

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Balance Hídrico del Suelo en una Plantación de Tres Especies de
Pinus para Producción de Árboles de Navidad en Saltillo, Coahuila

Por :

Eliseo Jarillo Mendoza

Tesis

Presentada como requisito para obtener el título de:

Ingeniero Forestal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Mayo de 2004

**Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”
División de Agronomía
Departamento Forestal**

Balance Hídrico del Suelo en una Plantación de Tres
Especies de *Pinus* para Producción de Árboles de Navidad en
Saltillo, Coahuila

**Tesis
Por**

Eliseo Jarillo Mendoza

Elaborado bajo la supervisión del Comité de Asesoría y aprobada como requisito
parcial para obtener el grado de:

Ingeniero Forestal

Comité Asesor

Asesor principal

M.C. José Armando Nájera Castro

Asesor

Dr. Alejandro Zarate Lupercio

Asesor

M.C. Luis Morales Quiñones

M.C. Arnoldo Oyervidez García
Coordinador de la División de Agronomía
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo de 2004

DEDICATORIA
Con amor y cariño

A mis padres

Eliseo Jarillo Hernández
Inocencia Mendoza de Jarillo

Por darme la vida, mostrarme el camino adecuado a seguir y las fuerzas para seguir adelante además de brindarme su apoyo incondicional para concluir uno de mis sueños mas anhelados que es terminar mi carrera pero sobre todo su ejemplo de lucha y de trabajo para sobresalir de una manera limpia y digna.

A mis hermanos.

Sarai

Miriam

Ana

David

Por sus consejos y por brindarme una familia llena de alegría en las buenas y en las malas, además de su respeto y unidad pero sobretodo su confianza.

A mis sobrinos.

Obed

Yahir

Por compartir muchos momentos alegres.

De la misma manera a mi cuñado Juan Gonzáles por su respeto y confianza.

A todos mis tíos y primos, quienes me han dado su confianza y respeto.

A mis abuelitos:

En memoria de:

Mi abuelito Ángel Jarillo (+)

Mi abuelita Celerina Hernández (+)

Jorge Mendoza

Martiniana Olvera

Por brindarme sus oraciones y confianza para concluir mis estudios.

A mis amigos Pedro Ornelas, Heladio Mejia Y Juan Carlos López, por darme su amistad incondicional; de la misma manera, a mis primos Daniel y Adelaida.

De una manera muy especial a Mariana López.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de vivir y por permitirme terminar uno de los mayores anhelos en mi vida, además de darme las fuerzas para concluir este trabajo.

A mi asesor principal, M.C. José Armando Nájera Castro por su dirección, aportación de conocimientos y apoyo incondicional en la realización de este trabajo, además de su gran amistad incondicional y ser un ejemplo de persona a seguir.

A mi primer sinodal, Dr. Alejandro Zárate Lupercio por su valiosa colaboración en la culminación del presente trabajo así como sus sugerencias en la revisión del mismo y su gran amistad.

A mi segundo sinodal, M.C. Luis Morales Quiñónez por sus sugerencias en la revisión del trabajo, además de su amistad durante casi toda la carrera.

A mi Alma Terra Mater por todo el apoyo brindado, por formarme como profesionalista y de esta manera poder superarme y poder poner en alto su nombre como institución.

A la Academia Departamental de la Especialidad Forestal por su benemérita labor de impartir sus conocimientos, de la misma manera a toda el área secretarial y a Gil Cabrera por su gran amistad.

Al Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No 126 por brindarme la oportunidad de concluir mis estudios medios superiores y de una manera muy especial a todos los maestros que me impartieron clases, ya que gracias a que me brindaron sus conocimientos, pude terminar mi carrera como profesional.

A todo el pueblo Mexicano por permitir que la Educación Superior siga adelante.

A Cynthia Reyes por su gran amistad, consejos y apoyo incondicional durante toda mi estancia en Saltillo Coahuila.

A mis compañeros de la generación XCVI Ing. Forestal: Rafael, Modesto, Juan, Abel, Jose Tomas, Roberto, Pedro, Gilberto L., Olga, Roberto S., Librado, Marcos, Valentín, Jorge, Nayeli, Álvaro y de una manera muy especial a mi pariente Gilberto Hernández.

*Dios el señor hizo que creciera
toda clase de árboles hermosos,
los cuales daban frutos buenos y apetecibles.
En medio del jardín hizo crecer el
árbol del conocimiento del bien y del mal.*

GÉNESIS 2:9

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
Índice de cuadros.....	xi
Índice de figuras.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	4
Hipótesis.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Infiltración.....	5
El agua en zonas áridas y semiáridas.....	5
Descripción del genero <i>Pinus</i>	7
Características principales de las especies de estudio.....	7
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.....	7
<i>Pinus pinceana</i> Gordon.....	10
<i>Pinus halepensis</i> Mill.....	11
Origen del árbol de navidad.....	15
Importancia económica de las plantaciones de árboles de navidad....	16
Importancia del árbol navideño en México.....	17
Consideraciones antes de realizar una plantación de árboles de navidad.....	19
Calidad de la planta.....	19
Preparación del sitio.....	20
Aspectos principales en la plantación.....	21
Plantación.....	21
Densidad de la plantación.....	22
Época de plantación.....	23
Manejo y establecimiento de plantaciones de árboles de navidad.....	23
Fertilización.....	25
Podas.....	25

Poda del líder.....	25
Poda lateral.....	26
Investigaciones afines.....	26
Métodos para determinar humedad.....	31
Métodos directos.....	31
Método gravimétrico.....	31
Método del tacto.....	32
Métodos indirectos.....	32
Método del tensiómetro.....	32
Método del dispersor de neutrones.....	33
Método de resistencia eléctrica (bloques de yeso).....	33
MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
Descripción del área de estudio.....	34
Localización.....	34
Clima.....	34
Suelos.....	35
Vegetación.....	35
Características de la plantación.....	36
Características del experimento.....	36
Establecimiento de la plantación.....	36
Labores culturales.....	37
Determinación del nivel óptimo de humedad.....	37
Punto de marchitez.....	37
Capacidad de campo.....	38
Precipitación y riego.....	39
Aplicaciones de riego.....	39
Determinación de humedad.....	39
Diseño experimental.....	41
Parámetros de evaluación.....	42

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
Humedad general anual.....	43
Humedad por especie durante el periodo evaluado.....	45
Humedad por estación.....	46
Humedad por mes y por especie.....	49
Humedad en octubre del 2002.....	49
Humedad en noviembre del 2002.....	50
Humedad en diciembre del 2002.....	52
Humedad en enero del 2003.....	53
Humedad en septiembre 2003.....	55
Humedad en octubre del 2003.....	56
Humedad en noviembre del 2003.....	58
Humedad en diciembre del 2003.....	59
Humedad en enero del 2004.....	60
Humedad en febrero del 2004.....	61
Humedad en marzo del 2004.....	62
Humedad media mensual anual.....	63
Humedad media mensual para el 2002.....	63
Humedad media mensual para el 2003.....	65
Humedad media mensual para el 2004.....	68
CONCLUSIONES.....	70
RECOMENDACIONES.....	72
LITERATURA CITADA.....	73
APÉNDICE.....	79

INDICE DE CUADROS

No		Página
1	Humedad media mensual del suelo durante el periodo evaluado...	40
2	Análisis de varianza para la humedad por año.....	44
3	Porcentaje de humedad promedio anual por especie.....	45
4	Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad durante todo el periodo evaluado para cada una de las especies.....	46
5	Humedad promedio por estación y por especie.....	47
6	Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad para cada una de las especies durante la estación otoño del 2002.....	47
7	Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad del suelo en la estación otoño del 2003.....	48
8	Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad del suelo en para la estación invierno del 2004.....	48
9	Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de octubre del 2002.....	50
10	Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de noviembre del 2002.....	51
11	Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de diciembre del 2002.....	52
12	Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de enero del 2003.....	54
13	Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de septiembre del 2003.....	55
14	Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de octubre del 2003.....	57

15	Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de noviembre del 2003.....	58
16	Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de enero del 2003.....	59
17	Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de enero del 2004.....	60
18	Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de febrero del 2004.....	61
19	Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de marzo del 2004.....	62
20	Prueba de comparación de medias para los meses del 2002.....	64
21	Prueba de comparación de medias para los meses del 2003.....	67
22	Prueba de comparación de medias para los meses del 2004.....	69

RESUMEN

La mayoría de la gente no piensa en los árboles de navidad hasta noviembre o diciembre, cuando salen a buscar ese árbol perfecto para la familia. Sin embargo, la producción de árboles de navidad es una industria multimillonaria que requiere esfuerzos de manejo durante todo el año. Los árboles de navidad ocupan un nicho único pues incorporan aspectos tanto de la producción agrícola como de la forestal.

México cuenta con las características fisiográfico-climáticas óptimas para el cultivo de árboles de navidad, por lo cual este tipo de proyectos tienen amplias posibilidades de éxito; por otra parte, su desarrollo es necesario para evitar que el país siga gastando divisas en la importación de árboles de navidad naturales.

El presente estudio se realizó sobre una plantación de árboles de navidad ubicada dentro de los terrenos del vivero del departamento forestal de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". La plantación se llevó a cabo en la tercera semana del mes de junio de 2002 y concluyó la segunda semana del mes de julio del mismo año. Las especies de esta plantación son *Pinus cembroides* Zucc., *P. pinceana* Gordon y *P. halepensis* Mill., siendo las dos primeras especies de procedencias regionales y la tercera exótica. Tres meses después de establecida la plantación, se tomaron lecturas de humedad durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2002, enero, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2003, y para el año 2004, los meses fueron enero, febrero y marzo.

El parámetro evaluado fue la humedad disponible del suelo para la planta, determinada con un ohmetro marca DELMHORST modelo KS-D1, estableciéndose que el rango de humedad debería fluctuar entre 40 % como mínimo y máximo de 100 %. Se determinó que *Pinus pinceana* fue quien retuvo mayor cantidad de humedad, seguido de *P. halepensis* y por último *P. cembroides*, sin embargo los análisis de varianza para los años evaluados, demostraron que no existieron diferencias de humedad entre cada una de las especies; para las estaciones evaluadas no existieron diferencias de humedad y para cada uno de los meses, tampoco existieron diferencias. Sin embargo, en las medias de humedad mensual si existieron diferencias significativas para algunos meses.

INTRODUCCIÓN

Actualmente México continúa observando una estrategia de desarrollo basado en el fortalecimiento de la industria del petróleo y de otras industrias como, el acero, maquinaria pesada, cemento, etc., sin tomar en cuenta el vasto potencial de recursos naturales que le permitiría promover una industria manufacturera y de bienes de consumo básico. En este grupo destacan por su importancia, el valor económico de los recursos forestales (Serrano, 1979)

La necesidad de los campesinos para abrir terrenos y dedicarlos a la agricultura y a la ganadería, la creciente deforestación de los terrenos forestales por diferentes factores como políticas inadecuadas, siniestros naturales, incendios forestales, entre otras, que han provocado una degradación excesiva de los recursos forestales, por lo que diferentes agrupaciones privadas, estatales y federales han aumentado el destino de recursos humanos y financieros para llevar a cabo proyectos que proporcionen alternativas de solución a los problemas relacionados con la creciente pérdida de recursos forestales.

En México la extracción de árboles de navidad de rodales naturales está prohibida. Las plantaciones y viveros ornamentales dedicadas a ese fin, en 1997 solo produjeron 588,772 árboles, para un déficit de 600,000 árboles, los cuales fueron importados de Estados Unidos de América y Canadá (SEMARNAP,1997). Lo anterior da una idea de la importancia de esta actividad en la época navideña. En Estados Unidos de América los árboles de navidad se consideran como un

cultivo hortícola de manejo intensivo, donde el producto debe tener alta calidad (Proebsting y Landren, 1993)

Por otra parte, la mayoría de la gente no piensa en los árboles de navidad hasta noviembre o diciembre, cuando salen a buscar ese árbol perfecto para la familia. Sin embargo, la producción de árboles de navidad es una industria multimillonaria que requiere esfuerzos de manejo durante todo el año. Los árboles de navidad ocupan un nicho único pues incorporan aspectos tanto de la producción agrícola, como de la forestal.

Para el caso de México, los árboles de navidad ya no proceden de los bosques naturales, sino de plantaciones y viveros especializados que los particulares establecen para abastecer la demanda creciente de este producto. Sin embargo, nuestro país aún debe importar cada año de los Estados Unidos y Canadá alrededor de un millón de árboles de navidad naturales, de los un millón seiscientos mil que se comercializan cada temporada en nuestro país, lo que representa una fuga de divisas (SEMARNAP, 1999).

La producción de árboles de navidad es una alternativa para el desarrollo sustentable en las áreas rurales del país y al mismo tiempo constituye un negocio muy rentable, dado que México cuenta con las características fisiográfico-climáticas óptimas para el cultivo de árboles de navidad, por lo cual este tipo de proyectos tiene amplias posibilidades de éxito; así mismo, su desarrollo es necesario para evitar que el país siga gastando divisas en la importación de árboles de navidad naturales. Las plantaciones dedicadas a la producción de

árboles de navidad no requieren de grandes superficies, por lo que el nivel de inversión involucrado puede ser accesible para pequeñas unidades familiares, sobre todo en lugares donde la tenencia de la tierra está muy pulverizada.

En la mayoría de las plantaciones forestales ubicadas principalmente en zonas áridas y semiáridas, donde la precipitación pluvial es muy poca o escasa, cuyo periodo de lluvia es corto, se aplican riegos dado que existe deficiente humedad en el suelo, provocando que existan muchas plantas o árboles muertos o con poco crecimiento y desarrollo.

En el presente trabajo se analiza el balance hídrico del suelo en una plantación de árboles de navidad, con *Pinus cembroides*, *P. halepensis* y *P. pinceana*. Se considera la precipitación pluvial y la aplicación de riegos en un periodo de once meses.

Objetivos

- ✓ Determinar el contenido de humedad disponible del suelo, con base a la precipitación pluvial y riegos para tres especies de *Pinus* destinados a la producción de árboles de navidad.

- ✓ Determinar el efecto de la precipitación pluvial y el riego en el contenido de humedad disponible del suelo.

Hipótesis

Ho. No existen diferencias en el balance hídrico del suelo por especie, en una plantación de árboles de navidad.

REVISIÓN DE LITERATURA

Infiltración

Infiltración es el movimiento de agua o el paso a través de la superficie del suelo; este proceso es de vital importancia en el manejo de los recursos vegetales, ya que las tasas de infiltración, determinan al contenido de humedad en el suelo, el cual satisface los requerimientos de evapotranspiración para el crecimiento de las plantas (Wood y Blackburn, 1981).

La infiltración juega un papel crítico en la determinación de la cantidad de agua que puede producir una cuenca semiárida. Las tasas de infiltración determinan la cantidad de agua que entra en el suelo, así como la cantidad de exceso de lluvia que producirá escurrimiento; por ello el conocimiento del proceso de infiltración es necesario para el manejo eficiente del agua y el suelo (Gutiérrez *et al.*, 1976).

Musgrave (1985), resume los factores que afectan la infiltración en cinco categorías: 1) Características de la superficie del suelo; 2) Características de la masa del suelo; 3) Condición del agua del suelo; 4) Características de la precipitación y 5) Cambios estacionales.

El agua en zonas áridas y semiáridas

Giocomini (1977), menciona que el principal problema en los procesos productivos en regiones áridas y semiáridas no solo se limita a la escasez del

recurso hídrico, sino que se extiende a la cantidad de éste. Las zonas áridas y semiáridas son aquellas localizadas entre los 19 y 31 grados de latitud Norte y según Koeppen (1948), se clasifican como climas tipo B y BW, correspondiente a seco y muy seco, respectivamente. Las características principales de las zonas áridas de México son, las grandes variaciones de temperatura y la escasa precipitación anual.

Marroquín *et al.* (1981), estiman que en la región norte del país se encuentra la mayoría de los distritos de riego como un esfuerzo nacional por solucionar el problema de la escasez de agua. Según Rodríguez (1981), menciona que aproximadamente el 52 % del territorio nacional se localiza entre los 19 y 31 grados de latitud norte, áreas que corresponden a los desiertos; de ahí la importancia de trabajos sobre el uso eficiente del agua.

En las zonas áridas y semiáridas la fuente principal de agua es el subsuelo. Tal es el caso del Valle de Mexicali, en Baja California, parte del estado de Sonora, Coahuila, etc. Ante la necesidad de incrementar la producción, se hace necesario disponer de volúmenes mayores de agua, ocasionando una mayor intensidad de las extracciones y como consecuencia un abatimiento paulatino de los niveles potenciométricos de los cuerpos de agua explotados, provocando con esto una disminución de los gastos disponibles y un mayor costo de extracción (Muñoz, 1985).

Descripción del genero *Pinus*

Los pinares se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo de la Republica Mexicana, desde Baja California y a través de las cadenas montañosas hasta las grandes sierras de Chiapas. Se les puede encontrar desde el nivel del mar hasta los limites de la vegetación arbórea (Rzedowski, 1978). De la misma manera, Eguiluz, (1978), menciona que los pinares se distribuyen desde los 300 msnm; en el caso de los pinares de las islas de Baja California, y los 600 msnm en el caso de los pinos subtropicales en el este del país, hasta cerca de los 4000 msnm. Estos mismos autores mencionan que muchas de las condiciones van cambiando proporcionalmente a la altitud, extendiendo especies y ecotipos casi para cada condición ecológica del país. Actualmente se conocen en México, alrededor de 71 taxa de *Pinus*, conformando poco mas del 40% de las especies reconocidas a la fecha, en todo el mundo.

Características principales de las especies de estudio

***Pinus cembroides* Zucc**

García (1998) y Madrigal (1977), mencionan que la especie se localiza en áreas de clima templado seco o semiseco, en las altitudes mas bajas, entre los 1800 hasta los 2000 msnm, asociándose con *Quercus spp*, *Juniperus spp*, *Yucca spp*, *Opuntia* y otras cactáceas, formando bosques bajos y abiertos en terrenos rocosos y suelos someros. Eguiluz (1978), reporta que su rango es tan amplio que no está asociado a un solo tipo de suelo en particular, aunque la humedad y la altitud son importantes factores ecológicos en su distribución.

Rzedowski (1978), reporta que el área de distribución se extiende por casi todo el Norte y centro del país, formando bosques más o menos bien definidos y caracterizados por el tamaño reducido de las hojas.

Robert (1971), reporta que esta especie cuenta con una distribución bastante amplia en nuestro país, en altitudes entre los 1500 y 2500 msnm; esta especie tiene gran potencial adaptativo y resistencia a condiciones climáticas extremas.

Esta especie se encuentra sobre toda clase de rocas calcáreas y con alto contenido de yeso e ígneas; en suelos muy delgados o profundos con valores de pH entre 4 y 8, además de tener gran potencial adaptativo y de resistencia en condiciones climáticas difíciles (gran amplitud térmica, heladas, precipitación anual muy variable), lo que la hace una especie con aptitud para la reforestación en zonas áridas y semiáridas de México (Robert, 1971)

Importancia

La semilla (piñón) de esta especie es comestible y agradable al gusto, por lo cual le da el nombre de piñonero, por lo que destaca su importancia como árbol productor de semillas, debido a que proporciona poco más del 90% de la cosecha de piñones en la República Mexicana. Es importante por la situación de transición en que se encuentra, entre la vegetación semiárida de la planicie central y los bosques templados de las áreas montañosas; así mismo, porque tiene un gran potencial adaptativo y resistencia a condiciones extremas por lo que es una buena especie para realizar plantaciones, y para fabricar muebles rústicos de esta

especie es bien aceptada en el medio rural (Madrigal, 1977, Martínez, 1948 y Eguiluz, 1978).

El *Pinus cembroides* Zucc. (Figura 1) como arbolito de navidad es muy aceptado en los estados de Nuevo León, Coahuila y Durango, ya que tomando en cuenta las características fenotípicas que presenta, como una conformación más o menos cónica, follaje abundante de color verde oscuro o azul pálido y de olor agradable, retención de hojas hasta por un mes después de ser cortado en las primeras etapas de su crecimiento y la facilidad de adaptación que posee, es un recurso más para el propietario. Aprovechando estas cualidades sería un sustento económico más, beneficiándose principalmente el sector que posee el recurso (Medina 1985)



Figura 1 *Pinus cembroides* Zucc.

Pinus pinceana Gordon

Perry (1991), reporta que esta especie se encuentra dispersa en colonias rocosas y montañosas muy secas de la Sierra Madre Oriental, principalmente en el estado de Coahuila y como pequeñas poblaciones dispersas en el estado de Zacatecas. Rzedowski (1978), menciona que como otras especies de piñoneros tiene distribución restringida en México y en apariencia no constituyen elementos dominantes en los bosques, sino muy localmente.

Esta especie se encuentra formando masas puras abiertas, a veces en manchones pequeños; pero también se le ve asociado con otras especies propias de matorrales desérticos. Prospera en suelos calizos, pedregosos, muy delgados y pobres en materia orgánica, en laderas montañosas y lomeríos. Se considera una especie de clima semidesértico (Eguiluz, 1978).

Importancia

Es una especie que puede ser utilizada con buenas probabilidades de éxito para programas de reforestación con fines de conservación de suelos, especialmente en la meseta septentrional de México. Su madera se utiliza con fines domésticos, como leña, postes para cercas y muebles rústicos; sus piñones son comestibles y dentro de la región se venden tostados en el mercado; así mismo, puede ser una especie exitosa para programas de reforestación con fines de restauración al suelo.(Eguiluz, 1978).

Una de las características que presenta esta especie, es que permanecen mucho tiempo las hojas verdes, después de ser cortado, dado que es un piñonero y por esta característica podría ser considerado un buen prospecto para árbol de navidad (Figura 2).



Figura 2. *Pinus pinceana* Gordon.

***Pinus halepensis* Mill**

Es un árbol típico del mediterráneo ya que es el de mayor distribución en la región, algunas veces formando masa puras, pero es más común encontrarlo mezclado con la masa forestal de la misma región. Se le encuentra en España, Grecia, África del Norte, Costa de Siria y el Líbano. También ha sido reportado en Alemania, Australia y algunas partes de Ucrania (Mirov, 1967).

Esta especie se encuentra en altitudes variables, desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm en el Sureste de España, aunque Goor y Barney (1976), la reportan a 2000 msnm.

Esta especie se encuentra en suelos pobres, erosionados, en regiones con siete u ochos meses sin lluvia, y en donde la precipitación pluvial en el invierno no es inferior de 400 a 600 mm.

En nuestro país su distribución no está reportada en grandes regiones o que se encuentre ampliamente distribuido, pero para el estado de Coahuila forma parte de la reforestación de la sierra de Zapaliname, en el municipio de Saltillo Coahuila.

Es una árbol pequeño, a menudo muy nudoso y retorcido, de aproximadamente 20 mts de altura; presenta una copa estrecha cuando joven, redondeándose con la edad, la corteza pardo-rojiza y con profundas fisuras en los ejemplares viejos. Se distingue fácilmente por sus ramas y ramitas de color gris pálido, casi blancas. Presenta hojas agudas pero no pinchudas, agrupadas normalmente de 2 en 2. Son finas y flexibles, verdes claras, curvas, de 6-15 cm, yemas no resinosas. Conos de 5 a 15 cm, que arrancan de un pie corto y curvo y que permanecen en el árbol durante varios años (Deudendron, 1979) (Figura 3).

Florece de marzo a mayo, madurando la piña a finales del segundo verano. Esta es alargada y tiene una longitud de entre 5 y 15 cm, presentándose recurvada en un pedúnculo de uno o dos centímetros. La semilla es un piñón gris oscuro provisto de un ala tres veces mas larga que el. La piña puede permanecer

cerrada unos cuantos años hasta que por el calor generado en un incendio se abre para así resembrar la zona quemada (Deudendron, 1979).

Importancia.

Es una especie muy resistente a la sequía (Goor,1964). Goor y Barney (1976), consideran su amplitud pluviométrica de los 250 a los 800 mm y con una temperatura mínima de 10°C. además de ser uno de los árboles mas resistentes, en tierras despobladas de otros árboles y ser un conservador importante de suelo (Polunin, 1976). La madera se utiliza para trabajos de poca calidad. Árbol previsto para la época decembrina.

Es una especie bien adaptada a los incendios forestales por su capacidad regenerativa, acentuada por la presencia ya comentada, de piñas cerradas con semilla durante todo el año. Madera muy resinosa, clara, de grano fino, muy dura, de densidad media, elástica, muy resistente a la compresión. Por su alto contenido en resinas y por ser dura se ha limitado su uso en carpintería. Aunque normalmente el pino carrasco, por vivir en condiciones extremas, se presenta tortuoso y nudoso, los ejemplares bien conformados son aptos para la construcción.

Se usa para obtener resina en épocas de demanda y, aunque no llega a la calidad y producción del pino marítimo (*Pinus pinaster*), es el segundo candidato de los pinos españoles. Los ejemplares resinados tienen la madera mas dura, pesada y duradera, pero menos elástica. Como combustible o para carbón se usa en zonas donde no abunda el encino.

La corteza se ha usado para curtir cuero con cierta eficacia por ser una de las cortezas con más taninos de todos los pinos.

Como en todos los pinos se puede utilizar la trementina y por tanto el aguarrás y la colofonia. Antiguamente tenía uso en medicina popular contra el reuma y otros dolores, pero el mejor uso es contra los resfriados bronquiales y para mitigar la tos. También se extraen esencias aromáticas para hacer sales de baño.

Su principal uso es el protector, especialmente en terrenos semiáridos, con suelos yesos o rocosos, si bien hay otros beneficios como los paisajísticos, las setas, la caza, entre otras que no hay que olvidar

En general es una especie muy utilizada en repoblaciones artificiales en toda su área natural, e incluso fuera de ella, dadas sus condiciones de frugalidad que le hacen muy apta para repoblaciones protectoras en terrenos marginales o climas de duras sequías. Las actuales variaciones climáticas tenderán a hacer mas amplia el área de utilización de esta especie (Peñuelas y Ocaña, 1996).

En el estado de Durango, se han hecho ensayos con esta especie para reforestación y con plantaciones para árboles de navidad, con buenos resultados. Sin embargo, resultó susceptible a temperaturas bajas extremas (-14° C), tal como sucedió en 1997, donde fue dañada en su follaje y en algunos casos murió la planta a la edad de 18 meses después de ser plantada y la planta sobreviviente mostró follaje abundante y una buena respuesta a la poda (Prieto y Merlín, 2000).



Figura 3. *Pinus halepensis* Mill.

Origen del árbol de navidad

El uso de los árboles naturales para adorno de los hogares durante la temporada de navidad, tuvo su origen en el oeste de Alemania cerca del año 1500. Pronto esta costumbre se generalizó en Europa, siendo introducida más tarde en Norteamérica, probablemente por inmigrantes alemanes, hacia 1804 (Chapa, 1976).

Importancia económica de las plantaciones de árboles de navidad

Cada año los consumidores americanos compran aproximadamente 38 millones de árboles de navidad naturales. Estos árboles representan la cosecha anual de unos 20,000 productores individuales, quienes anualmente siembran, podan, protegen y de una u otra manera manejan los árboles en más de 20,000 hectáreas de plantaciones. Para árboles de navidad son sembradas más de 15 especies diferentes de coníferas.

En México, el árbol de navidad generalmente es un producto de importación, dada la escasa producción nacional. Por lo que no siempre se presenta al alcance de todas las clases sociales; una alternativa para la producción de árboles de navidad, es establecer plantaciones con las especies adecuadas para este fin, lo que crearía fuentes de ingresos adicionales para un amplio sector de la comunidad rural (Lara, 1994).

Para el caso de México, los árboles de navidad ya no proceden de los bosques naturales, sino de plantaciones y viveros especializados, que los particulares establecen para abastecer la demanda creciente de este producto. Sin embargo, nuestro país aún debe importar cada año de los Estados Unidos y Canadá, alrededor de un millón de los un millón seiscientos mil árboles de navidad naturales que se comercializan cada temporada en nuestro país; obviamente esto representa una fuga de divisas (SEMARNAP, 1999).

Quizá el valor de un árbol de navidad puede ser más elevado del que tienen los árboles utilizados para otros productos madereros, ya que el tiempo de rotación es más corto que el de las especies madereras (Mckinley *et al.*, 1996).

Para el año de 1989 se autorizó en los bosques de la Sierra de Arteaga, Coah, una extracción de 13,000 arbolitos obteniéndose casi totalmente de aclareos en áreas naturales. La utilización de este método no es muy recomendable para este tipo de producto ya que la calidad y características comerciales no son las más adecuadas para el mercado (Torres *et al.*, 1990).

Importancia del árbol navideño en México

En nuestro país, las primeras plantaciones para la producción de árboles de navidad se establecieron en la década de los sesentas, aunque la mayor parte de este tipo de agro negocios se popularizaron hasta la década pasada. Actualmente, existen en México alrededor de 570 productores de árboles de navidad, de los cuales unos 480 los cultivan en viveros especializados y el resto en plantaciones forestales comerciales. Casi todos ellos cuentan con apoyos del Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN), operado por la Comisión Nacional Forestal. La superficie total dedicada al cultivo de árboles de navidad (entre viveros especializados y plantaciones forestales comerciales) es aún pequeña, ya que apenas supera las 1,000 hectáreas, de las cuales está en producción el 25 % y el resto se encuentra en desarrollo. La producción anual promedio es de un poco más de 600,000

unidades, por lo que aún se debe importar hasta un millón de árboles de Navidad por año, dependiendo de la demanda

En México, durante la época decembrina, existe la tradición de utilizar árboles forestales como: *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* (Pino ayacahuite o vikingo), *Pinus cembroides* (Pino piñonero), *Pinus greggii*, *Pinus brutia* var. *eldarica*, *Pinus maximartinesi*, *Pinus radiata*, *Pinus halepensis*, *Pinus patula*, *Abies religiosa* (Oyamel), *Abies guatemalensis*, *Cupressus lindleyi*, *Cupressus lusitanica* y *Pseudotsuga macrolepis*. Para adornos navideños, esta es una costumbre que a través de los años ha perdurado. Dichas especies forestales crecen de manera natural, propiciando en algunos casos un ingreso al propietario por concepto de venta (Lara, 1994).

En México el aprovechamiento de los árboles de navidad es insuficiente, pues existen únicamente contadas instalaciones de este tipo, esto se debe principalmente a la falta de información del cultivo y al desconocimiento del manejo (Chapa, 1976).

Año con año se registra a nivel nacional una gran demanda, sobre todo en las áreas urbanas, de árboles de navidad. Dicha demanda ha sido cubierta con especies importadas principalmente de Canadá, otra parte por un reducido número de productores dedicados al cultivo de árboles de navidad y el resto para árboles seleccionados obtenidos de aclareos en áreas naturales. Por tal motivo las plantaciones forestales con la finalidad de producción de árboles de navidad se perfilan como una nueva alternativa de aprovechamiento, que pudiera llegar a

convertirse con el tiempo un rubro importante en la economía de los pobladores de una o varias regiones (Torres *et al.*, 1990).

Afortunadamente, el claudestinaje de árboles de navidad disminuye en la medida que las plantaciones y viveros especializados aumentan en número y producción, puesto que la sociedad está aprendiendo a diferenciar los árboles de navidad cultivados de los árboles que crecen en los bosques, mismos que no cuentan con las características físicas mencionadas anteriormente (SEMARNAP, 1999).

Año con año se incrementa la producción de arboles de navidad nacionales y por tanto, la participación de estos en el total que se comercializa; esta actividad productiva representa una significativa fuente de ingresos para el sector rural y una alternativa de desarrollo sustentable. En la medida que se incremente la producción nacional podrán disminuir también los precios de los arbolitos de navidad.

Consideraciones antes de realizar una plantación de árboles de navidad

Calidad de la planta

La calidad de la planta producida en el vivero depende de las características genéticas del germoplasma y de las técnicas utilizadas para su reproducción en vivero, las cuales se reflejan en la capacidad para adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación (Prieto *et al.*, 1999). Por ello, las plantas a utilizar deben tener las siguientes

características morfológicas, las cuales varían entre especies y se resumen en lo siguiente: altura de 15 a 25 cm, diámetro del cuello de 4 a 6 mm, sistema radical fibroso, tallo lignificado, con asículas secundarias, libre de plagas y/o enfermedades y buen vigor. (Merlín y Prieto 2002).

Preparación del sitio

Para que los árboles tengan un crecimiento rápido y consistente, es necesario que las plantaciones se realicen en sitios con drenaje adecuado, de preferencias en suelos francos. Es importante que el terreno este libre de malezas (Merlín y Prieto 2002).

En sitios con cubierta pesada de pasto, aplicar un herbicidas de contacto en el verano del año anterior a la plantación. En terrenos con pendiente pronunciada, trazar líneas en contorno y aplicar herbicidas en bandas de 1.0 a 1.5 m sobre los posibles surcos de plantación. El pasto que se deja en medio de los surcos reducirá la erosión del suelo y puede ser controlado mediante chapeo (Lindstrom *et al.*,1997).

En el caso de suelos con una capa dura compacta, debe aplicarse un subsoleo a lo largo de un posible surco de plantación, con el fin de favorecer el crecimiento de las raíces y con ello superar problemas de tensión por sequía. Esta labor puede realizarse al final del verano o al inicio del otoño, cuando los suelos están secos lo que permite lograr el beneficio; es conveniente evitar el subsoleo cuando el suelo esta húmedo. Es recomendable realizar las labores de barbecho y rastreo antes del subsoleo (Lindstrom *et al.*,1997).

En el caso de que las condiciones del terreno limiten las actividades mecanizadas, la preparación deberá hacerse en forma manual a través de cepas de 30 a 40 cm de ancho y profundidad (Merlín y Prieto 2002).

Es necesario realizar un análisis de suelo en otoño para conocer las características fisicoquímicas y determinar las necesidades de nutrientes. El PH del suelo debe ser de 5.5 a 6.0 (Lindstrom *et al.*, 1997).

Donde exista escasez de agua para el cultivo, es recomendable que al momento de la plantación, se haga la apertura de zanjas que ayuden a la captación de agua. Se recomienda la zanja trinchera, los Sistemas Saucedá I y II, el Sistema Nezahualcóyotl y el Sistema Gradoni (Prieto y Sánchez, 1991).

Aspectos principales en la plantación

Plantación

Las plantas se colocan cuidadosamente en la cepa, se agrega el suelo y se aprieta alrededor del sistema de raíces, para eliminar las bolsas de aire. Cuando no se apisona el suelo alrededor del sistema de raíces se puede ocasionar la muerte del brinjal. En caso de que el terreno se haya subsoleado para facilitar la plantación y el rápido establecimiento de la plántulas, es necesario mantener la línea de plantado libre de malezas mediante la aplicación de herbicidas apropiados y el chaponeo en medio de las líneas de plantación (Lindstrom *et al.*, 1997).

Densidad de la plantación

La densidad de la plantación depende de varios factores, tales como la cobertura final que tendrán los árboles al terminar el turno, el agua disponible y las necesidades de espacio para el cultivo y la cosecha. Debido a los espacios limitados de las casa habitación, generalmente la cobertura de un árbol fluctúa entre 1.5 y 1.8 m. otros factores a considerar son las características físicas del suelo, ya que un suelo franco con buen drenaje permitirá mejor desarrollo de los árboles y la densidad de plantación puede ser menor; en cambio en un terreno arenosos o arcillosos el desarrollo del árbol será raquítico y la densidad de planeación debe ser mayor. (Merlín y Prieto 2002).

Si se cuenta con riego suficiente el crecimiento será mayor y por lo tanto la cantidad de plantas por unidad de superficie debe ser menor; en cambio con poca agua para riego, el crecimiento será escaso y la densidad mayor. Además deben tomarse en cuenta combinaciones de estos factores, por ejemplo, en un suelo arenoso con agua suficiente la densidad debe de ser intermedia. En general se recomiendan densidades de 1,852 hasta 3,333 árboles por hectárea, con separaciones de 1.2 a 1.8 m entre plantas en una misma fila y 2.0 a 3.0 m entre hileras (Prieto y Merlín,200).

La densidad entre hileras depende del tipo de maquinaria con que se realicen las labores, del sistema de riego con que se cuente y de las características de crecimiento de la especie utilizada. Si se cuenta con equipo

especializado de pequeñas dimensiones para las labores de cultivo, la distancia entre hileras puede reducirse hasta 1.5 m (Merlín y Prieto 2002).

Los trazos de la plantación pueden ser diversos: tresbolillo, con equidistancias entre plantas formándose triángulos equivalentes; marco real (cuadrado) con igual separación entre hileras. Deben marcarse los sitios de plantación con yeso o cal, para lo cual se emplean cuerdas previamente marcadas para espaciar y distribuir adecuadamente la planta (Merlín y Prieto 2002).

Época de plantación

Cuando la plantación es de temporal es conveniente plantar dos semanas después de establecida la temporada de lluvias, generalmente esto ocurre durante julio. De preferencia deben construirse bordos en curvas a nivel para retener la humedad el mayor tiempo posible y facilitar el desarrollo del árbol (Prieto y Merlín, 2000)

Manejo y establecimiento de plantaciones de árboles de navidad

De acuerdo con la oferta y la demanda, se recomienda plantar en bloques, para lo cual se divide el terreno entre el número de años en que el árbol estará listo para la venta. Por ejemplo *Pinus greggii*, que en cinco años está listo para la venta, se planta un bloque cada año hasta tener el terreno cubierto. Al término del quinto año el primer bloque plantado se cosecha y se dejara listo el terreno para plantar el siguiente año (Chapman y Wray, 1985)

El establecimiento de las plantaciones con fines de producción de árboles de navidad, permite obtener individuos con buenas características comerciales bajo un sistema intensivo de producción y empleando especies más adecuadas. Esta alternativa es de gran interés ya que permiten la utilización de tierras que a menudo carecen de algún interés económico (Torres *et al.*, 1990).

Para comenzar a planear o establecer una plantación de árboles de navidad se necesita considerar los factores que mas influyen como: suelo, clima, topografía localización, accesibilidad, protección, labores culturales, financiamiento, tasa interna de retorno, regularización gubernamental, competencia, especies, cosecha y mercado (Proebsting *et al.* 1981). Por lo que para lograr el éxito de una o varias plantaciones, es necesario analizar cada uno de los factores anteriormente mencionados.

Sin embargo, el productor forestal presenta poco interés por las plantaciones debido a inversiones altas y su recuperación a medio y largo plazo, como resultado de utilización de especies vegetales con crecimiento lento (coníferas), por estas razones es importante ver la posibilidad de estimular el crecimiento sin que las plantas pierdan sus características de conformación; con lo cual se acortarían los ciclos de producción, la recuperación de la inversión se haría en menor tiempo y se incrementaría de la plantación (Torres *et al.*, 1990). La aceleración puede realizarse con una eficiencia adecuada del uso del agua y fertilizantes.

Fertilización

El fertilizante se debe de aplicar cuando se haya controlado los excesos de humedad en el suelo y de la vegetación competidora, ya que provocan que los árboles se tornen amarillentos y cloróticos con pobre crecimiento, aun cuando se fertilicen (Landgren y Douglas, 1993).

El nitrógeno es el elemento más utilizado para mejorar el crecimiento y color del árbol, excepto en casos aislados en que las limitaciones de otros nutrientes pueden causar problemas, por lo que los análisis del suelo y de follaje ayudan a resolverlos. Por lo que la aplicación de fertilizante dependerá del desarrollo de la planta y la disponibilidad de humedad por lo que deben de realizarse fertilizaciones periódicas especialmente en suelos arenosos (Lindstrom *et al.*, 1997).

Podas

Poda del líder

Se hace con la finalidad de incrementar la densidad del follaje del arbolado y ayudar a conformarlos; para ello se cortan los crecimientos excesivos del tallo principal o el líder y se eliminan los lideres indeseables. Estén varios criterios para definir la longitud de los cortes del líder entre los 35 y 40 cm del ultimo verticilo, cuando los árboles tengan crecimientos mayores a esta distancia, por lo que es importante desarrollar técnicas para cada región y mercado, experimentando con

pocos árboles y registrando el desarrollo logrado con diferentes técnicas de poda y tipo de corte (Landgren y Douglas, 1993).

Poda lateral

Consiste en cortar las puntas de las ramas laterales para corregir el exceso de ancho de copa e incrementar la densidad. Aunque existen compradores que prefieren el aspecto natural de un árbol sin cortes ni podas, se ha incrementado el número de personas que quieren un árbol denso bien formado. El corte lateral debe ser hecho después de la poda líder para establecer la cima del cono y tener una guía para cortar la parte baja del árbol. Cuando los árboles alcancen un metro de altura es necesario formarlos cortando el crecimiento lateral excesivo de las ramas. Debe mantenerse una distribución del follaje hasta el año de la cosecha par incrementar la calidad del árbol (Landgren y Douglas, 1993).

Investigaciones afines

En la Universidad de Kansas, EUA, se realizó un experimento de acolchado de plástico y con riego de goteo sobre *Pinus sylvestris* como árbol de navidad, en combinación con *Cucumis melo* (melón), evaluando el crecimiento e incremento en altura a un año y dos meses de establecida la plantación, encontrándose que la altura fue mayor que en condiciones sin arropo de plástico (42.2 centímetros) que en condiciones de arropo (37.4 centímetros); asimismo el crecimiento no se vio influenciado por el riego en la especie bajo condiciones sin arropo del suelo. El incremento relativo fue mayor en suelo desnudo. Se concluye que el arropo de riego afecto negativamente el desarrollo de la especie (Lamont *et al.*, 1993).

En un estudio realizado en Buenavista para determinar el efecto de los tratamientos de acondicionamiento y riego sobre cinco especies del género *Pinus*, se encontró que las plantas “acondicionadas” y que se sometieron a estrés hídrico (sin riego) obtuvieron los mayores incrementos en altura, con relación a las que no fueron acondicionadas, y que también fueron sometidas a estrés hídrico. Así mismo, las plantas no acondicionadas y sometidas a riego presentaron los mayores incrementos en altura. En el caso de *Pinus ayacahuite* y *P. cembroides* los valores de incrementos en diámetro basal y altura disminuyeron bajo condiciones de no acondicionamiento y sin riego con relación a las no acondicionadas y sometidas a riego (Gómez, 1990).

Winter (1974) anota que la deficiencia de agua en las plantas puede ser asociada con cambios en algunas características físicas fácilmente medibles, como son el diámetro del tallo, grosor de las hojas o tamaño del fruto; así mismo, que el efecto más común de falta de agua en la planta es disminución en el crecimiento y desarrollo del follaje. Lotan y Zahner (1963), desarrollaron una investigación de árboles de 20 años de edad de la especie *Pinus resinosa* Ait. que consistió en regar una parte de ellos y someter la otra a sequía artificial; uno de los resultados fue que estuvo aproximadamente 40% más de crecimiento en altura en los pinos regados.

Un estudio de crecimiento en diámetro de árboles (*Acer sp.*), hecho por Fritts (1955), es un interesante intento de evaluar la importancia relativa de varios factores ambientales sobre el crecimiento de los árboles. El crecimiento en radio se midió con dendrografo (Fritts y Fritts, 1958) y la temperatura, lluvia, humedad

del suelo, porcentaje de luz, evaporación, humedad relativa y promedio de velocidad del viento se registraron en dos periodos de crecimiento. Con las variables anteriores se hizo un análisis mediante regresión múltiple en los 112 días de cada estación de crecimiento y cerca del 50% de la variación de crecimiento fue explicada por variables de temperatura máximas y humedad del suelo siendo el primer factor más importante en la primavera y el segundo en verano cuando el contenido de humedad del suelo tiende a bajar. En orden decreciente de importancia fueron los factores humedad relativa, porcentaje de luz solar durante el día precedente y precipitación.

En un experimento de riego realizado en una plantación de árboles de navidad en el cañón de Derramadero, en Saltillo Coah, se encontró que la aplicación de 15 litros de agua semanales por árbol favoreció el crecimiento en altura y diámetro de copa en *Pinus ayacahuite*, en tanto que no se obtuvo respuesta al riego en *P. cembroides* y *P. eldarica* debido a que solo se evaluó un periodo de crecimiento a partir del establecimiento de la plantación, por lo que los resultados no son concluyentes (Calvillo, 2001).

En un estudio de infiltración de la zona reforestada de Zapalinamé, Saltillo, Coah, se estimaron las tasas de infiltración, utilizando el método de los anillos concéntricos, con una lámina de riego de 150 mm de agua obteniendo que la zona reforestada ayuda a incrementar las tasas de infiltración y esta relacionada positivamente con la edad de la plantación (Dueñes, 1988).

En otro estudio realizado en plántulas de veinte poblaciones de *Pinus engelmannii*, procedentes de Durango y Chihuahua, se hicieron estudios de evaluación en dos condiciones de humedad del suelo. Se encontró que la disponibilidad de agua en el suelo es un factor determinante en la sobrevivencia, fonología, crecimiento, y acumulación de biomasa, puesto que una baja disponibilidad de agua afecta negativamente la especie *Pinus engelmannii* (Ruiz y Velasco, 1994).

En un ensayo de adaptación de *Pinus cembroides*, *P. pinceana* y *P. nelsonii* realizados en la Sierra de Zapaliname, Saltillo, Coah, se probaron dos épocas de plantación, invierno y verano de 1988. El ensayo consideró el sistema de plantación de “cepa común” y “microcuencia”, observándose la respuesta al manejo de humedad y la precipitación a 17 y 22 meses. Los experimentos del proyecto concluyeron que los árboles plantados en invierno crecieron más en diámetro y altura que los plantados en verano, debido a la diferencia de precipitación que recibieron una y otra plantación (Hernández, 1991).

En otro experimento se encontró que bajo un buen riego y con doble concentración de dióxido de carbono (700 partes por millón), se tuvo un incremento en biomasa de 138 por ciento en *Quercus petraea*, y un 63 por ciento en *Pinus pinaster* durante la estación de crecimiento. En contraste, bajo condiciones de estrés de humedad y elevada concentración de bióxido de carbono *Q. petraea* incremento solo un 47 por ciento, mientras que para *P. pinaster* no se tuvieron incrementos significativos (Guehl *et al.*, 1994).

Por otra parte, en estudios del efecto de la irrigación y fertilización en *Quercus ilex* sobre rodales del bosque mediterráneo, con un suministro de agua de 20 milímetros por semana y una fertilización de 250 kilogramos de nitrógeno por hectárea y 125 kilogramos de fósforo, se obtuvo como resultado, que el riego incremento ligeramente el diámetro medio del tronco en un 66 por ciento y en cambio la fertilización no tuvo significancia. Así mismo se encontró que la irrigación incrementa el diámetro, en árboles más grandes que en los pequeños, asumiendo que la densidad limita la disponibilidad de agua (Mayor y Roda, 1994)

En zonas áridas y semiáridas, la evaporación del agua del suelo es un proceso hidrológico de gran importancia que se debe considerar en la toma de decisiones para el manejo de los recursos naturales. Los objetivos de un estudio realizado en el sureste de Coahuila consistieron en estimar la evaporación en áreas reforestadas con *Pinus halepensis* de diferentes edades de plantación (6, 11 y 15 años), en las cuatro estaciones del año (1994-1995) y estudiar las variables del tiempo atmosférico concurrentes. La evaporación se midió durante siete días por medio de microlisímetros a partir de suelos totalmente saturados. La evaporación fue muy similar entre los sitios de estudio y fluctuó de 8 a 11 mm en el primer día y de 1 a 2 mm en el séptimo, durante las estaciones: primavera, verano y otoño. En el invierno la evaporación varió de 5.2 a 8.2 mm en el primer día y de 2 a 3 mm en el séptimo. Se concluye que no existe diferencia en evaporación de agua entre humedad relativa, la velocidad del viento. La temperatura máxima y la radiación solar influyen de manera importante (Gutiérrez y Arredondo, 1995).

Métodos para determinar humedad

(Rojas y Ramírez 1998), mencionan que para medir la humedad del suelo se pueden utilizar diferentes métodos, éstos permiten estimar o determinar el contenido de humedad del suelo en un momento dado. Basándose en la metodología, éstos se clasifican en:

Métodos directos

Métodos indirectos.

Métodos directos

Método gravimétrico

Los métodos directos, son aquellos que determinan o estiman la humedad a partir de una muestra del suelo, su exactitud depende del número de muestras tomadas, así como de la destreza y manejo de las muestras.

El principal método que existe para conocer el contenido de humedad es la determinación gravimétrica, esta es una de las formas sencillas y a la vez más utilizadas, ya que el equipo requerido es fácil de obtener y de bajo costo.

Este método consiste en tomar muestras del suelo en el campo (Cabrera, 1999), a diferentes profundidades previamente definidas, donde se desea conocer el contenido de humedad en ese momento y posteriormente llevarlas al laboratorio

para determinar el peso del suelo humeado. El contenido de humedad se determina metiendo las muestras a una estufa de secado durante 24 hr a una temperatura de 105 a 110°C, después de éste tiempo se obtiene el peso del suelo seco. Obteniendo el peso del suelo seco se determinara la humedad con una ecuación que se relaciona con la diferencia del peso del suelo húmedo y el peso del suelo seco (Rojas y Ramírez 1998).

Método del tacto

Es uno de los métodos más antiguos que se han empleado para poder estimar el contenido de humedad del suelo, consiste en una inspección ocular y al tacto, esto dependiendo de la textura del suelo.

Métodos indirectos

Cabrera (1999), menciona que estos métodos quizá no permitan obtener resultados tan exactos como los que se logran con el procedimiento de muestreo y secado, sin embargo cada día están siendo objeto de mejoramiento de cada uno de ellos. Por el contrario Rojas y Ramírez (1998), mencionan que estos métodos han utilizado equipos más complejos que se han desarrollado en las ultimas décadas, los cuales se caracterizan por su alto grado de precisión; dentro de estos se encuentran.

Método del tensiómetro

Es un equipo que mide directamente la tensión de humedad del suelo; el método se caracteriza por medir solamente pequeñas pérdidas de humedad, a la

vez que no las mide directamente, por lo que se deben de utilizar las curvas de retención de humedad para conocer el nivel de humedad que existe en el suelo en ese momento.

Método del dispersor de neutrones

Este método se basa en que el peso de los neutrones emitidos es muy semejante al peso molecular del hidrógeno, se basa en la emisión de neutrones acelerados a gran velocidad que al ser emitidos, son reducidos por el agua del suelo y partículas del suelo, produciendo colisiones, regresando lentamente a la misma velocidad de las partículas para ser registrados en un contador. De acuerdo a su principio, cuando es mayor la humedad del suelo mayor es el número de neutrones registrado por el equipo (Rojas y Ramírez 1998).

Método de resistencia eléctrica (bloques de yeso)

El método está basado en la propiedad de conductividad eléctrica del agua, este fenómeno es una función del contenido de humedad, si mismo se les denomina bloque de resistencia eléctrica por las unidades de material poroso de que son fabricados (yeso); en su interior contienen un par de electrodos entre los cuales ocurre la conductividad eléctrica, a la vez estos son conectados a un medidor de resistencia que proporciona la lectura que en este momento se tiene.

La conductividad eléctrica de un sólido poroso como es el suelo, dependerá de la cantidad de agua que existe en él (Rojas y Ramírez 1998).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Localización

El presente experimento se llevo á cabo en los terrenos del vivero del Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coah, localizada al Sur de la ciudad de Saltillo, (a 7.48 Km) por la carretera a Zacatecas, entre los paralelos 25° 21' y 25° 22' de latitud Norte y los meridianos 101° 01' y 101° 03' de longitud Oeste, a una altitud de 1754 msnm (Cetnal, 1977b).

Clima

De acuerdo con la carta de climas 14-RVII, escala 1: 500,000 (UNAM – DETENAL), la cual se basa en la clasificación climática de Köppen modificada para la Republica Mexicana, por García (1973), el área presenta un clima semiárido Bsok(x')(e), con lluvias en verano principalmente. La temperatura media anual es de 17.8 °C, siendo los meses más cálidos junio, julio y agosto, con temperaturas máximas de hasta 38 °C. Durante enero y febrero se registran las temperaturas más bajas, de hasta –10.4 °C con heladas regulares en el periodo de Diciembre a febrero. La precipitación media anual es de 490 mm y los meses más lluviosos son junio, agosto y septiembre. Lo anterior da como resultado un 64 % de humedad relativa media anual que se distribuye desigualmente; el verano es

la estación con mayor humedad relativa y las estaciones de invierno y de primavera de mayor sequía (García, 1973).

Suelos

El lugar del experimento comprende una área irregular situada en un valle formado entre la Sierra de Zapalinamé y la Sierra de la Cuchilla, con un suelo de tipo rendzina y castañozem de origen aluvial, variando de someros a profundos y con afloraciones de roca caliza y lutitas (Cetenal, 1977a).

Vegetación

La vegetación natural predominante es de tipo subinerme, con una área de pastizal y matorral de acuerdo a la carta de uso del suelo G14C33 de saltillo Coahuila (CETENAL,1977c). Así mismo los pastos que más se encuentran son: *Muhlenbergia sp.*, *Aristida glauca* (zacate tres barbas); en las partes bajas se puede encontrar vegetación inducida y cultivada como *Zea mays* (maíz), *Phaseolus vulgaris* (frijol), *Carya illinoensis* (nogal) y *Prunus persicae* (durazno).

Así mismo se han realizado reforestaciones, en las cuales la especie principal es *Pinus halepensis*, *P. cembroides*, *Cupresus arizonica*, *C. sempervirens*, *Melia azedarach*, *Fraxinus sp.* La vegetación asociada con estas especies es de gramíneas, entre las que se encuentran *Aristida sp.*, *Bouteloua curtipendula*, *B. gracilis*, *B. hirsuta*, *Eragrostis sp.*, *Erioneuron pilosum*, *Hilaria berlandieri*, *Leptochloa dibia*, *Muhlenbergia sp.*, *Panicum allí*, *P. obtusum*, *Sporobolus airoides*, *S. tenuísima*. Las herbáceas están formadas por *Crotón*

dioicus, *Desmanthus* sp., *Dyssodia setifolia*, *Gnapholium* sp., *Solanum eleagnifolium*, *Xanthocephalum* sp., . *Zinnia acerosa* y arbustivas *Acasia farneciana*, .*Berberis trifoliota*, *B. veronicaefolia*, *Buddleja scordioides*, *Condalia warnockii*, *Dalea lanata*, *Mimosa biuncifera*, *Opuntia imbricata*, *Rhus microphylla*, *Ziziphus obtusifolia* (Villarreal, 1983).

Características de la plantación

Características del experimento

El experimento consiste en una plantación con tres especies de pino, que fueron tratadas con dos tipos y dos niveles de fertilización, dos tipos de poda y aplicación de riegos de auxilio. Cada tipo de tratamiento contó con un testigo adecuado para contrastar los efectos de los tratamientos.

Establecimiento de la plantación

La plantación se llevó acabo en la tercera semana del mes de junio de 2002 y concluyó la segunda semana del mes de julio del mismo año. Las especies de esta plantación son *Pinus cembroides* Zucc., *P. pinceana* Gordon y *P. halepensis* Mill, en cada una de las especies se establecieron 168 plantas en una superficie de 544 metros cuadrados; estas especies se encuentran plantadas en marco real con un número total de 504 plantas, el porcentaje de sobre vivencia es del 100 % hasta la actualidad, ya que se han estado realizando reposiciones de plantas muertas.

Labores culturales

Las labores culturales que se realizaron en el experimento consistieron en deshierbes manuales, cada mes o mes y medio además de fertilización química y aplicación de riegos.

Determinación del nivel óptimo de humedad

Para la determinación del nivel óptimo de humedad del suelo se utilizó un ohmetro DELMHORST del modelo KS-D1 y se estableció que el rango de humedad deberá fluctuar entre 40 % como mínimo y máximo de 100 %. El porcentaje de humedad disponible se considera con un rango de 0 a 100 %. El valor de 0 % corresponde al punto de marchitez permanente mientras que el 100% equivale a la capacidad de campo.

Punto de marchitez

Las plantas que crecen en el suelo absorben toda el agua disponible y parte de ella se traslada de las raíces a las hojas para perderse en su mayor parte por evaporación y transpiración a través del follaje (Cabrera 1999).

Una planta se marchita cuando no es capaz de seguir absorbiendo la humedad suficiente para hacer frente a sus necesidades hídricas. El agua se transmite mas rápidamente en las texturas finas cuando el agua se retiene a tensiones bajas: sin embargo a mayores tensiones el movimiento es mas rápido en las tierras de textura fina (Cabrera 1999).

Se dice que el suelo está en punto de marchitez permanente, cuando su contenido de humedad disminuye hasta causar el marchitamiento de las plantas, sin que estas se recuperen cuando estas se colocan en una atmósfera húmeda en un medio oscuro. Este parámetro constituye el límite más bajo de humedad disponible, así mismo el punto de marchitamiento no puede determinarse exactamente ni puede encontrarse en algunas tierras, especialmente en las que poseen altas concentraciones de sales (Cabrera 1999).

Comúnmente el suelo se puede considerar como una fuente de almacenamiento de humedad, cuyo límite superior se encuentra constituido por un contenido de humedad que corresponde a la capacidad de campo, y un límite inferior formado por un contenido de humedad denominado punto de marchitez permanente (Cabrera 1999).

Capacidad de campo

El movimiento capilar de agua ocurre como respuesta al gradiente de presión resultante de la atracción por adhesión y cohesión. Entre más delgadas sean las películas de agua alrededor del suelo y más pequeños sean los poros que están llenos de agua, mayor será la tensión o esfuerzo de la humedad del suelo.

La capacidad de campo se define como “la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener contra el drenaje por medio de la gravedad”, y se presenta de 2 a 5 días después de un riego pesado o una fuerte lluvia según la textura del

suelo, correspondiendo mayor retraso a los suelos pesados o arcillosos (Cabrera 1999).

Precipitación y riego

Para el presente experimento se obtuvieron los registros de lluvia para el periodo considerado y evaluado más los riegos. En el cuadro I se muestran los datos de precipitación mensual más los riegos aplicados y el total de agua en litros que obtuvo la planta por mes. Los datos de precipitación fueron obtenidos del Departamento de Agrometeorología de la UAAAN.

Aplicaciones de riego

En el momento en que la humedad disponible alcance el 40 % se aplicó riego. Este con un tanque tipo cisterna ubicado en un bordo para que el agua sea regada por goteo con una cintilla. Para el caso del experimento los árboles que cuenten con sensor (blocks de yeso) fueron regados con una cubeta graduada, esto con el fin de observar cuantos litros de agua necesita cada una de las especies anteriormente mencionadas para los parámetros mencionados.

Determinación de humedad

Para esta investigación se utilizó el método de resistencia eléctrica (bloques de yeso) anteriormente mencionado para lo cual se enterraron nueve sensores al azar en la plantación, tres por cada una de las especies a estudiar a una profundidad de 30 centímetros.

El principio de este método como anteriormente fue mencionado se basa en que el agua es buena conductora de electricidad y la tensión de conducción eléctrica depende de la humedad existente en el suelo, la cual es registrada con un ohmetro (medidor de humedad) el cual está calibrado para medir la humedad en el rango anteriormente señalado.

Cuadro I. Humedad media mensual del suelo durante el periodo evaluado

Año	Mes	Precipitación mm	Riego (litros)	Total de agua (litros)	Humedad media mensual por especie		
					<i>P.cembro- ides</i>	<i>P.halepe- nsis</i>	<i>P.pince- ana</i>
2002	Octubre	111.8	0.00	55.90	95.60	96.32	94.15
2002	Noviembre	5.6	0.00	2.800	63.72	81.30	67.65
2002	Diciembre	1.3	20.0	20.65	67.99	77.48	71.51
2003	Enero	2.0	30.0	31.00	73.29	71.25	73.74
2003	Septiembre	210.1	0.00	105.05	95.91	94.68	94.36
2003	Octubre	112.5	0.00	56.25	95.80	92.91	95.28
2003	Noviembre	6.0	0.00	3.000	93.30	65.88	85.36
2003	Diciembre	4.5	20.0	22.25	66.98	64.40	72.34
2004	Enero	27.1	20.0	33.55	79.06	89.17	88.75
2004	Febrero	18.7	0.00	9.35	88.90	92.90	89.48
2004	Marzo	20.6	0.00	10.3	75.180	73.74	78.36

Debido a las condiciones del terreno y al tipo de cajete, se determinó que 1mm de lluvia es igual a 0.5 litros de agua por árbol.

Diseño experimental

En el presente trabajo se utilizó un diseño completamente al azar para cada uno de los experimentos individuales, procesando los datos mediante el siguiente método estadístico.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

μ = Media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

E_{ij} = Error experimental en la j-ésima repetición.

El número de tratamientos fue igual a tres debido a que cada una de las especies se consideró como tratamiento, con tres repeticiones, para un total de 9 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió en un árbol. En total se tomaron lecturas de tres árboles por especie dando un total de nueve árboles analizados.

Parámetros de evaluación

Los parámetros medidos y evaluados se consideran a partir de la importancia que tiene la humedad en el suelo ya que de esta depende la capacidad de campo y el punto de marchitez, para de esta manera poder determinar el nivel óptimo de humedad en cada una de las especies. La evaluación de los parámetros se realizó semanalmente durante los meses octubre, noviembre y diciembre del 2002; para el año 2003 los meses que se evaluaron fueron enero, septiembre, octubre, noviembre y diciembre y para el año 2004 enero, febrero, y marzo. Las lecturas de humedad se tomaron los días martes de cada semana.

El procesamiento de los datos de campo se realizó con el paquete estadístico SAS, determinando así, los análisis de varianza y pruebas de comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se expresan en tres apartados que son humedad por especie anual, por estación y por mes; el primero corresponde a los años evaluados, que en este caso fueron 2002, 2003 y 2004; el segundo comprende a las estaciones donde se obtuvieron datos de los años anteriormente mencionados y el tercero de acuerdo a los meses en que se tomaron lecturas de humedad para cada una de las especies a evaluar en este caso *Pinus cembroides*, *P. halepensis* y *P. pinceana*.

Los valores porcentuales se transformaron por medio de la raíz cuadrada para que nos dieran valores transformados y de esta manera tener una distribución normal.

Humedad general anual.

En el análisis de varianza anual se observó que no existió diferencia estadística significativa en la variable humedad, entre los años 2002, 2003 y 2004 debido a que la probabilidad mayor de F es superior a 0.05, correspondiendo a un valor de 0.9238 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza para la humedad por año.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Modelo	2	0.08914653	0.04457327	0.08.	0.9238
Error	30	16.82020075	0.56067336		
Total corregido	32	16.90934728			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.005272	8.370593	0.748781	8.94537865

Por lo anterior se concluye que la humedad en el suelo de la plantación fue igual en los años evaluados, en cada una de las especies establecidas; sin embargo, podemos observar que en año 2002 *Pinus halepensis* conservó mayor humedad, seguido de *P. pinceana* y por último *P. cembroides*; sin embargo para el año 2003 se observó que los requerimientos de agua cambiaron; en este caso *Pinus cembroides* conservó mayor humedad, seguido de *P. pinceana* y por último *P. halepensis*, debido a que el *P. halepensis* presenta un mayor crecimiento tanto en altura como en diámetro por lo tanto existe mayor absorción de agua por parte de la planta. En el año 2004 los requerimientos de agua cambiaron, *Pinus pinceana* fue quién conservó mayor humedad, seguido de *P. halepensis* y por último, *P. cembroides*, esto debido a que esta especie no presenta buen follaje por lo que existe una mayor evapotranspiración (Cuadro 3 y Figura 4).

En el Cuadro 3. Muestra los resultados de humedad promedio anual obtenidos en cada una de las especies.

Cuadro 3. Porcentaje de humedad promedio anual por especie.

Año	<i>P. cembroides</i>	<i>P. halepensis</i>	<i>P. pinceana</i>
2002	75.77	85.04	77.77
2003	85.05	78.02	84.21
2004	81.04	85.27	85.53

La especie que retiene mayor humedad es *Pinus pinceana* debido a que esta especie es nativa y tiende a adaptarse mejor a las condiciones climáticas locales, sin absorber demasiada agua.

Humedad por especie durante el periodo evaluado

En el análisis de varianza general (apéndice) entre especies tampoco arrojó diferencias significativas, para la variable humedad del suelo; *Pinus pinceana* mostró el valor mayor de humedad, con 82.818 % y para las otras especies la diferencia de humedad es menor de 1.5 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad durante todo el periodo evaluado para cada una de las especies.

Grupo Tukey	Media	Tratamiento
A	82.81	<i>P. pinceana</i>
A	81.91	<i>P. halepensis</i>
A	81.43	<i>P. cembraoides</i>

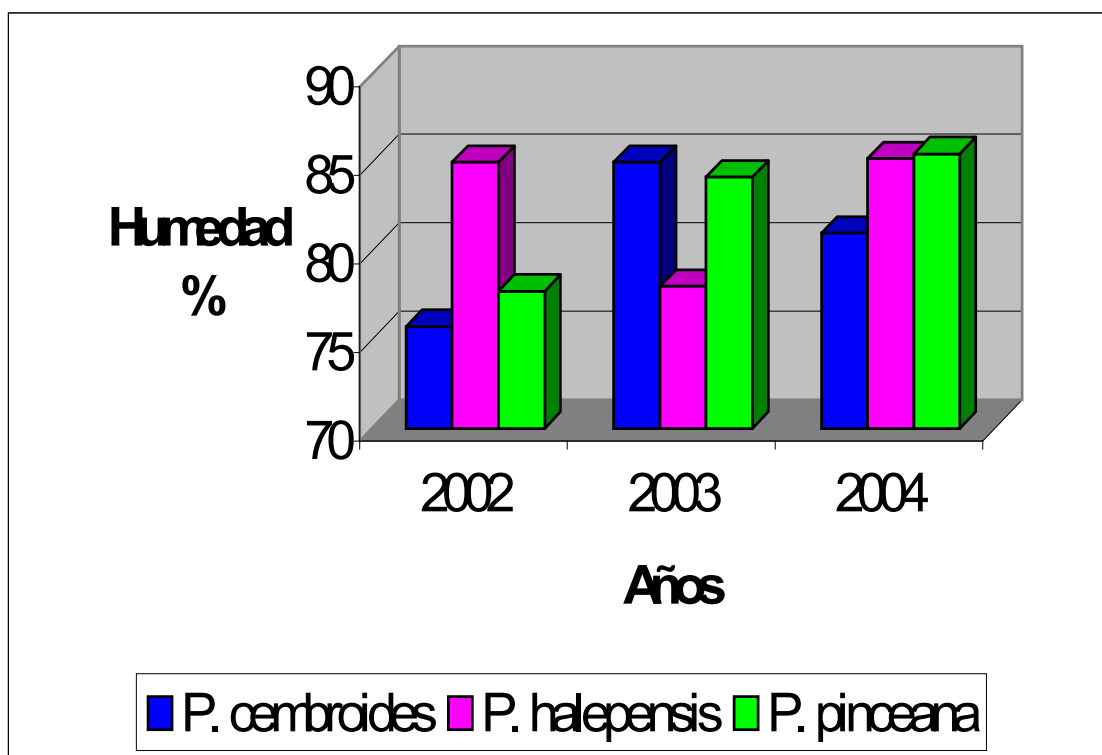


Figura 4. Humedad promedio anual por especie.

Humedad por estación

En el análisis de varianza estacional (apéndice) se observó que no existió diferencia estadística significativa en la variable humedad, entre las estaciones, otoño 2002 con un valor medio de humedad de 79.52, otoño 2003 con un valor de

83.84 e invierno 2004 con un valor de 83.94 debido a que la probabilidad mayor de F es superior a 0.05 (Cuadro 5 y Figura 5)

Cuadro 5. Humedad promedio por estación y por especie.

Año	Estación	Media	<i>P. cembroides</i>	<i>P. halepensis</i>	<i>P. pinceana</i>
O2	otoño	79.52	75.77	85.04	77.77
O3	otoño	84.85	87.99	79.72	86.83
O4	invierno	83.95	81.04	85.27	85.53

Por lo anterior se observa que la humedad en el suelo de la plantación no cambió estadísticamente en cada una de las estaciones evaluadas; sin embargo, podemos observar que en el año 2002, *Pinus halepensis* fue quién conservó mayor humedad, seguido de *P. pinceana* y por último *P. cembroides*, debido a que *Pinus cembroides* por ser una especie que no presenta abundante follaje lo que permite que exista mayor evapotranspiración provocando que la humedad en el suelo baje (Cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad para cada una de las especies durante la estación otoño del 2002.

Grupo Tukey	Media	Tratamiento
A	85.04	<i>P. halepensis</i>
A	77.77	<i>P. pinceana</i>
A	75.77	<i>P. cembroides</i>

En el análisis de varianza (apéndice) para la estación otoño del 2003 quién conservó mayor humedad fue *Pinus cembroides* seguido de *P. pinceana* y *P. halepensis*, respectivamente, este último se comporta así debido a que crece en altura y en diámetro muy rápido durante los primeros años de ser plantado provocando que requiera mayores cantidades de agua (Cuadro 7).

Cuadro 7. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad del suelo en la estación otoño del 2003.

Grupo Tukey	Media	Tratamiento
A	87.99	<i>P. cembroides</i>
A	86.83	<i>P. pinceana</i>
A	79.72	<i>P. halepensis</i>

En el análisis de varianza (apéndice) para la estación invierno 2004 nuevamente quien conserva mayor humedad fue *Pinus pinceana*, con una humedad media de 85.53 seguido de *P. halepensis* con una humedad de 85.27 y por último *P. cembroides* con una humedad de 81.04 (Cuadro 8).

Cuadro 8. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad del suelo en para la estación invierno del 2004.

Grupo Tukey	Media	Tratamiento
A	85.53	<i>P. pinceana</i>
A	85.27	<i>P. halepensis</i>
A	81.04	<i>P. cembroides</i>

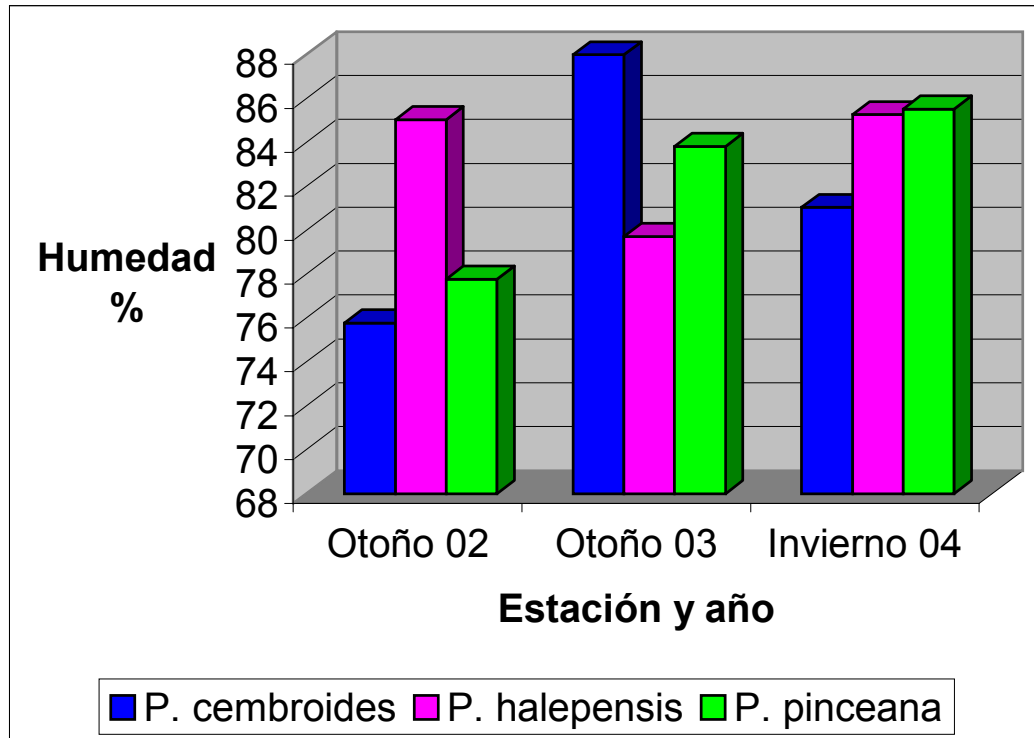


Figura 5 Humedad promedio por estación y por especie.

Humedad por mes y por especie

Humedad en octubre del 2002

En el análisis de varianza (apéndice) para el mes de octubre del 2002 se observa que no existen diferencias significativas entre cada una de las especies, observándose que *Pinus halepensis* fue quien retuvo mayor cantidad de humedad, con un 96.325 % de humedad, seguido de *P. cembroides* con una diferencia entre *P. halepensis* y *P. cembroides* de 0.725 %, y por ultimo *P. pinceana* con una diferencia con *P. halepensis* de 2.175 % de humedad (Cuadro 9 y Figura 6).

Cuadro 9. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de octubre del 2002.

Grupo Tukey	Media	Tratamiento
A	96.32	<i>P. halepensis</i>
A	95.60	<i>P. cembroides</i>
A	94.15	<i>P. pinceana</i>

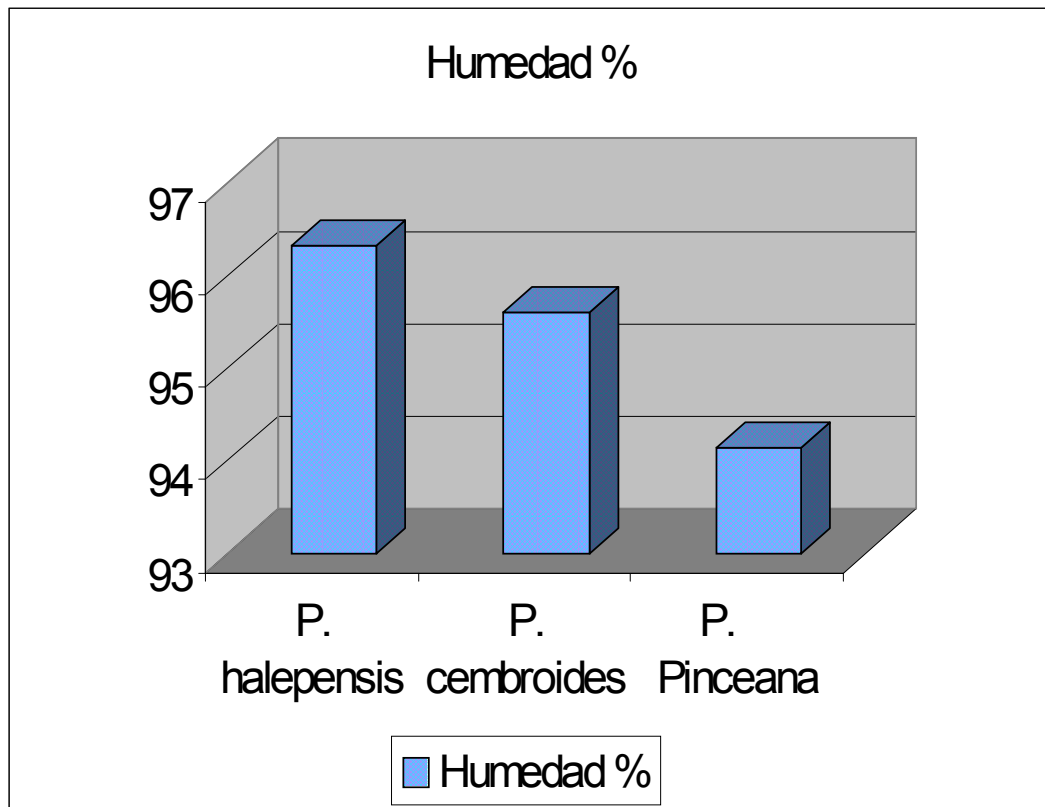


Figura 6 Humedad promedio en el mes de octubre del 2002.

Humedad en noviembre del 2002

En el análisis de varianza (apéndice), para el mes de noviembre del 2002 se encontró que no existen diferencias significativas entre cada una de las especies, observándose nuevamente que *Pinus halepensis* fue quien retuvo mayor cantidad de humedad con un 81.30 %, seguido de *P. pinceana* con una

diferencia entre *P. halepensis* y *P. pinceana* de un 13.65 % de humedad, y por último *P. cembroides* que presenta una diferencia con *P. halepensis* de 17.58 %. Estas diferencias tan altas pueden ser ocasionadas debido a que *P. halepensis*, presenta un mayor crecimiento en altura, diámetro y ancho de copa, provocando que exista una menor evaporación en el área ocupada por esta especie (Cuadro 10 y Figura 7).

Cuadro 10. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de noviembre del 2002.

Grupo Tukey	Media	Tratamiento
A	81.30	<i>P. halepensis</i>
A	67.65	<i>P. pinceana</i>
A	63.72	<i>P. cembroides</i>

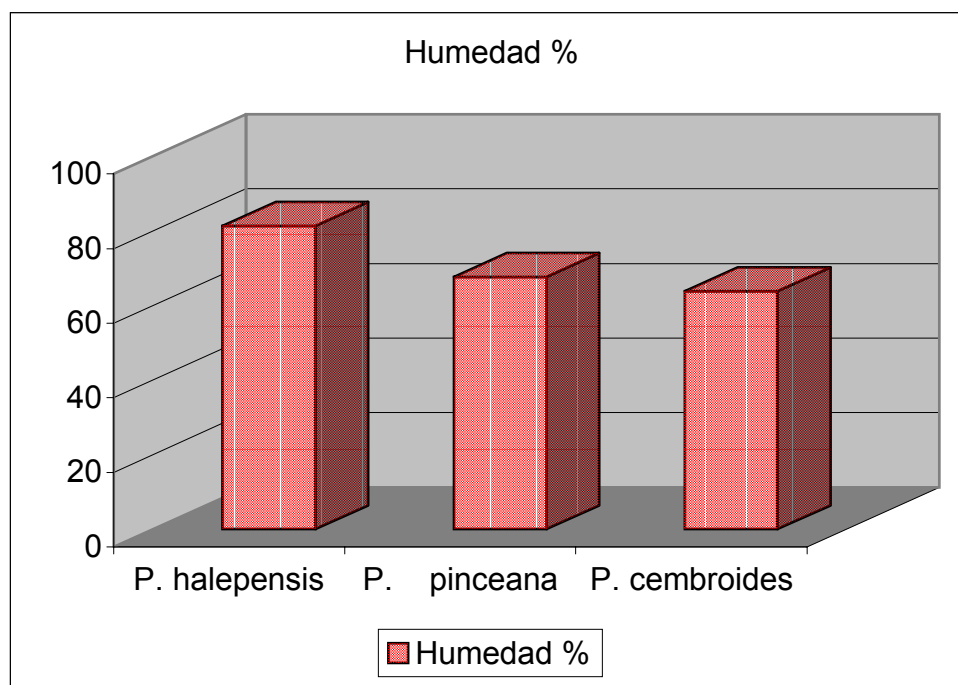


Figura 7 Humedad promedio en el mes de noviembre del 2002.

Humedad en diciembre del 2002

En el análisis de varianza (apéndice) para el mes de diciembre del 2002 se observa que no existen diferencias significativas entre cada una de las especies, observándose nuevamente que *Pinus halepensis* fue quien retuvo mayor cantidad de humedad con un 77.48 %, seguido de *P. pinceana* con una diferencia entre *P. halepensis* y *P. pinceana*, de un 5.97 % de humedad, y por último *P. cembroides* con una diferencia con *P. halepensis* de 9.49 %. Estas diferencias pueden ser debidas a que *P. cembroides*, presenta un menor crecimiento en altura, diámetro y ancho de copa, provocando que exista una mayor evaporación en esta especie (Cuadro 11 y Figura 8).

Cuadro 11. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de diciembre del 2002

Grupo Tukey	Media	Tratamiento
A	77.48	<i>P. halepensis</i>
A	71.51	<i>P. pinceana</i>
A	67.99	<i>P. cembroides</i>

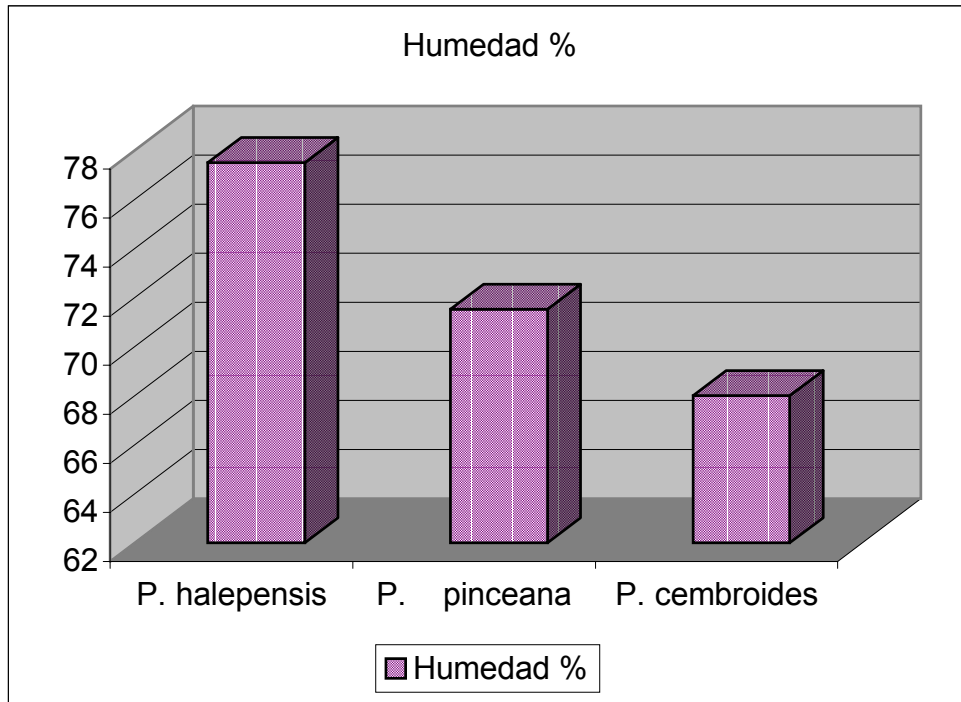


Figura 8 Humedad promedio en el mes de diciembre del 2002.

Humedad en enero del 2003

En el análisis de varianza (apéndice), para el mes de enero del 2003 se observa que no existen diferencias significativas entre cada una de las especies, sin embargo, cambian los contenidos de humedad para cada una de las especies; en esta ocasión *Pinus pinceana* fue la especie que conservo mayor cantidad de humedad con un 73.74 % de humedad, seguida de *P. cembroides*, con una diferencia entre *P. pinceana* y *P. cembroides* de 0.45 % y por último *P. halepensis* cuya diferencia con *P. pinceana* es de 2.49 %. (Cuadro 12 y Figura 9).

Cuadro 12. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de enero del 2003

Grupo Tukey	Media	Tratamiento
A	73.74	<i>P. halepensis</i>
A	73.29	<i>P. pinceana</i>
A	71.25	<i>P. cembroides</i>

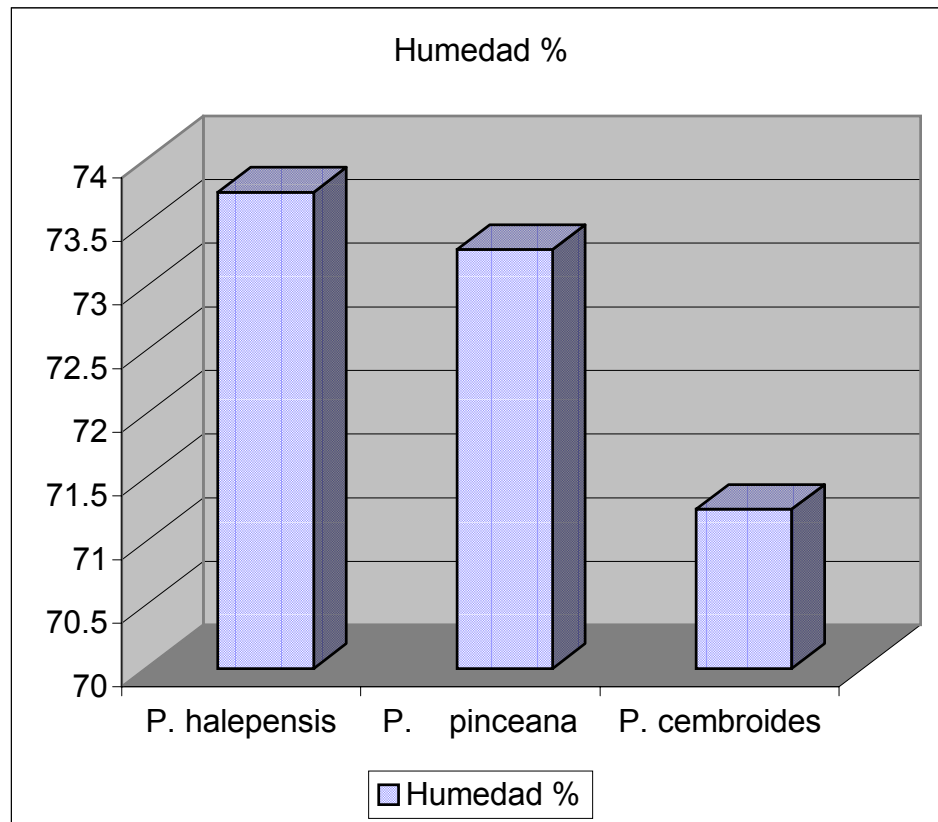


Figura 9 Humedad promedio en el mes de enero del 2003.

Humedad en septiembre del 2003

En el análisis de varianza (apéndice) para los días en que se tomaron lecturas en el mes de septiembre, no existieron diferencias significativas entre cada una de las especies, sin embargo cambiaron los contenidos de humedad para cada una de las especies; *Pinus cembroides* fue la especie que conservó mayor cantidad de humedad con un 95.91%, seguido de *P. halepensis*, con una diferencia entre *P. cembroides* y *P. halepensis* de 1.22 % de humedad y por último *P. pinceana* cuya diferencia con *P. cembroides* es de 1.55 % de humedad (Cuadro 13 y Figura 10).

Cuadro 13. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de septiembre del 2003

Grupo Tukey	Media	Tratamiento
A	95.91	<i>P. cembroides</i>
A	94.68	<i>P. halepensis</i>
A	94.36	<i>P. pinceana</i>

Las diferencias de humedad en este mes no son muy importantes dado que existió una precipitación total de 210.1 mm, en este mes, provocando que las humedades de cada una de las especies fueran casi iguales.

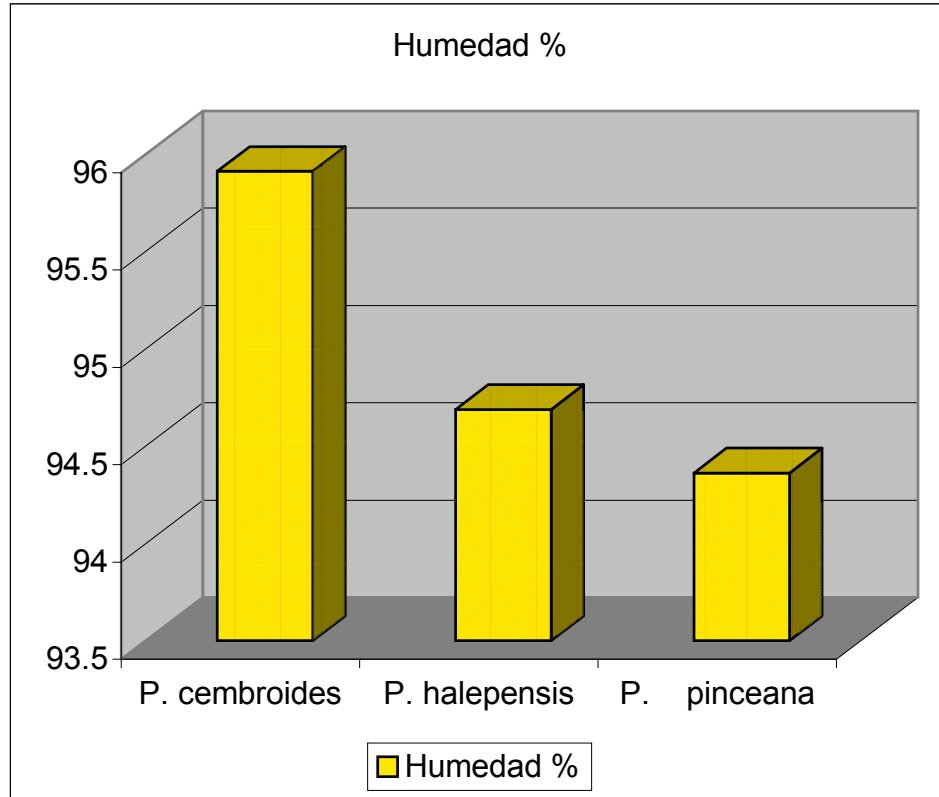


Figura 10 Humedad promedio en el mes de septiembre del 2003.

Humedad en octubre del 2003

Para este mes, en el análisis de varianza (apéndice), no existen diferencias significativas entre cada una de las especies, sin embargo, *Pinus cembroides* conserva la mayor cantidad de humedad con un valor 95.80 % seguido, de *P. pinceana* con una diferencia entre *P. cembroides* y *P. pinceana* de 0.51 % y por último *P. halepensis* cuya diferencia con *P. cembroides* es de 2.88 % de humedad (Cuadro 14 y Figura 11).

Cuadro 14. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de octubre del 2003

Grupo Tukey	Media	Tratamiento
A	95.80	<i>P. cembroides</i>
A	95.28	<i>P. pinceana</i>
A	92.91	<i>P. halepensis</i>

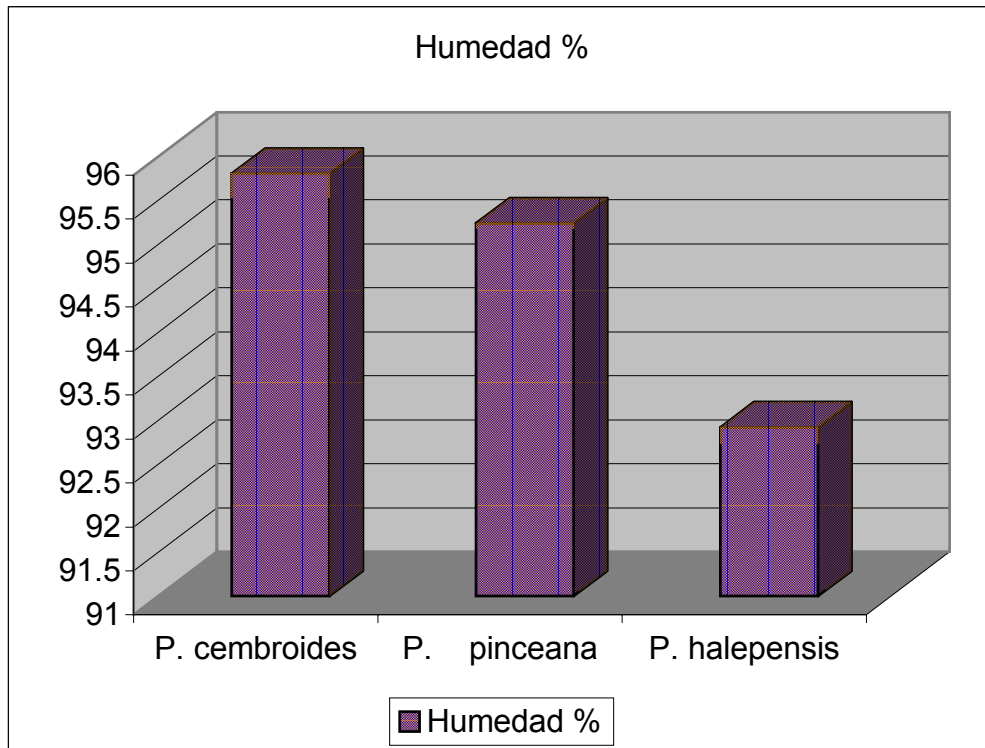


Figura 11 Humedad promedio en el mes de octubre del 2003.

Humedad en noviembre del 2003

En el análisis de varianza (apéndice), de este mes no existieron diferencias significativas entre cada una de las especies, conservando mayor humedad *Pinus halepensis* con un valor de 93.30 % seguido de *P. pinceana* con 85.367 % y por ultimo *P. cembroides* con 65.883 % de humedad (Cuadro 15 y Figura 12).

Cuadro 15. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de noviembre del 2003.

Grupo Tukey	Media	Tratamiento
A	93.300	<i>P. halepensis</i>
A	85.367	<i>P. pinceana</i>
A	65.883	<i>P. cembroides</i>

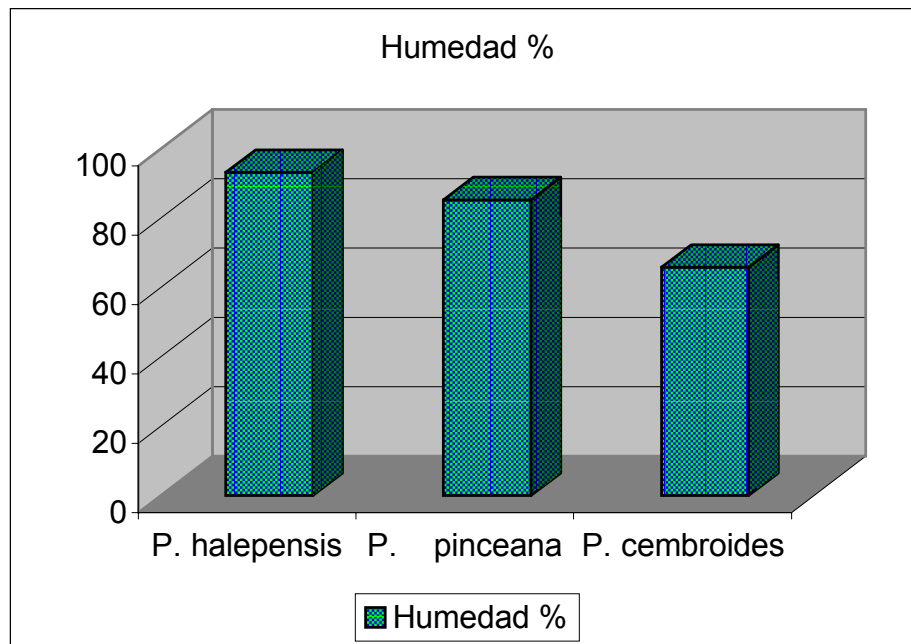


Figura 12 Humedad promedio en el mes de noviembre del 2003.

Humedad en diciembre del 2003

En el análisis de varianza (apéndice), para este mes no existieron diferencias significativas entre las especies conservando mayor humedad *Pinus pinceana* con 72.34 %, seguido de *P. cembroides* con 66.98 % y por último *P. halepensis* con un valor de 65.40 % (Cuadro 16 y Figura 13).

Cuadro 16. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de diciembre del 2003.

Grupo Tukey	Media	Tratamiento
A	72.34	<i>P. pinceana</i>
A	66.98	<i>P. cembroides</i>
A	65.40	<i>P. halepensis</i>

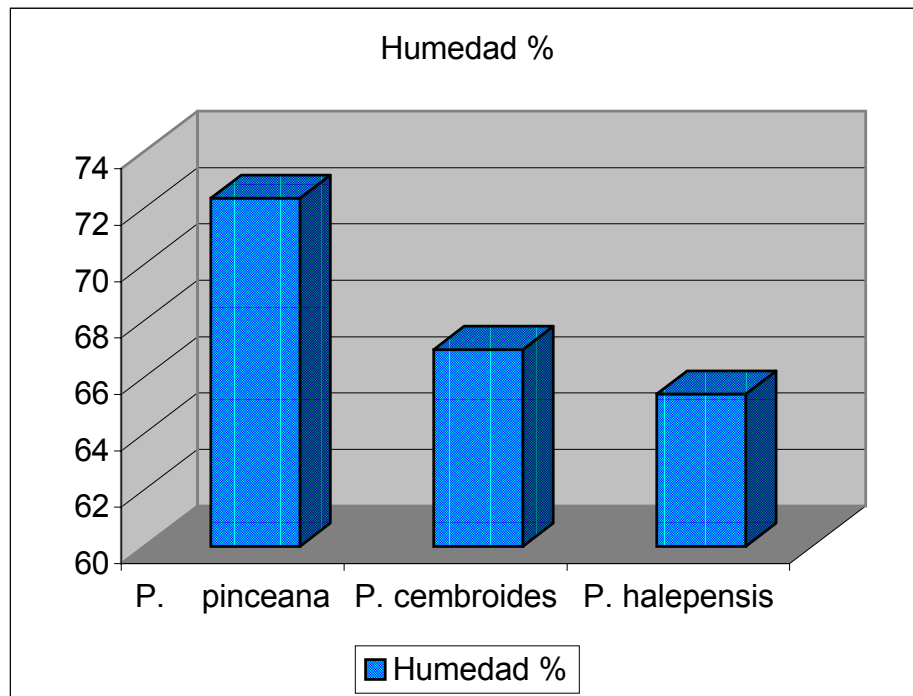


Figura 13 Humedad promedio en el mes de diciembre del 2003.

Humedad en enero del 2004

En el análisis de varianza (apéndice), para este mes no existieron diferencias significativas entre cada una de las especies pero cambian los contenidos de humedad *Pinus halepensis* fue quien conservo mayor humedad con un 89.17 %, seguido de *P. pinceana* con 88.75 % y por último *P. cembroides* con 79.06 % (Cuadro 17 y Figura 14).

Cuadro 17. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de enero del 2003.

Grupo Tukey	Media	Tratamiento
A	89.17	<i>P. halepensis</i>
A	88.75	<i>P. pinceana</i>
A	79.06	<i>P. cembroides</i>

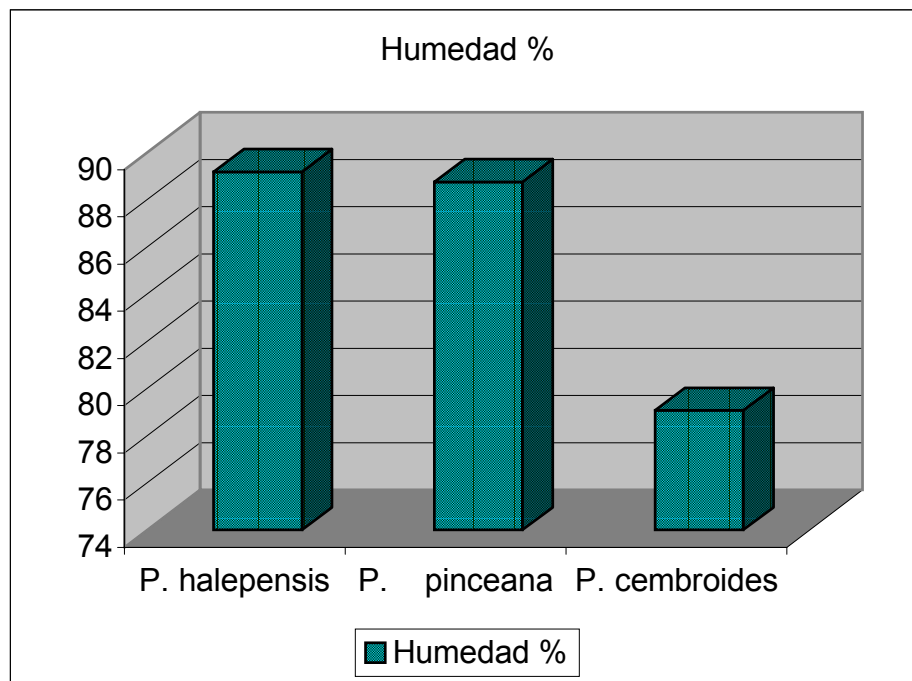


Figura 14 Humedad promedio en el mes de enero del 2004.

Humedad en febrero del 2004

Para este mes en el análisis de varianza (apéndice), no existieron diferencias significativas entre cada una de las especies, pero cambian los contenidos de humedad en cada una de ellas *Pinus halepensis* conservo mayor humedad con un 92.900 % seguido de *P. pinceana* con 89.489 % y por último *P. cembroides* con 88.900 % (Cuadro 18 y Figura 15).

Cuadro 18. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de febrero del 2003.

Grupo Tukey	Media	Tratamiento
A	92.900	<i>P. halepensis</i>
A	89.489	<i>P. pinceana</i>
A	88.900	<i>P. cembroides</i>

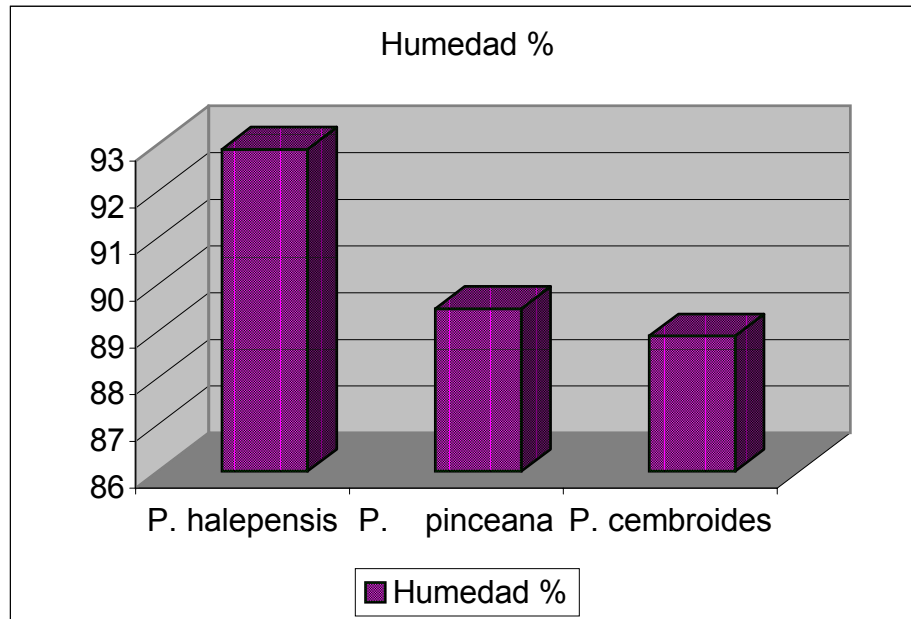


Figura 15 Humedad promedio en el mes de febrero del 2004

Humedad marzo del 2004

En el análisis de varianza (apéndice), para este mes no existieron diferencias significativas entre las especies pero cambian los contenidos de humedad para cada una de ellas *Pinus pinceana* conservo mayor cantidad de humedad para cada una de ellas *Pinus pinceana* conservo mayor cantidad de humedad con un 78.360 % seguido de *P. cembroides* con 75.180 % y por ultimo *P. halepensis* con un 73.747 %. (Cuadro 19 y Figura 16).

Cuadro 19. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable humedad en el mes de marzo del 2004.

Grupo Tukey	Media	Tratamiento
A	78.36	<i>P. pinceana</i>
A	75.18	<i>P. cembroides</i>
A	73.74	<i>P. halepensis</i>

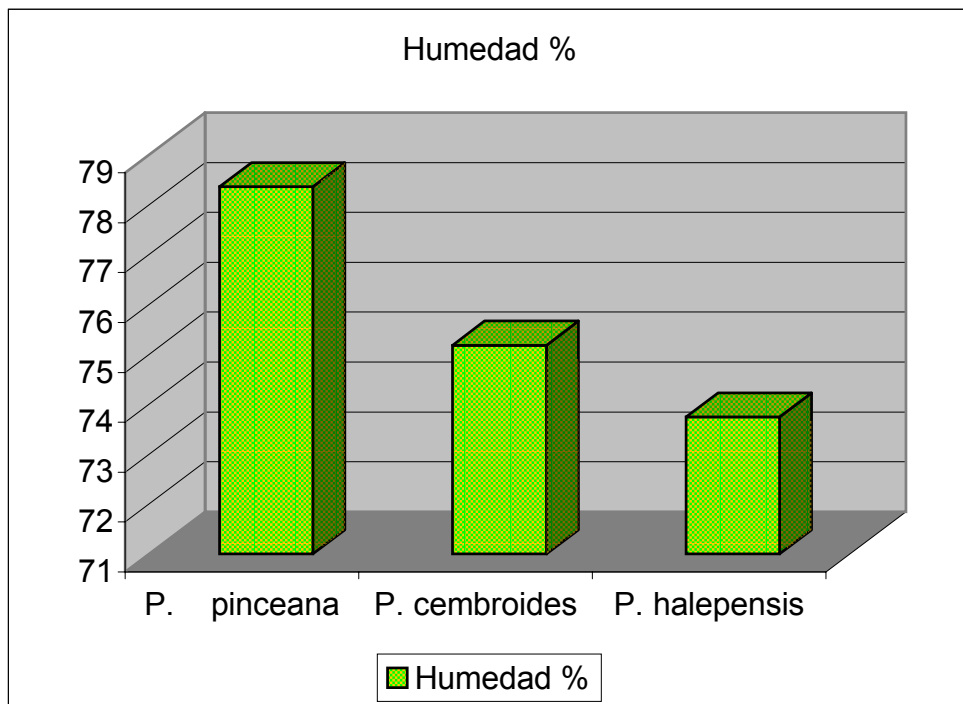


Figura 16 Humedad promedio en el mes de marzo del 2004.

Humedad media mensual anual

Humedad media mensual para el 2002

Para el año 2002 durante los meses en que se tomaron lecturas de humedad, que fueron octubre, noviembre y diciembre, el análisis de varianza (apéndice) nos dice que no existieron diferencias significativas ya que la $P > F$ es superior a 0.05 dando un valor de 0.0785.

En la prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro 20 y Figura 17) para el año 2002, de los meses octubre, noviembre y diciembre se puede observar que existió una diferencia media de humedad entre octubre y diciembre de 23.03 %, estas diferencias pueden ser debido a que en octubre existió una precipitación de 111.8 mm y en diciembre solamente hubo una precipitación de 1.3 mm, a pesar de que en este mes se regó con 20 litros por planta; la diferencia entre octubre y noviembre es de 24.46 debido a que se presentó una precipitación de 111.8 mm en octubre y en noviembre solamente existió una precipitación de 5.6 mm y no existió riego. En la comparación de diciembre con noviembre existió una diferencia de 1.436 % de humedad; esta diferencia tan pequeña puede ser debida a que en estos dos meses no se regó y existieron precipitaciones bajas.

Cuadro 20. Prueba de comparación de medias para los meses del 2002.

COMPARACIÓN DE MESES	LIMITE DE CONFIANZA INFERIOR	DIFERENCIA ENTRE MEDIAS	LIMITE DE CONFIANZA SUPERIOR
Octubre - Diciembre	-2.390	23.031	48.451
Octubre - Noviembre	-6.667	24.467	55.600
Diciembre - Octubre	-48.451	-23.031	2.390
Diciembre - Noviembre	-23.983	1.436	26.856
Noviembre - Octubre	-55.600	-24.467	6.667
Noviembre - Diciembre	-26.856	-1.436	23.984

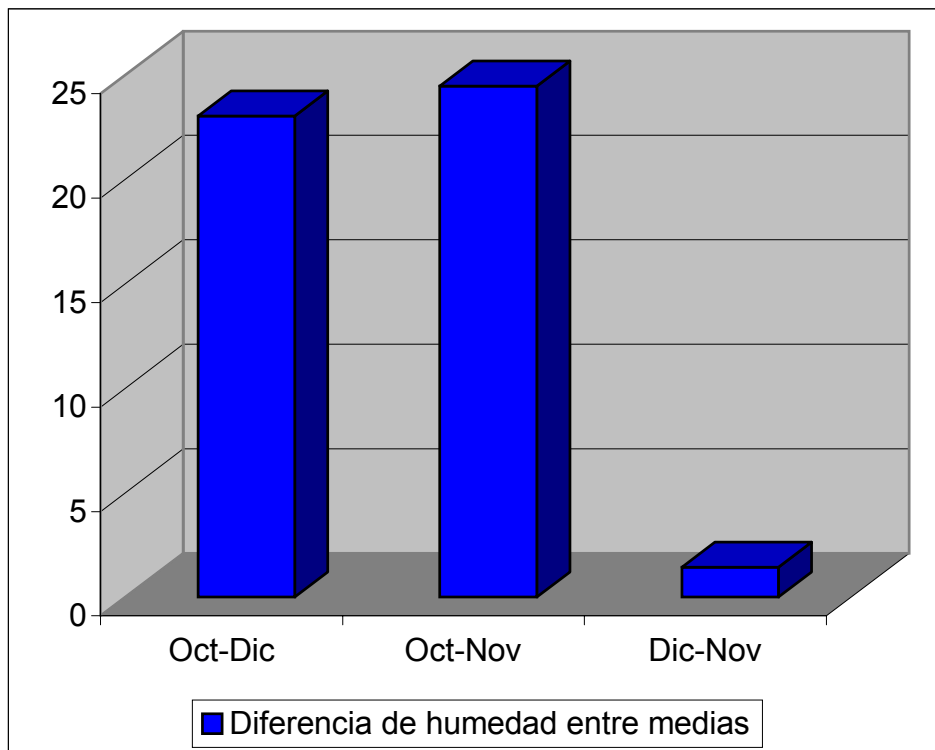


Figura 17 Diferencias de medias para los meses del 2002.

Humedad media mensual para el 2003

Para el año 2003 durante los meses que se tomaron lecturas de humedad, que fueron enero, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, el análisis de varianza (apéndice) nos dice que existieron diferencias significativas en algunos de los meses ya que la $P > F$ es inferior a 0.05 dando un valor de 0.005.

En la prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro 21 y Figura 18) para este año presenta las diferencias mensuales entre los meses en que tomaron lecturas de humedad. La diferencia media de humedad entre septiembre y octubre fue de 0.32%, la diferencia es mínima ya que en estos dos meses las precipitaciones fueron muy altas; en septiembre se presentó una precipitación de 210.1 mm y en octubre una precipitación de 112.5 mm; la diferencia entre septiembre y noviembre es de 13.47%, la diferencia entre septiembre y enero fue de 22.22%, la diferencia de septiembre diciembre fue de 26.746 %.. Como se puede observar, todas las comparaciones con el mes de septiembre son positivas a favor de éste dado que como anteriormente se mencionó la precipitación de este mes fue de 210.1 mm, sin embargo, estadísticamente solo hubo diferencias entre septiembre y enero y septiembre y diciembre (Cuadro21). Para el mes de octubre a diferencia de los meses siguientes existió una diferencia con el mes de septiembre de -0.321 , esto porque la precipitación fue mayor en septiembre; para el mes de noviembre hubo una diferencia de humedad media de 13.15%, esta diferencia es por la precipitación alta del mes de octubre; para el mes de enero hubo una diferencia de 21.90% y para el mes de diciembre una diferencia de humedad de 26.42%. Como ya se señaló la precipitación en octubre fue de 112.5

mm, lo que ocasiono que en la mayoría de los meses saliera positivo el valor medio de humedad, excepto contra septiembre en que la precipitación fue mayor. Para el mes de noviembre existió una diferencia con el mes de septiembre de -13.471% , con el mes de octubre una diferencia de -13.15% , con el mes de enero una diferencia de 8.756% y una con el mes de diciembre de 13.27% de humedad; los dos primeros meses de comparación con el mes de noviembre salieron negativos, esto por las precipitaciones altas que se registraron en esos dos meses. Para el mes de enero existió una diferencia de medias de humedad con el mes de septiembre de -22.22% ; con octubre existió una diferencia de -21.90% ; con el mes de noviembre una diferencia de -8.75% y con diciembre la diferencia de humedad entre medias fue de 4.51% ; en este mes como se puede apreciar las diferencias mayores son negativas por la precipitación que ocurrió en esos meses. Para el mes de diciembre existió una diferencia entre medias de humedad con el mes de septiembre de un -26.74% ; con el mes de octubre de -26.42% ; con el mes de noviembre de -13.27% y con el mes de enero, una diferencia de -4.51% de humedad. Estas diferencias negativas se deben a las diferencias de precipitaciones con cada uno de los meses, además de los riegos de auxilio que se aplicaron.

Cuadro 21. Prueba de comparación de medias para los meses del 2003

COMPARACIÓN DE MESES	LIMITE DE CONFIANZA INFERIOR	DIFERENCIA ENTRE MEDIAS	LIMITE DE CONFIANZA SUPERIOR
Septiembre – Octubre	-26.195	0.321	26.837
Septiembre – Noviembre	-13.045	13.471	39.987
Septiembre – Enero	2.463	22.226	41.990 ***
Septiembre – Diciembre	5.096	26.746	48.396 ***
Octubre – Septiembre	-26.837	-0.321	26.195
Octubre – Noviembre	-17.468	13.150	43.768
Octubre – Enero	-3.094	21.906	46.905
Octubre – Diciembre	-0.091	26.425	52.941
Noviembre – Septiembre	-39.987	-13.471	13.045
Noviembre – Octubre	-43.768	-13.150	17.468
Noviembre – Enero	-16.244	8.756	33.755
Noviembre – Diciembre	-13.241	13.275	39.791
Enero – Septiembre	-41.990	-22.226	-2.463 ***
Enero – Octubre	-46.905	-21.906	3.094
Enero – Noviembre	-33.755	-8.756	16.244
Enero – Diciembre	-15.244	4.519	24.283
Diciembre – Septiembre	-48.396	-26.746	-5.096 ***
Diciembre – Octubre	-52.941	-26.425	0.091
Diciembre – Noviembre	-39.971	-13.275	13.241
Diciembre – Enero	-24.238	-4.519	15.244

Las comparaciones que son significantes al nivel de 0.05 se indican por ***

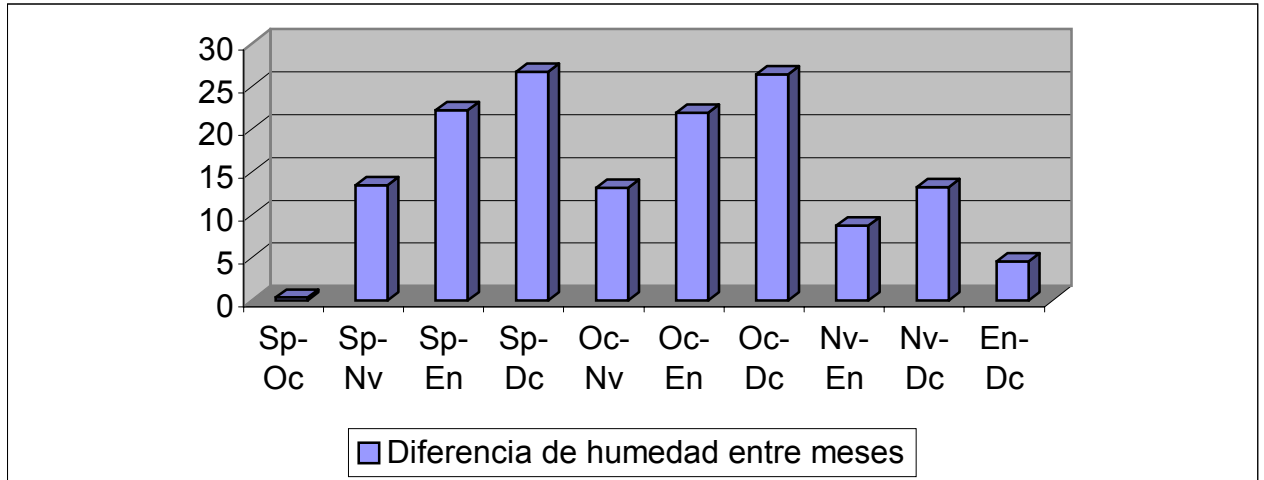


Figura 18. Diferencia de medias para los meses del 2003

Humedad media mensual para el 2004

Para el año 2004 durante los meses que se tomaron lecturas de humedad, que fueron enero, febrero y marzo, el análisis de varianza (apéndice), indico que no existieron diferencias significativas ya que $P > F$ es mayor a 0.05, dando un valor de 0.0586.

En la prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro 22 y Figura 19), para este año se observan las diferencias entre los meses en que se tomaron lecturas de humedad. La diferencia media de humedad entre febrero y enero fue de 4.77%; para febrero y marzo la diferencia fue de un 14.66%; para los meses enero y febrero la diferencia de medias de humedad fue de -4.77%; para enero y marzo la diferencia fue de 9.89%; para el mes de marzo la diferencia de medias mensuales fue, con febrero de -14.66% y con enero de -9.89% de humedad.

Cuadro 22. Prueba de comparación de medias para los meses del 2004

COMPARACIÓN DE MESES	LIMITE DE CONFIANZA INFERIOR	DIFERENCIA ENTRE MEDIAS	LIMITE DE CONFIANZA SUPERIOR
Febrero – Enero	-10.725	4.772	20.269
Febrero – Marzo	-0.829	14.667	30.164
Enero – Febrero	-20.269	-4.772	10.725
Enero – Marzo	-3.525	9.896	23.316
Marzo – Febrero	-30.164	-14.667	0.829
Marzo - Enero	-23.316	-9.896	3.525

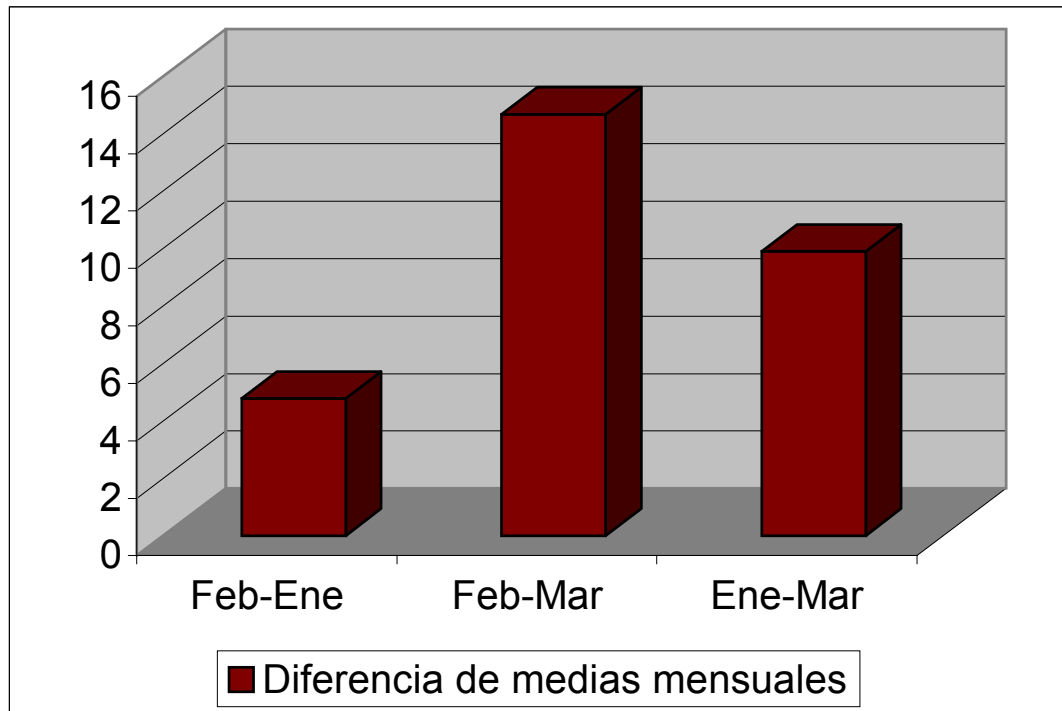


Figura 19 Diferencias de medias para los meses del 2004.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en este trabajo, se concluye lo siguiente.

Durante todo el periodo evaluado para las especies *Pinus cembroides*, *P. halepensis* y *P. pinceana*, el contenido de humedad fue estadísticamente igual, por lo que se acepta la hipótesis nula, que señala que no existen diferencias en el balance hídrico del suelo.

Para las estaciones por año donde se tomaron datos de humedad en cada una de las especies, el contenido de humedad fue semejante por lo que nuevamente acepta la hipótesis nula.

La humedad por mes en cada uno de los años evaluados fue semejante, sin embargo en la humedad media mensual para cada uno de los años, existieron diferencias estadísticas significativas por los diferentes eventos precipitación pluvial, los riegos de auxilio cuando la humedad disponible presentaba un valor cercano al 40 % y las condiciones climáticas que fluctúan o cambian para cada uno de los meses evaluados.

La especie que presentó mayor retención de humedad fue *Pinus pinceana*, debido a que es una especie que está adaptada las condiciones climáticas extremas, lo que le permite no absorber demasiada humedad, seguido de *P halepensis* y por último *P. cembroides*, ya que no tiene una buena cobertura de copa, lo que provoca que exista mayor evapotranspiración.

De acuerdo a las observaciones realizadas *Pinus halepensis* fue quien se ubicó en segundo nivel en retención de humedad, pero a diferencia de las otras especies esta especie crece más rápido en diámetro, altura y ancho de copa por lo que es recomendable realizar plantaciones de esta especie en donde la escasez de agua existe ya que la producción de la planta es rápida y no necesita demasiada humedad para su crecimiento.

RECOMENDACIONES

Con base a los resultados y a las observaciones se recomienda lo siguiente.

Establecer plantaciones de árboles de navidad en zonas semiáridas tomando en cuenta que los riegos de auxilio son necesarios, para el éxito de las mismas, ya que un nivel adecuado en el contenido de humedad en el suelo, es necesario para que la planta se desarrolle adecuadamente.

Aplicar riegos de auxilio cuando la humedad del suelo se encuentre por debajo del 40 % ya que sino se realiza la planta podría entrar en estrés, provocando que existan alteraciones en la planta llevándola a la muerte, estancamiento o deformaciones por la muerte del líder o de la yema apical.

De acuerdo a los contenidos de humedad mensual se recomienda aplicar veinte litros de agua cada quince días para mantener una humedad adecuada en la plantación.

Seguir obteniendo los datos de humedad del suelo para cada una de las especies y poder realizar una secuela optima de riego para cada especie.

LITERATURA CITADA

- Calvillo R., J. 2001. Determinación del volumen óptimo de riego en una plantación comercial de árboles de navidad en Saltillo, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 69p.
- Cabrera G., R. 1999. Practicas básicas de uso y manejo del agua. Monografía Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 5-77 pp.
- Chapa B., M.C. 1976. Principales técnicas de cultivo para árboles de navidad. INIF. México. 34 p.
- Chapman, A. G. y R. D. Wray. 1985. Christmas trees for pleasure and profit. Rutgers University Press. 212p.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977a. Carta edafológica. G14C33. Saltillo, Coah. Escala 1: 50,000.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional(CETENAL). 1975 c. Carta de uso de suelos. G14 C33. Escala 1:50,000. Saltillo, Coahuila.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977 b. Carta topográfica. G14C33. Saltillo, Coah. Escala 1: 50,000.
- Deudendron Chanes R. 1979. Árboles y arbustos de jardín en clima templado. 2ª. ed. Blume. España. 547p.
- Eguiluz, P. T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el genero *Pinus* en México. Tesis profesional. Departamento de bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. 623 p.
- Fritts, H.C.1958. An análisis of radial growth of beech in a central Ohio forest during 1954-1955. Ecology Núm. 39. USA. 271-276 pp.

- Fritts, H.C., Fritts, E.C. 1955. A new dendrograph for recording radial changes of a tree. Forest Science Núm. 1. USA. 271-276 pp.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México, D.F. 246 p.
- García, A y González E. M. S. 1998. Pinaceas de Durango. Instituto de Ecología, A.C. Durango, México. 179 p.
- Giocomini, V. 1977. Los desiertos. Serie planeta. Ed. Urbiión. España. pp.64
- Gómez S., O. 1990. Efecto de tratamientos de acondicionamientos en cinco especies de *Pinus* bajo dos condiciones de plantación. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 119 p.
- Goor, A.Y. 1964. Métodos de plantación forestal en zonas áridas. Cuaderno de fomento forestal No. 16 FAO. Roma Italia.
- Goor, A.Y. and C. W. Barney. 1976. Forest Tree Planting in Arid Zones. 2nd ed. The Ronal Press Company. New York. U.S.A. 504p.
- Guehl, M. J., C Picon, G. Aussenac. y P. Gross. 1994. interactive of elevated CO₂ and soil drought on growth and traspiration and its determinants in two European fores tree species. Journal Tree physiology. 14 (8). p. 707-724.
- Gutiérrez. C. J., Arredondo, V. 1995. Evaporación de agua del suelo en bosque de pino alepo en el sureste de Coahuila. Agraria, México. 11.(2). p. 106 – 119.
- Hernández P., V. M. 1991. Ensayo de adapacion de *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus nelsonii* Shaw y *Pinus pinceana* Gordon en dos estaciones de plantaciones en Zapalinamé, Saltillo, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 149 p.

- Koeppen, W. 1948. Climatología con el estudio de los climas de la tierra. Ed. Fondo de cultura económica. Mexico. 478 pp.
- Landgren, C.G. y B.S. Douglas. 1993. Developing high quality true fir christmas trees. Pacific Northwest Extension publication. PNW 226. 21p.
- Lamont, W.J., Hensley, D. L., Wiest, S. and R. E Gaussoin. 1993. Relay intercropping muckmelons with scotch pine Christmas trees using plastic mulch and drip irrigation. Review Hort Science. Vol. 28. Núm. (3). pp 177-178.
- Lara R.,M.E. 1994. Ensayo de ocho especies forestales para árboles de navidad en el campo experimental forestal "Barranca del Cupatitzio". Revista Ciencia Forestal. México. Vol.19. Num_ 75. pp.
- Lindstrom,O. M.; D. J. Moorhead y G. W. Kent. 1997. Propagation and care of Leyland cypress as Christmas trees. <http://www.bugwood.org>
- Lotan, E.J., Zahner, R. 1963. Shoot and needle responses of 20-yerars-old red pine to current soil moisture regímenes. Forest Science. Num. 9. 497-506 pp.
- Madrigal, S. X. 1977. Características generales de la vegetación del Estado de Durango, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. SARH. Revista científica forestal. Vol. 2 No.7 México, DF.
- Marroquín, S.J., Borja, L. G., Velásquez, C. R. y De la Cruz, C.J.A. 1981. Estudio ecológico, dasonómico de las zonas áridas del Norte de México . 2da. Ed. INIF-SAG.166 pp.
- Martínez, M. 1948. Los Pinos Mexicanos. Segunda Edición, Editorial Botas. México D.F. 361 p.

- Mayor, X. y F. Roda. 1994. Effects of irrigation and fertilization on stem diameter grown in a Mediterranean holm oak. *Review of forest Ecology*. 147. (184). p. 38-43.
- Medina G., J, 1985. Los piñoneros de México. Monografía. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 82 p
- McKinley, R. C., Sidebottom, R. J. H. Owen. 1996. The process of forestry extension education; speciality tree production in north Carolina, United States. Special issue; *Forestry Extension*. Vol. 147. Núm. 184.pp. 38-43.
- Mirov, N.T. 1967. The genus *Pinus*. The Ronald press Company New york. U.S.A. 602 p.
- Muñoz, C.S. 1985 Geohidrología avanzada. Colegio de Posgraduados. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coah., México.
- Peñuelas R., J.L. y L. Ocaña B.1996. cultivo de plantas forestales en contenedor. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España. 190p
- Perry, P. J. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.
- Polunin E. 1976. Árboles y arbustos de europea. ed. Omega. Barcelona España.
- Prieto R., J.A. y A. Sánchez V. 1991. Guia basica de la reforestación. PRONARE- Univ. Aut. Chapingo. Méx. 75p.
- Prieto R., J.A.; G. Vera C.; y E. Merlín B. 1999. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. INIFAP-SAGAR. Folleto técnico No. 12. Campo experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo.23 p.

Proebsting, M. W., Buhaly, J. and D. Hanley. 1981. Growing christmas trees in the pacific northwest. Washington, EUA. PNW 6. 23 p.

Merlín B., E. y Prieto R. 2002. Producción de árboles de navidad en regiones semiáridas del norte de México. INIFAP-SAGARPA. Folleto técnico No.17. Campo experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo.26 p.

Proebsting, W.M. y C.G. Landren.1993. Developing sheared Douglas-fir Christmas trees. Pacific northwest extension publication. PNW227.19p.

Rober, P. M. 1971. Notas sobre el estudio ecológico fitogeográfico de los bosques de *Pinus cembroides* zucc en México. Rev. Científica forestal 2:10:113 Mexico.

Rodríguez, T.F. 1981. Elementos de escurrimiento superficial. Depto. de irrigación, UACH, Chapingo, México.

Rojas, P., L y Rojas., R. 2000. Uso y manejo del agua. Departamento de riego y drenaje. UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila. 145 p.

Ruiz G., C. y E. Velasco B. 1994. Crecimiento y distribución de biomasa en plantas de *Pinus engelmannii* Carr. bajo dos niveles de humedad del suelo. Tesis de Licenciatura. UACH, Chapingo, México.102p

Rzedowski, J. 1978. vegetación de México. Editorial Limusa. México, D.F. p.432

SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE RECURSOS NATURALES Y PESCA. 1997.El cultivo de arboles de navidad en México. In: programa nacional de sanidad forestal. Resultados 1997. Subsecretaria de Recursos Naturales. Dirección General Forestal. Pp.21-24.

SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE RECURSOS NATURALES Y PESCA.1999. La Producción de Árboles de Navidad en México. Subsecretaria de Recursos Naturales. Dirección General Forestal. Documento de información al público. 10 p.

Serrano, C.Z. 1979. Invernaderos, instalación y Manejo. Publicaciones de extensión agraria. Madrid.431p.

Steel, D.G.R. y H.J. Torrie. 1990. Bioestadística. Ed. McGraww-Hill. México.

Torres E., L . M.,A Cano P. y E. Aldrete M. 1990. Ensayo de cinco especies de *Pinus* para la producción de árboles de navidad en la Sierra de Arteaga. Publicaciones CIFAP-COAHUILA. Vol.2. Núm.2.

UNAM – DETENAL. 1970. Carta de climas. Monterrey 14R-VII. Escala 1: 500,000.

Villarreal Q., J. A. 1983. Malezas de Buenavista, Coahuila. Ed. México. UAAAN. 269. p.

Winter, J.E. Water Soil and the plant. The Mc Millan Press LTD. London. 1974. 141 p.

<http://www.fut.es/~ralturo/coscoja/arbol/pinaceae/phalep.htm>.

APÉNDICE

Cuadro A1. Análisis de varianza por especie durante todo el periodo evaluado.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Model	2	0.08914653	0.04457327	0.08	0.9238
Error	30	16.82020075	0.56067336		
Total corregido	32	16.90934728			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.005272	8.370593	0.748781	8.94537865

Cuadro A2. Análisis de varianza para la estación otoño del 2002.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Model	2	0.69352923	0.34676461	0.45	0.6582
Error	6	4.63504167	0.77250695		
Total corregido	8	5.32857090			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.130153	9.990829	0.878924	8.79730561

Cuadro A3. Análisis de varianza para la estación otoño del 2003.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Model	2	0.80815281	0.40407640	0.48	0.6324
Error	6	7.53910044	0.83767783		
Total corregido	8	8.34725325			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.096817	10.07229	0.915247	9.08642130

Cuadro A4. Análisis de varianza para la estación invierno del 2004.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Model	2	0.26639731	0.13319866	0.52	0.6192
Error	6	1.53778780	0.25629797		
Total corregido	8	1.80418511			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.147655	5.575867	0.506259	9.07946358

Cuadro A5. Análisis de varianza para el mes de octubre del 2002

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Model	2	0.01295035	0.00647518	0.96	0.4761
Error	3	0.02023100	0.00674367		
Total corregido	5	0.03318137			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.390290	0.840976	0.082120	9.76482892

Cuadro A6. Análisis de varianza para el mes de noviembre del 2002

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Model	2	1.70406853	0.85203426	0.20	0.8269
Error	3	12.61172090	4.20390697		
Total corregido	5	14.31578942			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.119034	24.85432	2.050343	8.24944484

Cuadro A7. Análisis de varianza para el mes de diciembre del 2002

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Model	2	1.39771911	0.69885956	0.40	0.6788
Error	15	26.36419266	1.75761284		
Total corregido	17	27.76191177			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.050347	15.82486	1.325750	8.37764307

Cuadro A8. Análisis de varianza para el mes de enero del 2003.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Model	2	0.08030293	0.04015147	0.03	0.9746
Error	15	23.32612433	1.55507496		
Total corregido	17	23.40642726			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.003431	14.80471	1.247026	8.42317234

Cuadro A9. Análisis de varianza para el mes de septiembre del 2003.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Model	2	0.01481132	0.00740566	0.48	0.6330
Error	9	0.13847110	0.01538568		
Total corregido	11	0.15328242			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.096628	1.272884	0.124039	9.74471990

Cuadro A10. Análisis de varianza para el mes de octubre del 2003.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Model	2	0.02623983	0.01311992	2.89	0.1996
Error	3	0.01361110	0.00453703		
Total corregido	5	0.03985093			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.658450	0.692384	0.067357	9.72835015

Cuadro A11. Análisis de varianza para el mes de noviembre del 2003.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Model	2	4.44468032	2.22234016	8.84	0.0552
Error	3	0.75402524	0.25134175		
Total corregido	5	5.19870556			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.854959	5.673430	0.501340	8.83662871

Cuadro A12. Análisis de varianza para el mes de diciembre del 2003.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Model	2	0.29748877	0.14874438	0.04	0.9611
Error	9	33.60698237	3.73410915		
Total corregido	11	33.90447113			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.008774	24.04663	1.932384	8.03598646

Cuadro A13. Análisis de varianza para el mes de enero del 2004.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Model	2	1.95583756	0.97791878	0.50	0.6207
Error	12	23.64167584	1.97013965		
Total corregido	14	24.59751341			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.076407	15.32913	1.403617	9.15653445

Cuadro A14. Análisis de varianza para el mes de febrero del 2004.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Model	2	0.08180747	0.04090374	1.61	0.2763
Error	6	0.15280643	0.02546774		
Total corregido	8	0.23461391			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.348690	1.678993	0.159586	9.50487244

Cuadro A15. Análisis de varianza para el mes de marzo del 2004.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Model	2	0.33776478	0.16888239	0.28	0.7609
Error	12	7.24963325	0.60413610		
Total corregido	14	7.58739803			

R. cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de humedad valores transformados
0.044517	9.062182	0.777262	8.57698385

Cuadro A16. Análisis de varianza para la Humedad media mensual del 2002.

Fuente de variación	Grados de libertad	Type I SS	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Tratamiento	2	366.215167	183.359544	0.51	0.6081
Mes	2	2635.229389	1317.614694	2.88	0.0785
Tratamiento * Mes	4	155.415111	38.853778	0.08	0.9862

Cuadro A17. Análisis de varianza para la Humedad media mensual del 2003.

Fuente de variación	Grados de libertad	Type I SS	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Tratamiento	2	387.095791	193.547895	0.56	0.5742
Mes	3	5146.425972	1715.475324	4.99	0.0050
Tratamiento * Mes	6	636.643148	106.107191	0.31	0.9287

Cuadro A18. Análisis de varianza para la Humedad media mensual del 2004.

Fuente de variación	Grados de libertad	Type I SS	Cuadrado medio	F Cal	Pr > F
Tratamiento	2	155.580557	77.790278	0.35	0.7075
Mes	2	1388.446534	694.223267	3.12	0.0586
Tratamiento * Mes	4	217.066264	54.266566	0.24	0.9109

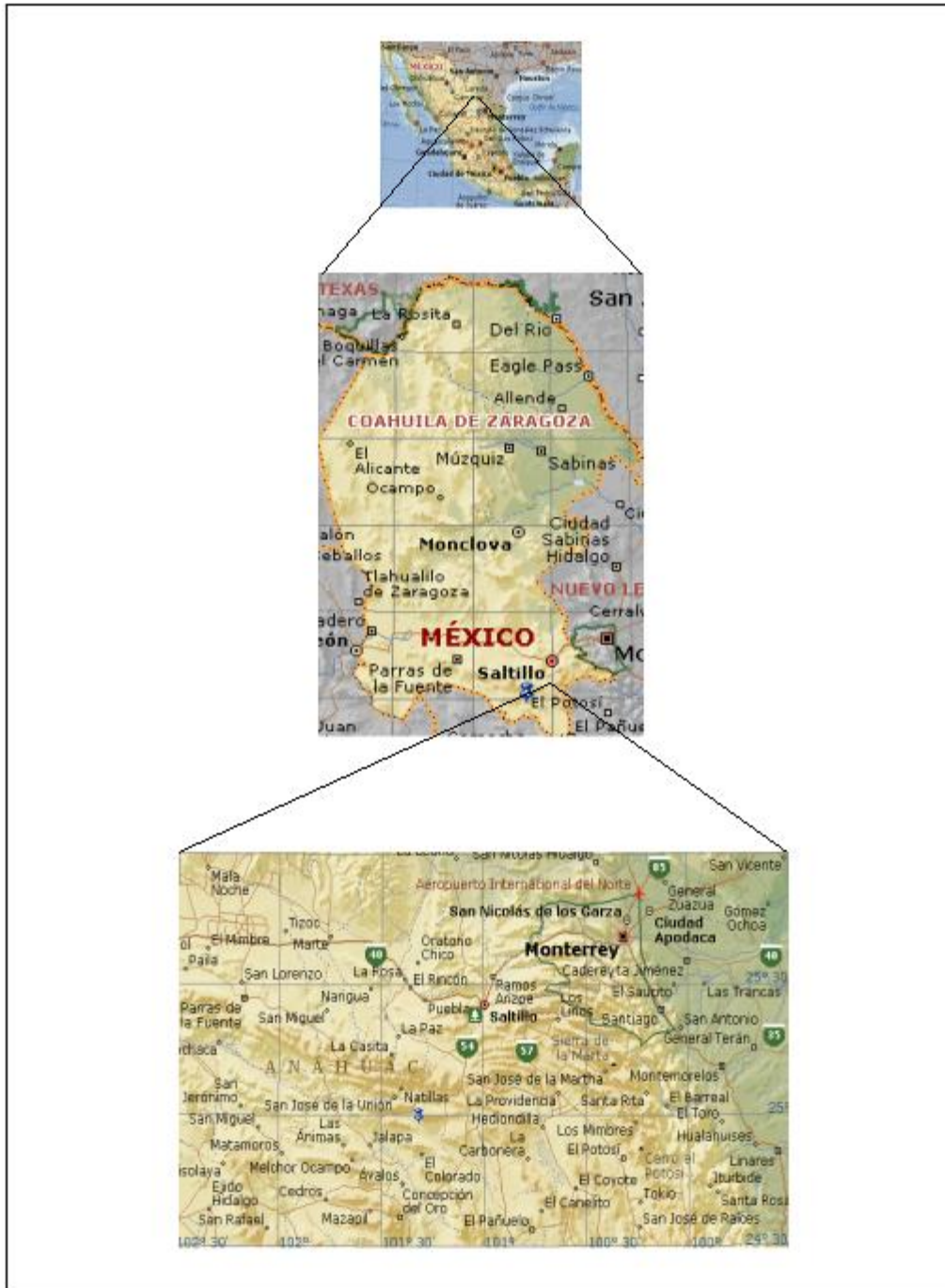


Figura A1. Ubicación geográfica del área de estudio.