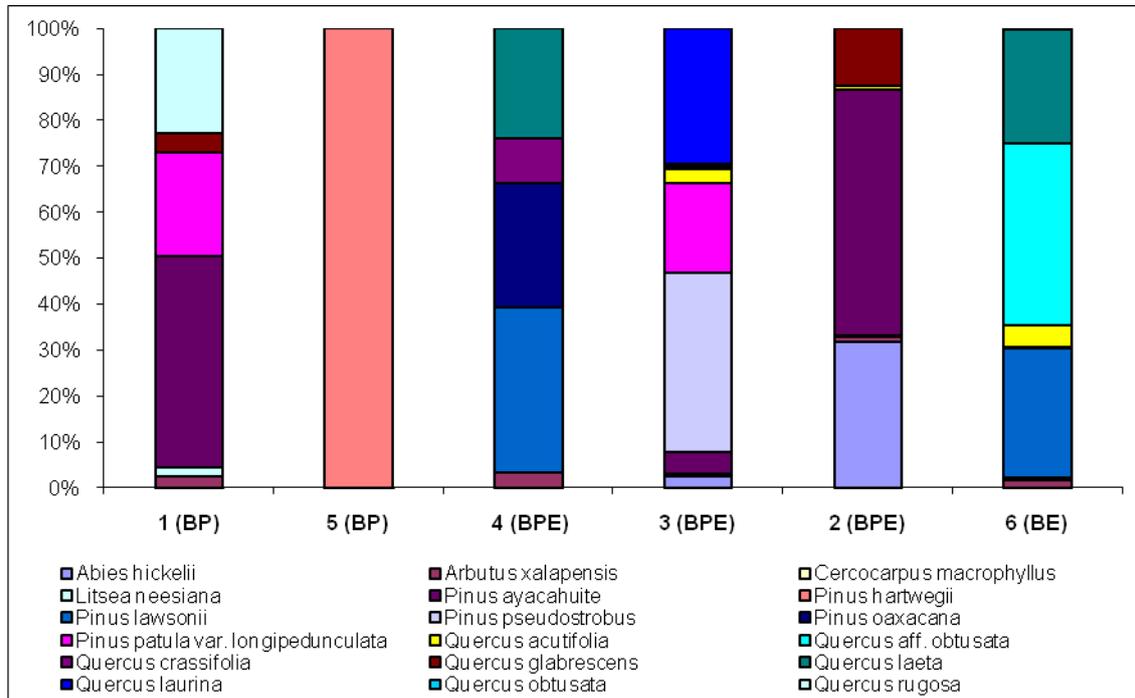


Figura 13: Dominancia relativa de las principales especies por sitio de cada tipo de bosque (Modificado de Wong, 2009).

8.1.4 Valor de Importancia Relativa

En el apéndice 2 se muestran los Valores de Importancia Relativa (VIR) ajustados al 100% para facilitar la representación de las todas las especies encontradas para cada sitio tomando en cuenta la información anterior de las densidades, frecuencias y dominancias relativas.

Por lo tanto las especies de mayor VIR fueron las siguientes: en (BP) para el sitio 1 la especie *Pinus ayacahuite* presentó un VIR de 20.7%, mientras que para el sitio 5 la especie con un mayor VIR fue *Pinus hartwegii* con 92%. Para (BPE) las especies con mayores VIR fueron; sitio 4 *Pinus lawsonii* 20.8%, sitio 3 *Pinus pseudostrobus* 22.9% y sitio 2 *Pinus ayacahuite* con 32.5%. Finalmente en (BE) la especie *Quercus aff. obtusata* con 36.1% de VIR.

8.1.5 Estructura vertical

Las especies arbóreas analizadas mostraron alturas que van desde 1.3 hasta 60 m aunque con un menor porcentaje en este último (Figura 14). En la mayoría de los sitios, la altura de los árboles se encuentra en el intervalo que va de los 5.1 a 20 m (Cuadro 1). Referente al (BP) el sitio 1 la mayor parte de los individuos registraron una altura entre 5.1 y 10 m, mientras que para el caso del sitio 5 el mayor porcentaje de árboles se concentró en el intervalo de 10.1 - 20 m. Para el caso del (BPE) las principales alturas se registraron de la siguiente manera; sitio 4 de 5.1 -10 m, mientras que para el sitio 3 y 2 en el mismo intervalo de 10.1 - 20 m. Finalmente en (BE) las alturas principales se ubicaron en el intervalo de 5.1 - 10 m. Las principales especies con alturas de más de 30 m fueron *Abies hickelii*, *Pinus ayacahuite* y *P. hartwegii*. Las alturas pequeñas distribuidas principalmente en (BE) corresponden a las especies de *Pinus oaxacana*, *Quercus obtusata*, *Q. aff. obtusata* y *Q. laeta*.

Cuadro 1. Estructura vertical por intervalos de clase. En negritas los valores mayores (Modificado de Wong, 2009).

Tipo de bosque	Altura (m)												Total %
	1.3 - 3		3.1 - 5		5.1 - 10		10.1 - 20		20.1 - 30		> 30		
	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	
BP (S1)	64	12.2	85	16.2	185	35.3	127	24.2	58	11.1	5	1	100
BP (S5)	116	15.3	112	14.8	246	32.5	281	37.1	3	0.4	0	0	100
BPE (S4)	63	13.6	75	16.2	223	48.2	89	19.2	11	2.4	2	0.4	100
BPE (S3)	95	22.2	72	16.8	93	21.7	107	25	54	12.6	7	1.6	100
BPE (S2)	31	7.7	41	10.2	60	14.9	110	27.4	93	23.1	67	16.7	100
BE (S6)	178	23.1	248	32.1	312	40.4	32	4.1	2	0.3	0	0	100
Total No.													
Ind.	547		633		1119		746		221		81		3348

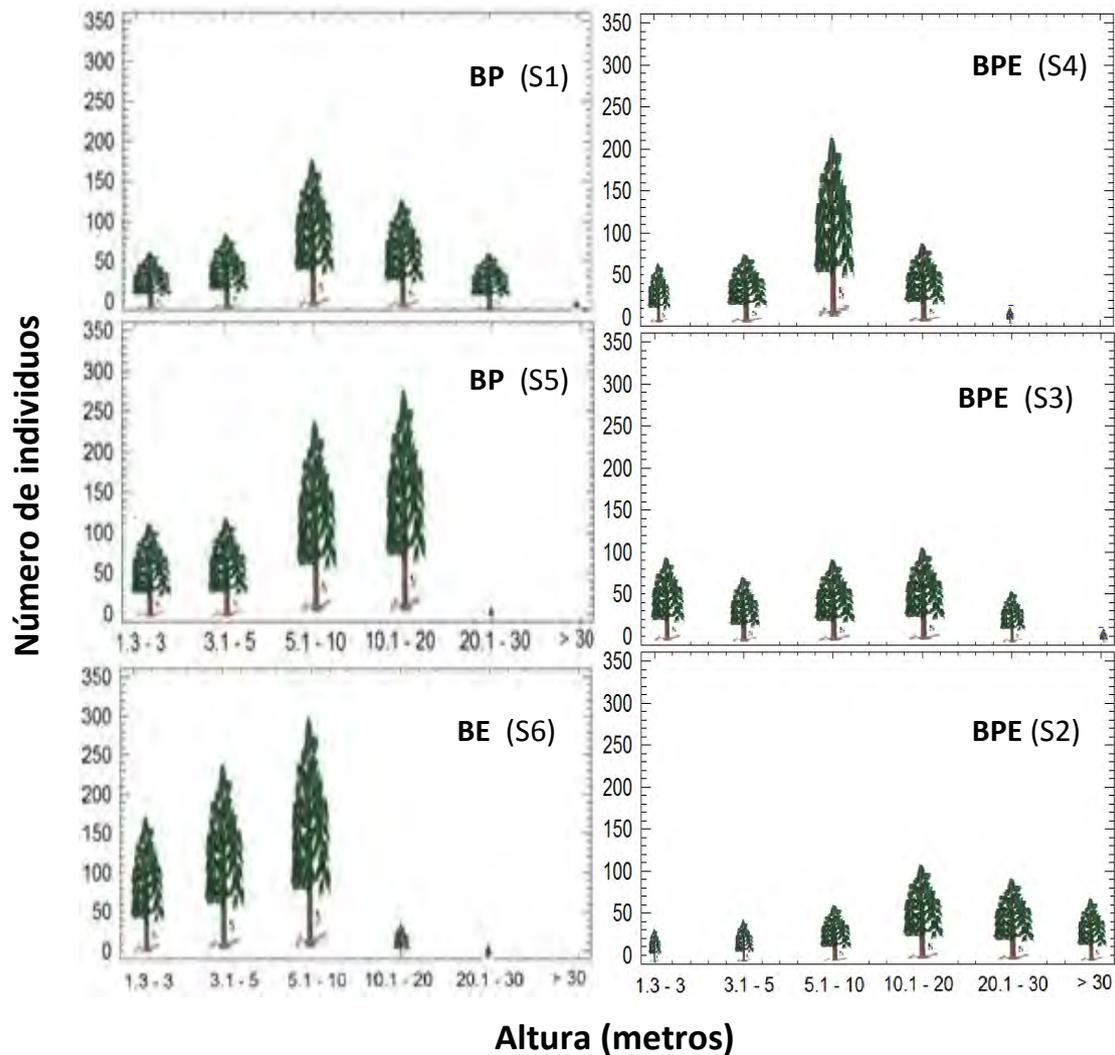


Figura 14: Perfil vertical de alturas en los diferentes tipos de bosques. BP (S1 y S5), BE (S6) y BPE (S4, S3 y S2).

8.1.6 Estructura diamétrica

En cuanto al diámetro de los árboles como se puede observar (Cuadro 2), en todos los sitios los máximos porcentajes en diámetro se encuentran en el intervalo de clase de 10.1 - 30 cm. De las especies con mayor diámetro sobresalen *Abies hickelii*, *Pinus ayacahuite*, *P. lawsonii*, *Quercus aff. obtusata* y *Q. laeta*. Por otro lado, se registraron varios individuos de *Abies hickelii*, *Pinus oaxacana* y *P. patula var. longipedunculata* con diámetros pequeños.

Cuadro 2. Estructura diamétrica por intervalos de clase. En negritas los valores mayores (Modificado de Wong, 2009).

Tipo de bosque	Diámetro (cm)												Total %
	1 - 1.25		2.6- 5		5.1 - 10		10.1 - 30		30.1 - 50		> 50		
	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%	
1 (BP)	35	6.7	48	9.2	77	14.7	250	47.7	61	11.6	53	10.1	100
5 (BP)	14	1.8	64	8.4	142	18.7	410	54.1	100	13.2	28	3.7	100
4 (BPE)	29	6.3	36	7.8	91	19.7	247	53.3	51	11	9	1.9	100
3 (BPE)	56	13.1	63	14.7	56	13.1	162	37.9	58	13.6	33	7.7	100
2 (BPE)	3	0.7	18	4.5	52	12.9	168	41.8	76	18.9	85	21.1	100
6 (BE)	30	3.9	45	5.8	203	26.3	326	42.2	90	11.7	78	10.1	100
Total No.													
Ind.	167		274		621		1563		436		286		3348

8.2 VARIABLES MICROCLIMÁTICAS (Temperatura y Humedad Relativa)

8.2.1 Registro continuo de temperatura y humedad relativa en el interior del bosque de pino, pino-encino, encino (BP, BPE, BE) y pastizal (P).

➤ BOSQUE DE PINO (BP)

El registro de temperatura promedio (Figura 15) fue muy semejante entre los dos rodales considerados como bosque de pino; *Pinus ayacahuite* (Sitio 1) y *Pinus hartwegii* (Sitio 5), observando valores más altos de temperatura máxima, media y mínima para el sitio 1 en comparación de los valores promedios del sitio 5, a excepción en la temperatura máxima para el mes de enero 08, febrero 09 y marzo 09 donde la temperatura es mayor en el sitio 5. Por lo que el sitio 5 presenta condiciones más extremas que el sitio 1.

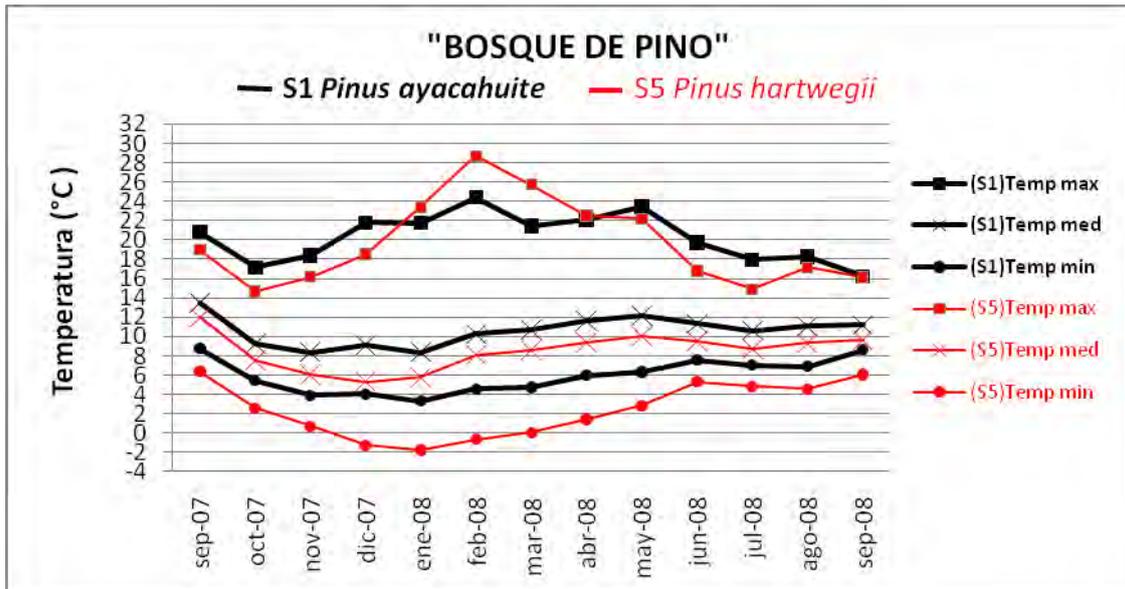


Figura 15: Promedios mensuales de temperatura a 1 m de altura registrados de septiembre de 2007 a septiembre de 2008 en los dos sitios correspondientes al bosque de pino.

Se puede observar para ambos sitios que las temperaturas máximas mensuales, que el sitio 1 osciló entre 16.2 a 24.4 °C y para el sitio 5 de 14.7 a 28.7 °C. Para las temperaturas mínimas, el sitio 1 osciló entre 3.3 a 8.8 °C y para el sitio 5 osciló de -1.8 a 6.4 °C.

Finalmente en las temperaturas medias, se observa que el sitio 1 osciló entre 8.4 a 13.5 °C, mientras que para el sitio 5 osciló entre 5.3 a 12 °C.

Para la humedad relativa (HR) promedio (Figura16) los registros fueron muy cercanos entre máximas medias y mínimas en los dos rodales de (BP) y en ocasiones antagónicos. La (HR) máxima en el sitio 1 osciló entre 88.4 a 100% y para el sitio 5 de 91.4 a 100%, la media para el sitio 1 osciló entre 64.3 a 97.9% y para el sitio 5 de 68.7 a 92.3% la mínima para el sitio 1 osciló entre 30.5 a 81.2 y para el sitio 5 de 24.2 a 72%.

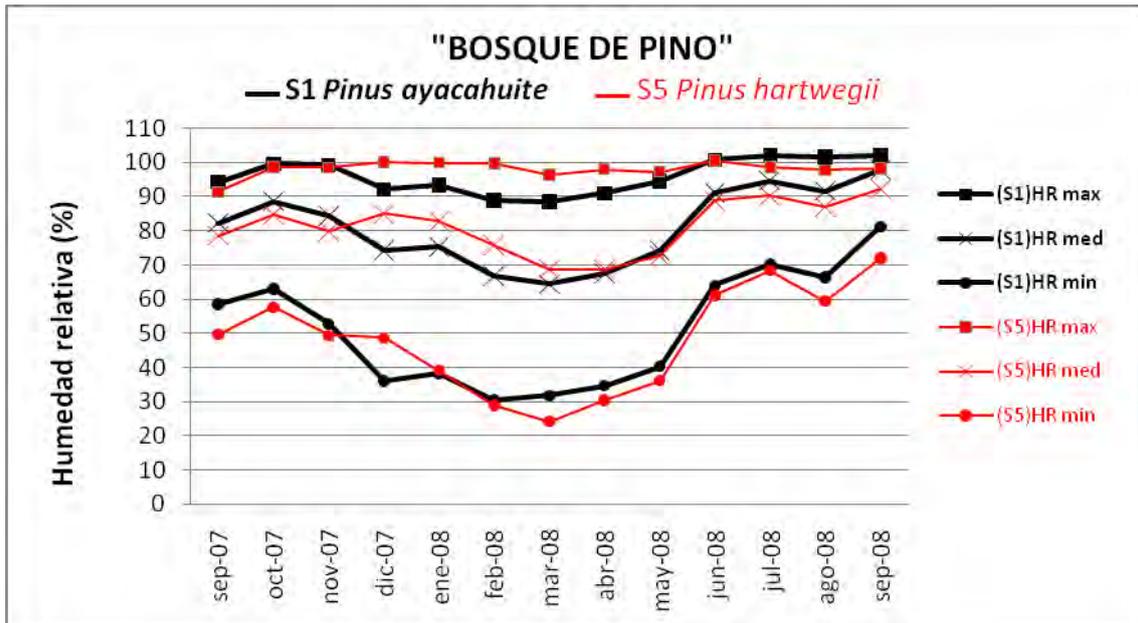


Figura 16: Promedios mensuales de humedad relativa a 1 m de altura registrados de septiembre de 2007 a septiembre de 2008 en los dos sitios correspondientes al bosque de pino.

Es notable la diferencia entre sitios, con valores más altos de (HR) a partir del mes de diciembre para el sitio 5, ya que de diciembre de 2007 a marzo de 2008 se registraron las temperaturas más bajas como se mostro en la figura 15. El mismo patrón ocurre para la (HR) media donde existen valores menores para el periodo que comprende de febrero de 2008 a mayo de 2008, ya que en estos meses la temperatura media son los valores más altos del año en ambos sitios. Por ultimo también ocurre para la (HR) mínima donde existen valores menores para el periodo de enero de 2008 a mayo de 2008 debido que en ese mismo periodo se registraron las temperaturas máximas del año.

Por lo tanto se puede observar por el comportamiento de las variables de temperatura y (HR), particularmente en la temperatura máxima un patrón inversamente proporcional entre si, es decir que mientras existan temperaturas altas existirá una (HR) baja y viceversa.

➤ **BOSQUE DE PINO-ENCINO (BPE)**

El registro de temperatura promedio (Figura17) entre sitios del bosque de pino-encino; *Pinus lawsonii* (Sitio 4), *Pinus pseudostrobus* (Sitio 3) y *Pinus ayacahuite* (Sitio 2), mostro que el sitio 4 presento los valores más altos de temperaturas máximas, medias y mínimas que los sitios 3 y 2, sin embargo para estos últimos sitios fue muy semejante el patrón de comportamiento aunque con mayor oscilación entre temperaturas máximas, las temperaturas máximas y medias son mayores para el sitio 3 y las temperaturas mínimas son mayores en el sitio 2. Por lo tanto el sitio 3 presenta temperaturas más extremas.

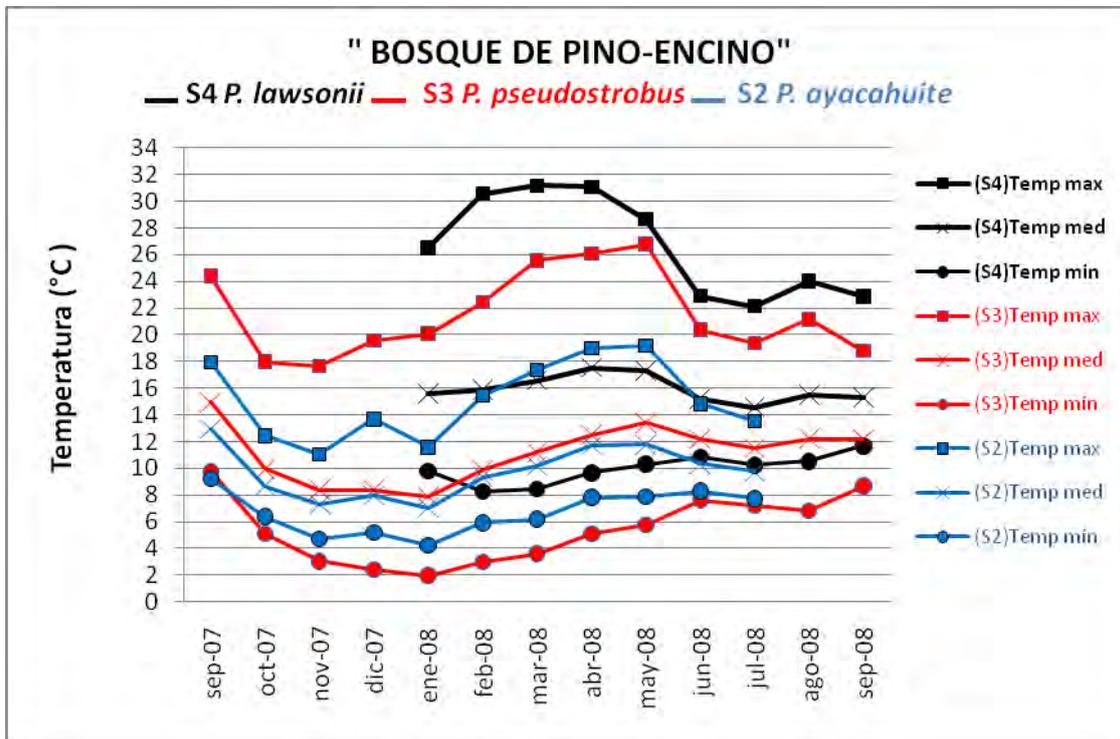


Figura 17: Promedios mensuales de temperatura a 1 m de altura registrados de septiembre de 2007 a septiembre de 2008 en los tres sitios correspondientes al bosque de pino-encino.

Se observa en los tres sitios en general que las temperaturas máximas, medias y mínimas mensuales tienen valores más altos del mes de febrero de 2008 a mayo de 2008, oscilando el sitio 4 en temperatura máxima de 22.14 a 31.18 °C, el sitio 3 de 17.7 a 26.8 °C y para el sitio 2 de 11.1 a 19.2 °C.

Para las temperaturas mínimas, se registro que el sitio 4 oscilo entre 8.27 a 11.66 °C, el sitio 3 de 2 a 9.8 °C y para el sitio 2 de 4.2 a 9.2 °C. Finalmente las temperaturas medias, el sitio 4 oscilo entre 14.57 a 17.54 °C, para el sitio 3 de 7.9 a 14.9 °C y el sitio 2 de 7 a 12.9 °C.

Para la (HR) promedio (Figura18) del (BPE), la (HR) máxima en el sitio 4 osciló entre 77.7 a 100%, en el sitio 3 de 89 a 100%, y para el sitio 2 de 90 a 100%. La (HR) media para el sitio 4 osciló entre 50 a 89.41%, para el sitio 3 de 64.1 a 94% y para el sitio 2 de 68 a 97.2%. Por ultimo la (HR) mínima en el sitio 4 osciló entre 16.10 a 65.20%, para el sitio 3 de 26.3 a 73% y para el sitio 2 de 41.6 a 86.5%.

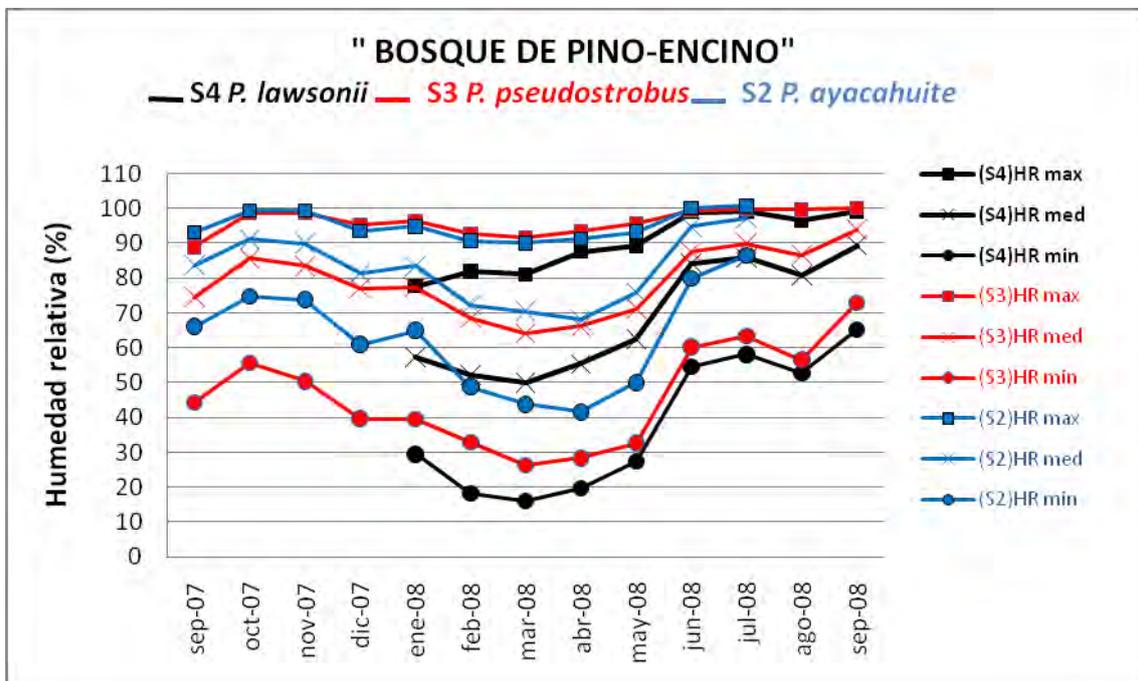


Figura 18: Promedios mensuales de humedad relativa a 1 m de altura registrados de septiembre de 2007 a septiembre de 2008 en los tres sitios correspondientes al bosque de pino-encino.

Los registros muestran valores menores de (HR) máxima, media y mínima en el mes de febrero a mayo de 2008 en los tres sitios. Repitiendo el patrón de las variables temperatura y (HR) de ser inversamente proporcional al presentar

las temperaturas mayores para el mismo periodo, y en particular ya que el sitio 4 presentó los menores valores de (HR) máxima, media y mínima que los sitios 3 y 2, y a su vez el sitio 3 presentó menores valores de (HR) mínima, media y máxima que el sitio 2 con excepción de diciembre de 2007 a mayo de 2008 donde la (HR) máxima del sitio 3 es ligeramente mayor, debido a que en el sitio y periodo se registraron temperaturas menores que el sitio 2, mostrado en la figura 17.

➤ **BOSQUE DE ENCINO (BE)**

La temperatura promedio (Figura 19) en el bosque de encino; *Quercus aff. obtusata* (Sitio 6), registro una temperatura máxima que osciló de 20.37 a 33.84 °C, temperatura media de 14.50 a 17.12 °C y mínima de 5.59 a 10.92 °C. Para el caso de la (HR) máxima fue de 82.02% a 94.05%, la (HR) media de 82.8 a 50 87% y (HR) mínima de 69.3 a 15.17% (Figura 20). Se observa de igual forma que la temperatura máxima vs. (HR) mínima y temperatura mínima vs (HR) máx, se comportan de forma inversamente proporcional, asimismo la temperatura media vs. (HR) media, notoriamente de diciembre de 07 a marzo de 08.

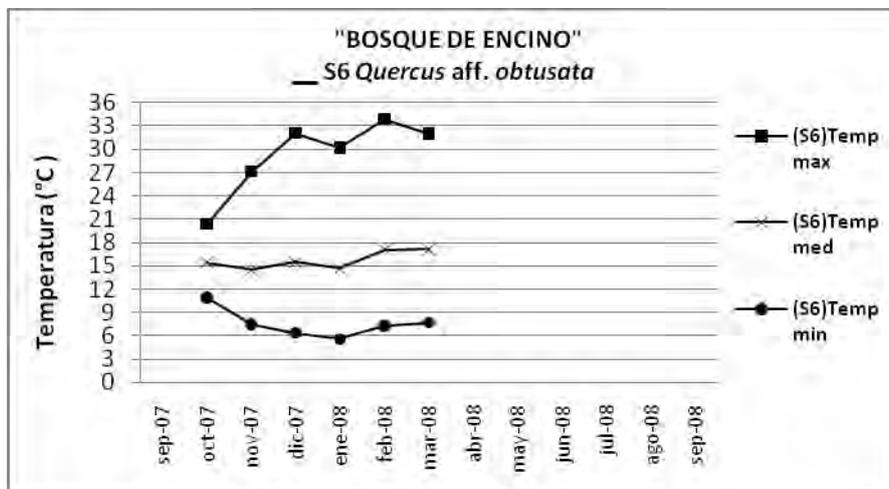


Figura 19: Promedios mensuales de temperatura a 1 m de altura registrados de septiembre de 2007 a marzo de 2008 en el sitio correspondiente al bosque de encino.

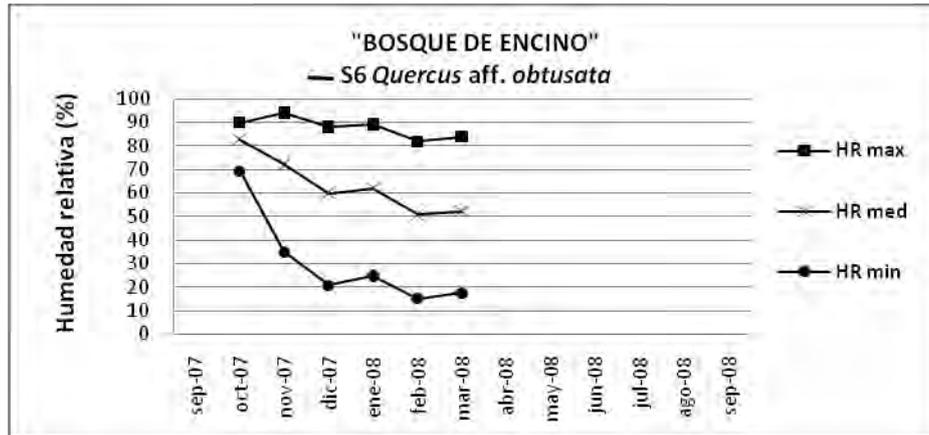


Figura 20: Promedios mensuales de humedad relativa a 1 m de altura registrados de septiembre de 2007 a marzo de 2008 en el sitio correspondiente al bosque de encino.

➤ **PASTIZAL (P)**

Teniendo solo el registro de temperatura en el pastizal; el comportamiento en la temperatura del (Claro) (Figura 21) presentó temperaturas máximas que oscilan de 19.89 a 31.76 °C, medias de 11.53 a 14.14 °C y mínimas de 3.97 a 7.66 °C. Se muestran temperaturas del mismo periodo de un bosque cercano al pastizal (Bosque) como referencia y observar que la cobertura vegetal amortigua los cambios tan bruscos en la temperatura del sitio, siendo el caso mas notorio para la temperatura máxima de hasta 6 °C entre (Claro) y (Bosque), de igual manera para los demás hábitats es similar el comportamiento en la temperatura máxima donde el pastizal muestra las temperaturas mas extremas que los sitios arbolados de pino y pino-encino.

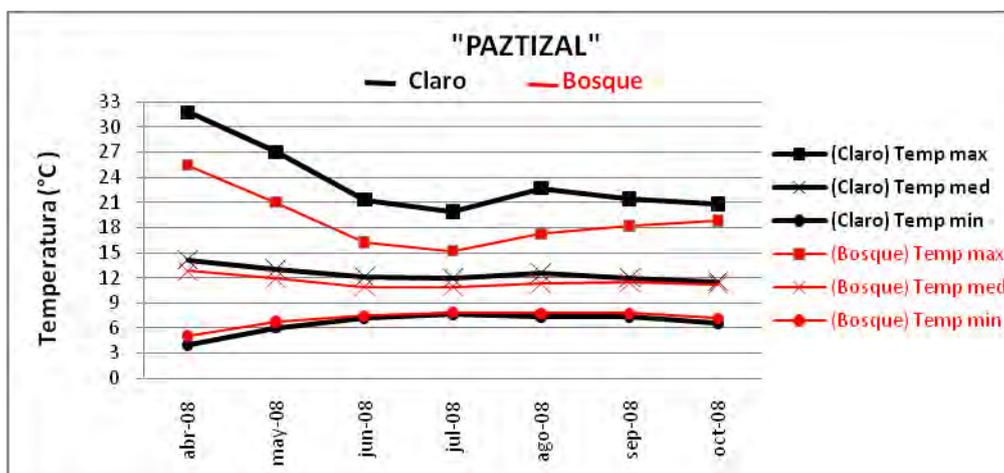


Figura 21: Promedios mensuales de temperatura a 1 m de altura registrados de abril de 2008 a octubre de 2008 en el sitio correspondiente al pastizal.

8.2.2 Comparación de variables de temperatura y humedad relativa entre BP y BPE.

Se realizó la comparación del comportamiento mensual entre diferentes tipos de bosque (BP y BPE), debido a sus registros continuos en los sitios correspondientes a estos. La temperatura promedio mensual entre BP y BPE (Figura 22) fue muy semejante en su comportamiento, observando un ascenso de temperatura en el intervalo de enero a mayo del 2008 en general para las temperaturas máximas, medias y mínimas. La temperatura máxima en BP osciló entre 8.4 °C a 28.6 °C y para el BPE de 9.6 °C a 25.4 °C. Para las temperaturas mínimas mensuales se observa en BP que también presentó menores temperaturas que oscilaron entre 0.8 °C y 7.6 °C y para el BPE osciló entre 2.5 °C a 8.9 °C. Por lo que el BP presenta condiciones más extremas que el BPE. Finalmente en las temperaturas medias mensuales se observan valores mayores de temperatura en BPE que osciló entre 8.4 a 19.6 °C, mientras que para el BP osciló entre 7.1 °C a 12.7 °C.

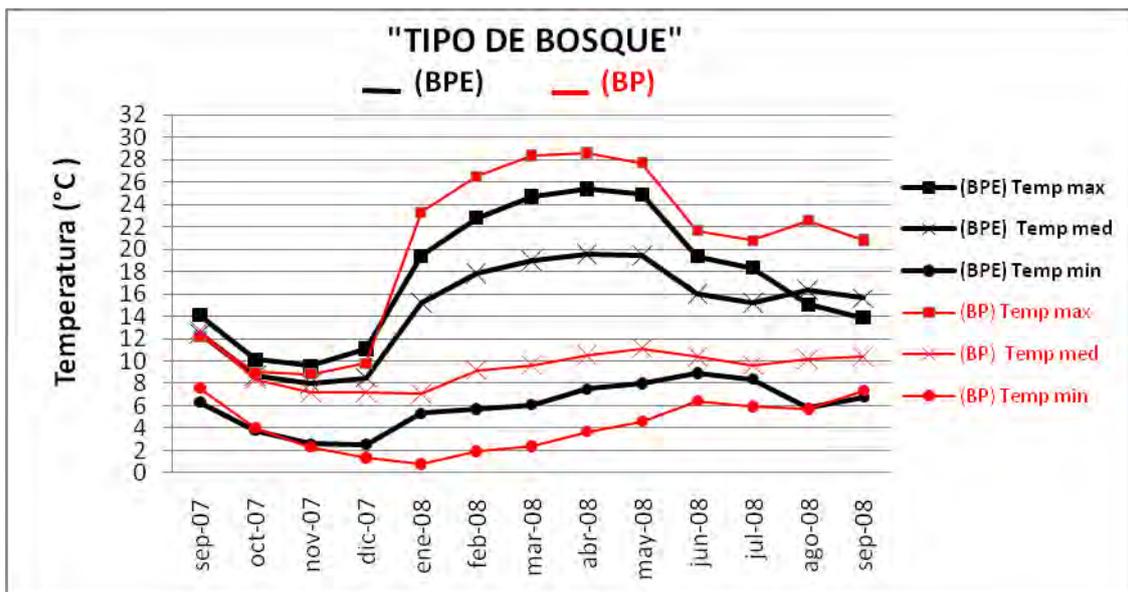


Figura 22: Promedios mensuales de temperatura a 1 m de altura registrados de septiembre de 2007 a septiembre de 2008 entre BPE y BP.

Para la humedad relativa (Figura 23), la (HR) máxima presentó valores mayores en BP que osciló entre 92.4 % a 100 %, mientras que para el BPE osciló entre 60.7% a 100% ya que la temperatura mínima en BP presentó menores temperaturas. Para la (HR) media se observa mayor humedad en el BP que osciló entre 66.6% a 95.1%, mientras que para el BPE osciló entre 52.8% a 91% debido a que en temperatura media el BP presentó menores temperaturas con respecto al BPE. Para el caso de la (HR) mínima son muy cercanos los valores entre BP y BPE a excepción de 2 periodos, donde en BP se observan mayores valores de humedad de septiembre a diciembre de 07 y de julio a septiembre de 08, ya que en estos periodos en general la temperatura máxima, media y mínima en BP presentó menores temperaturas entre los dos tipos de bosque.

Por lo tanto se puede observar que se repite también el comportamiento de las variables de temperatura y (HR) entre bosques, de un patrón inversamente proporcional entre si, es decir que mientras existan temperaturas altas existirá una humedad relativa baja y viceversa.

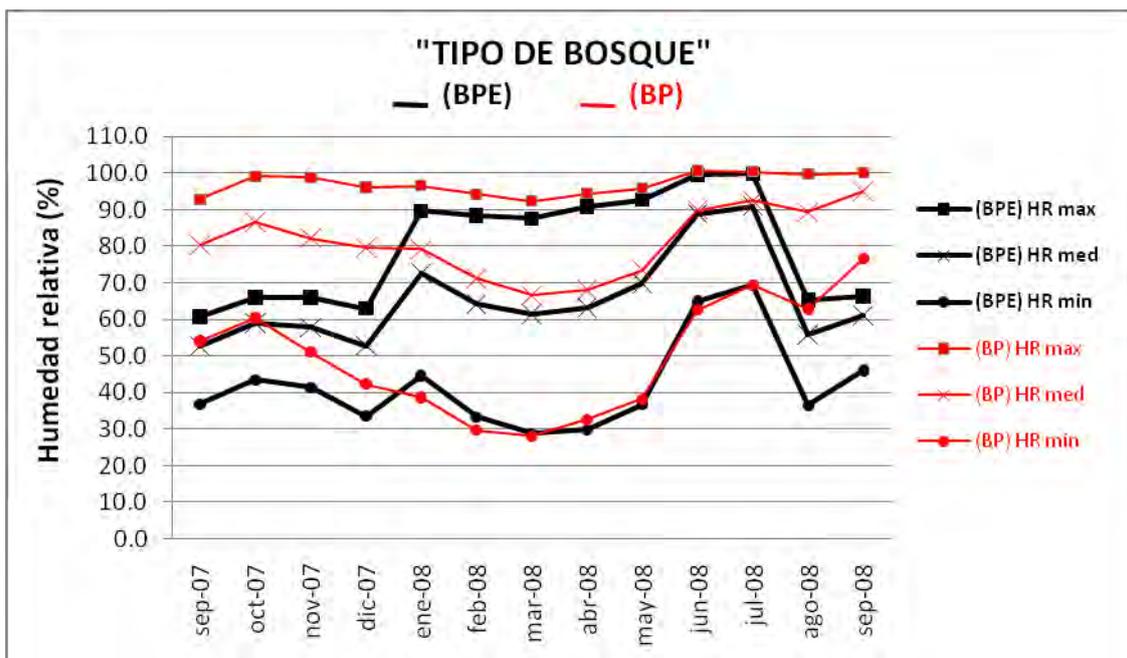


Figura 23: Promedios mensuales de humedad relativa a 1 m de altura registrados de septiembre de 2007 a septiembre de 2008 entre BPE y BP.

8.2.3 Diferencias de temperatura y humedad relativa entre sitios de (BP, BPE, BE) y pastizal (P).

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) de temperaturas entre sitios de **bosque de pino (BP)**, no presentó diferencias significativas en temperaturas máximas con un nivel de confianza del 95% (Tabla 2). Entre el sitio 1 y 5, si hay diferencias significativas siendo menor el valor de la media del sitio 5 para las temperaturas medias y mínimas (Figura 24). Por lo tanto se puede decir estadísticamente dado los valores en las temperaturas medias; sitio 1 (10.5°C), sitio 5 (8.4 °C) y temperaturas mínimas; sitio 1 (5.9 °C), sitio 5 (2.5 °C) que el sitio 5 presentó menores temperaturas en el transcurso del año en comparación del sitio 1.

Variable	Modelo	SC	CM	g.l.	F	P
Máximas	Efecto	2.04962	2.04962	1	0.16	0.6940
	Error	310.222	12.9259	24		NO SIGNIF.
	Total	312.217		25		
Medias	Efecto	29.2985	29.2985	1	10.03	0.0042
	Error	70.0969	2.92071	24		SIGNIFI.
	Total	99.3954		25		
Mínimas	Efecto	70.5923	70.5923	1	12.27	0.0019
	Error	132.273	5.75101	23		SIGNIFI.
	Total	202.866		24		

TABLA 2: Comparación de análisis de varianza para los valores promedio de temperaturas máximas, medias y mínimas en (°C), obtenidos de manera continua de septiembre de 2007 a septiembre de 2008 para los sitios 1 y 5 en BP

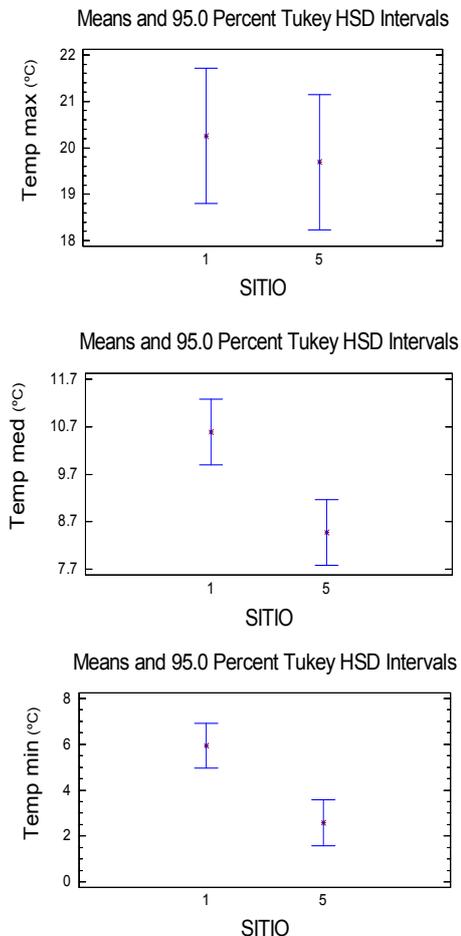


Figura 24: Diferencia de medias (95%) de temperaturas máximas, medias y mínimas entre sitio 1 y 5 en BP

La humedad relativa en BP de acuerdo al análisis de varianza (Tabla 3) entre sitios, mostró que para la (HR) mínima, media y máxima no presentaron diferencias significativas. Sin embargo para la (HR) máxima, en la grafica de diferencia de medias (Figura 25) se puede apreciar que el sitio 5 y el sitio 1 son semejantes entre ellos ya que se observa el traslape en los intervalos de confianza, mas no con la media del sitio 5 por lo que requiere de una prueba de hipótesis. Por lo tanto se puede decir que aun cuando no presentan diferencias significativas entre el sitio 1 (95.9%) y sitio 5 (98%) las condiciones de humedad entre ellos son semejantes, mientras para la (HR) media del sitio 1 (81%) y sitio 5 (81.1%) no hubo un sitio mas húmedo que el otro durante el transcurso del año, y de igual forma en (HR) mínima donde las condiciones de humedad entre sitios son semejantes entre el sitio 1 (51.3%) y sitio 5 (48.1%).

Variable	Modelo	SC	CM	g.l.	F	P
Máximas	Efecto	27.8312	27.8312	1	1.77	0.1953
	Error	376.358	15.6816	24		<i>NO SIGNIF.</i>
	Total	404.19		25		
Medias	Efecto	0.13884	0.13884	1	0.00	0.9699
	Error	2290.01	95.4171	24		<i>NO SIGNIF.</i>
	Total	2990.15		25		
Mínimas	Efecto	68.1696	70.5923	1	0.26	0.6149
	Error	6296.41	5.75101	24		<i>NO SIGNIF.</i>
	Total	6364.58		25		

TABLA 3: Comparación de análisis de varianza para los valores promedio de humedad relativa máxima, media y mínima en (%), obtenidos de manera continua de septiembre de 2007 a septiembre de 2008 para los sitios 1 y 5 en BP.

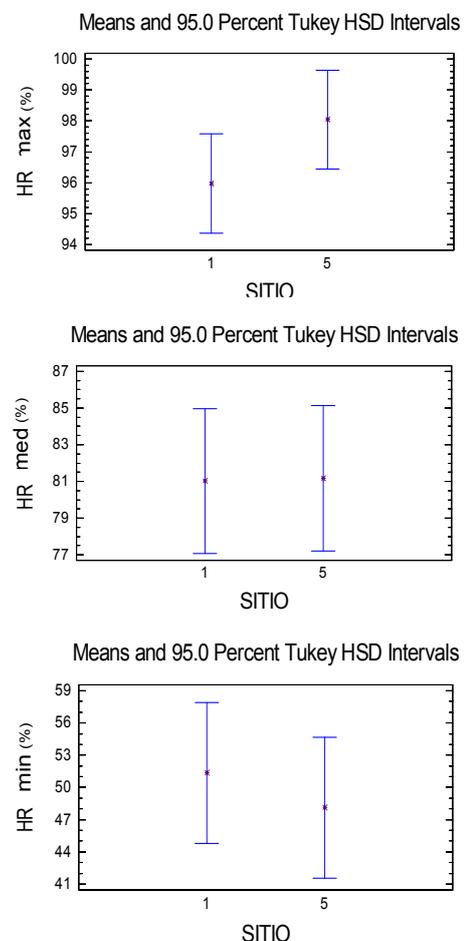


Figura 25: Diferencia de medias (95%) de humedad relativa máx, media y mínima entre sitio 1 y 5 en BP

En base al análisis de varianza (Tabla 4) si se observan diferencias significativas entre los tres sitios de **bosque de pino-encino (BPE)**, en temperatura máxima, media y mínima. Hay diferencias en las medias (Figura 26) para temperatura máxima, lo cual permite decir que el sitio 4 (26.6 °C) presento mayores valores de temperaturas seguido del sitio 3 (21.5 °C) y por ultimo el sitio 2 (15 °C). Para la temperatura media y mínima se puede observar que los sitios 2 y 3 son semejantes entre ellos, lo que se aprecia en los intervalos de confianza que muestran traslape. Pero estos sitios con respecto al sitio 4 son notorias las diferencias significativas, por tanto se puede decir que en las temperaturas mínimas, el sitio 3 presentó menores temperaturas seguido del sitio 2 y con mayor diferencia el sitio 4. En forma general para el transcurso del año (temp media), el sitio 2 (9.7 °C) presentó menor temperatura seguido del sitio 3 (11.1 °C) y con mayor diferencia el sitio 4 (15.9 °C).

Variable	Modelo	SC	CM	g.l.	F	P
Máximas	Efecto	674.842	337.421	2	31.42	0.0001
	Error	322.188	10.7396	30		SIGNIF.
	Tota	997.03		32		
Medias	Efecto	206.989	103.494	2	31.82	0.0001
	Error	97.581	3.2527	30		SIGNIF.
	Total	304.57		32		
Mínimas	Efecto	115.263	57.6316	2	15.55	0.0001
	Error	111.162	3.70541	30		SIGNIF.
	Total	226.425		32		

TABLA 4: Comparación de análisis de varianza para los valores promedio de temperaturas máximas, medias y mínimas en (°C), obtenidos de manera continua de septiembre de 2007 a septiembre de 2008 para los sitios 2, 3 y 4 en BPE.

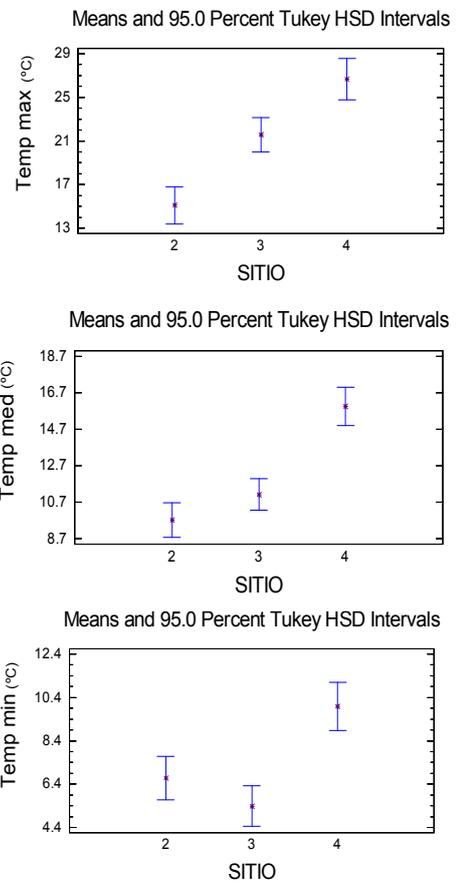


Figura 26: Diferencia de medias (95%) de temperaturas máximas, medias y mínimas entre sitios 2, 3 y 4 en BPE.

Para la humedad relativa en BPE el análisis de varianza (Tabla 5) entre los tres sitios, mostró valores de (HR) mínima, media y máxima que si representan diferencias significativas. La grafica de diferencia de medias (Figura 27) en (HR) máxima y (HR) media se observa que el sitio 2 y 3 son semejantes debido al mayor traslape en los intervalos de confianza, pero con respecto al sitio 4 se aprecia notoriamente estas diferencias significativas. En el caso de (HR) mínima hay mayor diferencias significativas entre el sitio 3 y 4 con respecto al sitio 2. Por lo anterior se puede decir que para (HR) máxima el sitio 4 (90%) presentó valores menores de humedad relativa, con respecto al sitio 2 (95%) y el sitio 3 (96%). Para la (HR) mínima el sitio 4 (38%) también presentó valores menores de humedad relativa con respecto al sitio 2 (46%) y sitio 3 (62%). Para la (HR) media entre sitios se puede decir que el sitio 4 (68%) es el que menores valores de humedad relativa presentó seguido del sitio 3 (79%) y sitio 2 (82%).

Variable	Modelo	SC	CM	g.l.	F	P
Máximas	Efecto	210.12	105.06	2	3.46	0.0444
	Error	910.713	30.3571	30		<i>SIGNIF</i>
	Total	1120.83		32		
Medias	Efecto	1020.07	510.037	2	3.64	0.0386
	Error	4209.07	140.302	30		<i>SIGNIF</i>
	Total	5229.14		32		
Mínimas	Efecto	3278.31	1639.15	2	6.21	0.0055
	Error	7919.89	263.996	30		<i>SIGNIF</i>
	Total	11198.2		32		

TABLA 5: Comparación de análisis de varianza para los valores promedio de humedad relativa máxima, media y mínima en (%), obtenidos de manera continua de septiembre de 2007 a septiembre de 2008 para los sitios 2, 3 y 4 en BPE

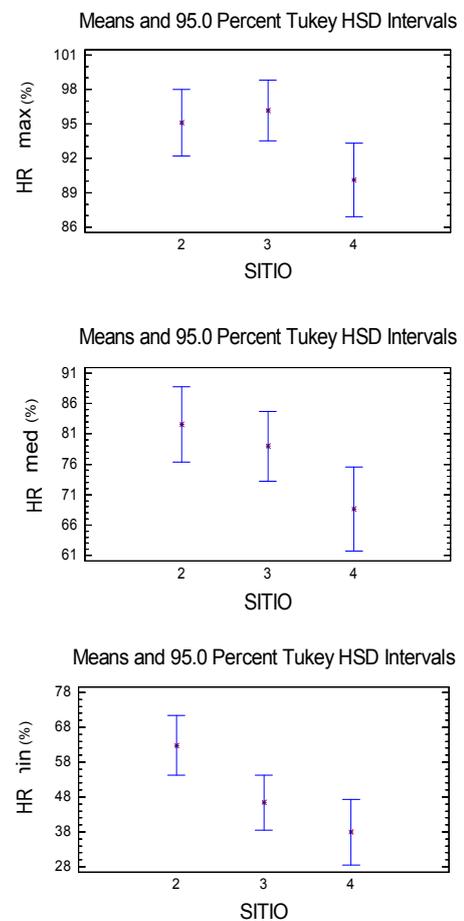


Figura 27: Diferencia de medias (95%) de humedad relativa máxima, media y mínima entre sitios 2, 3 y 4 en BPE.

Debido a que el **bosque de encino (BE)** no presenta datos de comparación ya que solo se cuenta con un sólo sitio, para este caso no se presentan análisis de varianza y diferencia de medias.

Para el **pastizal (P)**, el análisis de varianza (Tabla 6) entre el sitio (Claro) y sitio (Bosque) se observa que no hay diferencias significativas de temperatura mínima. Pero sí existen diferencias significativas entre sitios siendo mayor el valor de la media del sitio (Claro) (Figura 28), en la temperatura media (12.6°C) y máxima (24°C). Lo que permite decir que el sitio (Claro) presentó mayores valores de temperaturas máximas que el sitio (Bosque) y también para todo el año reflejado en las temperaturas medias, mostrando así que la vegetación amortigua las condiciones de mayores temperaturas extremas y en general durante todo el año.

Variable	Modelo	SC	CM	g.l.	F	P
Máximas	Efecto	81.9564	81.9564	1	5.56	0.0362
	Error	176.935	14.7446	12		<i>SIGNIF.</i>
	Total	258.892		13		
Medias	Efecto	4.22751	3.93635	1	8.23	0.0141
	Error	6.16652	0.54668	12		<i>SIGNIF.</i>
	Total	10.394		13		
Mínimas	Efecto	0.685315	923.936	1	0.52	0.4867
	Error	15.9684	9.84819	12		<i>NO SIGNIF.</i>
	Total	16.6537		13		

TABLA 6: Comparación de análisis de varianza para los valores promedio de temperaturas máximas, medias y mínimas en (°C), obtenidos de manera continua de abril de 2008 a octubre de 2008 para los sitios (Claro) y (Bosque) del PASTIZAL

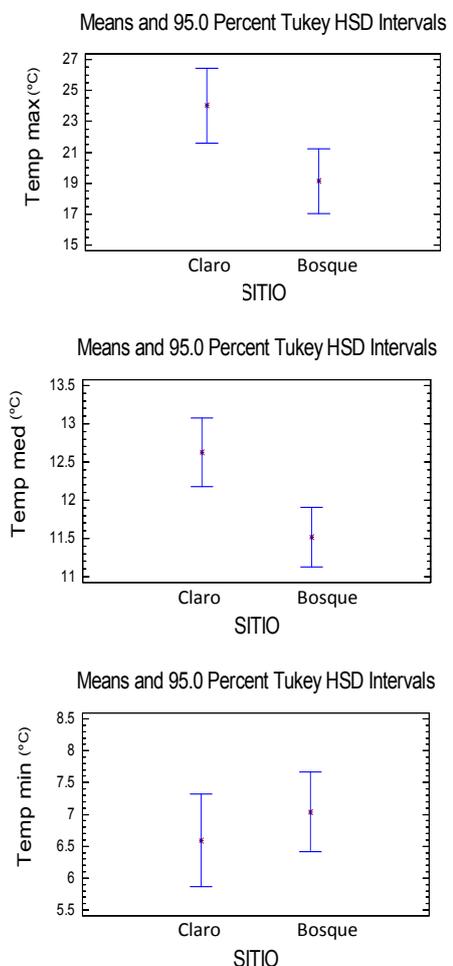


Figura 28: Diferencia de medias (95%) de temperatura máxima, media y mínima entre sitios (Claro) y (Bosque) en PASTIZAL

8.2.4 Diferencias significativas de temperatura y humedad relativa entre BP y BPE.

El análisis de varianza y las diferencias de medias solo se aplicaron entre (BP) y (BPE), ya que sus respectivos sitios podían ser promediados al presentar el registro completo anual en ellos. De acuerdo al análisis de varianza (Tabla 7), sí hay diferencias significativas en temperatura mínima, sin embargo para la temperatura máxima y media en la grafica de diferencia de medias (Figura 29) se aprecia que el (BP) y (BPE) son semejantes entre ellos ya que se observa el traslape en los intervalos de confianza, más no con la media por lo que requiere de una prueba de hipótesis. Por lo tanto se puede decir que aun cuando no hay diferencias significativas en temperaturas máximas entre (BP) (20°C) y (BPE) (17.5°C) las condiciones de temperatura entre ellos son semejantes, mientras que la temperatura media en (BP) (9.5°C) y (BPE) (10.13°C) no hubo un tipo de bosque con mayor temperatura que el otro durante el transcurso del año. Para la temperatura mínima el BP (4.1°C) presentó temperaturas menores que el BPE (5.9°C), lo cual permite decir que el (BP) es mas frio que el (BPE).

Variable	Modelo	SC	CM	g.l.	F	P
Máximas	Efecto	38.6496	38.6496	1	1.09	0.3077
	Error	854.097	35.5874	24		NO SIGNIF.
	Total	892.747		25		
Medias	Efecto	2.46154	2.46154	1	0.40	0.5330
	Error	147.614	6.15058	24		NO SIGNIF.
	Total	150.075		25		
Mínimas	Efecto	21.4215	21.4215	1	4.50	0.0444
	Error	114.174	4.75724	24		SIGNIF.
	Total	135.595		25		

TABLA 7: Comparación de análisis de varianza para los valores promedio de temperaturas máximas, medias y mínimas en (°C), obtenidos de manera continua de septiembre de 2007 a septiembre de 2008 en (BP) y (BPE).

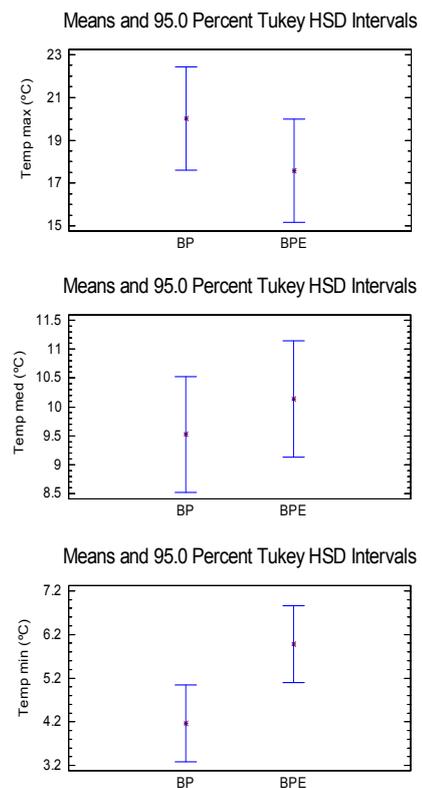


Figura 29: Diferencia de medias (95%) de temperatura máxima, media y mínima entre (BP) y (BPE).

Para la humedad relativa, el análisis de varianza (Tabla 8) entre el (BP) y (BPE) se observa que no hay diferencias significativas de (HR) mínima, sin embargo en la grafica de diferencia de medias (Figura 30) se puede apreciar que el (BP) y (BPE) son semejantes entre ellos ya que se observa el traslape en los intervalos de confianza, mas no con la media del (BPE) por lo que requiere de una prueba de hipótesis. Por lo tanto se puede decir que aun cuando no presentan diferencias significativas entre (BP) (49.7°C) y (BPE) (41.8°C) las condiciones de humedad relativa entre ellos son semejantes, donde si hay diferencias significativas entre sitios siendo mayor el valor de la media del (BP) fue en la (HR) máxima (96.9%) y (HR) media (81%). Lo que permite decir que el (BP) presentó mayores valores de humedad relativa que el (BPE) y también durante el transcurso del año reflejado en (HR) media.

Variable	Modelo	SC	CM	g.l.	F	P
Máximas	Efecto	1952.31	1952.31	1	16.60	0.0004
	Error	2822.87	117.62	24		SIGNIF.
	Total	4775.18		25		
Medias	Efecto	1592.78	1592.78	1	13.31	0.0013
	Error	2871.3	119.638	24		SIGNIF.
	Total	4464.08		25		
Mínimas	Efecto	395.46	395.46	1	1.93	0.1773
	Error	4913.34	204.722	24		NO SIGNIF.
	Total	5308.8		25		

TABLA 8: Comparación de análisis de varianza para los valores promedio de temperaturas máximas, medias y mínimas en (°C), obtenidos de manera continua de septiembre de 2007 a septiembre de 2008 en BP y BPE.

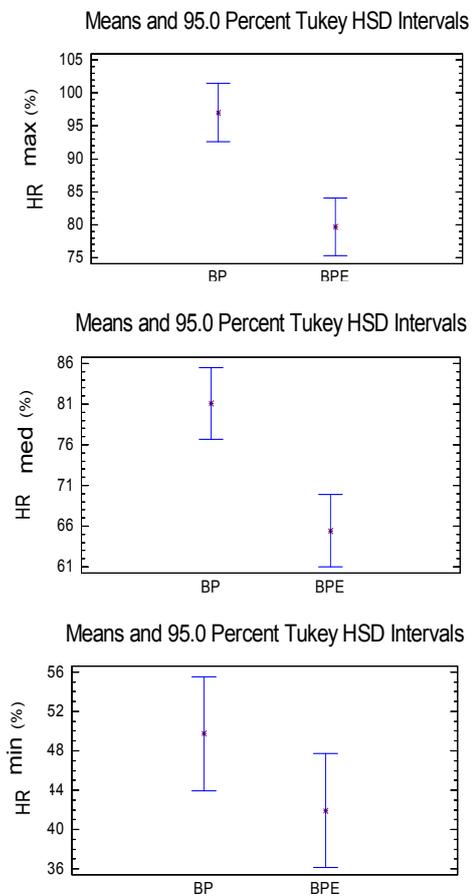


Figura 30: Diferencia de medias (95%) de temperatura máxima, media y mínima entre (BP) y (BPE).

8.3 DENDROCRONOLOGÍA EN INDIVIDUOS DE PINO CON MAYOR V.I.R EN BP Y BPE MEDIANTE LA OBTENCIÓN DE ANILLOS DE CRECIMIENTO

Con la finalidad de conocer el crecimiento de la población arbórea de las especies de pino con mayor V.I.R mediante su edad y comportamiento en el grosor de anillos de crecimiento a través del tiempo, en el cuadro 3 y 4 se presentan datos y características de los individuos muestreados en los cinco sitios para la construcción de cronologías y estructura de edades entre sitios del BP y BPE.

➤ **Bosque de pino (BP)**

SITIO 1: “cueva”. Altitud: 2777 msnm.

INDIVIDUO	PERIMETRO (m)	DIAMETRO (m)	ALTURA (m)	INDICE DE ESBELTEZ	SP	VIGOR ARBOLADO (Anexo 1)	CLAVE R.C %	EDAD (AÑOS)
1	3.8	1.21	35	28.94	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Irregular	I3 (75%)	66
2	1.2	0.38	30	78.54	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Irregular		40
3	1.29	0.41	16	38.97	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Irregular		34
4	1.27	0.40	22	54.42	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Irregular		66
5	0.9	0.29	17	59.34	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Irregular		32⁻
6	1.76	0.56	25	44.63	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Ascendente	A2(50%)	51
7	1.1	0.35	23	65.69	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Ascendente		51
8	1.72	0.55	25	45.66	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Ascendente		63
9	1.16	0.37	23	62.29	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Irregular	I3 (75%)	49
10	1.69	0.54	24	44.61	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Irregular		101⁺

SITIO 5: “puertas”. Altitud: 3247 msnm

INDIVIDUO	PERIMETRO (m)	DIAMETRO (m)	ALTURA (m)	INDICE DE ESBELTEZ	SP	VIGOR ARBOLADO (Anexo 1)	CLAVE R.C %	EDAD (AÑOS)
1	1.43	0.46	20	43.94	<i>P. hartewii</i>	Mort. Ascendente	A1 (25%)	92
2	1.36	0.43	22	50.82	<i>P. hartewii</i>	Mort. Ascendente	A2 (50%)	81
3	1.09	0.35	18	51.88	<i>P. hartewii</i>	Mort. Ascendente		86
4	1.43	0.46	20	43.94	<i>P. hartewii</i>	Mort. Ascendente		87
5	1.74	0.55	26	46.94	<i>P. hartewii</i>	Mort. Ascendente		88
6	1.21	0.39	17	44.14	<i>P. hartewii</i>	Mort. Ascendente		28⁻
7	1.87	0.60	21	35.28	<i>P. hartewii</i>	Mort. Ascendente		95
8	1.81	0.58	26	45.13	<i>P. hartewii</i>	Mort. Ascendente	A1 (25%)	88
9	1.86	0.59	22	37.16	<i>P. hartewii</i>	Mort. Ascendente		98⁺
10	1.47	0.47	21	44.88	<i>P. hartewii</i>	Mort. Ascendente		56

CUADRO 3: Características y parámetros evaluados por individuo muestreado con el taladro Pressler en sitios de bosque de pino. En negritas edad mínima (-) y edad máxima (+).

➤ **Bosque de pino encino (BPE)**

SITIO 2: “laguna”. Altitud: 2766 msnm

INDIVIDUO	PERIMETRO (m)	DIAMETRO (m)	ALTURA (m)	INDICE DE ESBELTEZ	SP	VIGOR ARBOLADO (Anexo 1)	CLAVE R.C %	EDAD (AÑOS)
1	2.68	0.85	40	46.89	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Ascendente	A2 (50%)	95
2	2.54	0.81	50	61.84	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Ascendente		74
3	1.54	0.49	45	91.80	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Ascendente		59
4	1.43	0.46	31	68.10	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Ascendente		93
5	1.72	0.55	42	76.71	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Ascendente		48 ⁻
6	1.96	0.62	50	80.14	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Ascendente		121 ⁺
7	1.73	0.55	35	63.56	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Ascendente		101
8	2.04	0.65	36	55.44	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Ascendente		72
9	1.94	0.62	35	56.68	<i>P. ayacahuite</i>	Mort. Ascendente		78

SITIO 3: “invernadero”. Altitud: 2768 msnm

INDIVIDUO	PERIMETRO (m)	DIAMETRO (m)	ALTURA (m)	INDICE DE ESBELTEZ	SP	VIGOR ARBOLADO (Anexo 1)	CLAVE R.C %	EDAD (AÑOS)
1	2.26	0.72	29	40.31	<i>P. pseudostrobus</i>	Mort. Ascendente	A2 (50%)	58 ⁻
2	3.36	1.07	41	38.34	<i>P. pseudostrobus</i>	Mort. Ascendente		105
3	2.7	0.86	32	37.23	<i>P. pseudostrobus</i>	Mort. Ascendente		143
4	2.32	0.74	35	47.39	<i>P. pseudostrobus</i>	Mort. Ascendente		91
5	2.11	0.67	32	47.65	<i>P. pseudostrobus</i>	Mort. Ascendente		96
6	2.58	0.82	30	36.53	<i>P. pseudostrobus</i>	Mort. Ascendente		105
7	2.93	0.93	37	39.67	<i>P. pseudostrobus</i>	Mort. Ascendente		98
8	2.08	0.66	34	51.35	<i>P. pseudostrobus</i>	Mort. Ascendente		128
9	2.25	0.72	36	50.27	<i>P. pseudostrobus</i>	Mort. Ascendente		115
10	2.61	0.83	38	45.74	<i>P. pseudostrobus</i>	Mort. Ascendente		174 ⁺

SITIO 4: “piedra hembra”. Altitud: 2317 msnm

INDIVIDUO	PERIMETRO (m)	DIAMETRO (m)	ALTURA (m)	INDICE DE ESBELTEZ	SP	VIGOR ARBOLADO (Anexo 1)	CLAVE R.C %	EDAD (AÑOS)
1	1.06	0.34	15	44.46	<i>P. lawsonii</i>	Mort. Ascendente	A2 (50%)	52
2	1.06	0.34	16	47.42	<i>P. lawsonii</i>	Mort. Ascendente		46
3	0.92	0.29	16	54.64	<i>P. lawsonii</i>	Mort. Ascendente		39
4	1.61	0.51	15	29.27	<i>P. lawsonii</i>	Mort. Irregular	I3 (75%)	87
5	2.11	0.67	25	37.22	<i>P. lawsonii</i>	Mort. Irregular		102
6	1.09	0.35	14	40.35	<i>P. lawsonii</i>	Mort. Irregular		42
7	0.99	0.32	13	41.25	<i>P. lawsonii</i>	Mort. Irregular		41
8	1.01	0.32	13	40.44	<i>P. lawsonii</i>	Mort. Irregular		37 ⁻
9	1.91	0.61	24	39.48	<i>P. lawsonii</i>	Mort. Irregular		112 ⁺
10	1.22	0.39	20	51.50	<i>P. lawsonii</i>	Mort. Irregular		79

CUADRO 4: Características y parámetros evaluados por individuo muestreado con el taladro Pressler en sitios de bosque de pino-encino. En negritas edad mínima (-) y máxima (+).

8.3.1 Cronologías de sitios de bosque de pino (BP).

Con las medidas de grosor del anillo total de crecimiento obtenidas con el programa *WinDENRO*, se hicieron los promedios por individuo (sincronización núcleo A y B) y por sitio (sincronización retrospectiva 2006 - individuos), para construir y comparar las cronologías entre sitios que se muestran a continuación.

Se observa que el registro de crecimiento anual de anillos para el **(Sitio 1) *Pinus ayacahuite*** durante el periodo 1975-2006 (Figura 31), el grosor osciló entre 2.14 a 4.66 mm. El mayor crecimiento ocurrió en el intervalo 1977-1979, destacando el año correspondiente a 1979 con 4.66 mm. Posterior a este, se registro un decremento en el grosor anual hasta llegar a valores que oscilaron de 3.80 a 2.21 mm en el intervalo 1980-1998, después se incremento de nuevo el crecimiento anual que osciló de 2.67 a 3.07 mm en el intervalo 1999-2006, teniendo así dos intervalos de mayor crecimiento en la cronología.

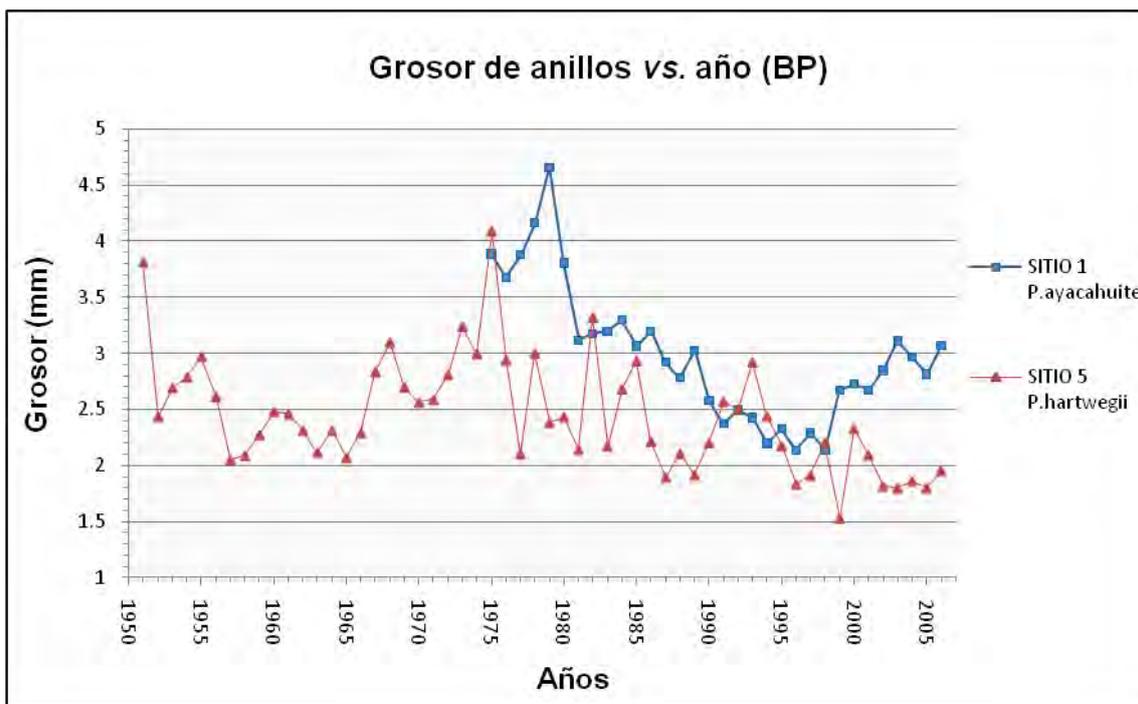


Figura 31: Cronologías: Sitio 1 *Pinus ayacahuite* (32 años retrospectivos; 1975-2006) y sitio 5 *Pinus hartwegii* (56 años retrospectivos; 1951-2006).

Para el caso del **(Sitio 5) *Pinus hartwegii*** el registró de crecimiento anual de anillos durante el periodo 1951-2006 (Figura 31), el grosor osciló entre 1.53 a 4.09 mm. Dada la extensión de la cronología se observan varios intervalos de mayor crecimiento, el primero en 1953-1955 que osciló de 2.69 a 2.97 para posteriormente registrar un decremento en el grosor anual hasta llegar a valores menores que oscilaron de 2.61 a 2.07 mm en el intervalo 1956-1965, el segundo crecimiento anual en el intervalo 1966-1968 oscilando entre 2.29 a 3.10 mm siguiendo un decremento de 2.70 a 2.59 mm para 1969-1971, el tercer intervalo y siendo el mayor crecimiento en la cronología ocurrió en 1972-1975, destacando el correspondiente al año 1975 con 4.09 mm, posterior a este se registro un decremento en el grosor anual hasta llegar a valores menores que oscilaron hasta 1.91 mm en 1989, el cuarto intervalo en 1990-1993 incrementa de nuevo el crecimiento anual que osciló de 2.20 a 2.92 mm, posteriormente se registro un decremento con valores menores que oscilaron de 2.44 a 2.53 mm en el intervalo 1994-1999. Finalmente se puede apreciar el intervalo en 2002-2006 donde el grosor del anillo prácticamente no cambia y osciló en 1.8 a 1.9 mm.

8.3.2 Cronologías de sitios de bosque de pino-encino (BPE).

El registro del crecimiento anual de anillos para el **(Sitio 2) *Pinus ayacahuite*** durante el periodo 1959-2006 (Figura 32), muestra que el grosor osciló entre 1.91 a 6.23 mm. Independientemente del año 1959 con 6.23 mm de grosor, se puede observar el mayor crecimiento en el intervalo 1960-1965 que osciló de 4.73 a 4.84 mm, con un decremento intermedio de 4.36 y 4.55 mm en los años 1963-1964, posteriormente se registro un notorio decremento de 4.74 a 2.94 mm en el intervalo 1966-1976. El segundo intervalo en crecimiento y de estabilización de la tendencia negativa se registró en 1977-1985 con valores que oscilaron en el crecimiento anual entre 2.94 a 3.43 mm, posteriormente se registra un decremento con valores menores que oscilaron de 3.25 a 2.32 mm en 1986-1988.

El tercer crecimiento anual fue en el intervalo 1989-1994 con valores que oscilaron de 2.79 a 3.27 mm y posteriormente un decremento de hasta 1.91mm en el año 1998. Finalmente el cuarto crecimiento anual se registró en

el intervalo 1999-2002 con valores mayores que oscilaron entre 2.53 a 3.26 mm y posteriormente registrar un decremento de 2.87 a 2.56 mm en 2003-2005, para finalmente en el año mas actual 2006 incrementar a 3.14 mm.

Para el caso del **(Sitio 3) *Pinus pseudostrabus*** se registro el crecimiento anual de anillos durante el periodo 1951-2006 (Figura 32), el grosor osciló entre 1.57 a 4.96 mm. Se puede apreciar que a pesar de tener una tendencia negativa el mayor crecimiento en la cronología ocurrió en el intervalo 1949-1951, oscilando de 4.96 a 3.53 mm; posterior a este se registró un decremento en el grosor anual hasta llegar a valores menores como 2.92 mm en el año 1960. El segundo incremento se da en el año 1961 con 3.52 mm, seguido de un decremento en el grosor anual en el intervalo 1962-1969 que osciló de 3.10 a 2.18 mm. El tercer incremento se registró en el intervalo 1970-1975 oscilando de 2.32 a 2.88 mm, posterior a este se registró un decremento en el grosor anual oscilando en 1976-1977 de 2.54 a 2.24 mm. El cuarto incremento se presentó en el intervalo 1978-1985 que oscilo de 2.37 a 2.70, se puede observar que este tiende a ser estable solo con un segundo mayor crecimiento en 1981 de 2.67 mm, posteriormente se registró un decremento en el grosor anual en el intervalo 1986-1988 oscilando de 1.99 a 1.57 mm. El quinto incremento se registró en el intervalo 1989-1998 que osciló entre 1.73 a 2.25 mm, observándose una tendencia equilibrada dado un ligero decremento dentro del intervalo. Posterior a éste, se registró un decremento que osciló hasta 1.80 mm en el año 2001 y un sexto incremento anual en el intervalo 2002-2005 oscilando de 1.90 a 2.59 mm, por tanto se puede apreciar en el intervalo 1999-2003 una tendencia lineal en el grosor anual con valores que oscilaron de 1.83 a 1.93 mm. Finalmente para el año mas reciente 2006 se registró un decremento de 2.04 mm.

El registro del crecimiento anual de anillos para el **(Sitio 4) *Pinus lawsonii*** durante el periodo 1970-2006 (Figura 32). El grosor oscilo entre 1.20 a 3.01 mm. Se observa que la cronología comenzó con un decremento en el intervalo 1970-1971 de 2.78 a 1.85 mm.

El primer incremento en grosor anual se da para el intervalo 1972-1973 con 2.00 a 2.84 mm, posteriormente se registra un decremento en el intervalo 1974-1975 de 2.54 a 2.16 mm. El segundo incremento se dio en el año 1976 con 2.42 mm, siguiendo un decremento de 2.24 mm en 1977. El tercer incremento se registra en el intervalo 1978-1979 con 2.41 a 2.84 mm; posteriormente se registró un decremento en el intervalo 1980-1987 con tendencia lineal de valores que oscilaron de 2.58 a 2.48 mm, después de este se registró otro decremento menor en el año 1988 de 2.25 mm. El cuarto incremento se registró en el intervalo 1989-1992 con valores que oscilaron de 2.25 a 3.00 mm, posteriormente se registró un decremento en el intervalo 1993-1995 oscilando de 2.55 a 1.89 mm. El quinto incremento se registro en el intervalo 1996-1997 con 2.27 a 2.61 mm, posteriormente se registró un decremento en el intervalo 1998-1999 de 1.91 a 1.20 mm. Finalmente el sexto incremento se registró en el intervalo 2000-2004 oscilando de 1.33 a 1.76 mm, posteriormente se registra un decremento en el intervalo 2005-2006 de 1.64 a 1.31 mm.

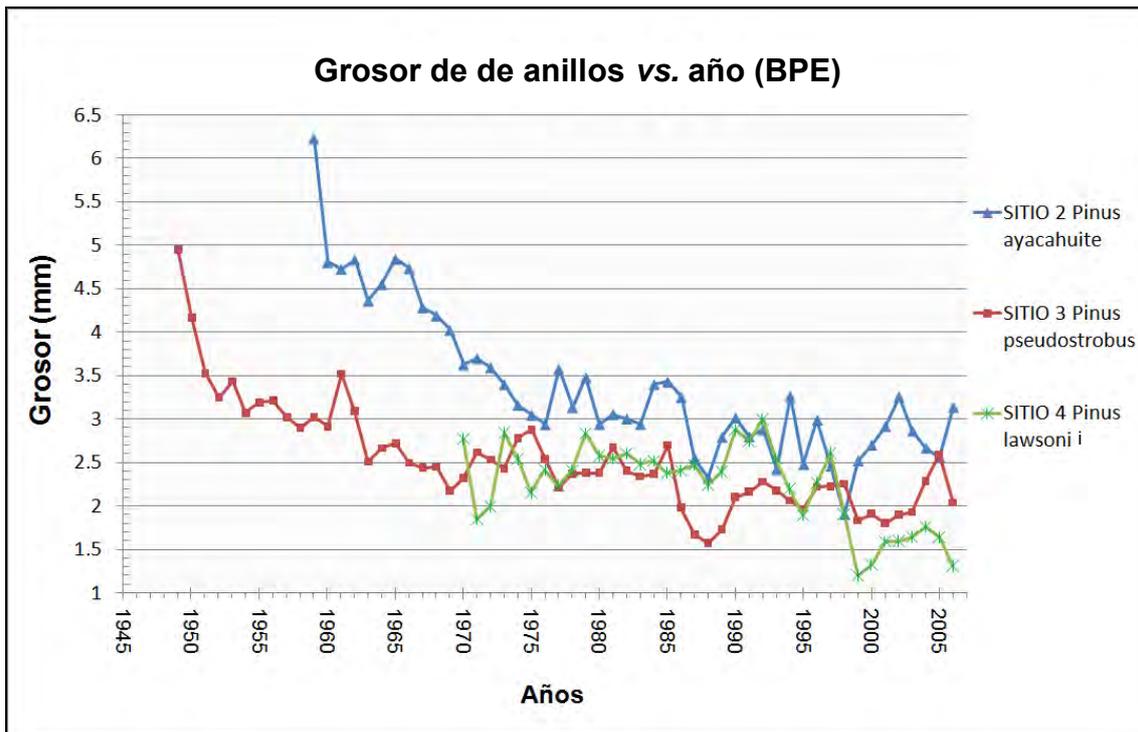


Figura 32: Cronologías: Sitio 2 *Pinus ayacahuite* (48 años retrospectivos; 1959-2006), sitio 3 *Pinus pseudostrobus* (58 años retrospectivos; 1949-2006) y sitio 4 *Pinus lawsonii* (37 años retrospectivos; 1970-2006).

8.3.3 Relación entre variables climáticas (Temperatura y Precipitación) y anillos de crecimiento de bosque de pino (BP).

Dichas variables meteorológicas fueron tomadas de la estación más cercana que se ubica en la comunidad de Cuajimoloyas, a una altitud de 3,150 msnm con latitud 17°06'00"N y longitud 96°25'00"W (Figura 33).

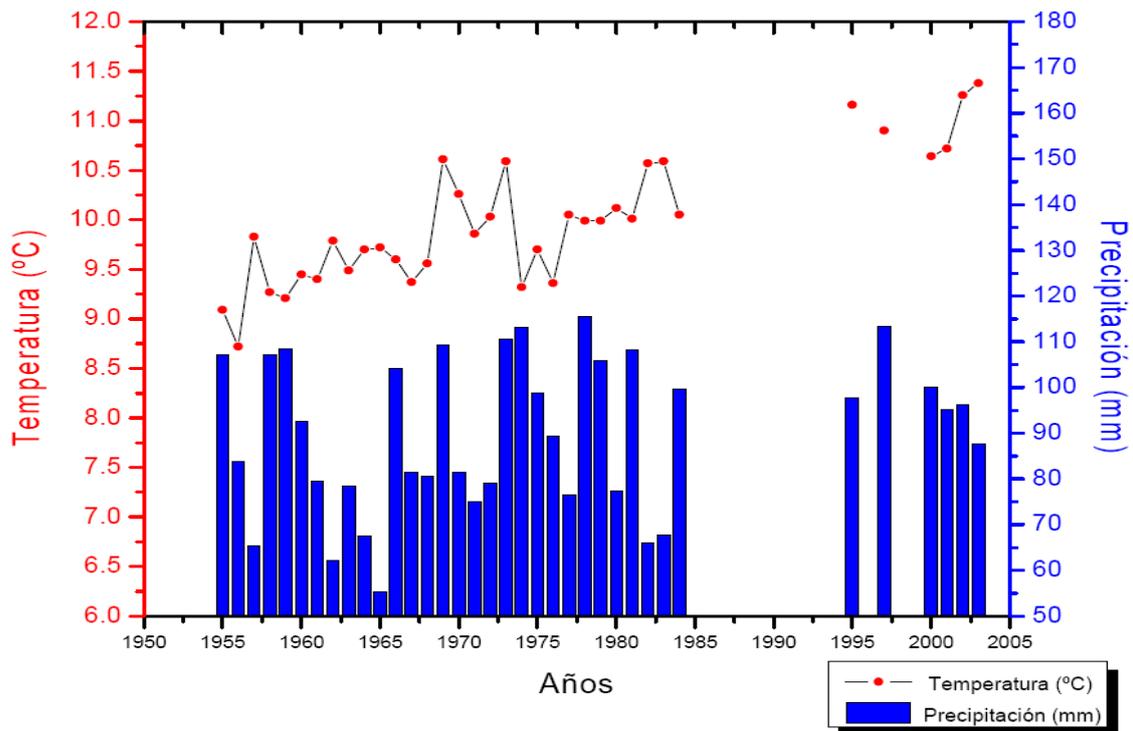


Figura 33: Climograma: Temperatura promedio anual (°C) vs. precipitación promedio anual (mm) en el periodo de 1955 a 1984. Estación Cuajimoloyas a una altitud de 3,150 msnm.

En el periodo 1975-2006 correspondiente a la cronología del (**Sitio 1**) *Pinus ayacahuite*, se puede observar en general que temperatura y precipitación decrecen en los dos primeros años, correspondiendo al primer decremento en el crecimiento (1-) (Figura 34), para posteriormente aumentar en mayor medida la precipitación que la temperatura y así registrar el mayor crecimiento de la cronología en 1979 (1+). Para el intervalo 1982-1984 se observa un comportamiento opuesto en la temperatura y precipitación, mostrando así en la cronología una tendencia estable (1=).

Finalmente en el año 2001-2002 se eleva la temperatura y la precipitación, que como consecuencia incrementa el crecimiento (2+).

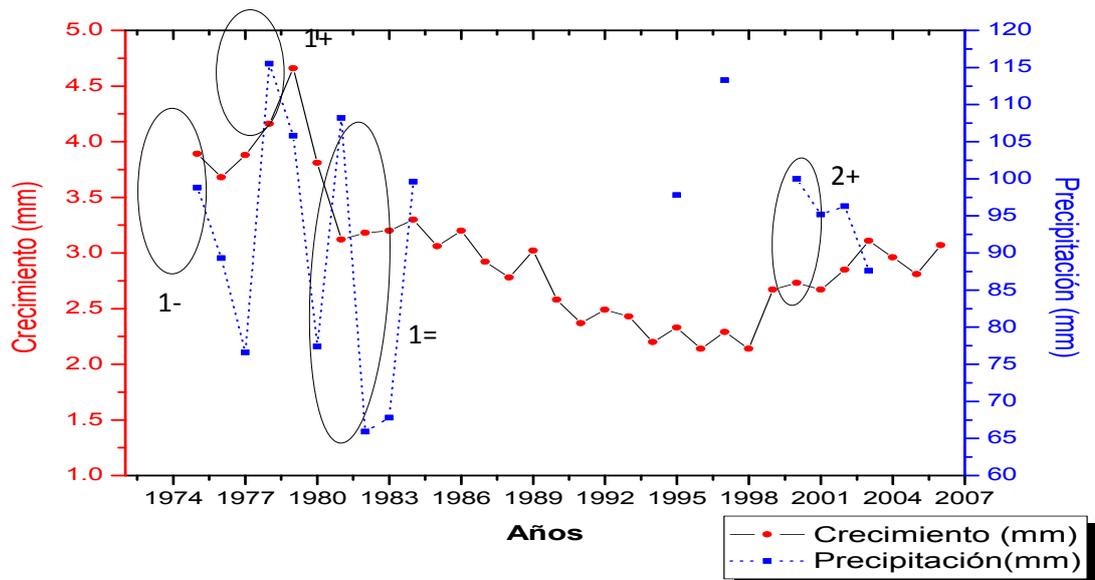


Figura 34: Cronología: sitio 1 *Pinus ayacahuite* vs. precipitación promedio anual (mm). En óvalos se presentan: decremento de anillos (-), incrementos (+) y estables (=).

Con el registro de temperatura y precipitación, en el periodo 1975-2006 correspondiente a la cronología del (Sitio 5) *Pinus hartwegii*, se puede observar en general que ambas variables de temperatura y precipitación presentan una mayor correspondencia en el comportamiento de la cronología del sitio, destacando así el intervalo de mayor crecimiento anual en 1972-1975 (1+) (Figura 35), seguido de un decremento de ambas variables climáticas y del crecimiento anual, para a partir del año 1978 presentar fluctuaciones en temperatura y precipitación ocurriendo lo mismo con el crecimiento anual. Finalmente para el intervalo de registro 2000-2003 se observa un aumento en mayor proporción durante toda la cronología de temperatura y una disminución de precipitación y crecimiento anual.

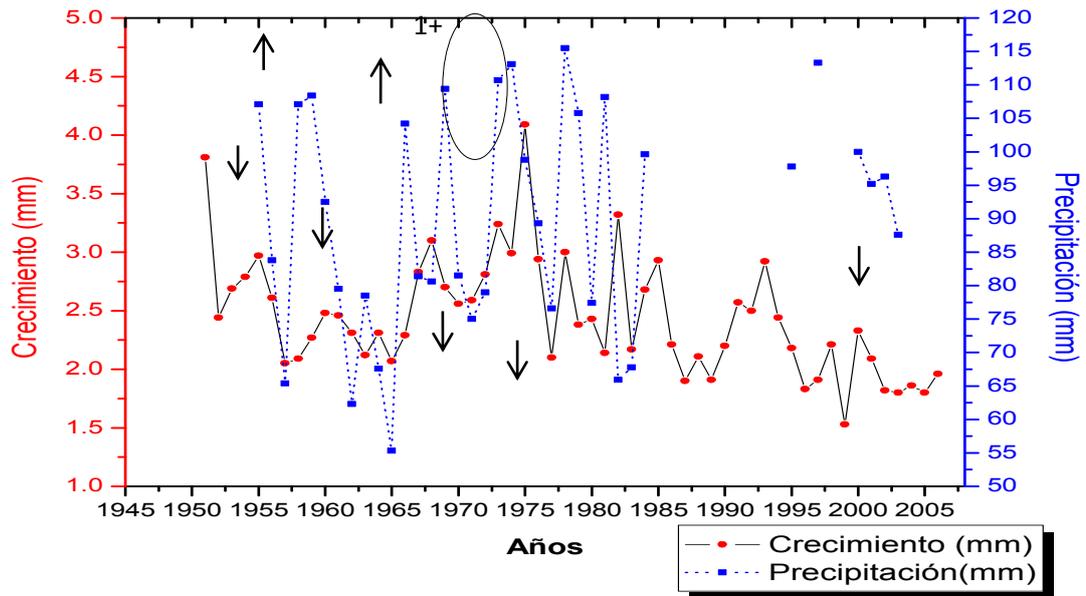


Figura 35: Cronología: sitio 5 *Pinus hartwegii* vs. precipitación promedio anual (mm). En flechas se presentan: decremento de anillos (↓), incrementos (↑) y en óvalo el mayor incremento de anillos (1+).

8.3.4 Relación entre variables climáticas (Temperatura y Precipitación) y anillos de crecimiento de bosque de pino-encino (BPE).

Para el (Sitio 2) *Pinus ayacahuite*, la temperatura y precipitación del periodo correspondiente a la cronología 1959-2006, se observa una disminución en la precipitación y muy poco aumento en la temperatura que se refleja en la disminución de crecimiento de anillos (1-) (Figura 36), posteriormente a esto se registra uno de los valores mas altos de precipitación con una pequeña fluctuación de temperatura por lo cual se refleja en uno de los mayores crecimientos anual de anillo (1+). En el tercer óvalo se observa de forma paralela en temperatura y precipitación una disminución seguido de un aumento, dando como resultado una tendencia estable (1=), pero seguido a este intervalo se observa una notable disminución en la temperatura, acompañado de una disminución gradual de precipitación que se ve reflejado en el decremento anual del anillo (2-).

Para el intervalo 1982-1984 se observa un comportamiento opuesto en la temperatura y precipitación, mostrando así en la cronología una tendencia estable (2=). Finalmente en el año 2001-2002 se eleva la temperatura y la precipitación, que incrementa el crecimiento (2+).

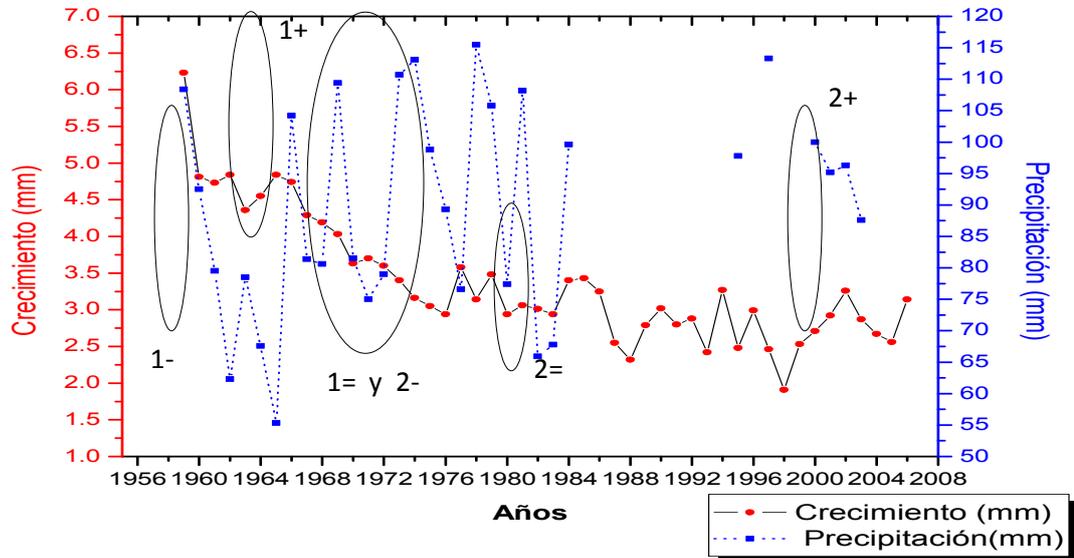


Figura 36: Cronología: sitio 2 *Pinus ayacahuite* vs. precipitación promedio anual (mm). En óvalos se presentan: anillos en decremento (-), incremento (+) y estables (=).

De acuerdo al registro de temperatura y precipitación. En el periodo 1949-2006 correspondiente a la cronología del (**Sitio 3**) *Pinus pseudostrobus*, Se puede observar una disminución en la precipitación y temperatura para los primeros años que se refleja en la disminución de crecimiento de anillos (1-) (Figura 37), seguido de un aumento en precipitación y de de forma oscilatoria la temperatura lo que mantiene una tendencia estable en el crecimiento y con uno de los mayores crecimientos (1+), posterior a este intervalo se registra una disminución de precipitación gradual, pero con una temperatura con tendencia estable lo que se ve reflejado en la disminución en el crecimiento anual (2-), después de este se observa un aumento de forma oscilatoria tanto en precipitación y temperatura reflejando una cronología también oscilatoria pero estable. Posteriormente se aprecia en el intervalo 1974-1975 de la cronología un aumento correspondiente a la precipitación y temperatura en aumento (2+), para posteriormente disminuir la precipitación y en menor medida la

temperatura y en consecuencia el crecimiento anual. Después de esto se registran dos comportamientos opuestos de precipitación y temperatura dentro del intervalo 1978-1983 de la cronología, explicando la tendencia casi lineal y constante de esta (3=).

Finalmente se observa en el intervalo 2000-2003 una disminución de precipitación y aumento de temperatura, que corresponde aun menor crecimiento anual con una tendencia estable (4=).

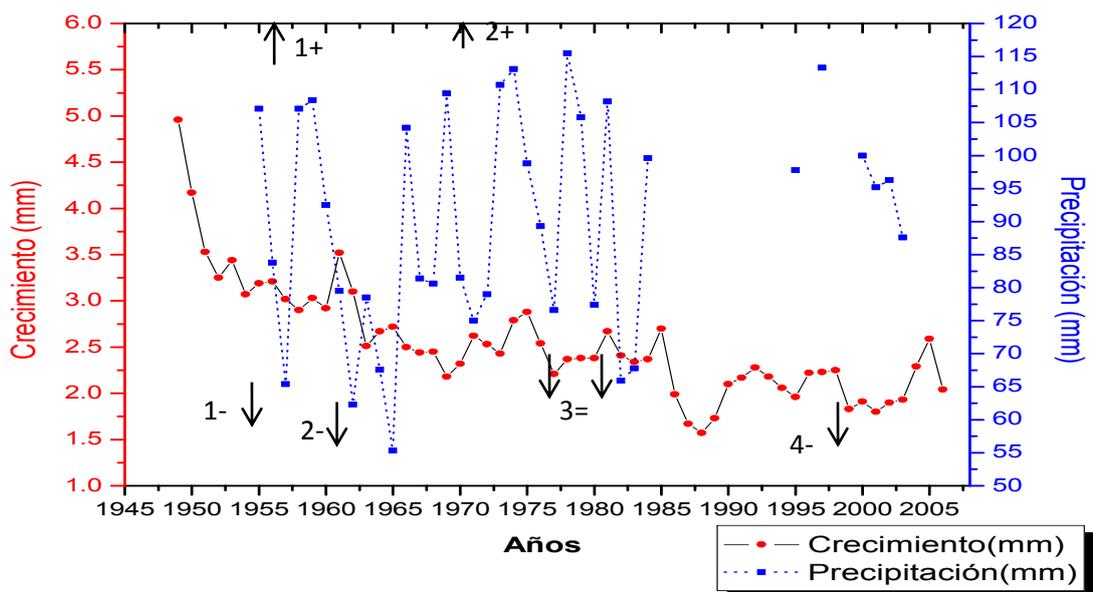


Figura 37: Cronología: sitio 3 *Pinus pseudostrobus* vs. precipitación promedio anual (mm). En flechas se presentan: decremento de anillos (↓), incrementos (↑) y estables (=).

Para el **(Sitio 4) *Pinus lawsonii***, en base al registro de temperatura y precipitación para el periodo correspondiente a la cronología 1970-2006. Se puede observar una disminución en la precipitación y temperatura para los primeros años que se refleja en la disminución de crecimiento de anillos (1-) (Figura 38), a partir del tercer año se aprecia un aumento en la temperatura y precipitación que refleja un mayor crecimiento anual (1+), posterior al año 1974 se observa una disminución de temperatura y precipitación gradual hasta 1977 que refleja un segundo menor crecimiento anual (2-). Posterior a esto se eleva la temperatura y se estabiliza acompañada de un aumento en la precipitación que como consecuencia aumenta el crecimiento anual hasta 1979, después se

registra un comportamiento antagónico entre temperatura y precipitación mostrando así una cronología estable (3=). Finalmente para el intervalo 2000-2003 se aprecia un aumento en la temperatura en mayor proporción y una disminución de precipitación que refleja menores valores de crecimiento anual en comparación de la cronología (4-).

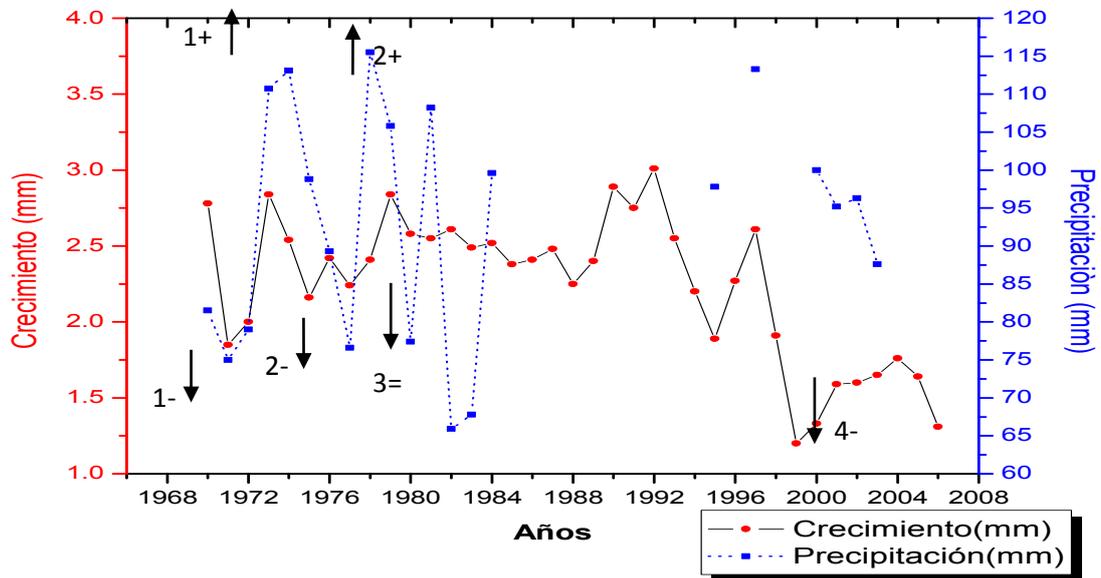


Figura 38: Cronología: sitio 4 *Pinus lawsonii* vs. de precipitación promedio anual (mm). En flechas se presentan: decremento de anillos (\downarrow), incrementos (\uparrow) y estables (=).

8.3.5 Diferencias y similitud de crecimiento entre sitios de bosque de pino (BP) y bosque de pino-encino (BPE).

Como se mostró en las cronologías podemos apreciar el comportamiento del crecimiento anual en el transcurso de tiempo dado por la medición del anillo, sin embargo para poder apreciar las diferencias de crecimiento anual en su conjunto como sitio-especie, resultado de las condiciones específicas presentes del mismo (edad de individuos, altitud, exposición, precipitación, temperatura, calidad de suelo, retención de copa, competencia entre otras). A continuación se presenta la distribución y dispersión en los crecimientos por sitios del hábitat de bosque (BP) y (BPE) (Figura 39A), lo que destaca es que el sitio 2 en BPE presenta mayor rango ó amplitud dentro de su limite máximo y mínimo que el resto de los sitios, que se pudo apreciar tanto en la tendencia tan oscilante en la cronología del sitio, como físicamente en las muestras

donde los anillos son asimétricos. Por el contrario se aprecia que el sitio 4 en BPE a un cuando la mediana tiende a los valores máximos, su limite mayor y menor en comparación de los otros sitios son los menores, que se pudo apreciar en la cronología del sitio al presentar una tendencia mas estable y físicamente en las muestras al presentar anillos de crecimiento más simétricos y cerrados.

Considerando lo anterior en la distribución y dispersión de promedios anuales, podemos decir con el análisis de varianza con un intervalo de confianza del 95%, y la grafica de diferencia de medias (Figura 39B). Que el sitio 2 en BPE es el que mayor crecimiento radial registró con 3.36 mm, mientras que el sitio 4 en BPE presentó el menor crecimiento con 2.23 mm. También se puede apreciar que el segundo sitio con mayor crecimiento fue el sitio 1 en BP con 2.98 mm, mientras que para el otro sitio en BP (sitio 5) registro un crecimiento radial de 2.44 mm, existiendo diferencia significativa entre sitios del BP. Por ultimo el sitio 3 en BPE registro un crecimiento de 2.54 mm, mostrando así que no existe diferencia significativa con en el sitio 4 en BPE, pero estos dos si con respecto al sitio 2 en BPE.

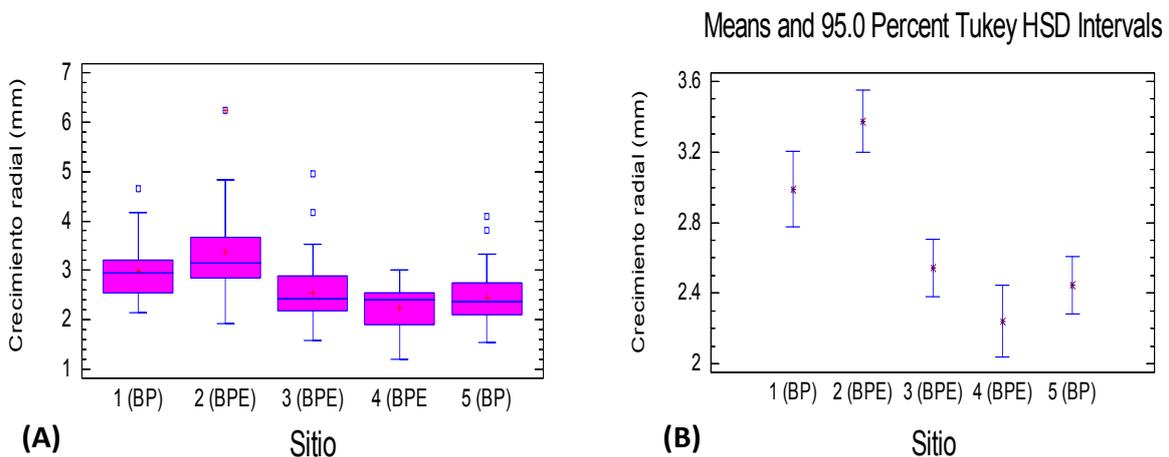


Figura 39: (A) Distribución y dispersión de promedios anuales por sitios de BP y BPE. (B) Diferencia de medias con 95% de confianza, de promedios anuales entre sitios de BP y BPE.

Para el caso de similitud entre crecimientos de los sitios muestreados (Figura 40A) se puede observar 2 grupos, donde a su vez uno de ellos se divide en 1 subgrupo. Por lo tanto se tiene que el sitio 4 en BPE es mas cercana la relación entre el crecimiento del sitio 3 en BPE y a su vez estos con el crecimiento del sitio 2 en BPE, mientras tanto el segundo grupo relacionado al crecimiento lo conforma el sitio 1 en BP y el sitio 5 en BP.

Para determinar que variables se encuentran mas ligadas al crecimiento anual del árbol (Figura 40B) se puede observar que el sitio esta muy ligado a la especie, mientras que en el otro grupo el ancho total ó crecimiento esta mas ligado a la precipitación y en segunda instancia con la temperatura.

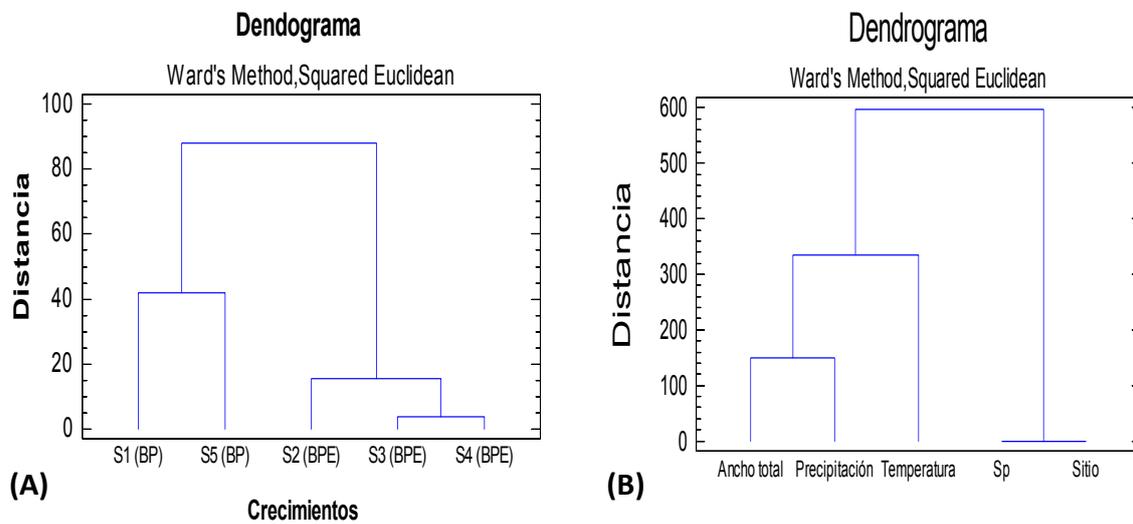


Figura 40: (A) Dendrograma de similitud entre crecimientos en los sitios de BP Y BPE. (B) Dendrograma de similitud entre el crecimiento y las variables involucradas en el sitio.

8.4 ESTRUCTURA DE EDADES MEDIANTE ANILLOS DE CRECIMIENTO EN INDIVIDUOS DE PINO CON MAYOR V.I.R EN BP Y BPE

Con la finalidad de conocer el crecimiento de la población arbórea mediante su edad. En el bosque de pino (BP) (Figura 41A) se muestrearon 10 individuos de 32, 34, 40, 49, 51, 51, 63, 66, 66 y 101 años en el sitio 1 de la especie *Pinus ayacahuite* y 10 individuos de 28, 56, 81, 86, 87, 88, 88, 92, 95, y 98 años en el sitio 5 de *Pinus hartewii*, y se encontró una distribución sesgada en dos grupos reconocidos como juveniles y adultos. El bosque de pino-encino (BPE) (Figura 41B) con 9 individuos de 48, 59, 72, 74, 78, 93, 95, 101 y 121 años del sitio 2 de *Pinus ayacahuite*, 10 individuos de 58, 91, 96, 98, 105, 105, 115, 128, 143 y 174 años del sitio 3 de *Pinus pseudostrobus* y 10 individuos de 37, 39, 41, 42, 46, 52, 79, 87, 102 y 112 años del sitio 4 de *Pinus lawsonii*, se encontró una distribución más uniforme donde la mayoría de las edades encontradas estuvieron representadas por juveniles y adultos.

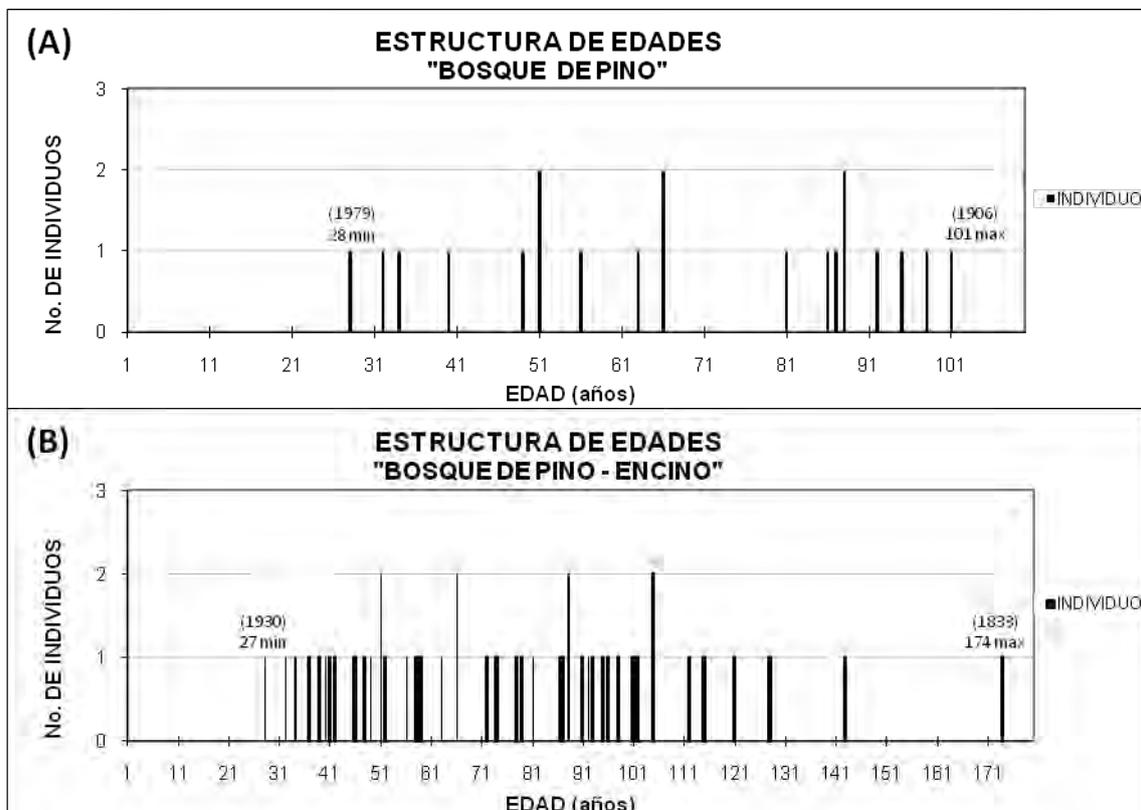


Figura 41: (A) Estructura de edades en individuos de pino con mayor V.I.R presentes en BP. (B) Estructura de edades en individuos de pino con mayor V.I.R presentes en BPE.

8.4.1 Distribución de edades y estadio biológico de individuos de pino con mayor V.I.R presentes en BP y BPE.

Para saber en que estadio biológico se encuentran las especies de BP y BPE mediante las edades reportadas en individuos de pino, se realizó la distribución de edades (años) – estadio biológico, con base a lo establecido por Manzanilla en 1974 (Pérez, 2000). Por lo tanto se puede observar el estadio biológico del bosque de pino con individuos del sitio 1 *Pinus ayacahuite* y sitio 5 *Pinus hartewii* (Figura 42A); un mayor numero de individuos en estadio adulto seguido de juveniles y finalmente viejos, sin registrar estadios de brizal y senil por lo que se puede decir que la población tiende a una distribución sigmoidea sesgada a los individuos jóvenes-adultos que favorecen la dinámica poblacional del bosque ya que incorpora mayor individuos jóvenes y adultos que individuos propensos a morir como los viejos y seniles. Para el caso del bosque de pino-encino con individuos del sitio 2 *Pinus ayacahuite*, sitio 3 *Pinus pseudostrobus* y sitio 4 *Pinus lawsonii* (Figura 42B); se puede apreciar mejor la distribución de todos los estadios biológicos con excepción del brizal, mostrando así una distribución normal en estadios con mayor numero de individuos adultos y extremos descendentes en proporción, por lo cual favorece la dinámica poblacional al existir un equilibrio de individuos juveniles-adultos que viejos-seniles que provoquen un decline en el hábitat.

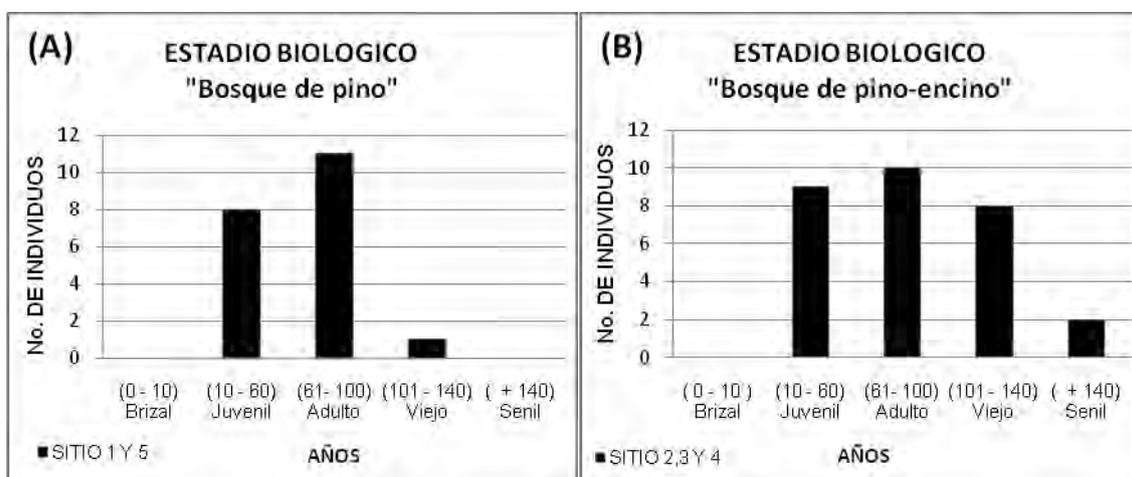


Figura 42: (A) Estadio biológico de individuos de pino con mayor V.I.R presentes en BP. (B) Estadio biológico de individuos de pino con mayor V.I.R presentes en BPE.

8.4.2 Distribución de edades y estadio biológico por sitio de individuos de pino con mayor V.I.R en BP y BPE.

Para determinar el estadio biológico de cada sitio en los dos hábitats de bosque muestreados con la técnica dendrocronológica; se puede observar que en BP (Figura 43A), el sitio 1 *Pinus ayacahuite* solo muestra dos estadios con tres veces mayor numero de individuos en adultos que juveniles, por lo que este sitio se podría considerar un bosque adulto. Para el sitio 5 *Pinus hartwegii* se puede apreciar una distribución sigmoidea sesgada a los individuos jóvenes, por lo que este sitio tiene una buena dinámica poblacional y esperanza de vida al incorporar más jóvenes que viejos en general. Para los sitios en BPE (Figura 43B); se observa que el sitio 2 *Pinus ayacahuite* presenta una distribución normal con mayor numero de individuos adultos y extremos menores en juveniles y viejos, por lo cual favorece la dinámica poblacional al existir un equilibrio de individuos jóvenes y viejos en el hábitat. Para el caso del sitio 3 *Pinus pseudostrobus* se observa una distribución sigmoidea sesgada a los individuos viejos, por lo cual tiende al decline en la dinámica poblacional del sitio al contar con mayor numero de individuos viejos y seniles que juveniles. Finalmente el sitio 2 *Pinus lawsonii* presenta una distribución sigmoidea sesgada a los individuos jóvenes, por lo cual tiene una buena esperanza de vida al contar con mayor numero de individuos jóvenes que viejos.

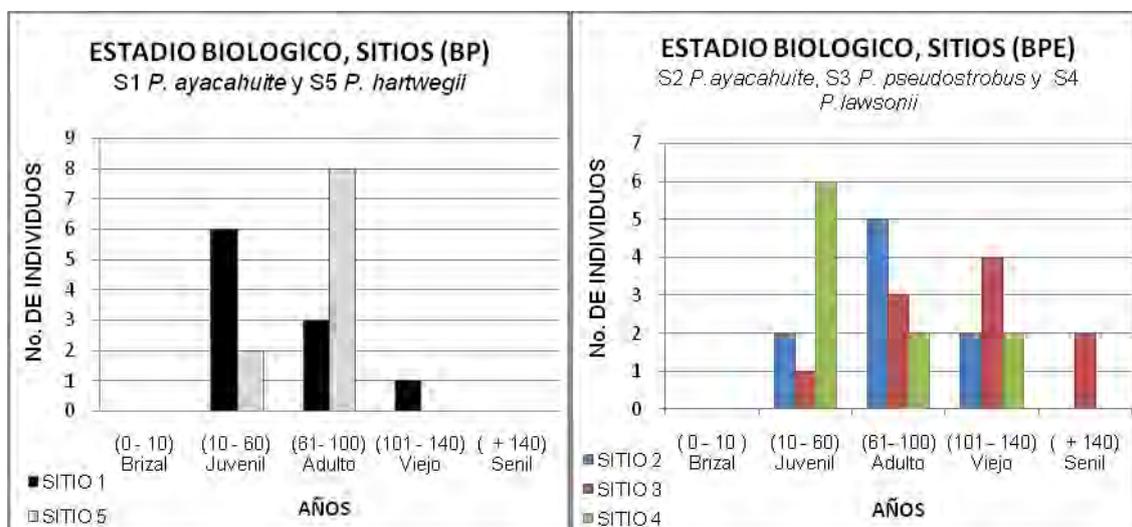


Figura 43: (A) Estadio biológico por sitio de individuos de pino con mayor V.I.R en BP. (B) Estadio biológico por sitio de individuos de pino con mayor V.I.R en BPE.

8.4.3 Estructura de edades mediante clases diamétricas de individuos de pino con mayor V.I.R en BP y BPE.

Para comparar e incluir los individuos que por la técnica dendrocronológica no pudieron ser muestreados debido a diámetros pequeños. Los datos de DAP de la especie con mayor V.I.R en cada sitio en BP y BPE se ordenaron en diez clases diamétricas (intervalos de 12 cm) de acuerdo a Rojas (2008). Se obtuvieron las graficas de frecuencia por clase para las cinco especies representativas en cada sitio de cada tipo de bosque.

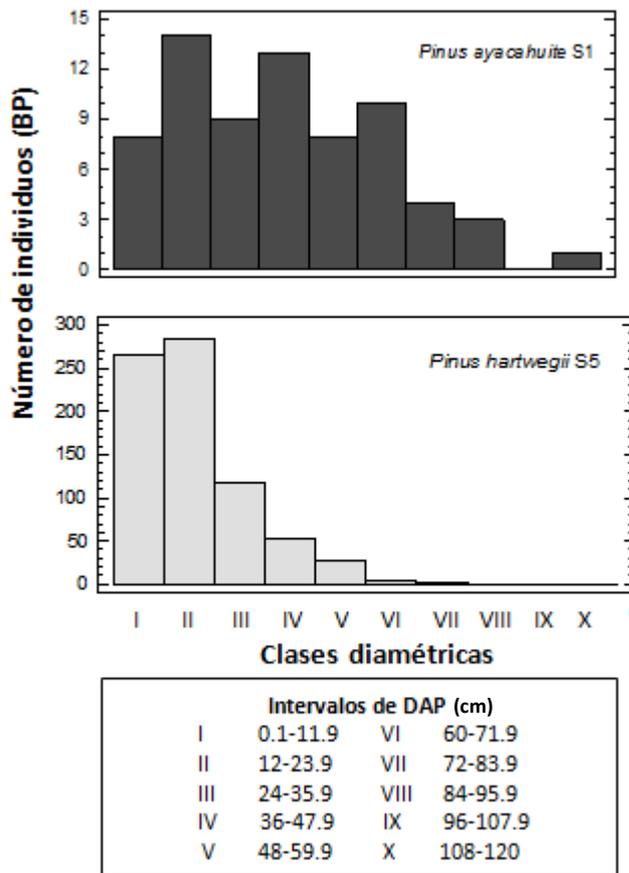
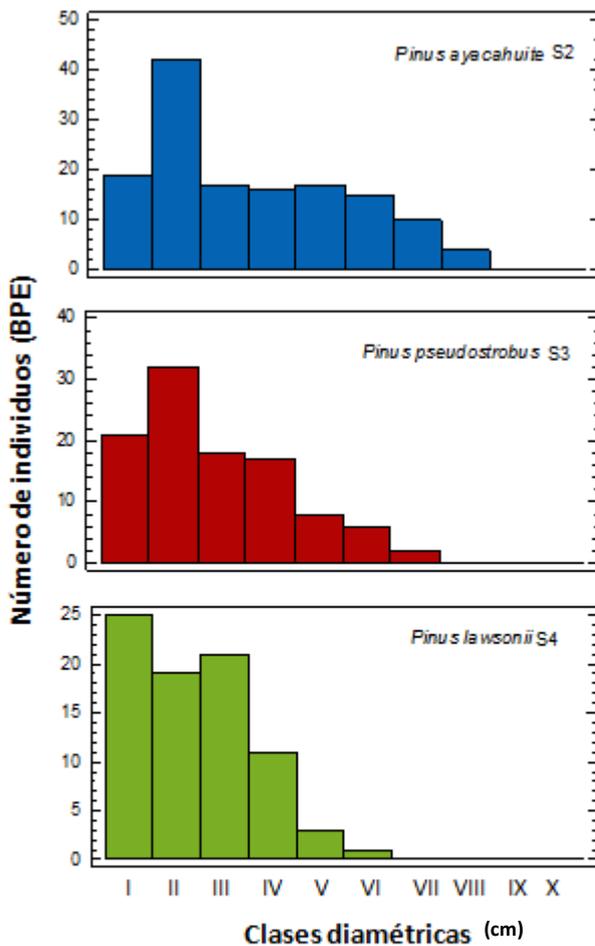


Figura 44A: Estructura de las principales especies de individuos de pino con mayor V.I.R. en BP.

Para las especies en **Bosque de pino** (Figura 44A); *Pinus ayacahuite* (Sitio 1), con 70 individuos se observa de acuerdo a las clases diamétricas una distribución normal, correspondiente a los individuos brizales y juveniles en su mayoría, mientras que adultos y viejos en menor numero.

En el caso de *Pinus hartwegii* (Sitio 5), con 754 individuos se aprecia un comportamiento sigmoideo cargado a la izquierda con mayor número de individuos de las clases I (brizal) y II (juvenil).

Para las especies en **Bosque de pino-encino** (Figura 44B); *Pinus ayacahuite* (Sitio 2), con 141 individuos se observa una distribución normal sesgada a individuos con DAP menores correspondientes a la clase II (juveniles), donde es alrededor del doble a comparación de las demás clases diamétricas.



En el caso de *Pinus pseudostrobus* (Sitio 3), con 104 individuos se aprecia una distribución normal sesgada a individuos con DAP menores correspondientes a las clases I (brizal), II, III (juvenil) y en menor medida adultos y viejos.

Para *Pinus lawsonii* (Sitio 4), con 80 individuos se observa un comportamiento sigmoideo cargado a la izquierda con mayor número de individuos de la clase I (brizal) y II, III (juvenil) que el resto de las clases diamétricas, por lo que se consideraría un bosque joven.

Intervalos de DAP			
I	0.1-11.9	VI	60-71.9
II	12-23.9	VII	72-83.9
III	24-35.9	VIII	84-95.9
IV	36-47.9	IX	96-107.9
V	48-59.9	X	108-120

Figura 44B: Estructura de las principales especies de individuos de pino con mayor V.I.R. en BPE.

Tipo de bosque Parámetros	BP		BPE			BE
	(S1)	(S2)	(S2)	(S3)	(S4)	(S6)
Especie dominante (DomR)	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Pinus hartwegii</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i>	<i>Pinus lawsonii</i>	<i>Quercus aff. obtusata</i>
Especie con mayor V. I. R	20.7	92	32.5	22.9	20.8	36.1
No. total de individuos	524	758	402	428	464	772
Intervalo de mayor Estructura vertical	5.1-10 (m) 35.3 %	10.1-20 (m) 37.1 %	10.1-20 (m) 27.4 %	10.1-20 (m) 25 %	5.1-10 (m) 48.2 %	5.1-10 (m) 40.4 %
Intervalo de mayor Estructura diamétrica	10.1-30(cm) 47.7 %	10.1-30(cm) 54.1 %	10.1-30(cm) 41.8 %	10.1-30(cm) 37.9	10.1-30(cm) 53.3 %	10.1-30(cm) 42.2 %
Temperatura promedio anual máxima	22.1°C	19.7 °C	15 °C	21.5 °C	26.6 °C	-----
Temperatura promedio anual media	10.5 °C	8.4 °C	9.7 °C	11.1 °C	15.9 °C	-----
Temperatura promedio anual mínima	5.9 °C	2.5 °C	6.6 °C	5.4 °C	9.6 °C	-----
Humedad Relativa promedio anual máxima	95.9%	98%	95%	96%	90%	-----
Humedad Relativa promedio anual media	81%	81.1%	82%	79%	68%	-----
Humedad Relativa promedio anual mínima	51.3%	48.1%	62%	46%	38%	-----
Individuo con mayor numero de anillos	101 (años)	98 (años)	121 (años)	174 (años)	112(años)	-----
Individuo con menor numero de anillos	32 (años)	28 (años)	48 (años)	58 (años)	37 (años)	-----
Mayor crecimiento radial promedio	2.98 (mm)	2.44 (mm)	3.36 (mm)	2.54 (mm)	2.23 (mm)	-----
Estadio biológico (No. de individuos vs. No. de anillos)	Juvenil	Adulto	Adulto	Viejo	Juvenil	-----
Estructura de edades (No. de individuos de mayor V.I.R vs. DAP)	Juvenil	Juvenil	Juvenil	Juvenil	Juvenil	-----

CUADRO 5: Síntesis de resultados referentes a los parámetros evaluados por sitio de cada tipo de bosque. En negritas los valores significativos.

IX. DISCUSIÓN

9.1 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURA ARBÓREA

Benítez (2006) y Aguilar (2007) mencionan para esta zona de estudio una distribución y composición florística con alta diversidad de especies principalmente de las familias Asteraceae, Fagaceae y Pinaceae; estas dos últimas fueron las que presentaron el mayor número de especies para este estudio debido a la delimitación en el estrato arbóreo.

De la familia Fagaceae se encontraron 14 especies (Apéndice 1) todas del género *Quercus*; representando así alrededor del 27% de las 52 especies reportadas para el estado de Oaxaca (Valencia y Nixon, 2004) y el 9% de las 160 especies de encinos de la diversidad total del país de acuerdo a Valencia (2004). En el caso de la familia Pinaceae se encontraron 10 especies, de las cuales 9 son principalmente del género *Pinus*; que representan alrededor del 64% de las 14 especies reportadas para el estado de Oaxaca (Del castillo, 2004) y el 8% de la diversidad mundial (Richardson, 1998). Mientras tanto la décima especie *Abies hickelii* estuvo representada en BPE y BP aunque con menor número de individuos (Apéndice 2), sin embargo es importante destacarla en su conservación ya que es reportada como una especie endémica y en peligro de extinción de acuerdo en la NOM-059-ECOL-2001.

La riqueza de especies está determinada por la diferenciación de nichos y hábitats (Shmida y Wilson, 1985). Esta diferenciación de nichos y hábitats es mayor en los bosques de pino-encino y de encino ya que en ellos se presentaron los tres principales estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo) bien desarrollados. Esto crea gradientes ambientales y una heterogeneidad de macro y microhábitats disponibles para otras plantas y animales (Collins y Good, 1987; Collins, 1990; Schnitzler y Borlea, 1998). Con ello se incrementa la diversidad y riqueza específica (Cao y Zhang, 1997). En consecuencia se observa que tanto el BPE y BE se presentó en general un mayor número de especies, área basal y densidad de individuos en comparación del BP (Apéndice 2).

En el caso de los bosques de Yavesía no presentan una explotación forestal como tal y solo un manejo controlado para saneamientos y control de plagas. Es importante este aprovechamiento sustentable en la zona de estudio para evitar la pérdida de especies como es el caso de *Abies hickelii* especie considerada en la NOM-059. Ya que se ha demostrado que cuando hay una perturbación severa, la riqueza de especies (Vetaas, 1997) y la biomasa de pie suelen disminuir (Spetich y Parker, 1998).

El análisis estructural basado en el tamaño de los árboles (representado por la altura y el diámetro), se ha utilizado en diversos estudios para reconstruir la historia reciente de un bosque, es decir, para determinar el grado de conservación o etapa sucesional en que se encuentra (Ajbilou *et al.* 2003; Pineda y Sánchez-Velásquez, 1992; Rozas, 2002). Esta distribución y estratificación vertical de los árboles que define la geometría tridimensional y las características del hábitat es determinante también para aves, insectos, mamíferos, epífitas, hierbas y microorganismos del suelo (MacArthur y MacArthur, 1961; Franklin, 1998). De acuerdo a la distribución de clases en la estratificación vertical, se encontró que en BP, BPE (excepto sitio 2) y BE, se observa un comportamiento con forma de “J” invertida como menciona Benítez (2006) y Aguilar (2007), en sitios de esta misma zona de estudio, lo que indica en la geometría tridimensional en cada tipo de bosque una gran cantidad de individuos de tallas menores en las primeras clases de distribución y un número reducido de individuos de tallas mayores. Esta distribución nos sugiere la existencia de una alta regeneración y reclutamiento de las especies como respuesta a probables eventos de disturbio. Principalmente, se ha observado que las especies de pino pueden germinar y establecerse exitosamente siendo plantas pioneras en áreas abiertas, muchas de ellas creadas por procesos de deforestación o disturbio (Richardson y Bond, 1991; González-Espinosa *et al.*, 1991). Por su parte el sitio 2 en BPE se encontró un comportamiento opuesto a los demás al encontrar en las tres primeras clases de distribución individuos de tallas menores y un mayor número de individuos en el resto de las clases correspondientes a las tallas mayores, sugiriendo así poca regeneración y reclutamiento de las especies.

El análisis de la distribución de clases diamétricas de las diferentes especies arbóreas de una masa forestal permite evaluar su estado de conservación; en particular permite detectar la falta de regeneración o bien el envejecimiento de las masas. Asumiendo que existe una relación entre el tamaño de un árbol y su edad, la distribución de las clases diamétricas de un rodal refleja su estructura demográfica y, por tanto, su historia reciente (Ajbilou, 2003).

De acuerdo a la distribución de clases diamétricas encontradas en los sitios analizados, se observa en todos un comportamiento normal con sesgo a diámetros mayores, particularmente entre 10.1 y 30 cm. La baja abundancia de individuos con diámetros pequeños en las primeras clases, podría indicar una disponibilidad limitada de nutrientes, que impiden el crecimiento de éstos, o bien un déficit en el reclutamiento de nuevos individuos por la densidad y sombreado por parte de las coníferas de tallas grandes, quienes impiden la presencia de claros en el dosel (Ruiz-Jiménez *et al.*, 2000), limitando la disponibilidad de luz requerida para el desarrollo de otras especies. Ajbilou (2003), menciona que cuando se encuentran huecos en los histogramas o intervalos de ciertas clases de tamaño, se puede inferir que corresponden a determinadas épocas de crisis en la dinámica de la población forestal, cuestión que no ocurrió en ninguno de los sitios analizados al contar con individuos en todas las clases diamétricas correspondiendo así a bosques poco perturbados.

9.2 VARIABLES MICROCLIMÁTICAS (TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA)

De acuerdo al comportamiento y tendencias en los registros mensuales de todos los sitios se observa la influencia que tiene la estacionalidad sobre las condiciones microambientales, de temperatura y humedad (Barbour *et al.*, 1987), así como los periodos de lluvias (mayo-octubre) y secas (noviembre-abril) en que dichos registros mensuales en particular las temperaturas máximas disminuyen en lluvias y aumentan en secas, mientras que en la humedad relativa se da en forma opuesta debido a la correlación negativa que existe con la temperatura.

Con respecto a la temperatura en el interior del bosque: la densidad y estratificación de la vegetación, la cobertura del dosel (Walsh, 1996; Kellomäki y Väisänen, 1997), el movimiento del aire (Bergh *et al.*, 1998, Collet *et al.*, 1998) y la topografía son factores que influyen en la manera en que penetra y se distribuye la energía solar en el interior del bosque (Barbour *et al.*, 1987; Tegelmark, 1998).

Por lo cual de manera general las diferencias de temperaturas entre sitios en los cuatro tipos de hábitats se explica por la altitud entre ellos (2,255 msnm hasta 3,247 msnm), ya que la temperatura del aire de una localización depende no sólo de la ubicación con respecto a la latitud sino también con la altitud, debido que la temperatura desciende en una relación de aproximadamente 1 °C por cada 100 m de incremento en altura (Spurr y Barnes, 1982), es decir que en sitios mas altos menor temperatura y viceversa. Esto se puede apreciar en el BE con registros correspondientes a la temporada de secas, ya que este es el sitio con menor altitud de todos (2,225 msnm), y donde en forma general la temperatura mínima, media y máxima son las mayores de todos los sitios en los cuatro hábitats, es decir que si descendemos 1 °C por cada 100 m en el incremento de altura para llegar a compararlo por ejemplo con los sitios de 2700 ± msnm este tendría temperaturas cercanas e incluso menores que los otros. Las diferencias entre sitios y como hábitat en temperaturas mínimas y máximas en BPE con respecto a BP fueron más estables y no extremosas. Tanto en el BPE como en BE hay una mayor densidad en la vegetación, presentándose altamente desarrollados los tres principales estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo). En BP en cambio, el único estrato bien desarrollado es el arbóreo con su dosel, el cual tiene un promedio de cobertura menor, en cualquier época del año, a comparación de los demás tipos de bosque. Esto permite que los rayos solares incidan directamente en el interior del bosque y en el piso forestal y que las corrientes de aire, tanto frías como cálidas, entren y se distribuyan (Camargo y Hubbard, 1999) provocado temperaturas máximas y mínimas mas extremas (Lozada y Arends, 1998). En el BPE, la vegetación favorece el flujo laminar del aire sobre la capa de hojas e impide así, el intercambio de calor por convección.

Por otra parte, la cobertura del dosel, en ambos casos denso, retiene el calor que proviene de la irradiación del mantillo y de las hojas de los árboles y arbustos, principalmente (Barbour *et al.*, 1987; Kellomäki y Väisänen, 1997). Así, por ejemplo, la temperatura mínima a 1 m de altura el sitio 5 en BP el valor mas bajo fue de -1.8 °C y para el sitio 3 en BPE fue de 2 °C, mientras tanto las temperaturas máximas correspondientes a estos sitios fue de hasta 28.7 °C en BP y de 26.8 °C en BPE. Por otro lado como bosque la temperatura mínima en BP fue de 0.8 °C y en BPE fue de 2.5 °C, mientras que la temperatura máxima en BP fue de 28.6 °C y en BPE de 25.4 °C, ya que el dosel es la principal superficie de calentamiento y radiación (Walsh, 1996).

Finalmente como un claro ejemplo y retomando la importancia en la densidad, estratificación de la vegetación, la cobertura del dosel y la topografía como factores que influyen en la manera en que penetra y se distribuye la energía solar en el interior del bosque, se tiene que en los siete meses de registro en Pastizal, existió una clara diferencia significativa del 95% de confianza entre temperaturas máximas y medias del sitio sin cobertura arbórea (Claro) con respecto al de cobertura arbórea (Bosque), aun cuando los dos sitios se encuentran en mismas condiciones de altitud y relieve. Para el caso de las temperaturas mínimas que no presentaron diferencias significativas, es probable que durante el enfriamiento nocturno la entrada de aire frío y el movimiento de aire húmedo y tibio del interior amortiguan la variación vertical de las temperaturas mínimas dentro del bosque (Walsh, 1996).

Con respecto a la humedad relativa en el interior del bosque, la humedad presente en cada hábitat proviene de varias fuentes, entre las cuales se encuentran, principalmente, la evapotranspiración (Daubernmire, 1974; Collet *et al.*, 1998; Camargo y Hubbard, 1999), la precipitación (Spurr y Barnes, 1982; Kellomäki y Väisänen, 1997) y la neblina. Cabe resaltar a ésta última como fuente determinante en el sitio 5 en BP, producto de la mayor altitud (3,247 msnm) y menor temperatura, ya que este sitio presento la mayor (HR) en casi todos los meses en comparación a lo que se esperaba en los sitios de BPE de ser mas húmedos, debido a la mayor cobertura del dosel y la densidad de individuos en los diferentes estratos.

Ambas características interrumpen la entrada de los vientos que pudieran absorber la humedad del interior del bosque para llevarla a áreas no arboladas (Daubenmire, 1974; Walsh, 1996). Además, proporcionan la sombra necesaria que evita que se incremente la temperatura y la evaporación (Kellomäki y Väisänen, 1997; Lozada y Arendas, 1998). Sin embargo lo anterior se cumple en los sitios 2 y 3 en BPE con respecto al sitio 1 en BP, ya que todos ellos se encuentran sobre los $2,700 \pm$ msnm. Mientras tanto en el sitio 4 (2,317 msnm) y el correspondiente al BE (2,255 msnm) al ubicarse en una altitud menor presentan valores de (HR) bajos que el BP.

9.3 DENDROCRONOLOGÍA EN INDIVIDUOS DE PINO CON MAYOR V.I.R EN BP Y BPE MEDIANTE LA OBTENCIÓN DE ANILLOS DE CRECIMIENTO

El registro del crecimiento anual de los anillos de crecimiento depende de muchos factores ambientales, entre los cuales se consideran los climáticos (temperatura y humedad), edad de los individuos, altitud, exposición, calidad del suelo, disponibilidad de agua y nutrimentos. Los arboles que crecen en alta montaña son regularmente longevos y suelen tener cronologías muy extensas (Fritts *et al.*, 1965; Spurr y Barnes, 1982; Cruz, 2007), lo cual se evidencia en este caso entre sitios del BP ya que el sitio 5 (*P. hartwegii*) registro mayores edades en los individuos y una cronología mas extensa, en comparación del sitio 1. Para las cronologías entre sitios del BPE se aprecia que los sitios 2 y 3, los cuales se encuentran alrededor de la misma condición altitudinal también presentaron mayor edad y cronologías extensas en comparación del sitio 4 que se ubica a una menor altitud e individuos con menores edades. Las variables precipitación (mm) y temperatura (°C) son determinantes, ya que de éstas depende los óptimos recursos para el crecimiento anual de los anillos del género *Pinus*. Cruz (2007) menciona que el aumento en la temperatura, activa el crecimiento radial y las yemas del árbol, mientras que la precipitación es el recurso hídrico fundamental para las actividades metabólicas del mismo, como la fotosíntesis que requiere contar con suficiente agua para la síntesis de la celulosa. Esto coincide claramente con el dendrograma de similitud al ubicar el ancho total en más cercana relación con la precipitación seguido de la temperatura.

Lo anterior explicaría también la correspondencia positiva en los intervalos de crecimiento y decremento en las cronologías, que se relacionan con las variables meteorológicas de precipitación y temperatura registradas por la estación Cuajimuloyas, en los cinco sitios de individuos de pino con mayor V.I.R en BP y BPE, las cuales se muestran en las graficas de crecimiento vs. precipitación.

De acuerdo a las diferencias de medias en crecimiento radial (mm) por sitio se tiene que BPE (sitio 2) es mayor que (sitio 3) y (sitio 4) e incluso con mayor crecimiento con respecto a los sitios en BP (sitio 1) mayor que (sitio 5), coincidiendo así con los registros de los HOBOS donde la temperatura en (sitio 4) es mayor que (sitio 3) y (sitio 2), y (HR) valores mayores en (sitio 2) que (sitio 3) y (sitio 4). Esto demuestra que la estructura con mayor cobertura vegetal favorece las condiciones microambientales y que a su vez estas influyen en el patrón de crecimiento, ya que al ser mas estables la temperatura y humedad como factores en conjunto, determinan una mejor calidad de sitio (Harold y Hocker, 1984; Rodriguez, 1997). En el bosque de pino se puede apreciar este comportamiento ya que el sitio 1 registró mayor crecimiento radial (mm), al registrar temperaturas y (HR) más estables que el sitio 5. En base a lo anterior se explica también por que en el dendrograma genera dos grupos, uno que incluye a los sitios 1 y 5 correspondientes a BP (temperatura y HR mas extremo) y otro grupo con los sitios 2, 3, 4 correspondientes a BPE.

9.4 ESTRUCTURA DE EDADES MEDIANTE ANILLOS DE CRECIMIENTO EN INDIVIDUOS DE PINO CON MAYOR V.I.R EN BP Y BPE

El crecimiento de la población arbórea depende de factores que pueden favorecer o desfavorecer a algunos individuos dentro del mismo bosque. La topografía puede ser una explicación de lo anterior ya que es uno de los factores que permiten que dentro del mismo bosque existan puntos mas favorecidos que otros en cuanto a la variación de temperatura, humedad y disponibilidad de agua y nutrientes (Spurr y Barnes, 1982, Whitmore, 1990, Tegelmark, 1998). Asimismo, la exposición a vientos y a la intensidad y duración de la luz también influyen en el crecimiento general de los

organismos. Además, las zonas del bosque donde se concentra un mayor número de individuos propician que haya una marcada competencia por los recursos, lo que ocasiona un estrés que se manifiesta en un reducido crecimiento (Dudt y Shure, 1994), donde los árboles más altos y con raíces más extensas resultarían menos perjudicados. Dicho esto y en base a los resultados obtenidos de la población arbórea en BP y BPE como hábitat y como sitio, se explicarían las diferencias en la estructura de edades mediante anillos de crecimiento de las especies con mayor V.I.R de cada sitio y como consecuencia el estadio biológico en el que se encuentran, lo que en términos ecológicos significa en general como hábitats de BP y BPE que son bosques sucesionalmente maduros, mientras que como sitio son bosques jóvenes (sitio 1 y sitio 4) y maduros (sitio 2, 3 y 5), ya que presentan una buena dinámica poblacional producto de una distribución normal en las edades y estadios biológicos, característico de bosques primarios o sin perturbación (Hernández, 2006).

En contraste y comparando la estructura de edades mediante anillos de crecimiento por sitio y la estructura de edades mediante clases diamétricas de los mismos individuos de pino con mayor V.I.R en BP y BPE, se tiene en BP una correspondencia en el sitio 1 al presentarse como un bosque juvenil por ambos métodos, mientras que para el sitio 5 se difiere ya que por el método dendrocronológico se ubica como un bosque adulto, mientras que por clases diamétricas se ubica como juvenil. Por otro lado para los sitios 2, 3 y 4 correspondientes a BPE por el método de clases diamétricas se ubican como bosques juveniles, mientras que por el dendrocronológico el sitio 2 se ubica como adulto, el sitio 3 como viejo y el sitio 4 como juvenil. La explicación en las coincidencias de ubicar un tipo de bosque por medio de clases diamétricas y anillos de crecimiento puede deberse al número de individuos por sitio y al número de individuos muestreados por anillos de crecimiento para que sea representativo, ya que como se observó en el sitio 1 y 4, al ser menor el número de individuos de clases diamétricas, mayor coincidencia con el método de anillos de crecimiento.

X. CONCLUSIONES

- En cuanto a la vegetación, se registraron un total de 13 familias, 18 géneros y 39 especies y una densidad de 3,348 individuos. Los géneros más representativos del área de estudio fueron *Quercus* y *Pinus* con 14 y 9 especies respectivamente para los sitios analizados. Mientras tanto cabe destacar la especie *Abies hickelii* representada en BPE y BP ya que es reportada como una especie endémica y en peligro de extinción de acuerdo en la NOM-059-ECOL-2001.
- Las especies de mayor V.I.R fueron: en (BP) para el sitio 1 la especie *Pinus ayacahuite* con un V.I.R de 20.7% y sitio 5 *Pinus hartwegii* con 92%. Para (BPE) las especies con mayores V.I.R fueron; sitio 4 *Pinus lawsonii* 20.8%, sitio 3 *Pinus pseudostrobus* 22.9% y sitio 2 *Pinus ayacahuite* con 32.5%. Finalmente en (BE) la especie *Quercus* aff. *obtusata* con 36.1% de V.I.R.
- La distribución de clases en la estratificación vertical, se encontró que en BP, BPE (excepto sitio 2) y BE, se observa un comportamiento con forma de “J” invertida como menciona Benítez (2006) y Aguilar (2007) en sitios de esta misma zona de estudio, mientras que la distribución de clases diamétricas encontradas en BP, BPE y BE, se observa en todos sus sitios un comportamiento normal con sesgo a diámetros mayores, particularmente de la cuarta clase (10.1 a 30 cm).
- Se observó la influencia que tiene la estacionalidad (primavera, verano, otoño e invierno) y los periodos de secas y lluvias sobre las condiciones microambientales de temperatura y humedad relativa, ya que se ve reflejado en el comportamiento y tendencias en los registros mensuales de todos los sitios, en los cuatro tipos de hábitats (BPE, BP, BE y P).

- Las diferencias entre sitios y como hábitat en temperaturas y humedad relativa, en BPE con respecto a BP fueron más estables y menos extremas. Debido a que hay una mayor densidad en la vegetación (estrato herbáceo, arbustivo y arbóreo), observándose claramente esto al contrastar con los sitios del pastizal.

- En base al comportamiento en las cronologías de los individuos de pino con mayor V.I.R en BP y BPE, se demostró la importancia y relación de las variables precipitación y temperatura para el crecimiento anual en los anillos del genero *Pinus*, siendo la precipitación el recurso hídrico fundamental.

- De acuerdo a las diferencias de medias en crecimiento radial por sitio se tiene que BPE (sitio 2) es mayor que (sitio 3) y (sitio 4) e incluso con mayor crecimiento con respecto a los sitios en BP (sitio 1) mayor que (sitio 5), coincidiendo así con los registros de los HOBOS donde la temperatura y (HR) son más estables, demostrando que la estructura con mayor cobertura vegetal favorece las condiciones microambientales que a su vez influyen en el patrón de crecimiento.

- La estructura de edades mediante anillos de crecimiento de las especies con mayor V.I.R en BP y BPE muestran que como tipo de bosque sucesionalmente maduros, mientras que como sitio son bosques juveniles (sitio1 y sitio 4) y maduros (sitio 2, 3 y 5).

- La estructura de edades mediante clases diamétricas de individuos de pino con mayor V.I.R en BP y BPE, muestra que el sitio 1 y 5 en BP corresponden a un bosque juvenil. Mientras que para los sitios correspondientes a BPE el sitio 2 se ubica como adulto, sitio 3 como viejo y sitio 4 como juvenil.

XI. RECOMENDACIONES

1. Realizar los parámetros estructurales de un segundo sitio en BE para su comparación con el existente y así caracterizar el comportamiento de este tipo de bosque.
2. Extender la caracterización de parámetros estructurales a los tres principales estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo.
3. Se podría dar seguimiento y obtener registros de temperatura y humedad relativa promedio por hora y día con los almacenadores de datos HOBO[®], para caracterizar las condiciones extremas durante el día.
4. Evaluar los demás factores involucrados en las condiciones microambientales como son: Radiación solar, viento, evapotranspiración, precipitación y factor edáfico (parámetros físicos y químicos).
5. Realizar cronologías de individuos del género *Quercus* spp. En los sitios de BPE y BE.
6. Evaluar a todos los individuos muestreados del estrato arbóreo el vigor de arbolado y porcentaje de retención de copa en los sitios de BP, BPE y BE.

XII. LITERATURA CITADA

- Abramovitz, J. 1998. Taking a Stand: Cultivating a New Relationship with the World's Forest. *Worldwatch Paper*. 140: 1-35.
- Aguilar, A.R. 2007. Estructura del bosque templado en la comunidad de Santa María Yavesía. En la Sierra Juárez. Oaxaca. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Ajbilou, R., T. Marañón, y J. Arroyo. 2003. Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*. 12:111-123.
- Arriaga, L. J.M., Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Barbour, M. G., Burk, J. H. y Pitts, W. D. 1987. *Terrestrial plant ecology*. 2ª ed. Benjamín/Cummings, Menlo Park. California.
- Benítez, I.E.E. 2006. Estructura, composición y diversidad β en un gradiente altitudinal de los bosques templados de la comunidad de Santa María Yavesía, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Benítez, I. E. E. y R. I. Trejo. 2004. Estructura, composición y diversidad en un Gradiente altitudinal de los bosques templados de la comunidad de Santa María Yavesía, Oaxaca. En resúmenes del XVI Congreso Mexicano de Botánica.
- Bergh, J., McMurtie R. E., Linder s. 1998. Climatic factors controlling the productivity of Norway spruce: a model-based analysis. *For. Ecol. Manage.* 110 Pp.
- BOLFOR; Mostacedo, Bonifacio; Fredericksen, Todd S. 2000. *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz, Bolivia. 87 Pp.
- Cachan, P. 1978. Importancia ecológica de las variaciones microclimáticas desde el suelo hasta las copas en el bosque tropical húmedo. En person, P. (Ed.). *Ecología forestal*. Mundi-prensa, Madrid, pp. 47-66.
- Camargo, M.B.P. y Hubbard, K.G. 1999. Spatial and temporal variability of daily weather Variables in sub-humid and semi-arid areas of the United States high plains. *Agric. For. Meteorol.* 93, 141-148.
- Campos, D.J. L. 1993. Claves para la determinación de los pinos de mexicanos. Dirección de Difusión Cultural. Chapingo, México. 70 Pp
- Cao, M. y Zhang, J. 1997. Tree species diversity of tropical forest vegetation in Xishuangbanna, SW China. *Biodiv. Conserv.* 6, 995-1006.
- Centeno-García, J. 2004. Configuración Geológica del Estado. En: García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found. México, D.F.
- Cervantes, S. A., Marques, D. S. M. J. y Rivera, G. P. 2006. Análisis Estadístico. Un enfoque práctico con Statgraphics. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 113 Pp.
- Copenheaver, C. A. y Abrams M. D. 2003. Dendroecology in Young stands: case Studies from jack pine in northern Lower Michigan. *Forest Ecology Management* 182: 247-257.

- Challenger, A. 1998. *Utilización de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- 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: 219-233.
- Chen, J., Saunders, S. C., Crow, T. R., Naiman, R.J., Brososke, K.D., Mroz, G.D., Brookshire, B. L., Frankli, J. F. 1999. Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology. *Bioscience*. 49, 288-299.
- Cloud, J. y V. M. Toledo. 1988. México: a world of natural wonders. *Animal Kingdom*, 91(4): 10-18.
- Collet, C.F., Ningre, F., Frochot, H., 1998. Modifying the microclimate around young oaks Trough vegetation manipulation: Effects on seedling growth and braching. *For. Ecol. Manage.* 110, 249-262.
- Collins, S.L. y Good, R. E., 1987. The seedling regeneration niche: habitat structure of tree seedlings in an oak-pine forest. *Oikos*. 48, 89-98.
- Collins, S. L. 1990. Habitat relationships and survivorships of tree seedlings in hemlock-Hardwood forest. *Can.J. Bot.* 68, 790-797.
- CONABIO, 1998. *La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- CONABIO, 2006. *Capital natural y bienestar social*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad, México.
- Cruz, A.R. 2007. *Dendrocronología y PIXE para la Evaluación del Crecimiento de pino influenciado por el Cambio de Régimen Climático y la Contaminación Atmosférica del Izta-Popo*. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México.
- Dansereau, P. 1957. *Biogeography an ecological perspective*. The Ronald Press. New York.
- Daubenmire, R. F. 1974. *Plants and environment*. Wiley, Nueva York.
- Del Castillo, R.F., J.A. Pérez de la Rosa, G. Vargas Amado y R. Rivera García. 2004. *Coníferas*. 141-158 pp. En: García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found. México.
- Delgado-Argote, L.A. 1988. Geología preliminar de la secuencia volcano sedimentaria y serpentinitas asociadas del Jurásico (?) del área de Cuicatlán-Concepción Pápalo, Oaxaca. *Revista del Instituto de Geología*, Universidad Nacional Autónoma de México. 7:127-135.
- Dendrocronología. 2002. El árbol como indicador de cambios ambientales. <http://usuarios.lycos.es/picadura/dendrocronologia.htm> (consultado: febrero 09)
- Diller, O. D. 1935. The relation of temperature and precipitation to the growth of beech in Northern Indiana. *Ecology*. 16, 72-81.
- Dudt, J.F. y Shure, D.J. 1994. The influence of light and nutrients on foliar phenolics And insect herbivory. *Ecology* 75, 86-98.
- FAO. 1997. *State of the World's Forests*. Oxford Press. United Kingdom. FAO.
- FAO. 2001. *Situación de los bosques del mundo*. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación. Roma. Consultado en: <http://www.fao.org/> (consultado: noviembre 2008).

- Flores, O y P. Gerez. 1989. *Conservación en México: Síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso del suelo*. INIREB/ Conservation international. Xalapa Veracruz México.
- Flores-Villela, O. 1993. Herpetofauna of México. Distribution and Endemism. En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological diversity of Mexico. Origins and distribution*. Oxford University Press. Oxford. Rzedowski, J. 1991a. *Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México*. *Acta Botánica Mexicana* 14: 3-21
- Franklin, J. 1998. Structural and Functional diversity in temperate forests. En: Wilson, E. O. (comp.). *Biodiversity*. National Academic Press. Washington, D.C.
- Fritts, C. 1976. *Tree rings and climate*. San Diego: Academic Press. New York. 255 Pp.
- García, A. y R. Torres. 1999. Estado actual del conocimiento sobre la flora de Oaxaca. 49-6 pp. En: Vázquez M.A. (Editor). *Vegetación y Flora. Serie: Sociedad y Naturaleza en Oaxaca*. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca, México.
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Talleres de Offset Larios, S.A. México.
- García-Mendoza, A. J. 2004. *Integración del conocimiento florístico del estado*. 305-325 pp. En: García-Mendoza, A. J., M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas(eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found. México.
- González-Espinosa, M. Quintana-Ascencio P. F. Ramírez-Marcial, N. and Gaytán-Guzmán, P. 1991. Secondary succession in disturbed *Pinus-Quercus* forests in the highlands of Chiapas Mexico. *Journal Vegetation Science* 2: 351-360.
- González-Espinosa, M., Ochoa-Gaona, S., Ramírez-Marcial, N., Quintana-Ascencio, P.F. 1995. Current land use trends and conservation of old growth forest Habitats in the highlands of Chiapas, Mexico. En Wilson, M.M., Sader, S.S (Eds.), *Conservation of neotropical migratory birds in México*. Maine Agricultural and Forest Experiment Station Miscellaneous Publication 727, Orono, pp: 190-198.
- González-Medrano, F. 2004. *Las comunidades vegetales de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México, D.F.
- Grissino-Mayer, H. 2003. A manual and tutorial for the proper use of an increment borer. *Tree-Ring Research* 2: 53-79.
- Hanson, H. C. y E. D. Churchill. 1961. *The Plant community*. Reinhold Publishing Corporation, New York.
- Harold, j.y Hocker, W. (1979). *Introducción a la biología forestal*. AGT Editor. México.
- Hernández, T.R. 2007. *Dendroquímica y dendroecología de árboles Pino-oyamel en una zona de transición del parque nacional zoquiapan*. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 115 Pp.
- Heywood, V. H. y S. D, Davis. 1997. Regional overview; Middle America. 97-107 pp. En: S. D. Davis, V. H. Heywood, O. Herrera- Mac Bryde, J. Villalobos y A. C. Hamilton (eds.). *Centres of plant diversity, a guide and strategy for their conservation*. WWF-IUCN.
- Hunter, M.L. 1999. Biological diversity. En: Hunter, M.L. (edit.). *Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems*. Cambridge University Press. Reino Unido, Cambridge.

- IFN. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM. 43: 183-203.
- INEGI, 1999. Carta topográfica. Tlalixtac de Cabrera. E14-D48. Escala 1:50,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.
- Jiménez, R. J. L. 2004. Estructura del bosque de *Abies hickelii* Flous & Gausson en Santa María Yavesía, Distrito de Ixtlán, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Kellomäki, S. y Väisänen, H. 1997. Modeling the dynamics of the forest ecosystem for climate change studies in boreal conditions. *Ecol. Model.* 97, 121-140.
- Kent, M. y P. Coker. 1992. *Vegetation description and analysis. A practical approach.* Belhaven Press. London.
- Krebs, C. J. 1995. *Ecology.* Harper Collins College Publishers, New York.
- Leathwick, J. R. 1995. Climatic relationships of some New Zealand forest tree species. *J. Veg. Sci*, 237 Pp.
- Lorence, D. H. y A. García-Mendoza. 1989. Oaxaca, México. 253-269 pp. In Campbell, D. G. and Hammond, H. D. (eds). *Floristic inventory of tropical countries: the status of plant systematics, collections, and vegetation, plus recommendations for the future.* New York Botanical Garden, Bronx.
- Lozada, J. y Arends, E., 1998. Impactos ambientales del aprovechamiento forestal en Venezuela. *Interciencia.* 23, 74-83.
- MacArthur R. y J. MacArthur. 1961. On bird species diversity. *Ecology.* 594 Pp.
- Mackenzie, A., A. S. Ball y R. S. Virdee. 1998. *Instant notes in Ecology.* Bioscientific Publisher, United Kingdom.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement.* Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- Manzanilla, H. 1974. *Investigaciones Epidemiométricas y Silvícola en bosque mexicanos de Abies religiosa.* Dirección General de Información y Relaciones Públicas de la SAGAR. México. 165 Pp.
- Masaka, T. W., Suzuki, K., Niyama, S., Iida, H., Tanaka, T., Nakashizuka. 1992. *Community.*
- Mateucci, S. D. y A. Colma. 1982. *Metodología para el Estudio de la Vegetación.* Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, D.C.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis.* World Resources Institute, Washington, DC.
- Mittermeier, R. A. y Goettsch de Mittermeier. 1992. *La importancia de la diversidad Biológica de México*, 63-73 pp. En: México ante los retos de la biodiversidad (J. Sarukhán y R. Dirzo, compiladores). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F.
- Miranda, F. y X. E. Hernández. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.
- Musalem S. M. A y Solís M. A. 2000. *Monografía de Pinus hartwegii.*
- Müller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology.* John Wiley and Sons. Nueva York, E.U.A.
- Nigel, D. J. P. y S. Francis. 1995. *Bad Harvest? The Timber Trade and the Degradation of the World's Forests.* United Kingdom, Londres. Earthscan Publications Ltd.

- Nixon, K. C. 1993. *The genus Quercus in Mexico*. En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological diversity of Mexico. Origins and distribution* Oxford University Press. Oxford.
- Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A., Velázquez, J. F. Maas, F. Takaki-Takaki, A. Victoria, L. Luna, G. Gómez, J. López, M. Palma, I. Trejo, A. Peralta, J. Prado, A. Rodríguez, R. Mayorga, F. González-Medrano. 2000. *La condición de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000*. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 43:183-203.
- Pardé, J. 1978. El microclima del bosque. En person, P. (Ed.). *Ecología forestal*. Mundi-prensa, Madrid, 29-46.
- Pérez, S. M. 2000. Patrón de retención de copa como un reflejo del vigor del bosque de Oyamel (*Abies religiosa*) en relación con la contaminación atmosférica, en los parques nacionales Izta-popo y el chico. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México
- Pérez, S.M. 2004. Tránsito de nutrientes hacia el piso forestal por efecto del nutriente foliar de *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii*, colegio de posgraduados, Chapingo, México. 8-14.
- Perry, D. A. 1994. *Forest Ecosystems*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Pineda G. y A. Sánchez-Velásquez. 1992. Efecto de la corta selectiva sobre la estructura de un bosque de pino-encino (*Pinus-Quercus*). *Tiempos de Ciencia*. 27:69-77.
- Ramírez, R., F. Ramos y A. Ríos. 2001. Estudio de Ordenamiento Territorial Comunitario en Santa María Yavesía. Proyecto de Desarrollo Sierra Norte de Oaxaca, A.C.-WWF, México.
- Richardson, D.M. y Bond, W. J. 1991. Determinants of plant distribution: Evidence from pine invasions. *Am. Nat.* 137, 639-668.
- Richardson, D.M. 1998. *Ecology and biogeography of Pinus*. Cambridge University Press. Reino Unido.
- Ricklefs, R. E. y D. Schluter. 1993. Species diversity: regional and historical influences. 350-363 pp. En :Species diversity in ecological communities: Historical and Geographical perspectives (eds. Ricklefs, R.E. y Schluter, D.). University of Chicago Press, Chicago.
- Rodríguez, T.E. 1997. La dendrocronología y el carbono 14 en la datación de bienes Culturales. Laboratorio de dendrodatación Centro de Investigación forestal INIA. Boletín de información forestal 188. AITIM. 52-57.
- Rojas, G. F. 2008. Consideraciones para el balance de carbono: Evaluación del movimiento de biomasa en el Parque Nacional Malinche. Tesis de Maestría Ciencias Biológicas. UNAM. México.
- Rozas, V. 2002. Estructura y patrones de regeneración del roble y la haya en un bosque maduro del litoral occidental de Cantabria. *Investigaciones Agrarias: Sistemática y Recursos Forestales*. 11: 107-136.
- 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. Boletín de la Sociedad Botánica, México. 65: 23-37.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed.Limusa, México.

- Rzedowski, J. 1990. *Vegetación Potencial*. Atlas Nacional de México, Sección Naturaleza. Hoja IV.8.2. Vol II. Mapa escala:1:4,000 000. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Rzedowski, J. 1991a. *Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México*. *Acta Botánica Mexicana* 14: 3-21.
- Rzedowski, J. 1991b. *El endemismo de la flora fanerogámica de México: una apreciación analítica preliminar*. *Acta Botánica Mexicana* 15: 47-64.
- Rzedowski, J. 1993. Diversity and original of the Phanerogamic Flora of Mexico. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological diversity of Mexico. Origins and distribution*. Oxford University Press. Oxford.
- Schnitzler, A. y Borlea, F. 1998. Lessons from natural forests as keys sustainable Management and improvement of naturalness in managed broad leaved forests. *For. Ecol. Manage.* 109 Pp.
- Shmida, A. y Wilson, M. V. 1985. Biological determinants of species diversity. *J. Biogeogr.* 12, 1-20.
- Spetich, M. A. y Parker, G. R. 1998. Distribution of biomass in an Indiana old-growth Forest from 1926 to 1992. *Am. Midl. Nat.* 139 Pp.
- SPP. 1984. Carta Geológica. Oaxaca. E14-9. Escala 1:250,000. Secretaría de Programación y Presupuesto-INEGI, México.
- Spurr, S. H. y Barnes, B. V. 1980. *Ecología forestal*. AGT Editor, México. 679 Pp.
- Styles, B. T. 1993. *Genus Pinus: a mexican purview*. En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological diversity of Mexico. Origins and distribution*. Oxford University Press. Oxford.
- Tejemaark, D. O. 1998. Site factors as multivariate predictors of the success of natural regeneration in Scots pine forests. *For. Ecol. Manage.* 109, 231-239.
- Toledo, V. M. y M. J. Ordóñez. 1993. The Biodiversity scenario of Mexico: A review of terrestrial habitats. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological diversity of Mexico. Origins and distribution*. Oxford University Press. Oxford.
- Toledo, V. M. 2002. Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar. *Agroecología* 3: 27-36.
- Valencia, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 33-53.
- Valencia, S. y K. C. Nixon. 2004. *Encinos*. 219-225 pp. En: García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found. México.
- Velázquez, A. J. F. Maas, R. Mayorga, J. R. Díaz, C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, J. L. Palacio, G. Bocco, G. Gómez, L. Luna, I. Trejo, J. López, M. Palma, A. Peralta, J. Prado, F. González-Medrano. 2002. *Estado actual y dinámica de los recursos forestales de México*. *Biodiversitas*. Año 6. Núm. 41. *Boletín Bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*.
- Vetaas, O.R. 1997. The efecto of canopy disturbance on species richness in a central Himalayan oak forest. *Plant Ecol.* 132, 29-38
- Villanueva, D.J. 2004. Elementos básicos de la dendrocronología y sus aplicaciones en México. *Dgo, México INIFAP CENID-RASPA* 2: 215 Pp.

- Walsh, R. P. D. 1996. Microclimate and hydrology. En: Richards, P. W. (Ed.). The Tropical rain forest: an ecological study. Cambridge University press, Cambridge. 208-236.
- Wong, G. J. 2009. Caracterización de combustibles forestales en el municipio de Santa María Yavesía, Oaxaca, México. Tesis de Maestría (en proceso). Ciencias Biológicas. UNAM. México.
- Whittaker, R. H. 1975. Communities and ecosystems. 2nd edition. MacMillan, New York.
- Whitmore, T.C. 1990. An introduction to tropical rain forests. Clarendon Press, Oxford.
- Wilson, S. D. 2000. Heterogeneity, diversity and scale in plant ecology. In: Hutchings, M. J., E.A. John and A. J. A. Stewart. The ecological consequences of environmental heterogeneity. Blackwell Science Ltd. Oxford.
- Young, A. y Mitchell, N. 1994. Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarp-broadleaf forest in New Zeland. Biol. Conserv. 67, 63-72.

Apéndice 1

Especies encontradas en los sitios de muestreo, por familia.

Araliaceae

Oreopanax xalapensis (Kunth)
Decne. & Planch.

Caprifoliaceae

Sambucus mexicana C. Presl
ex. DC.

Clethraceae

Clethra galeottiana Briq.

Cornaceae

Cornus disciflora DC.
Garrya laurifolia hartw. ex Benth.

Ericaceae

Arbutus xalapensis Kunth.
Arctostaphylos pungens Kunt.

Fagaceae

Quercus acutifolia Née.
Quercus aff. castanea. Née
Quercus aff. obtusata Bonpl.
Quercus aff. rubramenta. Trel.
Quercus affinis Scheidweiler.
Quercus castanea Née.
Quercus conzattii. Trel.
Quercus crassifolia Humb & Bonpl.
Quercus glabrescens Benth.
Quercus laeta Liebm.
Quercus laurina Humb & Bonpl.
Quercus obtusata Bonpl.
Quercus rugosa Née.
Quercus sp.

Lauraceae

Litsea neesiana (Schauer) Hemsli.

Moraceae

Ficus sp.

Onagraceae

Fuchsia sp.

Pinaceae

Abies hickelii Flous & Gausson.
Pinus ayacahuite C. Ehrenb. ex Schtdl.
Pinus hartwegii Lindl.
Pinus lawsonii Roetzl.
Pinus montezumae Lamb.
Pinus oaxacana Mirov.
Pinus patula var. *longipedunculata* Look
ex Martínez.
Pinus pseudostrobus Lindl.
Pinus pseudostrobus var. *pseudostrobus*
Lindl.
Pinus teocote Schtdl. & cham

Rosaceae

Cercocarpus macrophyllus C.K. Schneid.
Prunus serótina Ehrh

Sabiaceae

Meliosma dentata Liebm.

Solanaceae

Cestrum laxum Benth.
Nicotiana sp.

Apéndice 2

Parámetros estructurales de cada especie encontrada en los sitios muestreados de cada tipo de bosque.

Especie	N	ABR (%)	DR (%)	FR (%)	DomR (%)	V.I.R (%)
Sitio 1 (BP)						
<i>Abies hickelii</i>	1	6.3	0.2	1.2	0.1	0.5
<i>Arbutus xalapensis</i>	14	5.7	2.7	9.9	1.8	4.8
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	1	2.1	0.2	1.2	0.0	0.5
<i>Clethra galeottiana</i>	1	5.7	0.2	1.2	0.1	0.5
<i>Garrya laurifolia</i>	5	4.2	1.0	6.2	0.5	2.5
<i>Litsea neesiana</i>	51	1.4	9.7	8.6	1.6	6.7
<i>Pinus ayacahuite</i>	70	24.4	13.4	11.1	37.5	20.7
<i>Pinus patula</i> var. <i>longipedunculata</i>	81	10.3	15.5	9.9	18.3	14.6
<i>Pinus pseudostrobus</i> var. <i>pseudostrobus</i>	20	19.6	3.8	8.6	8.6	7.0
<i>Prunus serotina</i>	26	2.6	5.0	7.4	1.5	4.6
<i>Quercus</i> aff. <i>castanea</i>	1	0.2	0.2	1.2	0.0	0.5
<i>Quercus affinis</i>	131	2.7	25.0	12.3	7.8	15.0
<i>Quercus glabrescens</i>	27	5.8	5.2	8.6	3.4	5.7
<i>Quercus rugosa</i>	95	8.9	18.1	12.3	18.7	16.4
TOTAL	524	100	100	100	100	100

Especie	N	ABR (%)	DR (%)	FR (%)	DomR (%)	V.I.R (%)
Sitio 5 (BP)						
<i>Abies hickelii</i>	3	14.9	0.4	15.4	0.2	5.3
<i>Arbutus xalapensis</i>	1	58.2	0.1	7.7	0.3	2.7
<i>Pinus hartwegii</i>	754	26.9	99.5	76.9	99.5	92
TOTAL	758	100	100	100	100	100

Especie	N	ABR (%)	DR (%)	FR (%)	DomR (%)	V.I.R (%)
Sitio 4 (BPE)						
<i>Arbutus xalapensis</i>	25	0.1	5.4	12.5	2.5	6.8
<i>Arctostaphylos pungens</i>	43	0.0	9.3	8.9	2.0	6.7
<i>Pinus lawsonii</i>	80	0.4	17.2	16.1	29.1	20.8
<i>Pinus oaxacana</i>	33	0.6	7.1	12.5	22.0	13.9
<i>Pinus teocote</i>	28	0.1	6.0	5.4	3.1	4.8
<i>Quercus castanea</i>	86	0.2	18.5	17.9	14.0	16.8
<i>Quercus crassifolia</i>	51	0.1	11.0	12.5	7.8	10.4
<i>Quercus laeta</i>	118	98.4	25.4	14.3	19.4	19.7
TOTAL	464	100	100	100	100	100

Especie	N	ABR (%)	DR (%)	FR (%)	DomR (%)	V.I.R (%)
Sitio 3 (BPE)						
<i>Abies hickelii</i>	12	6.1	2.8	6.0	2.0	3.6
<i>Arbutus xalapensis</i>	4	1.1	0.9	2.4	0.1	1.2
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	1	2.5	0.2	1.2	0.1	0.5
<i>Cestrum laxum</i>	7	0.5	1.6	2.4	0.1	1.4
<i>Cornus disciflora</i>	1	2.0	0.2	1.2	0.1	0.5
<i>Fuchsia</i> sp.	1	0.1	0.2	1.2	0.0	0.5
<i>Litsea neesiana</i>	36	0.2	8.4	8.4	0.2	5.7
<i>Meliosma dentata</i>	2	1.0	0.5	1.2	0.1	0.6
<i>Nicotiana</i> sp.	1	0.0	0.2	1.2	0.0	0.5
<i>Pinus ayacahuite</i>	39	3.7	9.1	7.2	4.0	6.8
<i>Pinus pseudostrobus</i>	104	11.2	24.3	12.0	32.4	22.9
<i>Pinus patula</i> var. <i>longipedunculata</i>	25	23.1	5.8	8.4	16.1	10.1
<i>Prunus serotina</i>	23	2.6	5.4	9.6	1.7	5.6

Apéndice 2. (Continuación)

<i>Quercus acutifolia</i>	13	7.0	3.0	4.8	2.5	3.5
<i>Quercus conzattii</i>	74	7.3	17.3	12.0	15.1	14.8
<i>Quercus crassifolia</i>	1	17.3	0.2	1.2	0.5	0.6
<i>Quercus glabrescens</i>	17	1.0	4.0	7.2	0.5	3.9
<i>Quercus laurina</i>	67	13.2	15.7	12.0	24.6	17.4
TOTAL	428	100	100	100	100	100

Especie	N	ABR (%)	DR (%)	FR (%)	DomR (%)	V.I.R (%)
Sitio 2 (BPE)						
<i>Abies hickelii</i>	80	13.9	19.90	16.3	24.7	20.3
<i>Arbutus xalapensis</i>	15	3.0	3.73	10.2	1.0	5.0
<i>Arctostaphylos pungens</i>	6	0.3	1.49	2.0	0.0	1.2
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	1	1.0	0.25	2.0	0.0	0.8
<i>Ficus sp.</i>	6	11.7	1.49	4.1	1.6	2.4
<i>Oreopanax xalapensis</i>	2	1.3	0.50	2.0	0.1	0.9
<i>Pinus ayacahuite</i>	141	13.4	35.07	20.4	41.9	32.5
<i>Pinus patula var. longipedunculata</i>	1	1.4	0.25	2.0	0.0	0.8
<i>Pinus pseudostrobus</i>	1	24.3	0.25	2.0	0.5	0.9
<i>Quercus acutifolia</i>	7	5.1	1.74	8.2	0.8	3.6
<i>Quercus aff. rubramenta</i>	15	1.0	3.73	2.0	0.3	2.0
<i>Quercus glabrescens</i>	48	9.1	11.94	6.1	9.7	9.3
<i>Quercus sp.</i>	75	11.4	18.66	16.3	19.0	18.0
<i>Sambucus mexicana</i>	4	3.0	1.00	6.1	0.3	2.5
TOTAL	402	100	100	100	100	100

Especie	N	ABR (%)	DR (%)	FR (%)	DomR (%)	V.I.R (%)
Sitio 6 (BE)						
<i>Arbutus xalapensis</i>	40	3.0	5.2	16.4	1.5	7.7
<i>Arctostaphylos pungens</i>	23	0.4	3.0	10.9	0.1	4.7
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	11	5.0	1.4	5.5	0.7	2.5
<i>Litsea neesiana</i>	1	0.7	0.1	1.8	0.0	0.7
<i>Pinus lawsonii</i>	52	41.8	6.7	10.9	28.0	15.2
<i>Pinus oaxacana</i>	1	13.0	0.1	1.8	0.2	0.7
<i>Quercus acutifolia</i>	91	4.2	11.8	12.7	4.9	9.8
<i>Quercus aff. obtusata</i>	393	7.8	50.9	18.2	39.2	36.1
<i>Quercus castanea</i>	1	8.0	0.1	1.8	0.1	0.7
<i>Quercus laeta</i>	143	13.5	18.5	10.9	24.9	18.1
<i>Quercus obtusata</i>	13	1.3	1.7	5.5	0.2	2.5
<i>Quercus rugosa</i>	1	0.0	0.1	1.8	0.0	0.6
<i>Sambucus mexicana</i>	2	1.1	0.3	1.8	0.0	0.7
TOTAL	772	100	100	100	100	100

N= Numero de individuos, ABR= Área Basal Relativa, DR= Densidad Relativa, Frecuencia Relativa, DomR= Dominancia Relativa, V.I.R= Valor de Importancia Relativa (En negritas los valores mayores).

Anexo 1

PATRONES DE RETENCIÓN DE COPA REALIZADOS POR LA SAGAR (SAHAR, 1984)					
% DE COPA RETENIDA	0	25%	50%	75%	100%
TIPO DE MORTALIDAD		1/4	2/4	3/4	4/4
Irregular (I)	 MP	 I 1	 I 2	 I 3	 S
Descendente (D)		 D 1	 D 2	 D 3	
Ascendente (A)		 A 1	 A 2	 A 3	
Lateral (L)		 L 1	 L 2		