



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

INFLUENCIA DEL MUÉRDAGO ENANO (*Arcethobium* spp.) EN DENSIDAD BÁSICA, ANCHO DE ANILLOS, PORCENTAJE DE MADERA TEMPRANA Y MADERA TARDÍA, EN DOS ESPECIES DE PINO DE SINGUILUCAN, HIDALGO.

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

PRESENTA:

ANGELA ROMERO TOVAR

TULANCINGO DE BRAVO HIDALGO.

DICIEMBRE 2006.

La presente tesis titulada: "Influencia del muérdago enano (*Arcethobium* spp.) en densidad básica, ancho de anillo, porcentaje de madera temprana y madera tardía, en dos especies de pino de Singuilican, Hidalgo" , fue realizada por Angela Romero Tovar, bajo la dirección del M. en C. José Rodolfo Goche Telles, ha sido revisada y aprobada por el comité, como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

Director:



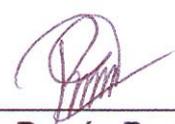
M. en C. José Rodolfo Goche Telles

Asesor:



M. en C. Celina Palacios Mendoza

Asesor:



M. en C. Ramón Razo Zárate

Asesor:



Dr. Leopoldo Mohedano Caballero

Asesor



Dr. Joel Meza Rangel

Tulancingo de Bravo, Hgo. Diciembre de 2006.

Dedico este trabajo a mi madre, por su amor, paciencia, comprensión y apoyo incondicional en mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios, por permitirme terminar mi carrera, y a mi madre y padre por darme la vida.

También quiero agradecer a todas las personas que de forma directa o indirectamente me apoyaron en la realización de este trabajo, así como al Ejido "La Estancia" por permitirme realizar esta investigación.

En especial agradezco a mi director de tesis M. en C. José Rodolfo Goche Telles por su tiempo y apoyo para realización de este trabajo y muy en especial a la M. en C. Celina Palacios Mendoza y al Dr. Leopoldo Mohedano Caballero por su apoyo durante la realización del mismo, así como al M. en C. Ramón Razo Zarate y el Dr. Joel Meza Rangel por sus comentarios críticos y por su atención en esta investigación.

A todos los profesores que intervinieron en mi formación profesional, gracias por todo.

Muy en especial agradezco a Nancy, Marisela, German, Marcelo y a Víctor por su apoyo en la colecta en campo.

A mis compañeros Teodula, Vianey, Carlos, Danny, Jesús, Héctor, Marcelo y Víctor por su amistad y compañerismo durante la estancia en la universidad.

CONTENIDO

	PÁG.
FIRMA DE COMITÉ -----	
DEDICATORIA -----	
AGRADECIMIENTOS -----	
CONTENIDO -----	
ÍNDICE DE CUADROS -----	I
ÍNDICE DE FIGURAS -----	II
RESUMEN -----	IV
SUMARY -----	V
1. INTRODUCCIÓN -----	1
2. OBJETIVOS -----	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA -----	4
3.1 Descripción de las especies de árboles -----	4
3.2 Descripción del muérdago enano -----	8
3.3 Efecto del muérdago enano -----	11
3.4 Características de la madera -----	13
3.5 Ancho de anillos -----	15
3.6 Relación entre el ancho de anillos y densidad básica --	16
3.7 Relación entre densidad básica y porcentaje de madera tardía -----	17
4. MATERIALES Y MÉTODOS -----	19
4.1 Descripción del área de estudio -----	19

4.2 Fase de campo -----	21
4.2.1 Colecta de material -----	21
4.3 Fase de laboratorio -----	26
4.3.1 Obtención de probetas -----	26
4.3.2 Medición del ancho de anillos -----	26
4.3.3 Calculo de la densidad básica -----	27
4.3.4 Calculo del porcentaje de madera tardía -----	29
4.4 Análisis estadístico -----	29
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	30
5.1 Densidad básica -----	30
5.2 Ancho de anillos -----	33
5.3 Porcentaje de madera tardía -----	36
5.4 Porcentaje de madera temprana -----	38
5.5 Correlación de densidad básica con todas las variables -----	40
5.5.1 Correlación entre ancho de anillos y densidad básica -----	41
5.5.2 Correlación entre madera tardía y densidad básica -----	44
5.5.3 Correlación entre madera temprana y densidad básica -----	47
6. CONCLUSIONES -----	50
7. RECOMENDACIONES -----	51
8. LITERATURA CITADA -----	52

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Valores promedios de densidad básica de la madera, en las dos especies estudiadas para árboles sanos y afectados con muérdago ----- -----	30
2	Prueba de F del análisis de varianza para la densidad básica ----- -----	31
3	Valores promedios de ancho de anillos de la madera, en las dos especies estudiadas para árboles sanos y afectados con muérdago ----- -----	33
4	Prueba de F del análisis de varianza para ancho de anillos ----- -----	34
5	Valores promedios de Porcentaje de madera tardía, en las dos especies estudiadas ----- -----	36
6	Prueba de F del análisis de varianza para porcentaje de madera tardía ----- -----	37
7	Valores promedios del porcentaje de madera temprana, en las dos especies estudiadas ----- -----	39
8	Valores de r de densidad básica y las variables estudiadas ----- -----	41

ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA		PÁGINA
1	Ciclo de vida del muérdago enano(según Rodríguez 1983) ----- -----	9
2	Distribución geográfica de <i>Arcethobium</i> en México (Rodríguez, 1983) ----- -----	11
3	Ubicación del área de estudio ----- -----	20
4	Regeneración natural ----- -----	21
5	Poligonal de la regeneración natural e ubicación de sitios de muestreo ----- -----	22
6	A). Árbol sano, B) Árbol con presencia de muérdago	23
7	A. Extracción de muestra, B. Obtención de cilindro -- --	24
8	A, B y C Obtención de cilindros de madera en árboles con presencia de muérdago. D Clasificación de muestras de madera y E muestras en agua para su transporte ----- -----	25
9	A Corte y B separación de anillos de crecimiento -- --	26
10	Medición del ancho de anillo ----- -----	27
11	Obtención de peso verde en cada anillo de crecimiento ----- -----	27
12	Muestras en estufa de secado ----- -----	28
13	Variación de la densidad básica de la médula a la corteza, A) <i>Pinus rudis</i> , B) <i>Pinus montezumae</i> , para las dos condiciones estudiadas ----- -----	32
14	Variación del ancho de anillo de la medula a la	

	corteza, A) <i>Pinus rudis</i> , B) <i>Pinus montezumae</i> -----	35
	--	
15	Variación de madera tardía en el radio del fuste A) <i>Pinus rudis</i> , B) <i>Pinus montezumae</i> -----	38

16	Variación de madera temprana en el radios del fuste A) <i>Pinus rudis</i> , B) <i>Pinus montezumae</i> -----	40

17	Correlación entre el ancho de anillos de crecimiento y la densidad básica, para <i>Pinus rudis</i> A) árboles sanos B) árboles con muérdago. Anchan (ancho de anillos), DB (densidad Básica) -----	42

18	Correlación entre el ancho de anillos de crecimiento y la densidad básica, para <i>Pinus montezumae</i> . A) árboles sanos B) árboles con muérdago Anchan (ancho de anillos), DB (densidad Básica) -----	43

19	Relación entre porcentaje de madera tardía y densidad básica, para <i>Pinus rudis</i> A) árboles sanos B) árboles con muérdago. %MT (porcentaje de madera tardía), DB (densidad Básica) -----	45

20	Correlación entre el ancho de anillos de crecimiento y la densidad básica, para <i>Pinus montezumae</i> . A) árboles sanos B) árboles con muérdago. %MT (porcentaje de madera tardía), DB (densidad Básica) -----	46

21	Correlación entre el porcentaje de madera temprana y la densidad básica, para <i>Pinus rudis</i> y <i>Pinus montezumae</i> . A) árboles sanos B) árboles con muérdago. % Mt (porcentaje de madera temprana), BD (densidad básica) -----	48

22	Correlación entre el porcentaje de madera temprana y la densidad básica, para <i>Pinus rudis</i> y <i>Pinus montezumae</i> . A) árboles sanos B) árboles con muérdago. % Mt (porcentaje de madera temprana), BD (densidad básica) -----	49

RESUMEN

Con el fin de evaluar si la presencia de muérdago enano influye en algunas características en la madera de *Pinus rudis* Endl. y *Pinus montezumae* Lamb., de una regeneración natural, se tomaron muestras de árboles sanos y con presencia de muérdago (con nivel moderado de infestación). En estas muestras se determinó la densidad básica de la madera, el ancho de los anillos de crecimiento y la proporción de madera temprana y tardía, se correlacionaron a fin de determinar su influencia en la madera.

Los resultados indican que el muérdago influye únicamente en la densidad básica de *Pinus rudis* y el ancho de anillos en *Pinus montezumae*, ésto puede deberse a la variabilidad genética que presentan las especies. Se encontró un patrón de incremento en los valores de la densidad básica y la proporción de madera tardía, que aumenta de la medula hacia la corteza del árbol; por el contrario en las variables ancho de anillos y proporción de madera temprana, el comportamiento de los valores disminuyó en el mismo sentido, en ambas especies y estados fitosanitarios.

SUMMARY

With the purpose of evaluating if mistletoe dwarfed influences on some characteristics of wood in *Pinus rudis* Endl. and *Pinus montezumae* Lamb. coming from a natural regeneration, samples of wood were taken from healthy tree and infected ones, with presence of mistletoe in a moderate level of infestation; in these samples it was determined wood density, ring width, earlywood and latewood proportion. These variables were correlated to determine their influence in wood.

Results show that mistletoe influences only wood density of *Pinus rudis* and ring width in *Pinus montezumae*, this can be due to genetic variability present in these species. An interesting variation pattern was found from pith to bark: wood density and latewood proportion increased, meanwhile ring width and earlywood proportion decreased, in both species and phytosanitarian conditions.

1. INTRODUCCIÓN

México cuenta con una gran diversidad de especies de coníferas, las cuales se ven afectadas por diversos factores de disturbio, tales como incendios, pastoreo, desmontes, plagas, enfermedades y explotación irracional, entre otros. De entre los factores antes mencionados uno de los más perjudiciales es el ataque de plagas y enfermedades, de lo cual poco se conoce sobre los perjuicios causados por éstas, en muchas especies de árboles. Tal es el caso del muérdago enano (planta parásita), el cual, de acuerdo a la literatura, impacta económica y ecológicamente en los bosques de coníferas, siendo este el agente más destructivo en especies comerciales productoras de madera en varias regiones de México, donde se han identificado 13 especies y 8 subespecies, las cuales parasitan por lo menos a 31 especies de pino (Andrade, 1981; Uribe, 1985; Mooney, 2001).

En México no se ha profundizado en trabajos acerca de estos muérdagos, la escasa información de que se dispone es de carácter botánico, sobre la estimación de pérdida en arbolado adulto, en infestación de repoblaciones de pino, y en estudios sobre su efecto en el crecimiento secundario de algunas especies del género *Pinus*. Sin embargo, a pesar de que en el país se reporta que el muérdago enano reduce el crecimiento de los árboles, lo que facilita el ataque de otros patógenos, son pocas las investigaciones del muérdago enano

en las propiedades de la madera. Dentro de las cuales la densidad básica es una de las propiedades más estudiadas por su aparente sencillez y determinación, así mismo, es factor de importancia sobre el rendimiento y calidad del producto final (madera aserrada, pulpa para papel). Además, de que es una característica con amplia variación genética y fuerte heredabilidad (Zobel y Van Buijtenen, 1989). La presente investigación pretende mostrar el efecto del muérdago enano en la densidad básica y algunas propiedades de la madera.

2. OBJETIVO

Determinar la influencia del muérdago enano en la densidad básica, ancho de anillos, porcentaje de madera temprana y madera tardía de *Pinus rudis* Endl. y *Pinus montezumae* Lamb., y la relación entre las variables estudiadas, de rodales provenientes de una regeneración natural.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES DE ÁRBOLES

Pinus rudis Endl., conocido generalmente como: Pino, ocote, pino amarillo, pino chino, ocote blanco y ocote pardo, entre otros. Es un árbol de 15 a 30 metros de altura, de corteza agrietada color pardo rojiza, con ramas extendidas e irregularmente colocadas; sus ramillas son muy ásperas, de color moreno rojizo oscuro o algo grisáceas, en la forma más típica se observan tres hojas que miden de 10 a 16.5 cm de largo, de color verde claro, medianamente gruesas, algo tiesas, carinadas, con estomas en las tres caras. Sus conos son largamente ovoides, acuminados, ligeramente oblicuos, se presentan generalmente por pares, pero a veces en grupos de tres, cuatro y cinco. Los conos presentan escamas numerosas muy delgadas y frágiles, sus semillas son de color negruzco, de 5 a 7 mm de largo con ala de 12 de largo por 5 de ancho (Anónimo, 1981).

Crece en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, Durango, Colima, Michoacán, Jalisco, Nayarit, Querétaro, Tlaxcala, Morelos, México y Zacatecas. Su rango de distribución altitudinal es de 2200 a 3300 msnm. Crece en lugares con precipitación media anual que va de los 800 a 1000 mm. Se desarrolla en suelos de origen volcánico, profundos, no pedregosos con

buen drenaje. De manera natural se asocia con *Pinus pseudostrobus*, *P. teocote*, *P. leiophylla*, *P. montezumae*, *Abies*, *Quercus*, entre otras, o bien forma masa puras (SEMARNAT, 1981). Es parasitado por *Arcethobium globosum* subs. *globosum*, *Arcethobium* Subs. *grandicaule* y *Arcethobium vaginatum* subsp. *vaginatum* (Geils et al.,2002).

Descripción de la madera no existen diferencias de color entre albura y duramen, la madera temprana es de color amarillo pálido y la madera tardía castaño amarillento claro; no tiene olor ni sabor característicos; su brillo es de mediano a alto, y su veteado es pronunciado. Su textura es de fina a mediana y presenta hilo recto. La madera presenta traqueidas largas con diámetro tangencial del lumen mediano, el grosor de su pared es delgado en la madera temprana, y diámetro tangencial de lumen fino y grosor de la pared delgado en la madera tardía; sus caras radiales presentan una hilera de puntuaciones areoleadas, los rayos son de tipo homogéneo, numerosos y muy bajos, las traqueidas de rayo presentan bordes dentados, los canales longitudinales son poco numerosos, y el parénquima axial es ausente (Anónimo, 1981).

Los anillos de crecimiento están perfectamente delineados por una banda oscura de madera tardía y una banda clara de madera temprana, su anchura es heterogénea; de madera temprana ocupa más de la mitad del anillo, la transición de temprana a tardía es gradual. Los rayos son visibles a simple vista, al igual que los canales resiníferos (Anónimo, 1981). Se utiliza para

aserrío, duela para pisos, construcciones, muebles, durmientes, pulpa para papel, puntales para minas, postes y cercas (Anónimo, 1981).

Pinus Montezumae Lamb., Llamado también ocote, ocote macho, pino blanco, pino común, pino real. Es un árbol de 20 a 30m de altura y hasta 90 cm de diámetro, de copa irregularmente redondeada, corteza café grisácea oscura, escamosa en capas irregulares, sus ramas son cortas, generalmente bajas, de color café claro, ásperas y cubiertas por brácteas que comúnmente se descaman (Benítez *et al.*, 2004).Sus hojas son gruesas, flexibles y colgantes y generalmente se encuentran en grupos de 4 ó 5, son de color verde oscuro de 15 a 45 cm de largo, y de 1 mm de grosor, presentan vainas persistentes y estomas en los tres lados de las hojas, los conos femeninos son largamente ovoides con la punta ligeramente recurvada, de color café rojizo de 14 a 21 cm de largo, se encuentran en pares o en grupos de tres, extendidos o ligeramente colgantes. Sus escamas son gruesas, duras y fuertes de 25 a 35 mm de largo por 13 a 17mm de ancho. La apófisis levantada, subpiramidal, con espinas cortas por lo general pronto caedizas, las semillas son casi triangulares, con ala café oscura de unos 20 mm de largo por 7 mm de ancho. (SEMARNAT, 1999; Benítez *et al.*, 2004).

Pinus montezumae, tiene una amplia distribución en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Jalisco, Colima, Michoacán, México, Morelos, Puebla, Querétaro, Hidalgo, Zacatecas, Tlaxcala, Guerrero, Oaxaca

y Veracruz (SEMARNAT, 1999; Benítez *et al.*, 2004) Crece en una gran variedad de condiciones ambientales, tanto en temperaturas calidas como en temperaturas frías y su rango de distribución altitudinal va de 2000 a 3200 msnm., con una precipitación anual de 800 a 1000 mm. Se desarrolla en suelos de origen volcánico, profundos, no pedregosos con buen drenaje, aunque puede desarrollarse en sitios secos o áridos. De manera natural se asocia con *Pinus pseudostrobus*, *P. teocote*, *P. leiophylla*, *P. rudis*, *Abies*, *Quercus*, *Alnus*, entre otras, o bien forma masa puras (SEMARNAT, 1999). Suele ser parasitado por *Arcethobium aureum*. Subs. *aureum*, *Arcethobium aureum* Subs. *petersonii*, *Arcethobium duranguense*, *Arcethobium globosum* Subs. *grandicaule*, *Arcethobium higrum*(Geil *et al.*,2002).

Descripción de la madera. Al igual que en la especie anterior en su madera no existe diferencia de color entre la albura y el duramen, la madera temprana es de color amarillo pálida y la madera tardía presenta un color amarillo; no presenta olor ni sabor que la caracterice, su vetado es suave, de textura mediana, hilo recto y sus canales resiníferos son visibles (Olvera 1985). En madera temprana las traqueidas son largas, con diámetro tangencial del lumen mediano y grosor de pared muy delgado, en la tardía el diámetro tangencial del lumen es fino y el grosor de la pared delgado (Olvera, 1985).

Los anillos de crecimiento son marcados por una banda clara de madera temprana y una banda oscura de madera tardía de anchura heterogénea, la madera temprana ocupa más de la mitad del total del anillo. La transición entre

la madera temprana y la tardía es gradual, sus rayos no son visibles (Olvera, 1985). Este tipo de madera se destina para la fabricación de triplay, puntales para minas, durmientes, celulosa para papel, muebles, duelas y por ser resinosa y fuerte es muy útil para construcciones estructurales (Olvera, 1985).

3.2 Descripción del muérdago enano

El muérdago enano (*Arceuthobium*) es la enfermedad mas grave de coníferas en el Oeste de Norteamérica, en México se encuentra en segundo lugar, como agente dañino en los bosques bajo explotación comercial (Reid *et al.*, 1987).

El genero *Arceuthobium* es una planta con brotes de 18 a 70 cm, y en promedio 25 cm de altura, su color es de amarillo-verdoso a verde, los tallos son verdosos y ramificados, y los más viejos son negruzcos. Presenta flores estaminíferas 5 mm de diámetro, perianto de cuatro secciones generalmente. La dispersión de sus semillas en México ocurre de julio a octubre y los frutos tardan en madurar hasta 17 meses. Su floración óptima tiene lugar de diciembre a mayo (Hawksworth y Wiens, 1965).

En la porción inferior el muérdago presenta estructuras equivalentes a las raíces de otras plantas, con ramificaciones o haustorios, constituyendo un sistema para absorber y traslocar las sustancias alimenticias obtenidas de la

planta hospedera, presenta un sistema aéreo reproductivo, compuesto por un tallo articulado, ramificado, con hojas reducidas a pequeñas escamas. Los haustorios establecidos pueden sobrevivir durante todo el turno biológico del hospedero y surgir nuevos tallos de ellos (Rodríguez, 1983).

El ciclo de vida del muérdago inicia con la dispersión de la semilla cuando el fruto ha alcanzado su madurez. Las semillas lanzadas desde el fruto son viscosas, se caracterizan por que fácilmente se adhieren a cualquier superficie, siempre y cuando la velocidad de expulsión no sea alta que impida su fijación (Figura 1).



Figura 1. Ciclo de vida del muérdago enano(según Rodríguez 1983).

La susceptibilidad de los árboles a ser infectados por muérdago es mayor en los tejidos jóvenes que en los viejos. Los pinos son más susceptibles entre los 4 y 6 años de edad (Smith, 1974; Rodríguez ,1983).

Los tallos del muérdago generalmente emergen hasta el segundo o tercer año después de haberse implantado la semilla; estos generalmente no viven más de 7 años, su promedio de vida es 2 a 3 años, y nuevos brotes emergen reemplazando a los que van muriendo. Los tallos son articulados y con el tiempo producen ramificaciones verticiladas o flageladas (Rodríguez 1983). Al segundo año de madurez los tallos producen flores masculinas y femeninas por separado; es decir, son plantas dioicas con proporción 1:1. Es probable que en México exista una preponderancia de plantas femeninas (Rodríguez, 1983).

Distribución

El género *Arceuthobium* comprende unas 32 especies distribuidas en África central, Europa, Asia, América del Norte (México, Oeste de Estados Unidos y Oeste de Canadá), y América Central (Rodríguez, 1983; Escudero y Cibrían ,1984; Hawksworth ,1987).

En México se conocen 13 especies y 8 subespecies de muérdago enano, las cuales se distribuyen en varios estados de la república Mexicana (Figura 2). Se localiza en un rango altitudinal de 1475 a 3990 msnm, (Rodríguez, 1983; Rodríguez, 1985; Bello y Gutiérrez, 1985). En México el muérdago enano parasita por lo menos a 31 especies dentro de las cuales se encuentran *Pinus ayacahuite*, *P. rudis*, *P. engelmannii*, *P. cooperi*, *P. durangensis*, *P. herrerae*, *P. arizonica*, *P. montezumae* y en ocasiones parasita a *P. teocote*, así como a

Abies, y *Pseudotsuga menziesii* (Reid *et al.*, 1985; Escudero y Cibrían, 1985; Bello y Gutiérrez, 1985; Hawksworth, 1987; Geil *et al.*, 2002).



Figura 2. Distribución geográfica de *Arcethobium* en México (Rodríguez, 1983).

3.3 Efecto del Muérdago enano

Varias pináceas son fácilmente infectadas por muérdago enano ocasionándoles debilitamiento que repercute en su crecimiento. El primer signo visible de la infección del muérdago es un ligero abultamiento de la corteza, floema y xilema del árbol hospedero (Valdivia, 1964).

Vera (1985) al estudiar rodales de *Pinus hartwegii* encontró que el muérdago enano influye en la disminución del crecimiento en altura de árboles y esta influencia es más severa en el diámetro que en la altura, lo mismo reportan Hawksworth (1961), Andrade (1981), Tinnin (2001), también disminuye el vigor, la viabilidad de la semilla y la producción de conos, las semillas y hojas se reducen (Vásquez *et al.*, 1982; Rodríguez, 1985; Mathiasen *et al.*, s/f; Filip *et al.*, 1993). La madera se ve afectada anatómicamente por el muérdago por que presenta traqueidas distorsionadas, cortas y el volumen de los radios se incrementa.

Hernández (1994), reporta que en *Pinus ponderosa* y *P. teocote* el muérdago disminuye el incremento en volumen, lo cual coincide con Uribe (1985) al estudiar el efecto del muérdago enano en el desarrollo de *Pinus hartwegii*, quien además reporta un incremento en el tiempo de paso y una reducción de la amplitud de los últimos anillos de crecimiento.

El muérdago enano afecta la calidad de la madera, ésta se reduce por los numerosos nudos que se forman a lo largo del fuste, así como por la presencia de manchas oscuras o pudriciones de la madera (Hawksworth, 1961).

Otro efecto del ataque del muérdago enano, es que predispone a los árboles infectados a un ataque intenso de descortezadores y barrenadores, pudrición de la madera por algunos hongos, enfermedades de la raíz, debilitamiento en el tronco o muerte de la corteza y madera muy frágil, que puede ocasionar

fácilmente la caída del árbol con el viento; las ramas muertas de los pinos que caen al suelo son material propicio para los incendios (Valdivia, 1964; Gutiérrez,1970; Baker *et al.*,2003).

Douglas *et al.*,(1974) y Piirton (1974) al estudiar el efecto del muérdago enano en las propiedades de la madera de *Pinus contorta* Dougl., reporta densidades más altas, menor porcentaje de madera tardía y anillos más estrechos en árboles con muérdago enano.

3.4 Características de la densidad básica

Densidad básica es un término utilizado para expresar la cantidad de sustancia madera que está presente en una unidad de volumen de madera (Vignote y Jiménez, 1996; Stanger *et al.*, 2002). La densidad es un número indeterminado por lo que es usualmente expresado como la relación del peso seco de la madera sobre el volumen verde y es medido en unidades de Kg m^{-3} o en g cm^{-3} (Stanger *et al.*, 2002).

Esto debido a que está influye en otras propiedades de la madera como resistencia, trabajabilidad, propiedades de secado, rendimiento en el pulpaje, características del papel y en usos finales que se le dará a la madera en cada especie en particular. Además ésta es una de las propiedades más baratas y más fácil de medir (Fuentes, s/f).

Cuando se evalúa la calidad de la madera la densidad es una de las características que se deben de considerar ya que está relacionada con algunos aspectos tecnológicos y económicos (Zhang, 1997).

De acuerdo a Panshin y DeZeew (1980) existen tres patrones generales de comportamiento, pero únicamente dos prevalecen en coníferas de bosques templados, el primero es donde la densidad básica aumenta de la medula a la corteza, presentándose en *Larix*, *Pinus* y a veces en *Picea*. El otro comportamiento es donde la densidad básica cercana a la medula decrece en formación temprana, para luego incrementar en los periodos maduros.

Valencia y Lopez (1999) reportan, en *Pinus rudis*, que la densidad básica presenta un patrón de incrementar de la médula hacia la corteza, lo mismo encontró Xu- Youming *et al.*(1999) y Jiang *et al.* (1999) en *Pinus taeda*.

Goche *et al.*, (2002) al estudiar la densidad básica en *Abies religiosa* y *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* en dirección transversal, ésta aumenta a partir de la medula en dirección a la corteza en toda la altura de los árboles, mientras que en *Pinus ayacahuite* la tendencia fue de disminuir de la médula hacia la corteza. Por otro lado Borja *et al.* (2004) con madera de *Pinus caribae* var. *hondurensis* procedente de una plantación, reporta que la densidad aumenta en función de la distancias de la médula hacia fuera.

Jovanovski *et al.*, (2005) al estudiar la densidad básica de *Pseudosuga menziesii* (Mird.) reportan densidades más bajas cercanas a la medula, y a partir del año seis se observa un incremento permanente para después disminuir a llegar a la corteza.

3. 5 Ancho de anillos

En árboles de clima templado la madera formada al final de la estación de crecimiento no presenta características similares que la que se producen al inicio. En coníferas ésta diferencia se debe a la producción de células con pared más gruesa y dimensiones más pequeñas al final del año. Por lo tanto a la madera formada al inicio de cada estación se le conoce como madera de primavera o madera temprana, y la madera formada al final de cada estación es llamada madera de verano, o madera tardía. En un corte transversal estos incrementos parecen una serie de círculos más o menos concéntricos alrededor de la médula, comúnmente nos referimos a ellos como anillos de crecimiento o anillos anuales, lo cual implica que cada anillo se forma en un año. El ancho de cada uno de estos es característica propia de cada especie, además no siempre son todos del mismo tamaño ya que existe variación de la medula a la corteza (Jane *et al.*, 1970).

La variación que existe en el crecimiento de los anillos se debe a la tasa de

crecimiento del árbol, la cual esta influida por factores climáticos locales (sombra, agua, temperatura, y condiciones del suelo) lo que se refleja en la densidad básica de la madera (Macdonald y Humbert, 2002).

3. 6 Relación entre el ancho de anillo y densidad básica

Jain y Seth (1979) al estudiar la variación de la densidad dentro de los anillos de crecimiento en *Pinus wallichiana* encontraron, que en anillos normales la densidad básica incrementa casi linealmente a través del anillo, mostrando valores mínimos en la madera temprana y máximos en madera tardía. Moschler *et al.*, (1989) al estudiar una plantación de *Pinus taeda* observo que la densidad básica incrementa con la edad, sucede lo contrario con el ancho de anillos el cual decrece con la edad y esto lo relaciona al porcentaje de madera temprana. Koudaa *et al.*, (2000) al estudiar dos plantaciones de *Picea marina* Mill. encontraron una correlación positiva entre el ancho del anillo, es decir, la densidad de los anillos decrece al incrementar la edad. Por su parte Flores *et al.*,(2004) encontraron en *Pinus patula* una correlación moderada entre la densidad básica y el ancho de anillos, lo que puede estar relacionado con el porcentaje de madera tardía presente en cada uno de los anillos de crecimiento

Goche *et al.*, (2002) indican que en *Pinus greggii* el ancho de anillos influye significativamente en la densidad básica, encontrando valores altos de

densidad en anillos angostos y valores bajos en anillos anchos. Por otro lado, García *et al.*, (2004) en la misma especie encontraron que el ancho de anillos presenta influencia significativa sobre la densidad básica.

Por otro lado, Koga y Zhang (2002) al estudiar la madera de *Abies balsame* no encontraron correlación entre el ancho del anillo y la densidad básica ni en madera juvenil ni en madura aunque se observa una débil correlación negativa que tiende a ser más fuerte en madera madura, por lo que mencionan que dicha relación en esta especie puede variar con la edad cambial.

3. 7 Relación entre densidad básica y porcentaje de madera tardía

Dentro de cada anillo de crecimiento existe variación entre la densidad de la madera temprana y la densidad de la madera tardía. La madera tardía está compuesta de células con diámetro radial relativamente pequeño, pared gruesa y un lumen pequeño, lo que ocasiona que se presente una densidad más alta con relación a la madera temprana, la cual tienen paredes celulares delgadas y lumen amplio (Haygreen y Bowyer, 1996).

El porcentaje de madera tardía es una de las características más ampliamente estudiadas para determinar la calidad de la madera ya que proporciona un índice de fuerza y propiedades estructurales y es altamente correlacionado con la densidad básica (Tecline, 2005).

Warren (1979) encontró que la varianza en peso y la covarianza de los componentes de la densidad básica (proporción de madera tardía y madera temprana y sus respectivas densidades) muestran que la magnitud en diferencias de madera temprana a madera tardía tienen una importancia significativa en la explicación para la variación de la densidad básica.

Elliot (1970) y Ward (1975) encontraron que cualquier incremento en la porción de madera tardía inevitablemente conduce a incrementar la densidad básica en todos los anillos, esto coincide con Haygreen y Bowyer (1996) quienes encontraron en *Picea abies* densidades bajas en la zona cercana a la médula, concluyendo que la densidad básica baja cercana a la médula es debido a que hay relativamente poca madera tardía y una alta porción de madera temprana.

Donaldson *et al.* (1995) encontró que la densidad de anillo de *Pinus radiata* cambia de aproximadamente 10 anillos hacia fuera, con incrementos en ambas densidades (madera temprana y madera tardía), también muestra un incremento en la cantidad de madera tardía en dirección a la corteza.

Jovanovski *et al.*,(2002) reportan para tres poblaciones de *Pinus ponderosa*, que anillos pequeños corresponden a densidades básicas elevadas, incluso encontraron valores mayores a 1gcm^{-3} . Esto lo atribuyeron a las distintas proporciones de madera temprana en el ancho del anillo. Para Pereyra y Gelied (2002) la densidad de la madera depende casi exclusivamente de la proporción de madera tardía y temprana, la cual aumenta de acuerdo a la edad del árbol.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del área de estudio

La colecta del material se realizó en el ejido " La Estancia" el cual se encuentra en el municipio de Singuilucan, se ubica al Sureste del estado de Hidalgo, entre las coordenadas 19° 59' 20'' de latitud norte y 98° 57' 22'' de longitud Oeste y a una altitud media de 2252 msnm (Figura 3). Pertenece a la provincia fisiográfica del *Eje Neovolcánico* y a la subprovincia *Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo* presentando una topografía de lomeríos con pendientes medias del 5% y exposiciones del terreno norte y noreste (INEGI, 2002). Pertenece a la Región Hidrográfica RH26 de Río Panuco, la cuenca Hidrográfica Río Moctezuma y la Subcuenca del Río Tezontepec (INEGI, 2002).

El clima que predomina en la región es del tipo Cw(w2) (templado subhúmedo con lluvias en verano), presenta una temperatura media 13.3°C, con una máxima de 22°C y una mínima de 10.6°C. La precipitación media anual es de 600 mm. (INEGI, 2002). En el sitio predominan las rocas de origen volcánico (ígneas extrusivas) del terciario superior, el color de éstas varía de gris claro a negro en fresco y es pardo rojizo al interferimos (INEGI, 1992). Los tipos de suelo que se encuentran en el área son Rd+Bh/2, con predominancia del Regosol districo y como suelo secundario el Cambisol húmico (INEGI, 1992).

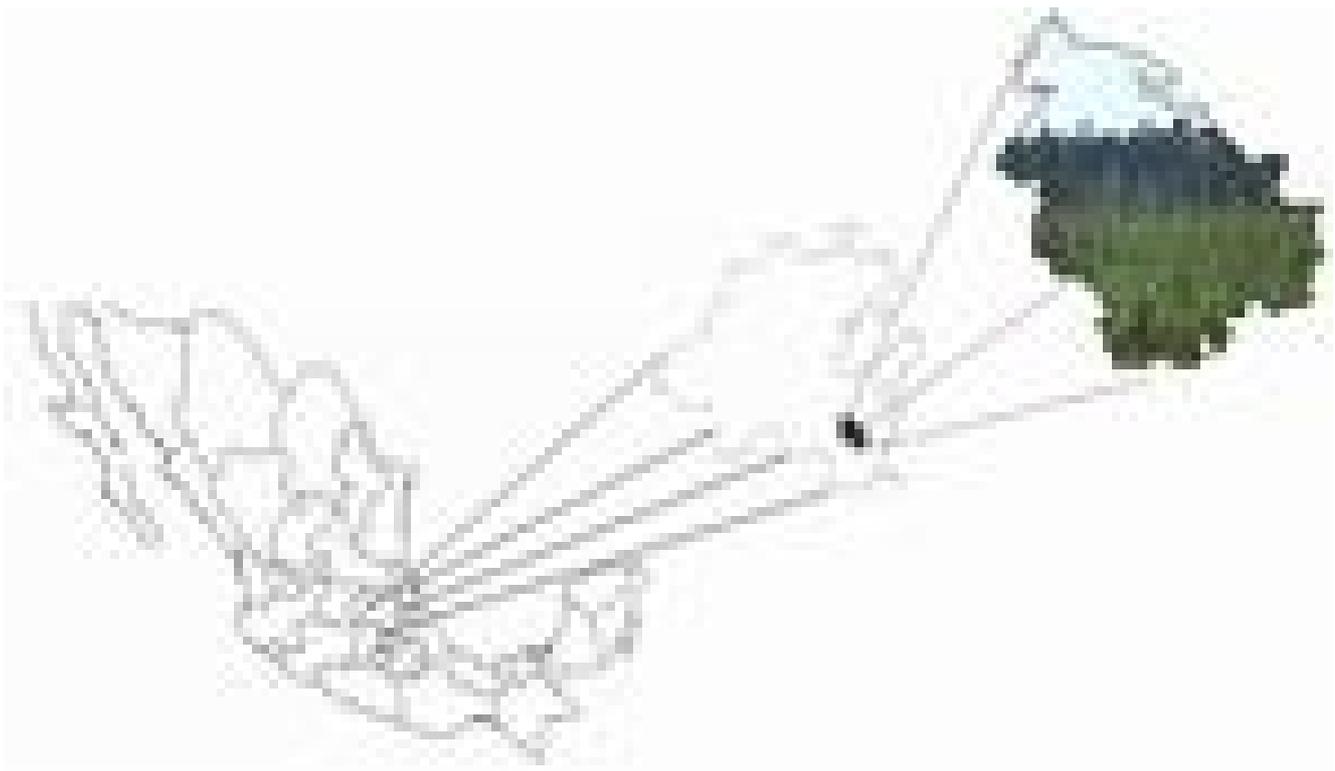


Figura 3. Ubicación del área de estudio.

El principal tipo de vegetación que se encuentra en el área es el bosque de pino, constituido principalmente por especies como *Pinus montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. rudis*, *P. leiophylla* (INEGI, 1992).

La colecta del material fue en una regeneración natural la cual cuenta con una superficie de 15 hectáreas y pertenece al ejido "La Estancia" el cual está compuesto por las especies de *Pinus rudis* y *Pinus montezumae* (Figura 4). Se encontraron individuos con muérdago enano, con un grado de infestación ligero a moderado en toda la regeneración según la clasificación de Hawksworth, (1987).



Figura 4. Regeneración natural

4.2 Fase de campo

4.2.1 Colecta del material

Se utilizó un GPS (Garmin 12XL) para delimitar la poligonal del área de regeneración y dentro de ésta la ubicación del arbolado infestado con la planta parasita. Una vez realizada esta delimitación se procedió a ubicar siete sitios circulares de muestreo, con superficie de 1963.5 m² cada uno (Figura 5).



Figura 5. Poligonal de la regeneración natural e ubicación de sitios de muestreo

En cada sitio muestreado se tomaron datos relativos a la especie como diámetro normal y altura de todos los árboles existentes. También se determinó la presencia o ausencia de la planta parasita en los árboles ubicados en cada sitio (Figura 6), para lo cual se clasificaron en árboles sanos y árboles con presencia de muérdago (grado de infestación moderado).



Figura 6. A) árbol sano. B) árbol con presencia de muérdago

Con la ayuda de un taladro de Pressler de 12 mm de diámetro se extrajo un cilindro de madera. En árboles sanos se colecto a una altura de 1.30 m (Figura 7A y B).



Figura 7. A. Extracción de muestra. B. Obtención de cilindro

En árboles con presencia de muérdago la muestra de madera se obtuvo a la altura donde se presentó la mayor cantidad de muérdago (Figura 8 A,B y C), buscando que la muestra se tomará lo más cercano al diámetro normal. Los cilindros de madera se clasificaron y marcaron con la especie, sitio, categoría diamétrica y como árbol sano o con presencia de muérdago (Figura 8D), posteriormente las muestras de madera se colocaron en envases de plástico llenos de agua para evitar la pérdida de humedad (Figura 8E). El total de muestras obtenidas fueron 21 para *Pinus rudis* y 15 en *Pinus montezumae* esto fue tanto para árboles sanos como en árboles con presencia de muérdago. El material recolectado fue trasladado al laboratorio de anatomía de la madera del Área Académica de Ingeniería Forestal, para hacer las pruebas correspondientes.



Figura 1. A, B y C) Momentos de selección de semillas en el laboratorio con presencia de miríadas; D) Transferencia de semillas de plantas y E) semillas en agua para la siembra.

4.3 Fase de laboratorio

4.3.1 Obtención de probetas

En cada uno de los cilindros de madera, se contaron y se separaron los anillos de crecimiento, sumergiéndose en agua para evitar la deshidratación (Figura 9).



Figura 9. A Corte y B separación de anillos de crecimiento

4.3.2 Medición del ancho de anillos

La medición del ancho de anillos se realizó en cada anillo una vez que éstos se encontraron separados, mediante un vernier digital (Mitutoyo), se registraron valores en estado verde (Figura 10).



Figura 10. Medición del ancho de anillo

4.3.3 Cálculo de la densidad básica.

Para estimar la densidad básica en cada uno de los anillos de crecimiento se obtuvo el peso verde de manera inicial, pesándose en una balanza analítica (Sartorius) con aproximaciones de milésimas de gramo (Figura 11).



Figura 11. Obtención de peso verde en cada anillo de crecimiento

Para determinar el peso anhidro, cada una de las muestras se colocaron en una estufa de secado a temperatura 100 ± 2 °C. (Figura 12), realizando pesadas consecutivas después de 20 horas, hasta que las muestras alcanzaron un peso

constante, lo que fue alrededor de 24 horas, de acuerdo a lo recomendado por Fuentes (s/f).



Figura 12. Muestras en estufa de secado

Una vez pasado este tiempo se volvieron a pesar las muestras y con los datos de peso inicial y peso anhidro se obtuvo la densidad básica mediante la fórmula propuesta por Smith (1954) para muestras pequeñas.

$$Db = \frac{1}{\frac{Pv - Po}{Po} + \frac{1}{1.53}}$$

Donde:

Db = Densidad básica

Pv = Peso verde

Po = Peso anhidro

1.53 = Densidad real de la madera

4.3.4 Cálculo del porcentaje de madera tardía

Para obtener el porcentaje de madera tardía, inicialmente se midió el total del anillo y ancho de la madera temprana, mediante el vernier digital, con estos datos y a través de una diferencia entre ambos valores se determinó el ancho de la madera tardía. El porcentaje de madera tardía se determinó mediante la siguiente fórmula (García, 2006):

$$\%MT = \frac{AMT}{AA} * 100$$

Donde:

%MT= Porcentaje de madera tardía

AMT= Ancho de la banda de madera tardía (mm).

AA = Ancho total del anillo (mm).

4.4 Análisis estadístico

Los resultados se analizaron estadísticamente, utilizando el programa SAS (SAS Institute Inc., 1999), mediante las herramientas de análisis de varianza, para conocer la influencia del muérdago enano sobre la densidad básica y el ancho de anillo, y la comparación de medias, mediante la prueba de Tukey, para observar la existencia de diferencias significativas entre los árboles sanos y con presencia de muérdago. Se realizó también análisis de correlación para observar la relación entre cada una de las variables estudiadas.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Densidad básica

Los resultados encontrados al aplicar la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para ambas condiciones (árboles con presencia de muérdago y sanos), muestran que en *Pinus montezumae* no existen diferencias significativas (Cuadro 1), lo que puede ser atribuido a variabilidad genética que presenta la especie, lo que difiere con lo reportado por Douglas *et al.* (1974) y Goche *et al.*, (2002) quienes estudiaron *Pinus radiata* y *Pinus montezumae*, respectivamente, sin embargo coincide con lo encontrado en *Pinus rudis* ya que en esta especie no se presentaron diferencias significativas entre ambas condiciones, lo que puede deberse a su adaptabilidad.

Cuadro 1. Valores promedios de densidad básica de la madera, en las dos especies estudiadas para árboles sanos y afectados con muérdago.

Estado	Valores de densidad básica ($g\ cm^{-3}$)					
	<i>Pinus rudis</i>			<i>Pinus montezumae</i>		
	Min.	Prom.	Máx.	Min.	Prom.	Máx.
Sanos	0.29	0.37 _a	0.52	0.28	0.37 _a	0.54
Con muérdago	0.28	0.44 _b	0.53	0.29	0.38 _a	0.55

Promedios con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticas (Tukey, $P<0.05$)
 Promedios con letras diferentes en la misma columna presentan diferencias estadísticas (Tukey, $P<0.05$)
 Min. = Mínimo, Prom. = Promedio y Máx. = Máximo

El análisis de varianza indica que las fuentes de variación (sitio, estado y anillo) influyen de manera altamente significativa en la densidad básica de la madera ($Pr >F = < 0.0001$) en ambos estados fitosanitarios en *Pinus rudis*. Para *Pinus*

montezumae el sitio y el diámetro son las dos variables que influyen significativamente sobre los valores de densidad básica ($P < F = 0.0104$), como se observa en el cuadro 2.

Cuadro 2. Prueba de F del análisis de varianza para la densidad básica.

Fuente de variación	Grados de libertad		F calculada	
	Primer nivel	Primer momento	Primer nivel	Primer momento
Sitio	4	4	3.28**	3.21**
Estado	1	1	42.24**	0.84(NS)
Categoría: Diámetro	2	2	0.57(NS)	4.72**
Posición del anillo	17	17	2.38**	0.84(NS)

*,** Diferencias significativas al 0.01 de probabilidad respectivamente.

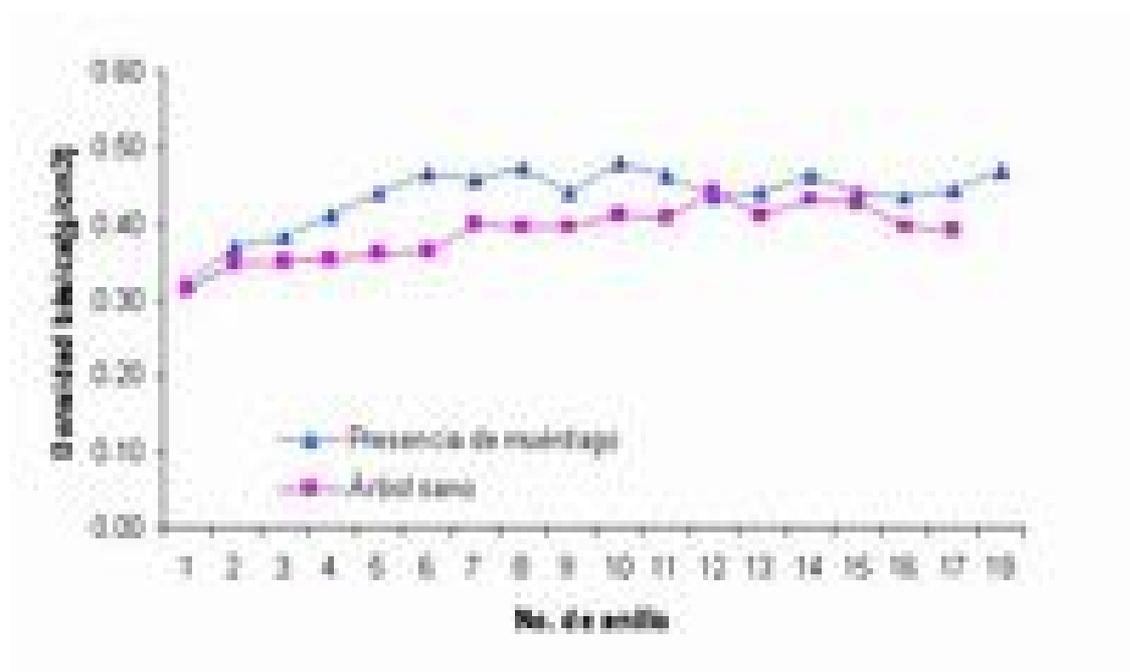
NS. No significativo

El que todas las fuentes de variación (estado, diámetro y posición del anillo) influyan de manera significativa en la densidad básica, se podría explicar por las características de crecimiento y el origen genético, coincidiendo con Rozengerg_ *et al.* (2000) para *Picea abies* y *Pseudotsuga menziesii*. Así como Jovanovski *et al.*(2005) en *Pseudotsuga menziesii* en *Pinus rudis*; Valencia y Lopez (1999) y Garcia *et al.*(2004) para *Pinus greggii*. Quienes lo atribuyen a la variación genética existente debido al alto porcentajes de heredabilidad.

Los valores de la densidad básica de la madera en árboles sanos y con presencia de muérdago, en ambas especies estudiadas, presentan la tendencia tipo I de incrementar de la médula en dirección de la corteza (Figura 13), presentada por Panshin y de Zeeuw (1980), para varias especies de coníferas,

lo que coincide con lo reportado por Xu- Youming *et al.*(1999) en *Pinus taeda*;
 Jovanovski *et al.* (2002) para *Pinus ponderosa*.

A



B

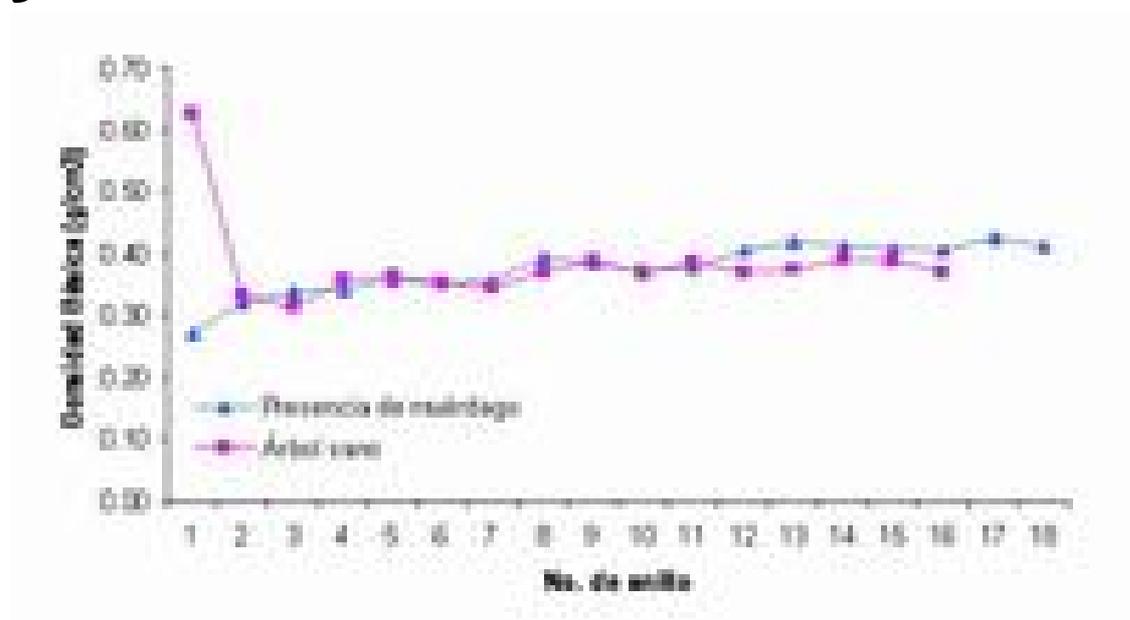


Figura 13. Variación de la densidad básica de la médula a la corteza, A) *Pinus rudis*, B) *Pinus montezumae*, para las dos condiciones estudiadas.

Tomando en cuenta los valores promedio de densidad básica encontrados en este estudio, la madera de *Pinus rudis* se puede clasificar como ligera, mientras la de *Pinus montezumae* como madera muy ligera de acuerdo a la tabla de clasificación de Vignote y Jiménez (1996).

5.2 Ancho de anillos

Los resultados respecto al ancho de anillos en *Pinus rudis* y *Pinus montezumae*, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), muestra que existen diferencias altamente significativas en *Pinus montezumae* entre las dos condiciones (árboles sanos y con presencia de muérdago), mientras que en *Pinus rudis* no existen diferencias entre las condiciones antes mencionadas (Cuadro 3); así mismo, se encontró un promedio de ancho de anillos de 4.47 y 4.84 mm en *Pinus rudis* y *Pinus montezumae* respectivamente.

Cuadro 3. Valores promedios de ancho de anillos de la madera, en las dos especies estudiadas para árboles sanos y afectados con muérdago.

Estado	Ancho de anillos (mm)					
	<i>Pinus rudis</i>			<i>Pinus montezumae</i>		
	Min.	Prom.	Máx.	Min.	Prom.	Máx.
Sanos	2.38	4.42a	9.18	0.28	4.62a ²	10.94
Con muérdago	1.89	4.52a	10.28	0.99	4.81b	11.49

Promedios con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticas (Tukey, $P < 0.05$)
 Promedios con letras diferentes en la misma columna presentan diferencias estadísticas (Tukey, $P < 0.05$)
 Min. = Mínimo, Prom. = Promedio y Máx. = Máximo

Al analizar las fuentes de variación se puede observar que el sitio, diámetro y la posición del anillo, influyen de manera directa sobre el ancho del anillo, para ambas especies, como lo muestra el análisis de varianza con un $Pr > F = <0.0001$ (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba de F del análisis de varianza para ancho de anillos.

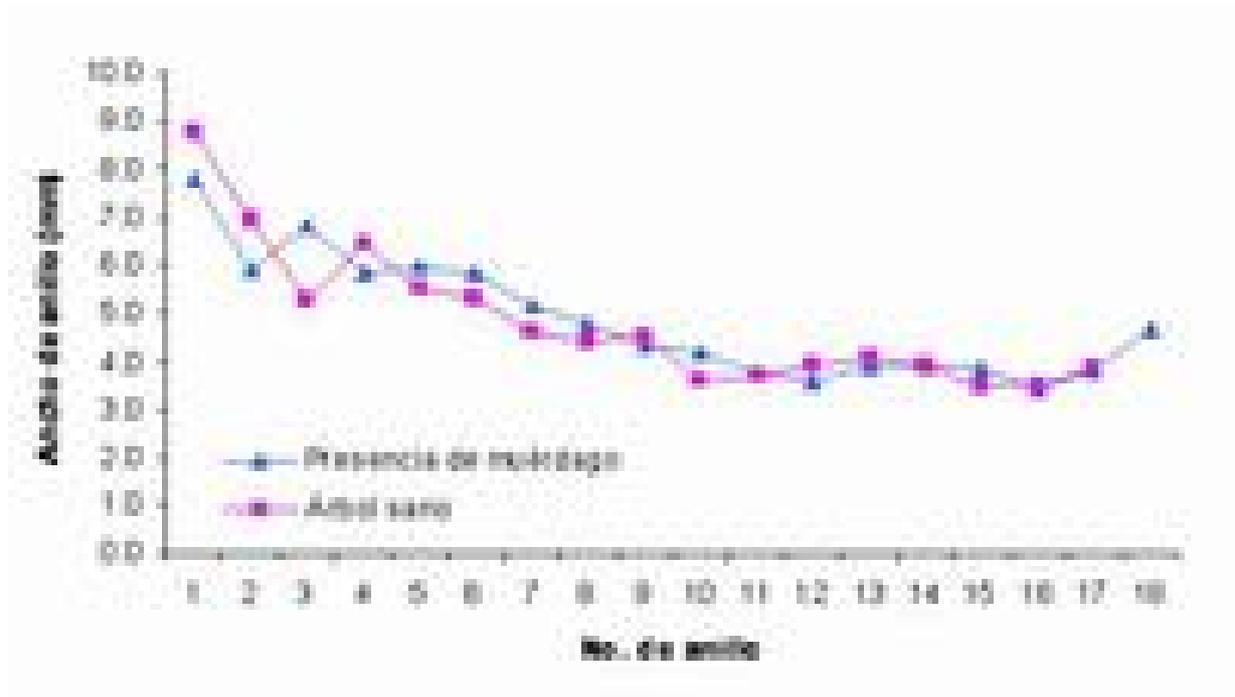
Fuentes de variación	Grados de libertad	F calculada	
		Ancho de anillo	
		<i>Pinus rudis</i>	<i>Pinus montezumae</i>
Sitio	4	8.17**	8.89**
Estado	1	1.14NS	6.08*
Diámetro	2	65.49**	18.97**
Posición del anillo	17	19.68**	17.28**

*,** Diferencias significativas al 0.01 de probabilidad respectivamente.

NS. No significativo

El comportamiento en la variación del ancho de anillos de crecimiento en ambas especies y estados estudiados, mantuvo una tendencia a disminuir de la medula a la corteza, esto puede deberse a una alta densidad en la regeneración. Se encontró un valor promedio general de 4.47 mm y de 4.13 mm en *Pinus rudis* y *Pinus montezumae* respectivamente, (Figura 14). Lo anterior coincide con lo reportado por Simpson y Denne (1997) en *Picea sitchensis*, y Borja et al. (2004) en *Pinus caribea* quienes encontraron la misma tendencia.

A



B

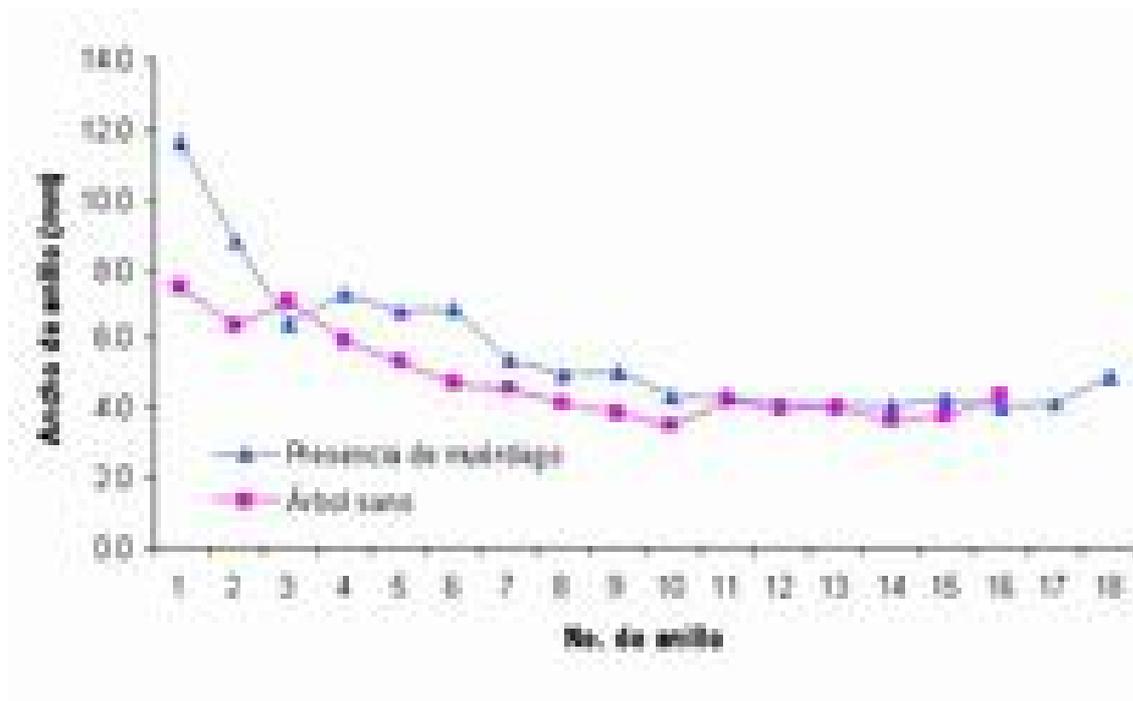


Figura 14. Variación del ancho de anillo de la medula a la corteza, A) *Pinus rudis*, B) *Pinus montezumae*.

Al comparar el ancho de anillos y el porcentaje de madera temprana se encontró una correlación altamente significativa en *Pinus rudis* ($r = 0.71685$) y

Pinus montezumae ($r=0.633947$), lo cual indica que éste tiene una mayor influencia en el ancho de cada anillo. Esto coincide con lo reportado por O'Sullivan (1976) quien afirma que el factor más influyente en el comportamiento de la densidad básica es la proporción de la madera temprana en cualquier anillo de crecimiento y no la tardía.

5.3 Porcentaje de madera tardía

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) se pudo ratificar que el porcentaje de madera tardía no varía entre árboles sanos y con presencia de muérdago, para ambas especies, pues los valores obtenidos no fueron estadísticamente diferentes (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores promedios de Porcentaje de madera tardía, en las dos especies estudiadas.

Estado	Madera tardía (%)					
	<i>Pinus rudis</i>			<i>Pinus montezumae</i>		
	Min.	Prom.	Máx.	Min.	Prom.	Máx.
Sanos	7.0	18.57a	31.30	68.70	18.07a	93.0
Con muérdago	7.20	18.78a	34.10	6.90	18.70a	43.60

Promedios con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticas (Tukey, $P<0.05$)
 Promedios con letras diferentes en la misma columna presentan diferencias estadísticas (Tukey, $P<0.05$)
 Min. = Mínimo, Prom. = Promedio y Máx. = Máximo

Al analizar las fuentes de variación se pudo observar que el sitio y el ancho del anillo, influyen de manera directa sobre el porcentaje de esta variable en

ambas especies, tal como lo muestra el análisis de varianza ($Pr > F = < 0.0001$) mostrado en el Cuadro 6.

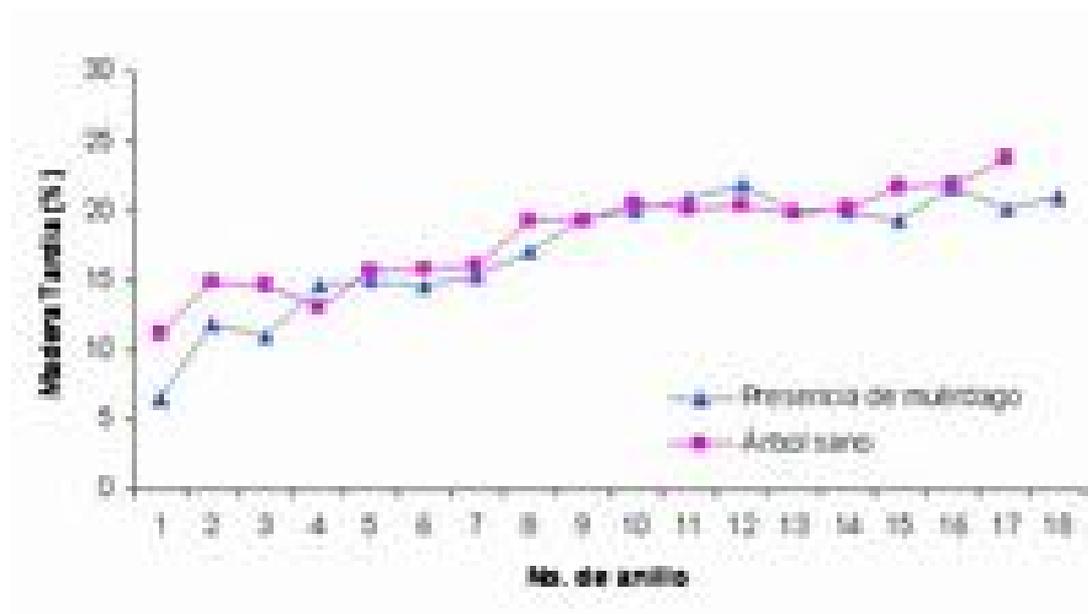
Cuadro 6. Prueba de F del análisis de varianza para porcentaje de madera tardía.

Fuentes de variación	Grados de libertad		F calculada	
	<i>Pinus rudis</i>	<i>Pinus montezumae</i>	Madera tardía	
			<i>Pinus rudis</i>	<i>Pinus montezumae</i>
Sitio	6	5	23.10**	3.85*
Ancho de anillo	290	337	4.82**	3.89**

*,** Diferencias significativas al 0.01 de probabilidad respectivamente.

La fluctuación del porcentaje de madera tardía a lo largo del radio, por anillos individuales, tiende a incrementar del centro del árbol hacia la corteza, en ambas especies y estados fitosanitarios (Figura 15), hallándose un valor promedio de 18.67 % en *Pinus rudis* y 18.39 % en *Pinus montezumae*.

A



B

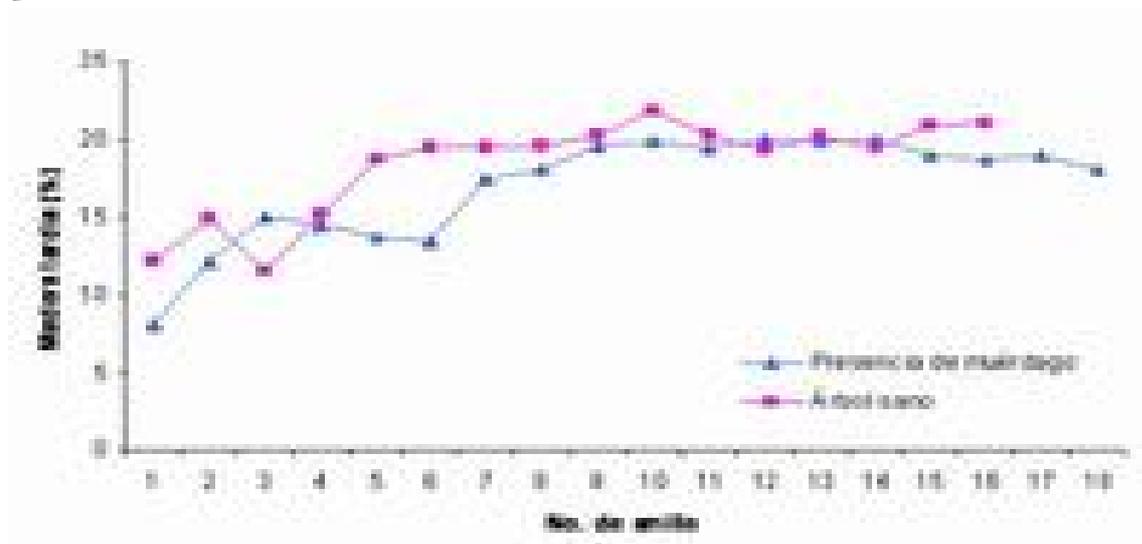


Figura 15. Variación de madera tardía en el radio del fuste A) *Pinus rudis*, B) *Pinus montezumae*.

El patrón que sigue el porcentaje de madera tardía en ambas especies (Figura 15) coincide con lo reportado por Donaldson *et al.*, (1995) quienes señalan que existe un incremento en la cantidad de madera tardía de la medula hacia la corteza en *Pinus radiata*, por otro lado, Borja *et al.* (2004) reporta lo mismo para *Pinus caribaea*.

5.4 Porcentaje de madera temprana

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) no se encontraron diferencias significativas entre árboles sanos y con muérdago (Cuadro 7) para ambas especies; sin embargo, en *Pinus montezumae* se

observan valores ligeramente superiores en el porcentaje de madera temprana en árboles con presencia de muérdago que en sanos (Figura 16 B).

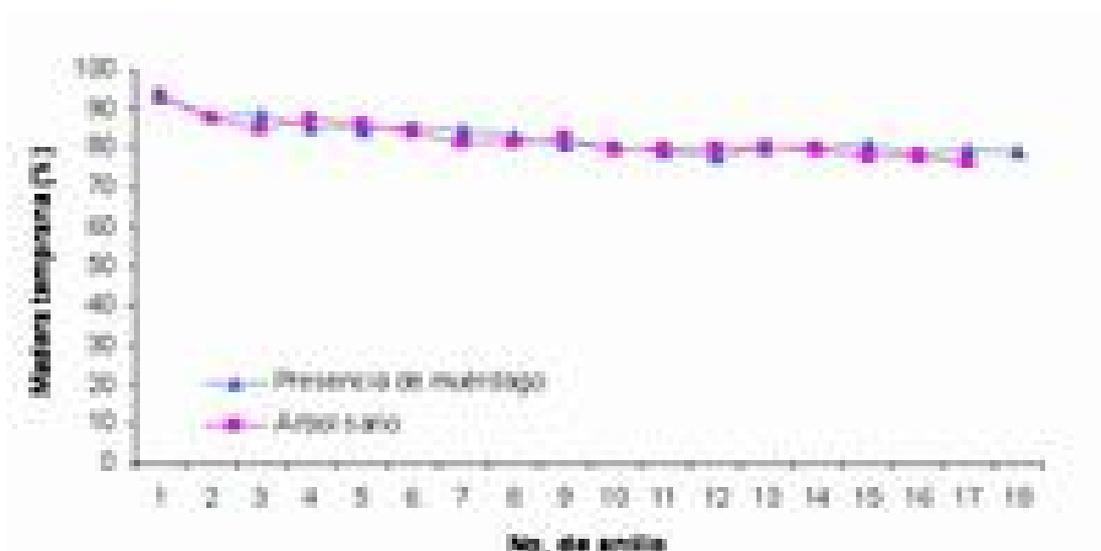
Cuadro 7. Valores promedios del porcentaje de madera temprana, en las dos especies estudiadas.

Estado	Madera temprana (%)					
	<i>Pinus rudis</i>			<i>Pinus montezumae</i>		
	Min.	Prom.	Máx.	Min.	Prom.	Máx.
Sanos	68.70	81.21a	93.0	7.0	81.29a ^Z	31.30
Con muérdago	65.90	81.42a	92.80	56.40	81.92a	93.10

Promedios con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticas (Tukey, $P < 0.05$)
 Promedios con letras diferentes en la misma columna presentan diferencias estadísticas (Tukey, $P < 0.05$)
 Min. = Mínimo, Prom. = Promedio y Máx. = Máximo

El patrón encontrado en madera temprana en sentido transversal del fuste, presenta un decremento de la medula hacia la corteza en ambos estados fitosanitarios y especies (Figura 16), encontrándose un valor promedio en el porcentaje de madera temprana, para *Pinus rudis* de 81.32 % y 81.62 % en *Pinus montezumae*.

A



B

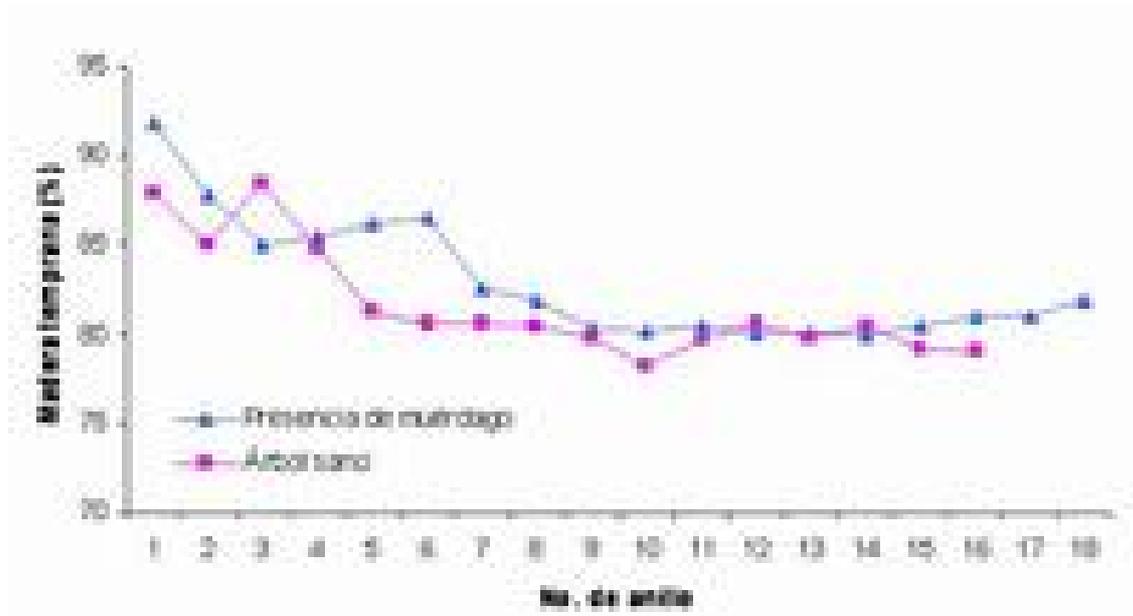


Figura 16. Variación de madera temprana en el radios del fuste A) *Pinus rudis*, B) *Pinus montezumae*.

5.5 Correlación de densidad básica con todas las variables estudiadas

En el cuadro 8, se presentan las correlaciones de la densidad básica con las variables de sitio, anillo, donde se observa una pobre correlación en *Pinus rudis* y muy poca en *Pinus montezumae*, lo cual nos indica que el sitio no es una variable que influye en la densidad básica.

En el caso del anillo se observa que éste muestra una alta correlación en ambas especies, ya que este si influyo en la densidad básica. Las correlaciones con las demás variables se presentan posteriormente.

Cuadro 8. Valores de correlación de densidad básica y las variables estudiadas

Variables	Densidad básica			
	<i>Pinus rudis</i>		<i>Pinus montezumae</i>	
	Sano	Con muérdago	Sano	Con muérdago
Sitio	-0.08356	0.20651*	0.23316*	0.14168*
Anillo	0.36978**	0.11077	0.21267**	0.58728**
Ancho anillo	-0.42744**	-0.05920	-0.36415**	-0.31346**
M. temprana	-0.25104*	-0.14955	-0.31364**	0.38901**
M. tardía	-0.25104*	0.14942	-0.31364**	0.38901**

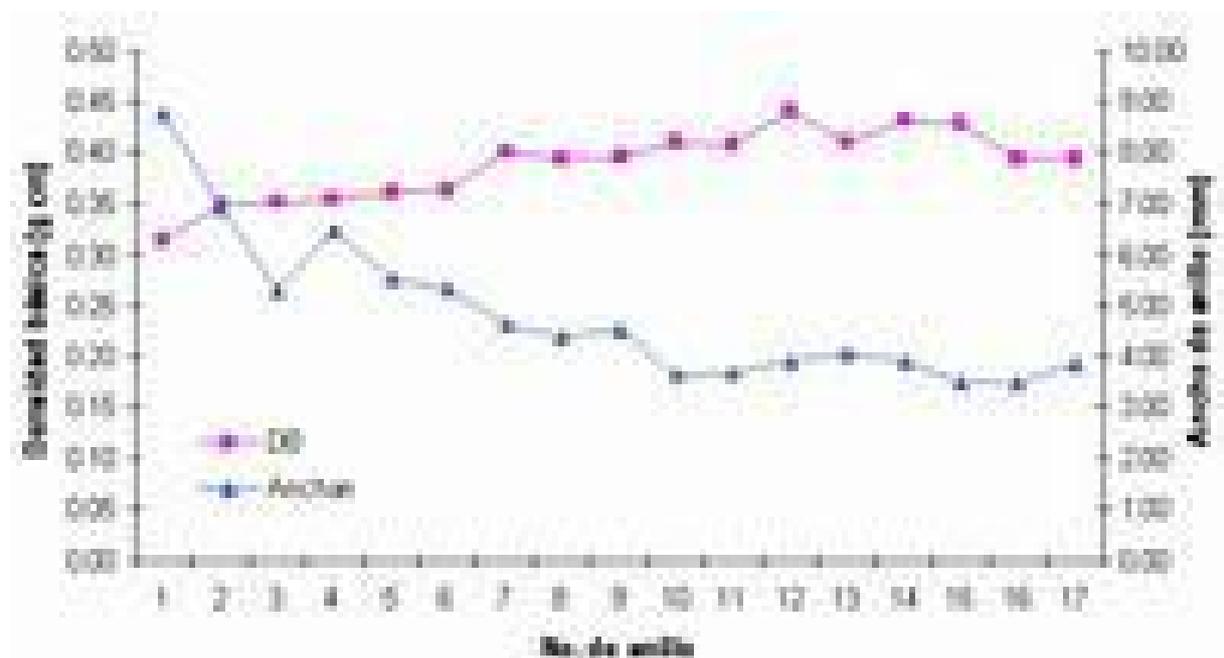
*,** Diferencias significativas al 0.01 de probabilidad respectivamente.

5.5.1 Correlación entre ancho de anillos y densidad básica

Al correlacionar las variables ancho de anillos y densidad básica se encontró un coeficiente de correlación de $r = -0.09444$ y $r = -0.15663$ para *Pinus rudis* y *Pinus montezumae* respectivamente, lo que evidencia una pobre correlación entre ambas variables. Existe una relación inversamente proporcional entre el ancho de los anillos de crecimiento y la densidad básica en ambas especies, a medida que el ancho disminuye de la medula en dirección de la corteza, la densidad básica aumenta en el mismo sentido, esta relación se presenta tanto en árboles con muérdago como en árboles sanos (Figura 17 y 18).

Pinus rudis

A



B

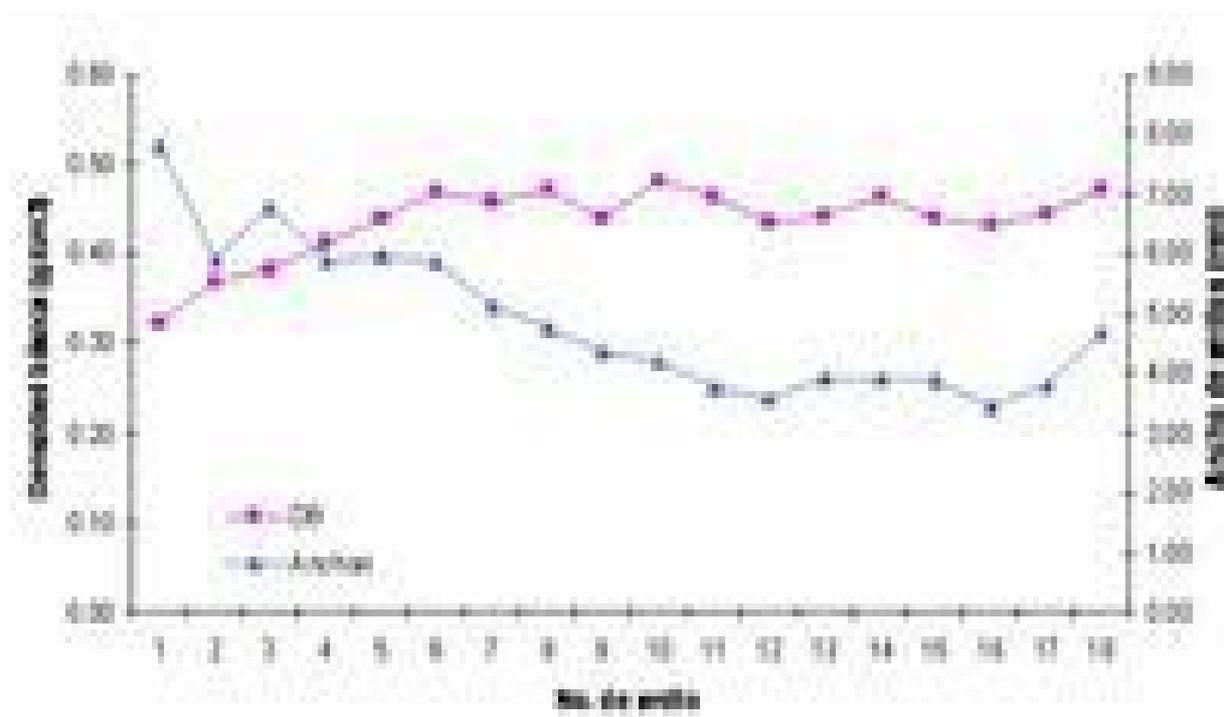
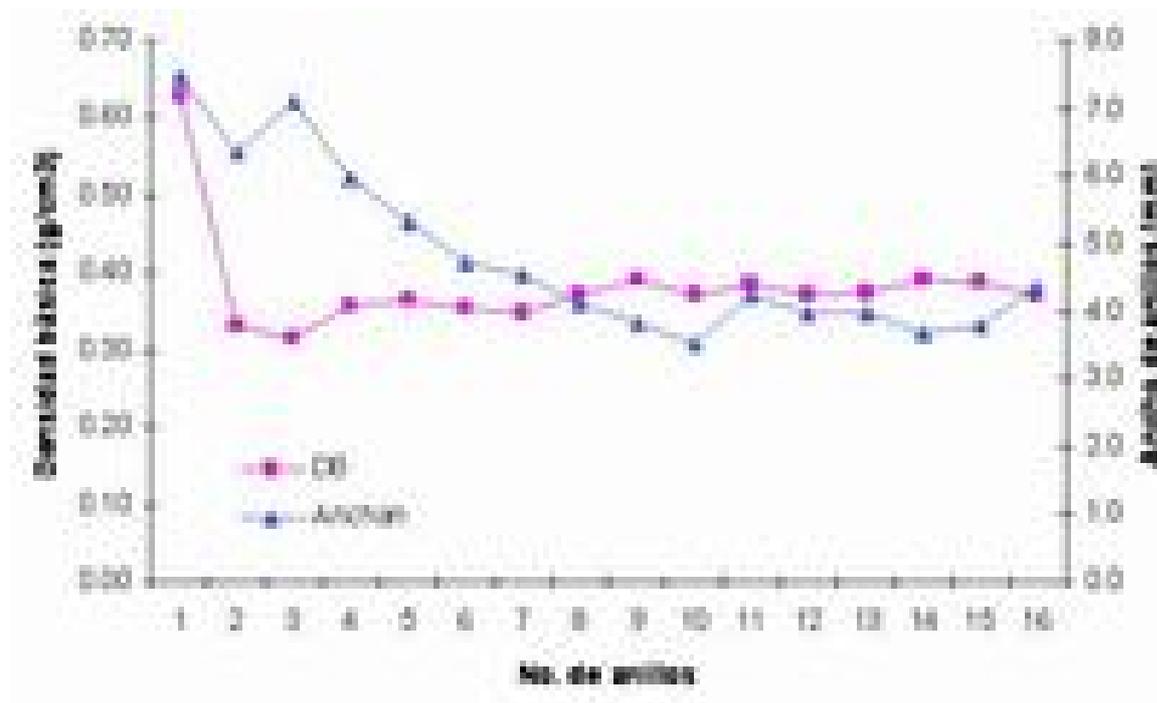


Figura 17. Correlación entre el ancho de anillos de crecimiento y la densidad básica, para *Pinus rudis* A) árboles sanos B) árboles con muérdago. Anchan (ancho de anillos), DB (densidad Básica).

Pinus montezumae

A



B

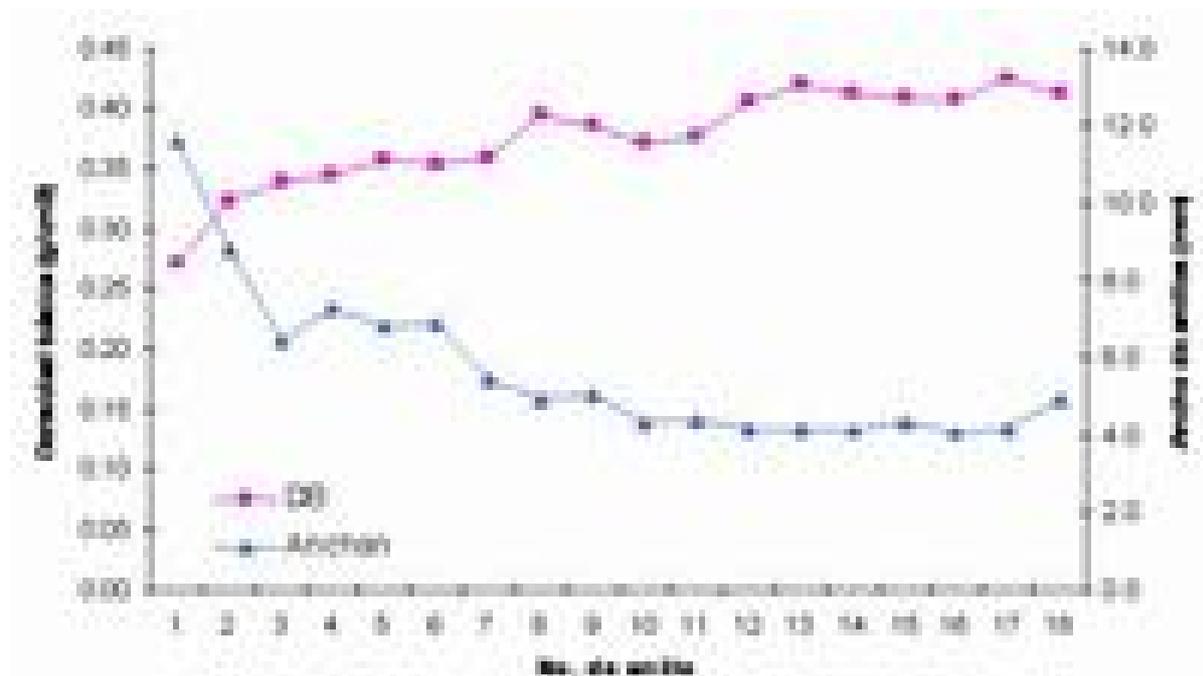


Figura 18. Correlación entre el ancho de anillos de crecimiento y la densidad básica, para *Pinus montezumae*. A) árboles sanos B) árboles con muérdago Ancham (ancho de anillos), DB (densidad Básica).

Los resultados encontrados, coinciden con lo reportado por Pearson y Gilmore (1980); Hapla (1997) y Jovanovski *et al.*, (2005); quienes señalan que existe un incremento de la densidad y una disminución del ancho de anillo con la edad. Lo mismo encontraron DeBell *et al.*, (1994) al afirmar que la tasa de crecimiento lento conduce a densidades altas en *Tsuga heterophylla*.

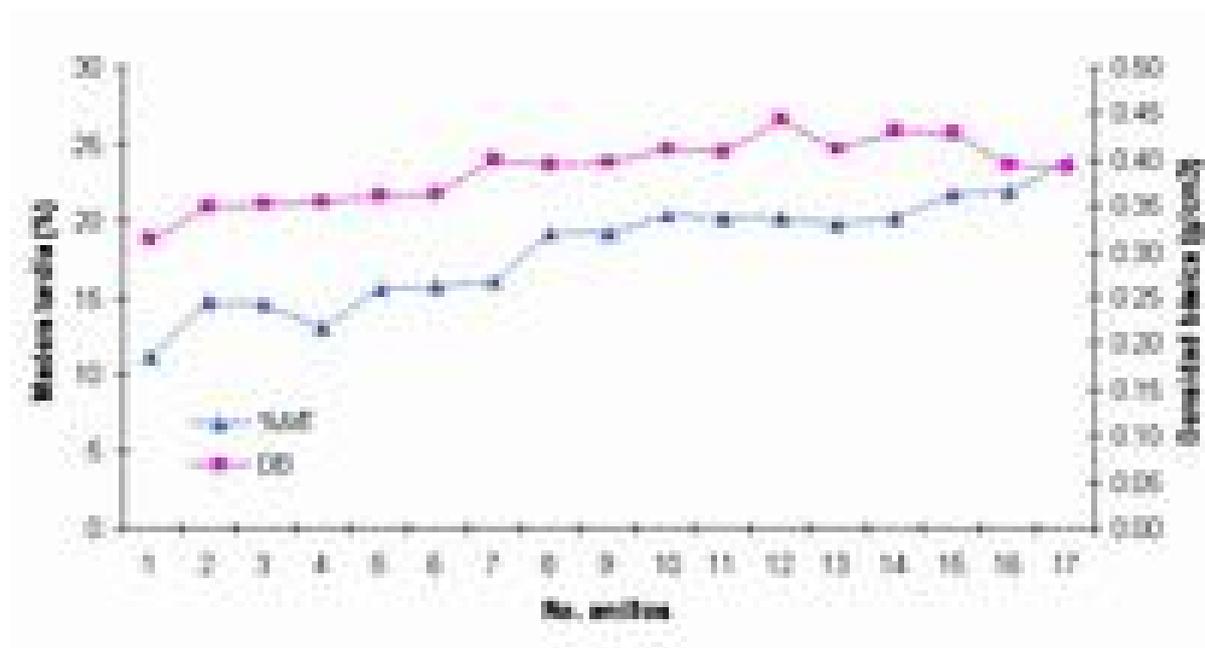
Los resultados de la presente investigación difieren con lo reportado por Koga y Zhang (2002) para *Abies balsamea*, Jovanovski *et al.* (2002) para *Pinus ponderosa* quienes encontraron que existe muy poca correlación entre el ancho de anillos y la densidad básica.

5.5.2 Correlación entre madera tardía y densidad básica

Al correlacionar el porcentaje de madera tardía con densidad básica se observó que presenta una relación inversamente proporcional, ya que a medida que la densidad básica aumenta de la medula a la corteza el porcentaje de madera tardía disminuye en la misma dirección, esto pasa en ambas especies y estados fitosanitarios (Figura 19 y 20). Al realizar el procedimiento de correlación no se encontró una relación significativa en ambas especies (*Pinus rudis* $r=0.06695$ y *Pinus montezumae* $r= -0.06452$).

Pinus rudis

A



B

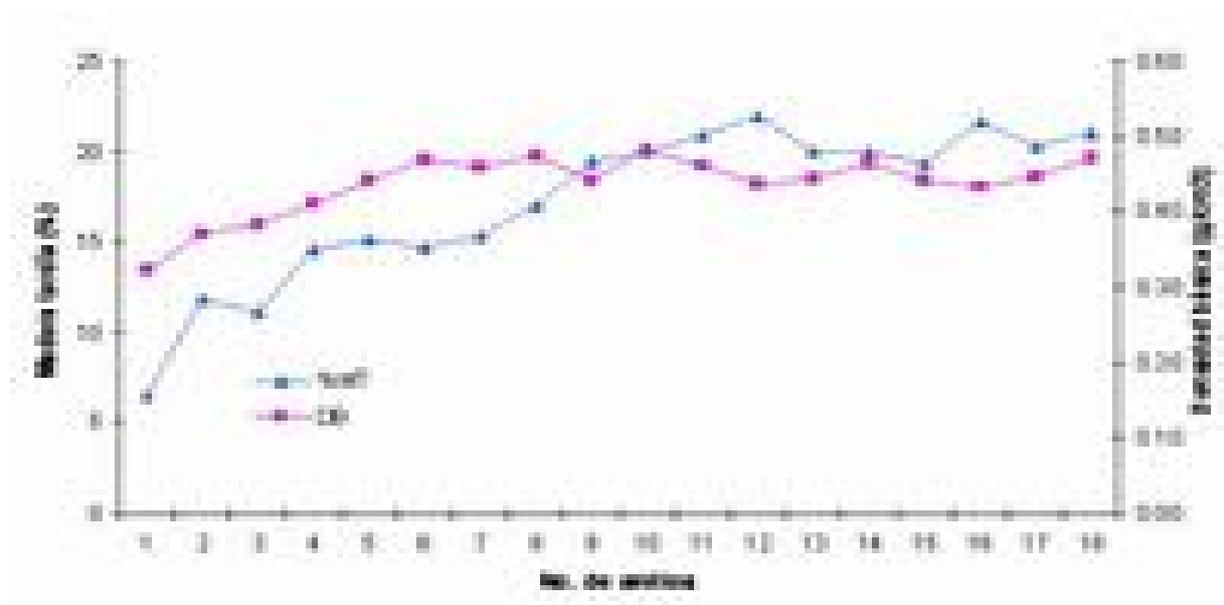
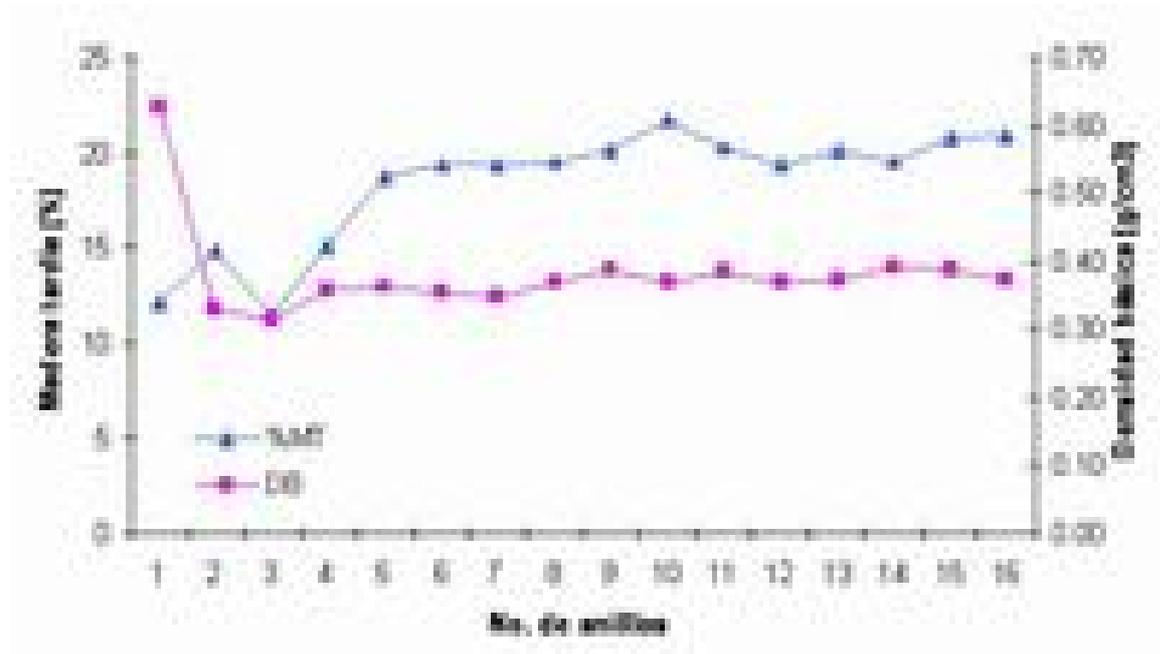


Figura 19. Relación entre porcentaje de madera tardía y densidad básica, para *Pinus rudis* A) árboles sanos B) árboles con muérdago. %MT (porcentaje de madera tardía), DB (densidad Básica).

Pinus montezumae

A



B

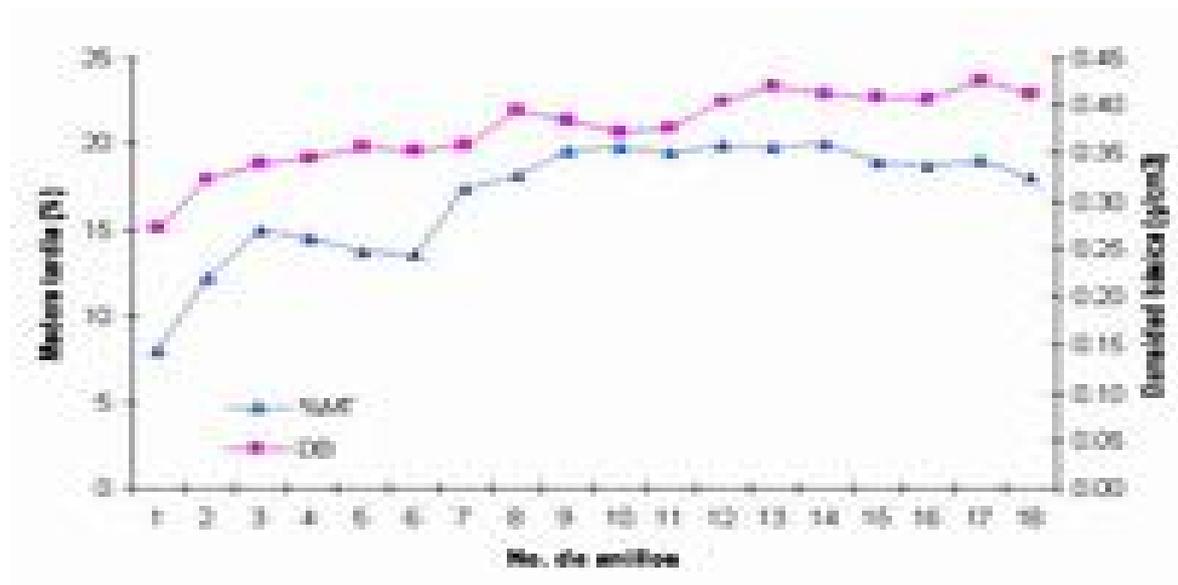


Figura 20. Correlación entre el ancho de anillos de crecimiento y la densidad básica, para *Pinus montezumae*. A) árboles sanos B) árboles con muérdago. %MT (porcentaje de madera tardía), DB (densidad Básica).

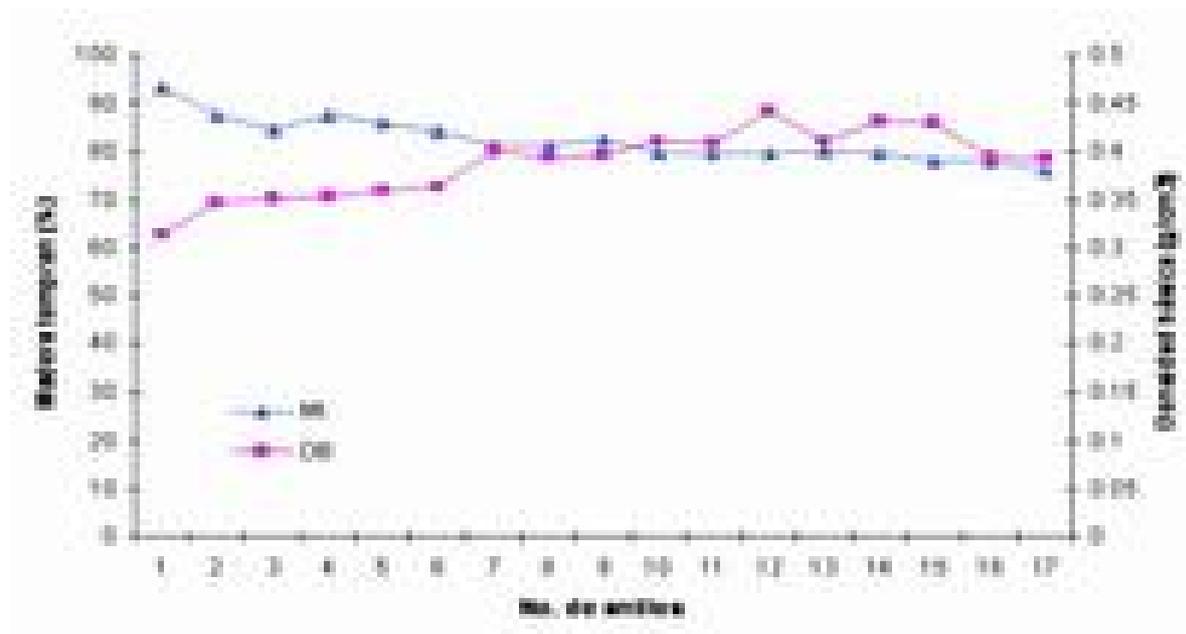
La relación encontrada coincide con lo reportado por Elliot (1970) quien menciona que al aumentar la proporción de madera tardía también incrementa la densidad en los anillos de crecimiento.

5.5.3 Correlación entre madera temprana y densidad básica

Los resultados muestran que existe una relación negativa de la madera temprana con la densidad básica en ambas especies y estados fitosanitarios (Figura 21). Con el análisis de correlación se pudo corroborar que no existen diferencias significativas entre ambas variables.

Pinus rudis

A



B

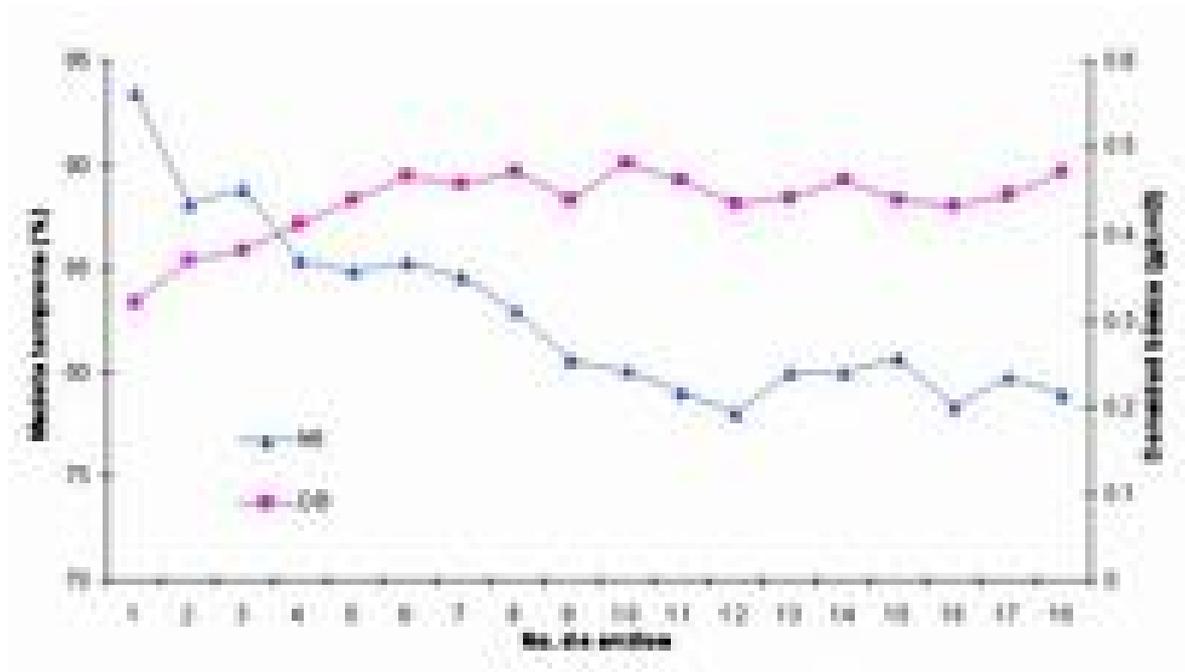
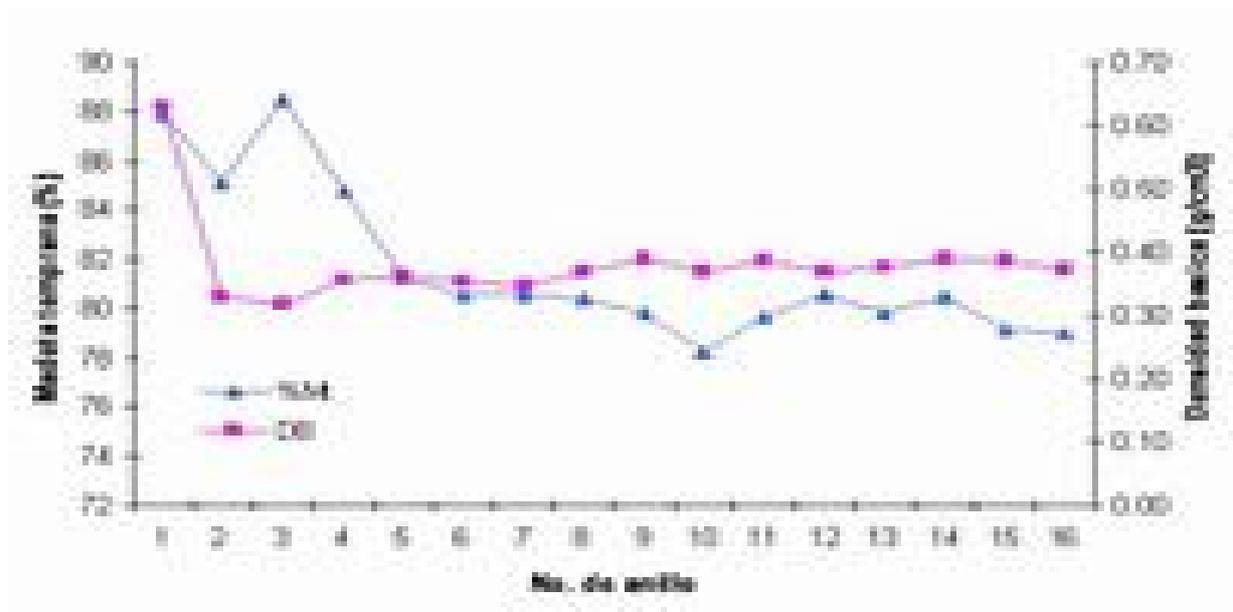


Figura 21. Correlación entre el porcentaje de madera temprana y la densidad básica, para *Pinus rudis* y *Pinus montezumae*. A) árboles sanos B) árboles con muérdago. % Mt (porcentaje de madera temprana), BD (densidad básica).

Pinus montezumae

A



B

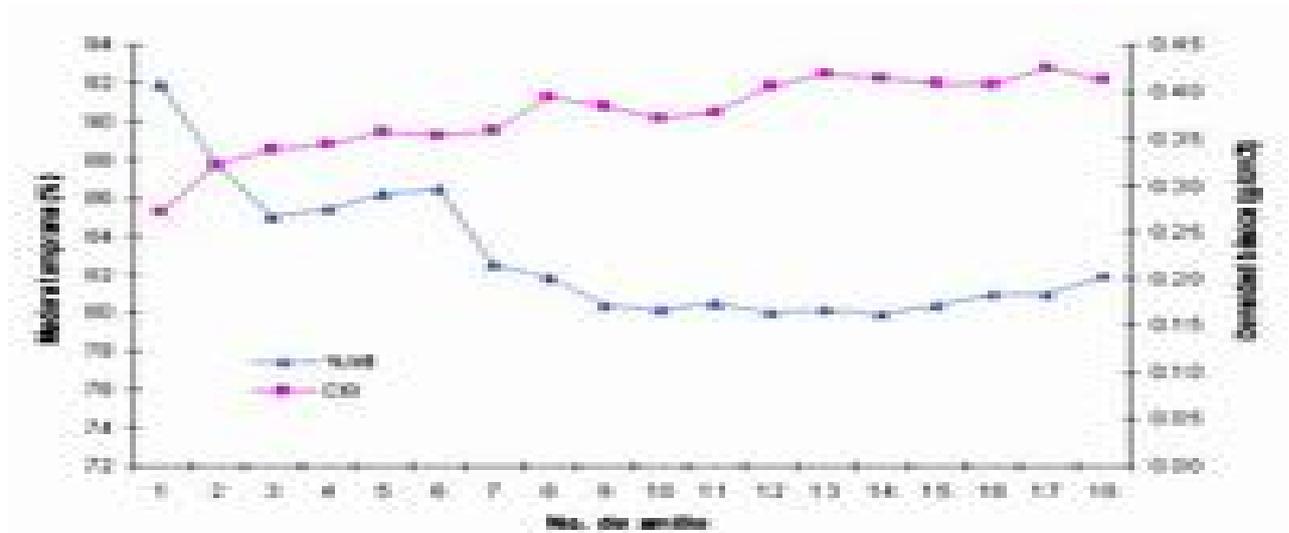


Figura 22. Correlación entre el porcentaje de madera temprana y la densidad básica, para *Pinus rudis* y *Pinus montezumae*. A) árboles sanos B) árboles con muérdago. % Mt (porcentaje de madera temprana), BD (densidad básica).

De acuerdo a investigaciones previas se ha llegado a la conclusión de que el factor primario que influye en la densidad de la madera es el ancho de la madera temprana dentro de cualquier anillo de crecimiento (O'Sullivan, 1976). Esto se debe a que al aumentar la cantidad de madera temprana en los anillos automáticamente el porcentaje de madera tardía disminuye (García, 2006).

6. CONCLUSIONES

La presencia de muérdago tuvo un efecto sobre la densidad básica de la madera de *Pinus rudis*.

El patrón de variación en dirección radial, encontrado en ambas especies fue de incrementar de la médula en dirección de la corteza tanto en árboles sanos como en árboles con presencia de muérdago.

La presencia de muérdago no influyó en el ancho de anillo en *Pinus rudis*, sin embargo en *Pinus montezumae* el muérdago sí tuvo una influencia.

El patrón de variación en dirección radial encontrado en ambas especies fue de disminuir de la médula en dirección en la corteza tanto en árboles sanos como en árboles con muérdago.

El muérdago no presentó efecto sobre el porcentaje de madera temprana y madera tardía.

La tendencia que se encontró en el porcentaje de madera tardía fue de incrementar de la médula a la corteza, lo contrario presentó el porcentaje de madera temprana, en ambas especies y estados fitosanitarios.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio con arbolado de mayor edad y diferentes grados de infestación de muérdago, así como identificar la especie de muérdago presente en este.

Se sugiere realizar un estudio anatómico donde se observe la presencia de muérdago enano, en diferentes especies.

Se recomienda medir otras variables como la longitud de traqueidas para poder ver si los índices de calidad de pulpa se ven afectados por la presencia del muérdago.

8. LITERATURA CITADA

- ANDRADE, E. V. 1981. Evaluación de poblaciones de muérdago enano (*Arcethobium globosum* Hawks y Wieds y *A. vaginatum* willd) en bosques de *Pinus hartwegi* Lind. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo.
- ANONIMO. 1981. Boletín técnico No. 69. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México, D.F.
- BAKER, A. F.; O'BRIEN, J.; MATHIASSEN, R. 2003. Eastern Spruce Dwarf Mistletoe. Forest Insect and Disease Leaflet. Num. 158 p.
- BELLO, G. M. A.; GUTIERREZ, G. M. 1985. Clave para la identificación de la familia *Loranthaceae* en porción del eje neovolcanico localizado dentro del Estado de Michoacán. Rev. Ciencias Forestales. 54(10):3-30
- BENÍTEZ, G. M.; PULIDO-SALAS, T. P. Y EQUIHUA. M. 2004. Árboles multiusos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología, A.C., S, Golfo, CONAFOR Xalapa, Veracruz, México.
- BORJA DE LA ROSA, A.; MEZA, J.; ROMERO. L. 2004. Cinco características tecnológicas de la madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Barret Golf.
- DEBELL, J.D.; TAPPEINER, J.C. II.; KRAHMER, R. L. 1994. Wood density of western hemlock: effect of ring width. Canadian Journal of Forest Research. 24 (3): 638 -641.
- DONALDSON, L. A.; EVANS, R.; COWN, D.J.; LAUSDERG, M. J. F. 1995. Clonal variation of wood density variables in *Pinus radiata*. New Zealand journal of forestry science 25(2): 175-188.
- DOUGLAS, D. P.; CREWS, D. L.; TROXEL, H. E. 1974. The effects of mistletoe on the wood properties of lodgepole pine. Wood and Fiber Science. 6(1):26-35
- ELLIOT, G. K. 1970. Wood density in conifers. Technical communication No.8, Commonwealth Forestry Bureau, Oxford, England.

- ESCUADERO, M. M.; CIBRIAN, T. D. 1984. Determinación del periodo de dispersión de *Arceuthobium globosum, grandicaule* en la región central de México. II simposio nacional de parasitología forestal. 26-29 de Febrero. Saltillo, Coah. , México. 342-349 p.
- FILIP, G. M.; COLBERT, J. J.; SHAW, C. G.III.; HESSBURG, P. F.; HOSMAN, K. P. 1993. Influence of dwarf mistletoe and western spruce budworm on growth and mortality of Douglas-fir in unmanaged stands. *Forest science*. 39(3):465-477.
- FLORES, S. N; GOCHE, T. R.; GONZALES, O. R. 2004. Densidad básica y ancho de anillos de la madera de una plantación de *Pinus patula* antes y después de un aclareo. V Congreso Mexicano de tecnología de productos forestales. 17-19 de Noviembre. Pachuca, Hgo. México. 1-2 p.
- FUENTES (s/f). Apuntes para el curso de tecnología de la madera I. serie de apoyo académico 33. División de Ciencias Forestales. México. 99 p.
- GARCÍA, V. A. GOCHE, T. R.; BORJA DE LA ROSA, A. 2004. Densidad básica y ancho de anillos de *Pinus greggii* de dos plantaciones en Hidalgo. V Congreso Mexicano de tecnología de productos forestales. 17-19 de Noviembre. Pachuca, Hgo. México. 1-3 p.
- GARCIA, V. A. 2006. Contribución al conocimiento de las propiedades físicas de la madera de *Pinus greggii* Engelm. Proveniente de plantaciones en el Estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- GEILS, BRIAN W.; CIBRIÁN T, J; MOODY, BENJAMIN, tech. coords. 2002. Mistletoes of North American Conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 123 p.
- GOCHE, T R, GARCIA, V. A.; FUENTES S. M. 2002. Variación de la densidad básica de la madera de *Pinus greggii* proveniente de aclareos de una plantación en Hidalgo. IV Congreso Mexicano de tecnología de productos forestal. 13- 16 de Noviembre. Guadalajara, Jal., México. 29-31 p.
- GOCHE, T. R; M. FUENTES; BORJA DE LA ROSA, A.; RAMIREZ, H. 2000. Variación de las propiedades físicas de la madera en árboles de *Abies religiosa* y de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*. *Revista chapingo Ciencias forestales y del ambiente*. 6(1)83-92.

- GUTIERREZ, R. M. 1970. Efecto del parasitismo del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) sobre el desarrollo en el grosor del fuste de *Pinus montezumae* y *P. hartwegii* en el cerro "Telapón", Edo. de México. INIF. México. Bol.Tec. 34, 15 p.
- HAPLA F. 1997. How to bring into accord the silvicultural management and end-users interests in case of the Douglas fir. Timber management toward wood quality and end-product value. CTIA/IUFRO International Wood Quality Workshop. Quebec. Canada. 3-8.
- HAWKSWORTH, G. F. 1961. Dwarf mistletoes on the Ponderosa pine in the southwesty U.S.D.A
- HAWKSWORTH, G. F.; WIENS, D. B. 1965. *Arceuthobium* in Mexico, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Forest Service, USDA. Britania, vol.17, No. 3. USA, 237 p.
- HAWKSWORTH, G. F. 1987. Taxonomía y distribución de *Arceuthobium* en México y Centro América. IV Simposio nacional sobre parasitología forestal y cuarta reunión sobre plagas y enfermedades forestales. 28-30 Octubre. Durango, Dgo, México. 559-580 p.
- HAYGREEN, J. G.; BOWYER, J. L. 1996. Forest products and wood Science (an introduction). 3rd. ed. -Ames: Iowa States University Press, 490p.
- HERNANDEZ, M. V. 1994. Evaluación de la infestación causada por los muérdagos *Struthanthus deppeanus* (cham & shlecht.) Blume y *Arcethobium gilli* Subs. *nigrum* Hawsk & Wiens, en *Pinus* de la Sierra negra de Puebla. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo.
- HUEBNER, D. 2000. Dwarf mistletoes: Biology, Phathology and Systematics. United States Department of Agriculture Forest Service. 709.
- INEGI. 1992. Síntesis Geográfica del Estado Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ags. México. 134 p.
- INEGI. 2002. Cuaderno Estadístico Municipal. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Ags. México. 139 p.
- JAIN, K. K.; SETH, M. K. 1979. Intra - increment variation in specific gravity of wood in bluepine. Wood Science and Tecnology. 13(4):239-248.

- JANE, F. W.; WILLSON, K.; WHITE, D. J. 1970. The structure of wood 2^a Ed. London Adam and Charles Black. 66-72 p.
- JIANG - JM.; SUN - HQ; LU - BS. 1999. The within- tree variation of wood basic density of loblolly pine Forest - Research 2(1): 97-107.
- JOVANOVSKI, A.; JARAMILLO, M.; LOGUERCIO, G.; ANTEQUERA, S. 2002. Densidad de la madera de *Pinus ponderosa* (Dougl. Ex Laws) en tres localidades de Argentina. Bosques 23(2):99-104.
- JOVANOVSKI, A.; DAVEL, M.; MOHR- BELL, D. 2005. Densidad básica de la madera de *Pseudotsuga menziesii* (Mird) Franco en la Patagonia. Sistemas de recursos Forestales 14(2), 153-160.
- KOGA, S; S. Y. ZHANG. 2002. Relationships between wood density and annual growth rate components in balsam fir (*Abies balsamea*). Wood and fiber science 34(1) 146-157.
- KOUDAA, A.; S. Y. ZHANG.; N. ISABEL; J. BEAULIE.; J. BOUSQUET.2000. Phenypie correlatios between juvenile- mature wood density and growth in Black spruce. Wood and fiber science. 32(1) 61-71.
- LOPEZ, L.; VALENCIA, M. 2001. Variación de la densidad relativa de la madera de *Pinus greggi* Engelm. Del norte de México. Madera y Bosques 7(1):37-46.
- MACDONALD, E.; HUMBERT, J.. 2002. A review of the effecs of silvicultura on timber quality of sitka spruce. Forestry 75(2)107-138.
- MATHIASSEN, R; J. S. BEATTY; J. PRONOS. Pinyon Pine dwarf mistletoe. http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/fidls/pinyon_mistletoe/pinyon_mistl etoe.htm
- MOONEY, A, K. 2001. The life history of *Dasyphyga alternosquamella* rogonot (Pyralidae) feedin on the southwestern dwarf mistletoe (*Arceuthobium vaginatum*) in Colorado. Journal of the Lepidopterists Society. 55(4): 140-143.
- MOSCHLER, W.W.; DOUGAL, E. F.; McRAE, D.D. 1989. Density and growth ring characteristics of *Pinus taeda* L. followin thinning. Wood and fiber science. 21(3)313- 319.
- OLVERA, C. P. 1985. Descripción anatómica de la Madera de siete especies del genero *Pinus*. Bol. Tec. No. 126. SARH.

- O'SULLIVAN, P. 1976. The influence of initial espacement and thinning regimen upon wood density in sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong) Carr). MAg. Sc. Thesis, University college Dublin.
- PANSHIN, A. J; C. DE ZEEUW. 1980. Textbook of wood technology. 4 ed. New York: Mc Graw - Hill. 722p.
- PEARSON, R. G. Y GILMORE, R: C. 1980. Effect of fast growth rate on the mechanical properties of loblolly Pine. Forest Products Journal 30(5): 47-54.
- PEREYRA, O; GELIED, M. 2002. Estudio de la variabilidad de la densidad básica de la madera de *Pinus taeda* para plantaciones de Misiones y Norte de Corrientes. Novenas Jornada Técnicas Forestales. INTA-FCF-MEYRNRYT- elaborado, Misiones, Argentina.
- PETERSON, T.A. 1967. Variation in Radial Growth Paterns and Specific Graviti of Red Pine (*Pinus resinosa* ait.) Forest Product Journal 18(11):63.
- PIIRTO, D. D.; CREWS, D. L.; TROXELL, H. E. 1974. The effects of dwarf mistletoe on the wood properties of lodgepolo pine. Wood and Fiber. (6) 26 - 35.
- REID, N; CALDERA, F. H.; MARMOLEJO, J. G. 1987. intensidad de infección de cuatro especies de Muérdago enano *Arceuthobium* en el Cerro El Potosí, Nuevo León. IV Simposio nacional sobre parasitología forestal y cuarta reunión sobre plagas y enfermedades forestales. 28-30 Octubre. Durango, Dgo, México. 613-621 p.
- RODRIGUEZ, A, A. 1983. Muérdago enano sobre *Abies*, *Pinus* y *Pseudotsuga*. Rev. Ciencias Forestales. 45(8): 7-43.
- RODRIGUEZ, A, A. 1985. Infestación del muérdago enano *Arceuthobium vaginatum* (willd) presl. Spp. *Vaginatum* en el redoblamiento de *Pinus hartwegii* Lindl. Del parque Nacional Zoquiapan, Estado de México. Bol. Tec. No. 122. SARH.
- ROZENGERG, PH.;FRANC, A.;CAHALAN, C. 2000. Incorporationg Wood Density in Breedin Programs For Sooftwoods in Europe: A Strategy and Associated Methods. *Silvae Genetica*. 50(1).

- SAS Institute Inc. 1999. SAS online Doc, version 8. CD- ROM. SAS Institute, Inc. Cary, N. C
- SEMARNAT, 1999. Ficha técnica No. 5 de especies forestales estratégicas. *Garceta de la Red Mexicana de germoplasma*. 2:63-65.
- SIMPSON, H.L.; DENNE, M.P.1997. Variation of ring width and specific gravity within trees from unthinned sitka spruce spacingria in clocaenog, North wales. *Forestry* 70(1): 31-45.
- SMITH, D. J. 1954. Maximun moisture content method for determining specific gravity of small samples. Forest Products Laboratory. Forest Service. Wisconsin, 8 p.
- SMITH, R. B. 1974. Infection and developent of dwarf mistletoes on plantation grown threes in British Colombia. Canadian Forestry Service. Pasific Forest Research Centre. Victoria, B. C. 21 p.
- STANGER, T.; DVORAK, B.; HODGE, G. 2002. Variation and genetic control of basic wood densityin *Pinus patula* grown in South Africa. *African Pulp and Paper Week*.
- TECLINE. 2005. Measurement of early wood and latewood properties in loblolly pine. Forest Products Laboratory. 1-2.
- TINNIN O, R. 2001. Effect of mistletoe on bole taper and volume in young Douglas-fir. *Western journal of applied forestry*.
- URIBE, G, I. 1985. Efecto del muérdago enano *Arcethobium* sp. (Humbolt) en el crecimiento e incremento de árboles jóvenes de *Pinus hartwegii* Lind. En Zoquiapan, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo.
- VALDIVIA, S. J. 1964. El muérdago enano (*Arcethobium* sp.) en los bosques de la zona Noroeste de Michoacán. *Parasitologia forestal del estado de Michoacán*. Bol. No. 15. serie Técnica. 667 p.
- VALENCIA, M., Y LÓPEZ. F. 1999. Variación de la densidad de la madera dentro y entre árboles de *Pinus rudis* Endl., en la sierra los Alazanas, Arteaga, Coah. *Foresta-AN*. Nota Técnica No. 1. UAAAN. Saltillo, Coah. 17.

- VÁZQUEZ, C. I. 1993. Determinación de "Tipo de sitio" para evaluar rodales infectados por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* Hawksworth *et* Wiens). *Rev. Ciencias Forestales*. 18(73): 77-101.
- VAZQUEZ, C. I.; PEREZ, C. R.; PEREZ, C. R. 1982. Efecto del parasitismo del muérdago, *Psittacanthus Schiedeanus*(Cham. & Schlecht) blume, en el desarrollo de tres especies del genero *Pinus*. II Simposio nacional de parasitología forestal. 17-20 de Febrero. Cuernavaca, Mor. , México. 47-55 p.
- VERA, G, F. 1985. Observaciones dasometricas en un rodal de *Pinus hartwegii* lind. Atracado por muérdago. II Simposio nacional de parasitología forestal. 17-20 de Febrero. Cuernavaca, Mor. , México. 39-56 p.
- VIGNOTE, P. S.; JIMÉNEZ, P. F. J. 1996. Tecnología de la madera. Ed. Mundi - prensa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 602p.
- WANG, T; AITKEN, S. N.; ROZENBERG, P.; MILLIE, F. 2000. Wood an fiber science. 6(4)39-403.
- WARD, D. 1975. The influence of tree spacing upon tracheid length and density in Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.)Carr). M. Agr.Sc. Thesis, University College dublin.
- WARREN, W. G. 1979. The contribution of earlywood and latewood specific gravities to overall wood specific gravity. *Wood and Fiber* 1(2)12-135.
- XU - YOUMING; TANG - WP; XU - QH; LLU- LD; DENG- L Y. 1999. Basic density variation in provenances of exotic loblolly Pine in Wuhan and its comprenensive selection. *Journal- of - Hauzhong- Agricultural- University*. 18(2):180-184.
- ZHANG, S. Y. 1997. Wood Quality: Its Definition, Impact and Implications for Value - Added Timber Management and End Uses. In *Timber Management Toward wood Quality and End - Product Value*. S. Y. Zhang, R. Gosselin and G. Chauret (eds). *Proceedings of the CTIA/ IUFRO International Wood Quality Workshop, Quebec City. Part I*. pp. 17 - 39.
- ZOBEL, B. J. Y J. P. VAN BUIJTENEN, 1989. *Wood variation. Its causes and control* Springer- Verlag. Germany. 363p.