



UNAM
FES-ZARAGOZA
CARRERA DE BIOLOGIA

AREA DE AMBIENTALISMO
Laboratorio de contaminación Atmosférica

Tesis para obtener el título de Biólogo

**“Variaciones climáticas registradas en anillos de crecimiento
Pinus patula como indicadores del calentamiento global en el
Parque Nacional desierto de los Leones”**

Por

Martínez Pacheco Iván Leonel

Director de Tesis
M. en C. Germán Calva Vásquez



México D. F. A 10 de junio de 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatoria y agradecimiento.

- ξ El presente trabajo se lo dedico a mi esposa e hija a su inmenso apoyo que me otorgaron y su comprensión.
- ξ A mis padres y a mis suegros por su apoyo, moral por su comprensión y ánimos recibidos.
- ξ A la Geógrafa iris Resendiz del Servicio Meteorológico Nacional por toda la información proporciona y su amabilidad.
- ξ A todos los doctores por su apoyo y comprensión;
- ξ Al Dr. Enrique Jurado de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Postal Box 41, Linares, Nuevo León C.P. 67700, México por su orientación e información indiscutible amabilidad.
- ξ Dra. Martha Gonzales-Elizondo CIIDIR Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional, por su orientación e información indiscutible amabilidad.
- ξ Dra. Sara Díaz del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), La Paz, BCS, México por su orientación e información indiscutible amabilidad.
- ξ Dr. José Villanueva del INIFAP, CENID-RASPA Gómez Palacio, Durango, por su orientación e información e indiscutible amabilidad.
- ξ A todos mis sinodales por sus revisiones minuciosas
- ξ Y finalmente y no menos importante al Dr. Ph. Germán Calva Vásquez Director de tesis original en México en la ZMVM, en el Parque Nacional Desierto de los Leones. y un gran reconocimiento por su comprensión y apoyo y sobre todo a su infinita paciencia.
- GRACIAS**

Indicé de Contenido

RESUMEN.....	vi
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMATICA.....	4
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.3. HIPÓTESIS DEL TRABAJO.....	6
II. OBJETIVOS.....	6
2.1. Objetivo general.....	6
2.2. Objetivos Particulares.....	6
III. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
IV. MARCO TEORICO.....	8
4.1. Estructura de la madera.....	8
4.1.1 Duramen y Albura.....	10
V. METODOLOGIA.....	12
5.1. Zona de estudio.....	12
El Parque Nacional Desierto de los Leones posee una.....	12
5.1.1. Localización.....	12
5.1.2. Fisiografía.....	13
5.1.3. Vegetación.....	13
5.1.4. Fauna.....	13
5.1.5. Edafología.....	13
5.1.6. Climatología.....	14
5.2. Materiales y Métodos.....	15
5.2.3. Fase experimental.....	17
5.2.4. Fase de gabinete.....	18
VI. RESULTADOS Y DISCUSION.....	19
VII. ANALISIS ESTADISTICO.....	32
7.1. Diferencia de Medias.....	33
VIII. CONCLUSIONES.....	36
IX. RECOMENDACIONES.....	37
X. REFERNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	38
XI. ANEXOS.....	40

Índice de Figuras

Figura 1: Gobierno del Distrito Federal 2002 y Foto tomado de Ciesla, (1975).....	1
Figura 2 : Síntomas del Decline forestal presente en el Parque Nacional Desierto de los Leones.....	4
Figura 3: Anillo de Crecimiento de <i>Pinus patula</i> tomada por Martínez Leonel I. (2007) con un Estereoscopio marca Motic modelo DM143.....	9
Figura 4 : Ubicación del Parque Nacional Desierto de los Leones.....	12
Figura 5 : Daños en los árboles.....	15
Figura 6 : Procedimiento de la extracción de los núcleos de crecimiento y medición del árbol.....	16
Figura 7 : Montado de muestra en bastidores.....	17
Figura 8: Técnica de datos cruzados Variación de los índices normalizados de madera temprana (EW; A, B) y madera tardía (LW; A, B) con barras de incertidumbre de 5 % de <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham. en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006.....	19
Figura 9 : Oscilación de los índices normalizados promedio de madera temprana promedio con barras de incertidumbre de 5% de <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham. en el PNDL de 1962-2006.....	21
Figura 10 : Variación de los índices normalizados promedio de madera temprana y madera tardía promedio con barras de incertidumbre de 5% de <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham. en el PNDL de.....	22
Figura 11 : Cronología de los núcleos extraídos de <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham. En el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1932-2006 con barras de incertidumbre de 3%.....	23
Figura 12 : Segmento "A" de la cronología de <i>Pinus patula</i> con imagen de Win Dendro 2003.....	24
Figura 13 : Segmento "B" de la cronología de <i>Pinus patula</i> con imagen de Win Dendro 2003.....	25
Figura 14 : Segmento "C" de la cronología de <i>Pinus patula</i> con imagen de Win Dendro 2003.....	25
Figura 15: Variaciones de los índices normalizados de <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham. en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006 con barras de incertidumbre del 5 %.....	26
Figura 16 : Variaciones de temperatura (°C) y Precipitación (mm) en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006 con barras de incertidumbre del 5 %.....	27
Figura 17 : Variaciones de los Índices normalizados de temperatura y Precipitación en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006 con barras de incertidumbre del 5 %.....	28
Figura 18 Variaciones de los índices normalizados de RW <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham. Precipitación y Temperatura en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1960-2006 con barras de incertidumbre del 5 % Vs. Años.....	29

Figura 19: Variaciones de los índices normalizados de EW <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham. Precipitación y Temperatura en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1960-2006 con barras de incertidumbre del 5 % Vs. Años.....	30
Figura 20 Variaciones de los índices normalizados de LW <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham. Precipitación y Temperatura en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1960-2006 con barras de incertidumbre del 5 % Vs. Años.....	31
Figura 21 : Dendograma de las variables utilizadas en la metodología.....	32
Figura 22 : Diferencia de medias de Precipitación en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006 Versus años (I quinquenio es igual a cinco años) con intervalos de confianza de 95 por ciento.	33
Figura 23 : Diferencia de medias de temperatura en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006.....	34
Figura 24 : Diferencia de medias de ancho del anillo de crecimiento de <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham. en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006 Versus años con intervalos de confianza de 95 por ciento.....	34
Figura 25 : Diferencia de medias de madera temprana de <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham. en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006 Versus años con intervalos de confianza de 95 por ciento.	35
Figura 26 : Diferencia de medias de madera temprana de <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham. en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006 Versus años con intervalos de confianza de 95 por ciento.	35

Índice de tablas

Tabla 1; Ambientes climáticos del “Desierto de los Leones” (SMN).....	14
Tabla 2; Temperatura y Precipitación anual (INEGI, 2000).....	14
Tabla 3; Temperatura y Precipitación media mensual (INEGI, 2000).....	14
Tabla 4 : promedio de los anillos de crecimiento y sus variables.....	31

RESUMEN

El ecosistema forestal de la Cuenca del Valle de México ha permanecido durante los últimos cinco siglos, estableciéndose un perfecto equilibrio hidrológico y químico con la atmósfera y su edafología. Los ciclos geoquímicos y biogénicos se han mantenido reciclando todos los macro, micro, meso y oligo-elementos que sustentan la vida en la Cuenca. Desde inicios del siglo XX, y en especial en los últimos cincuenta años el crecimiento urbano, la emisión de contaminantes atmosféricos y extracción de agua del subsuelo han impactado físicamente a los bosques y su equilibrio.

En menos de 10 años el régimen de temperatura y precipitaciones ha cambiado, así la “sequía intraestival” en la mitad del verano se ha extendido, y los meses de más lluvia, julio y septiembre, ahora ha cambiado a octubre. Independientemente que los cambios se hayan producido por la contaminación atmosférica o por el cambio climático global que localmente ha propiciado dichos cambios, la cuestión es como la comunidad arbórea ha enfrentado esos cambios y como fisiológicamente tendrían que resolverlos.

Los métodos para obtener las muestras de madera, preparación y determinación cronológica se hicieron de acuerdo a lo descrito por Stokes y Smiley (1992), Cook (1995) y Grisso-Mayer (2003).

De entre los resultados destaca que la precipitación y la temperatura manifestaron un comportamiento de tres ciclos; el primero, comprendido entre los años de 1962 a 1977 donde la lluvia alcanza hasta 80 mm³ y el más bajo es de 40; con respecto a la temperatura, fue de casi 15.5 °C y la mínima fue de 13.5. Un segundo ciclo, correspondió al año de 1977 a 1993, en donde se registró un aumento de temperatura a los 17 °C y la precipitación disminuyó a 40 mm³; destaca una mínima temperatura de 14.8°C y para el año de 1991 un incremento en la precipitación hasta 90 mm³. Finalmente, el tercer ciclo que correspondió a los años 1993 al 2006 en donde la temperatura fue ligeramente más alta (16.4°C) que hace 40 años con una precipitación de 15.8 mm³.

La proporción de crecimiento entre la región madera temprana respecto a la tardía fue 77.35 % y de 22.65%, respectivamente, a una razón de 3:1. Resultado que contrasta con lo publicado por Spurr (1982) y Hocker (1984) en donde le atribuyen mayor crecimiento durante el periodo de primavera.

En relación con la temperatura se concluyó que esta es relacionado con la formación de la madera temprana y para el caso de la precipitación esta influye directamente con la madera tardía.

I INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica trae consigo la alteración de las propiedades físicas y químicas de la atmósfera como así ha sucedido en las principales ciudades mas contaminadas del mundo Seinfeld (1985). Ubicando a la ciudad de México en esa categoría, el cambio en las condiciones atmosféricas ocurrió a partir de la década de los 70s, alterando las propiedades físicas químicas y meteorológicas (fig. 1) de la siguiente manera en la Cuenca del Valle de México:

- Físicas; Disminución de la radiación directa (20%), extensión media del 12 al 15% en temporada de sequia y disminución de la visibilidad por aerosoles y material particulado (Galindo, 1989).
- Químicas; Mayor concentración de metano (CH_4), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Ozono (O_3), Dióxido de Carbono (CO_2), y O_2 , a los cuales absorben radiación solar selectiva (Uv, Visible y cercano al infrarrojo) y emiten radiación térmica Galindo (1989). Por otro lado, el SO_2 de la Cd. De México, históricamente (1972-1986) ha rebasado las normas primarias y secundarias de los EE.UU. Calva (1989-1990) y cuyo rango, oscila entre 0.020 a 0.90 ppm.
- Meteorológicos ; el aumento del viento calma ($>$ a 80 %) por la noche y las primeras horas de la mañana Jáuregui (1988) provocan el incremento de la tasa de reactividad de los contaminantes atmosféricos, de ahí el carácter oxidante, consecuencia directa de las altas concentraciones de O_3 (fluctuaciones de 0.250 a 0.325 ppm promedio de la segunda concentración máxima anual 1988-1997 en seis estaciones de monitoreo) NO_2 (fluctuó de 0.20 a 0.285 ppm promedio de la segunda concentración máxima anual 1988-1997 en nueve estaciones de monitoreo), CO_2 (fluctuaciones de 8 a 17 ppm promedio de la segunda concentración máxima anual) y SO_2 (fluctuó de 0.05 a 0.125 ppm promedio de la segunda concentración máxima anual 1989-1997 en 3 estaciones de monitoreo) de acuerdo al informe anual de la calidad del aire del Valle de México (DGPCC-RAMA, 1997).



Figura 1: Gobierno del Distrito Federal 2002

Foto tomado de Ciesla, (1975)

Por otro lado, la baja humedad atmosférica (45- 55% en temporada de sequia y de 75 al 80% en la temporada húmeda Cruz-Cisneros (1989), las altas temperaturas (de 12 a 22°C Cruz-Cisneros (1989) y la alta radiación global en los meses de Enero y Marzo Galindo (1989) favorecen las tasas de reactividad Química de los Contaminantes Atmosféricos. Ahora bien a las emisiones industriales de la cuenca (que han propiciado las condiciones actuales de la Atmosfera) se tendrán que sumar las que corresponden al volcán Izta-Popocatepetl, lo cual, modificara significativamente el meso clima y las propiedades atmosféricas de la Cuenca de México con la consecuente repercusiones los ecosistemas boscosos, como así se sucediera con las emisiones del Chiconal (Ingersoll, 1983).

En la dinámica de la atmósfera, es necesario conocer cual es la fuente de energía que origina los cambios generales en la situación general de la atmósfera. Esta energía procede del sol, que es una estrella viva (incandescente), con una temperatura en su corona exterior de unos 5727 °C y emite su energía en forma de radiaciones electromagnéticas que, a diferencia de otras formas de transmisión del calor (convección, conducción) son capaces de atravesar el espacio (se transmiten en el vacío).

Los anillos de crecimiento de los árboles y otras plantas leñosas constituyen una fuente de información para diversos estudios científicos. La ciencia que se ocupa del análisis de los anillos de crecimiento desde una perspectiva temporal se denomina Dendrocronología, mientras que la dendroclimatología constituye una disciplina específica que permite extraer y seleccionar la información de carácter climático contenida en la variabilidad de los datos dendrocronológicos. Para ello se requiere que estos datos procedan de un conjunto amplio de ejemplares que contengan la mayor varianza común posible que se pueda relacionar con los datos climáticos.

El engrosamiento, periódico y concéntrico, de troncos y ramas es un hecho biológico que se manifiesta en gran parte de los árboles y otras leñosas que habitan en climas estacionales y permite que se acumule y conserve información de carácter variable y temporal, de manera que las oscilaciones de los anillos de crecimiento (en ocasiones, también otro tipo de marcas o señales) constituyen un registro de las condiciones optimas para un buen desarrollo.

Diferentes acontecimientos que han ido sucediendo en la historia vital de cada ejemplar puede detectarse a través del estudio de los anillos de crecimiento. Los anillos anuales o estacionales se distinguen, en general, fácilmente a simple vista. Sirven para apreciar la clase y calidad de la madera dentro de la especie.

El estudio del anillo estacional en relación con las propiedades de la madera hay que considerarlo desde el punto de vista de los tipos de maderas que se establecen: Coníferas o maderas sin vasos, frondosas o maderas con vasos, maderas de frondosas de anillo difuso, maderas de frondosas de anillo semiporoso. En todo anillo, se presentan dos clases de madera: madera producida en la estación de verano (LW) y madera producida en la estación primavera (EW).

Las fluctuaciones de temperatura esta relacionado con el crecimiento vegetativo en la primavera esta directamente relacionado con el fotoperiodo, y con las temperaturas cálidas que se presentan durante la estación de primavera y las respuestas fotosintéticas ya que son las respuestas mas básicas de la división y la elongación celular, todas las reacciones controladas en las plantas por las enzimas están afectadas por los cambios el crecimiento se produce cuando hay una acumulación neta de fotosintatos, pero si se presentan temperaturas demasiado bajas o altas, la acumulación de fotosintatos no se lleva por lo tanto no habrá crecimiento Spurr (1976) Hocker (1984). Las plantas regulan su temperatura disipando parte de la energía que absorben, con esto previenen la muerte debido a la temperatura extrema.

Por ultimo los procesos mas influidos por la temperatura son basicamente los siguientes; actividad de las enzimas que catalizan las reacciones bioquímicas especialmente fotosíntesis y la respiración, la solubilidad del Dioxido de Carbono y el Oxígeno en las células vegetales, la transpiración, la capacidad de las raíces para absorber agua y minerales del suelo, por ultimo la permeabilidad de la membrana celular.

Las fluctuaciones de la precipitación se ven expresadas cuando un árbol interrumpe su crecimiento en altura debido a que la tensión de la humedad del suelo es demasiada impide el crecimiento del árbol debido al estrés y la disponibilidad del recurso hídrico; un ejemplo severo se encuentra donde el 60% o mayor proporción de los arboles en estadio de semillero, plantados como parte de un programa de regeneración mueren por falta de lluvia. La humedad del suelo determinara en gran medida la cantidad de crecimiento en altura y la precipitación en un año cualquiera que este sea Hocker (1984). La escasa precipitación en los arboles y la perdida de agua por tiempos prolongados un año expresan generalmente una perdida de crecimiento en altura y diámetro en el año siguiente Spurr(1976).

I *Problemática.*

De acuerdo con Alvarado *et al.* (1991) y López *et al.* (1998) la vegetación arbórea del Parque Nacional Desierto de los Leones, esta sujeta a descortezadores, incendios forestales, originando su declinación y muerte, extendiéndose a grandes poblaciones de pino. El decline se manifiesta por diferentes daños como pérdida de hojas y ramas, necrosis foliar, clorosis y descortezamiento, que hasta fechas recientes sigue presente, como se constató en un recorrido prospectivo (Figura 2).

Actualmente no se detecta plaga alguna dentro del parque, y durante los últimos ocho años se han presentado 16 siniestros que afectaron un promedio 0.8 ha/incendio, excluyendo el de 1998 que impactó poco más de 500 ha cercano al paraje de Agua de Leones Mirador de la Cruz de Cólica.

La gravedad de la declinación poblacional del arbolado deriva de un proceso constante y directo atribuible al factor de la contaminación que se produce en la zona urbana del D. F. Alvarado *et al.* (1991; López *et al.* (1998) Así desde 1983 las emisiones afectan de manera considerable las especies *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii* y como resultado, de las 1,866 ha del parque, 26 % están deforestadas o en proceso de degradación. Al parecer estos contaminantes son originados en el norte de la ZMVM son dispersados y transportados por los vientos dominantes de dirección noroeste-noreste Bravo *et al.* (1991). Por lo tanto, la alteración de la química de la lluvia en estas zonas puede ocasionar daño foliar, deficiencia nutrimental y la lixiviación de constituyentes foliares, principalmente cationes básicos (calcio, potasio, magnesio y sodio), como ocurre en otras regiones del mundo Lovett *et al.* (1985); Puckett (1990); Liechty *et al.* (1993).

Por otra parte la anchura del anillo y los incrementos básicos serán relacionados perceptiblemente con la precipitación en la estación de crecimiento (Abril-Julio) y la temporada de secas el decline forestal causado por el cambio de las condiciones climáticas principalmente temperatura y precipitación se debe a la suspensión de la fotosíntesis, el árbol deja de producir celulosa y fotosintatos por lo tanto el árbol no gana volumen, o crecimiento evidente en los anillos pasados y presentes no se desarrollan por la deficiencia de nutrientes y las condiciones climáticas cambiantes.



Figura 1 : Síntomas del Decline forestal presente en el Parque Nacional Desierto de los Leones.

1.1. Justificación.

El presente trabajo se basa en los grandes estragos que se están observando en las condiciones climáticas de los bosques al parecer relacionados con cambios en las condiciones climáticas sobre la mayoría de los bosques y dado a que el Parque Nacional Desierto de los Leones (PNDL) esta en las orillas de la ZMVM cualquier cosa que lo afecte nos perjudicara directamente a todos los habitantes de la ZMVM debido a que estos bosques sirve como pulmones depurando un poco los contaminantes emitidos por el D.F. y estado de México, además retiene una cantidad de agua inmensa, si estos bosques no existieran tendríamos muchos mas problemas de inundaciones y desastres naturales.

Los bosques son una parte muy importante para el medio ambiente, ellos cubren la tercera parte del continente de la tierra, además de que contribuyen al equilibrio de la naturaleza del planeta y consecuentemente benefician muchas formas de vida, incluyendo la humana. El decline forestal cambia la estructura del ecosistema y de las poblaciones de la comunidad arbórea, se desconoce aun el tiempo exacto, sin embargo, muchos trabajos de investigación que evalúan la salud forestal ocasionado por los contaminantes del aire, lo han determinado en meses a años; y países europeos forman programas de monitoreo para evaluar las condiciones de los bosques anualmente.

En México aun estamos muy lejos de poder realizar acciones que detengan el decline de los bosques, reuniendo los resultados de los centros de investigación y las realizadas por instituciones privadas de los cuales existen pocos estudios sobre la declinación de los bosques Sin embargo, desde 1980, se registra el depósito ácido y contaminación atmosférica que a través del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), nos proporciona información continua del fenómeno atmosférico en la ciudad. Sin embargo, queda al margen el efecto de esa contaminación en las poblaciones arbóreas, de ahí la importancia de su uso como biomonitores.

La pérdida de los bosques del Valle de México por efecto del estrés atmosférico podría alterar el equilibrio ecológico de las poblaciones de oyamel y pino; aunado con los fenómenos naturales: incendios, decline del bosque y plagas. Hay evidencias de que al alterarse las condiciones ecológicas de las poblaciones, estas pueden verse reflejadas en la pérdida de hojas, talla, cobertura, coloración, vigor, crecimiento del xilema y floema, etc.

Los anillos de crecimiento de los árboles constituyen una fuente de información para diversos estudios científicos recientemente enfocados al biomonitoreo, cambio climático global, evaluación del decline forestal, variación en el ciclo del carbono, entre otros no menos importantes.

Debido a la escasa información que existe en México sobre el tema, la presente investigación tiene por objeto, determinar la la relación entre las variables climáticas y los anillos de crecimiento anual de *Pinus patula* Schl. et Cham en el Parque Nacional Desierto de los Leones, usando como herramientas a la dendrocronología, dendroclimatológicas y dendroecología; en donde se ha visto que al utilizar estas herramientas de investigación se ha extendido su utilidad ecológica y biológica. Su uso en España, Canadá, Estados Unidos y recientemente México, son la muestra tangible de que las investigaciones dendroclimatológicas podrían aportar conocimiento básico para el desarrollo de planes de manejo y conservación de las áreas verdes más importantes del país.

1.3. HIPÓTESIS DEL TRABAJO.

Si las variaciones climáticas influyen en el crecimiento de los anillos estos se relaciona directamente con las condiciones favorables y desfavorables provocando un menor o mayor crecimiento, apareciendo marcadamente los cambios climáticos (precipitación y temperatura) en los anillos de crecimiento de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el Parque Nacional Desierto de los Leones.

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general

“Determinar la relación entre las variables climáticas y los anillos de crecimiento anual de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el Parque Nacional Desierto de los Leones”

2.2. Objetivos Particulares.

- a) Cross-dating de Madera temprana (EW A y B) y Madera tardía (LW A y B) de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el PNDL
- b) Determinar la longitud del crecimiento de primavera (EW) y verano (LW) de *Pinus patula* Schl. et Cham en el PNDL.
- c) Construir la cronología de anillos de crecimiento de *Pinus patula* Schl. et Cham. del PNDL.
- d) Determinar la ganancia de crecimiento en cada uno de los núcleos de *Pinus patula* Schl. et Cham en el PNDL.
- e) Graficar los registros climáticos de la SMN (Servicio Meteorológico Nacional) de por lo menos 50 años atrás en el PNDL valores reales e índices normalizados.
- f) Determinar la relación entre el crecimiento de los anillos (EW, LW, RW) de *Pinus patula* Schl. et Cham. y los registros climáticos (precipitación y temperatura) de 1962-2006 en el PNDL. Vs años.

III. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En relación con los estudios e investigaciones realizadas en esta línea, destaca la de Andrew E. Douglass 1901 (citado por Douglas, A. Julio 1938) fue el primero en realizar estudios sobre dendrocronología es conocido como el padre de la dendrocronología el observo que los anillos que los anillos expuestos en un tronco cortado de *Pino flagstaff* en Arizona EUA, exhibían variaciones en su anchura el se cuestionaba si estos pinos eran, influenciados por la humedad disponible, o por la competencia que existía dentro del rodal, si es que la humedad tendría que ver con la anchura del anillo, el analizo que era verdad los anillos delgados correspondían a años secos y podría usar el grosor como una prueba a largo alcance del tiempo y clima sin embargo en 1911 fue cuando realmente se dio cuenta del verdadero alcance de estas observaciones y estableció un fechado cruzado y que los modelos del ancho de los anillos en sí mismos representen un registro de las condiciones ambientales sobre una región.

Por otra parte no fue hasta el período de los cuarentas y cincuentas que se obtuvieron en México las primeras cronologías Schulman, (1944-1956) las cuales fueron de Pinos sp. *Pseudotsuga menziesii* y *Abies duranguensis* ubicados cerca de Durango, Schulman (1944) examino muestras arqueológicas de *Cupressus lindbeyi*, *Toxodium mucronatum* y *Abies religiosa* distribuidas en el centro del país.

En la década de los setentas gracias Schulman a las expediciones de investigación de la Universidad de Arizona como parte del proyecto mexicano de anillos de arboles se construyeron cerca de veinte cronologías.

Scott (1966) uso a los registros de los anillos con fines arqueológicos en México el cual se refiere al fechado de de las ruinas prehistóricas de casas grandes Chihuahua el desarrollo la cronología flotante de 485 años de longitud con madera de coníferas.

Las primeras reconstrucciones dendroclimatológicas de México son estimaciones de Precipitación e Índices de Severidad de Sequia de Palmer (PDSI, por siglas en ingles) para el área fronteriza de Sonora (Villanueva-Díaz (1996); Villanueva-Díaz y McPherson (1995-1996)).

Las cronologías de anillos en México resultan particularmente importantes debido a que la mayoría de ellas están correlacionadas con la precipitación invernal y con los índices de El Niño oscilación del sur (ENSO, por sus siglas en ingles).

La influencia climática del ENSO se refleja en cronologías de anillos de árboles derivadas de coníferas en el norte-noreste de México. Diversos estudios han usado los datos de dendrocronologías mexicanas en el intento de reconstruir índices de ENSO (Lough y Fritts, 1985; Michaelsen y Thompson, (1992); Cleveland et al., (1992); Lough (1992); Stahle y Cleveland (1993); Stahle et al. (1998)). Con base en estos estudios, resultan claro que las cronologías de anillos de arboles del Norte de México detectan a nivel mundial una de las señales mas claras de ENSO.

En México actualmente ha aumentado en los últimos nueve años gracias al patrocinio económico de organizaciones internacionales y nacionales para estudios de variabilidad histórica del clima, estudios del comportamiento histórico de los patrones de circulación atmosférica global, frecuencia e impacto ecológico de incendios, en términos de dinámica de poblaciones y tasas de crecimiento anual.

Además de los estudios dendrocronológicos publicados en México se tienen en marcha proyectos de investigación en el Laboratorio de Dendrocronología de Arkansas y el INIFAP en México con financiamiento del Instituto interamericano para el Cambio Climático el interés central es desarrollar un mayor número de PROXIS (fuentes indirectas para determinar la amplitud de un factor) dendrocronológicos para reconstrucciones de precipitación de invierno y de verano así como mejorar el registro paleoclimático de ENSO y analizar patrones de circulación atmosférica que afectan el clima en México de manera similar pretende extender la red de cronologías de *Pseudotsuga menziesii* y *Taxodium mucronatum* así como de otras especies en el trópico mexicano.

IV. Marco Teórico

4.1. Estructura de la madera

Para estudiar la estructura macroscópica y microscópica de la madera, dada su heterogeneidad, se establecen tres planos o secciones:

- Transversal: perpendicular al eje de la rama o tronco.
- Radial: pasa por el eje y un radio de la rama o tronco.
- Tangencial: paralela a un plano tangente al tronco, o al anillo de crecimiento.

Al examinar las tres secciones producidas en un tronco de madera, a simple vista, se pueden observar las siguientes estructuras de características fácilmente diferenciables como la Corteza externa o corcho, la Corteza interna o líber.

Cambium o capa delgada de células vivas generadora del crecimiento en espesor del árbol contiene dos tipos de células : las iniciales fusiformes, alargadas y afiladas, y las iniciales radiales Esaú (1976); casi isodiamétricas y relativamente pequeñas estas células fusiformes iniciales dan origen a todas las células del xilema y floema formando el sistema longitudinal vertical del xilema o floema; el Xilema forma un tejido estructural y funcionalmente complejo su función principal es la de conducir el agua, almacenamiento y el soporte el xilema puede ser de origen primario o secundario las células conductoras del agua son las traqueídas y los miembros y los miembros de los vasos; estos miembros están unidos por los extremos formando los vasos. El almacenamiento se presenta en las células parenquimáticas que se disponen en filas verticales y también en disposición radial en el xilema secundario las células mecánicas son fibras y esclereidas Fahn (1974). El floema esta constituido por un tejido complejo que se presenta en todo lo largo de la planta junto con el xilema pudiendo ser de origen primario o secundario tiene por misión el transporte y almacenamiento de sustancias nutritivas y pose también elementos de sostén. Las principales células conductoras son las células cribosas y los miembros de los tubos cribosos, ambos sin núcleo en la madurez.

Leño o tejido leñoso propiamente dicho, que forma la mayor parte del tronco y que presenta diferencias, fácilmente apreciables en las coníferas y en algunas frondosas. Entre estas diferencias está la debida a los anillos de crecimiento, anuales en las plantas de las zonas boreales y estacionales en las plantas de la zona tropical con estaciones climáticas marcadas.

En cada anillo de crecimiento anual se distingue: la madera formada en primavera (madera temprana (Early Wood) o de primer crecimiento) y la formada en verano (madera tardía, (Late Wood)) (Fig. 3).

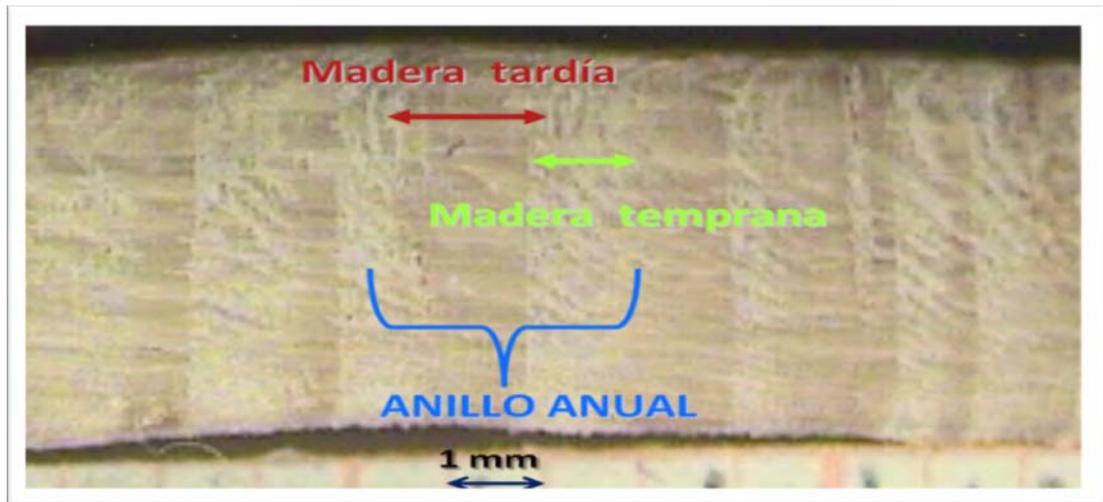


Figura 1: Anillo de Crecimiento de *Pinus patula* tomada por Martínez Leonel I. (2007) con un Estereoscopio marca Motic modelo DM143

En las coníferas, Hocker (1984) la diferencia de los anillos está marcada principalmente por el color. En las frondosas, se debe más a la agrupación o distribución de los vasos o parénquima terminal en el anillo, existiendo siempre una cierta diferencia de color, más o menos marcada, entre la madera de primavera y la de verano, observable a simple vista o con una lente de diez aumentos.

En los anillos de crecimiento estacional, las diferencias de porosidad, debidas a la distribución de vasos, parénquima o grosor de las paredes de las fibras, corresponden a las estaciones secas o lluviosas de la zona. En aquellas en que las estaciones no están marcadas, hecho que sucede en muchas zonas del bosque tropical, la diferenciación de los anillos de crecimiento es difícil de llevar a cabo.

En la sección radial, pueden observarse, tanto los anillos de crecimiento como los radios leñosos cuando exista diferencia de color con los tejidos. Los radios leñosos unas veces son más oscuros, como los del roble y haya, y otras veces más claros. Domingo (1976) Cuando los radios leñosos son muy delgados o de color prácticamente igual al resto de los tejidos, no son visibles, como ejemplo de maderas españolas en que son fácilmente visibles tenemos el roble, el haya y la encina.

Por el contrario, son prácticamente invisibles en las coníferas y en ciertas latifoliadas, como por ejemplo el abedul, chopo, debido a lo delgados que son y lo poco diferenciado de su color.

En la sección tangencial Hocker (1984) pueden observarse los radios leñosos cuando son gruesos o de color diferente, así como las estrías que producen los vasos cuando son de gran diámetro. El parénquima leñoso es también una estructura que aparece fácilmente

visible en algunas especies en sus secciones tangenciales, como por ejemplo en el olmo, y en muchas especies tropicales. Igualmente, en la sección tangencial y en el caso en que los elementos estén distribuidos en pisos, se observa una figura especial llamada carda.

Finalmente, y discurriendo por el eje del árbol y muy cerca de su mismo centro, se encuentra la médula. En muchos árboles y especialmente cuando son de edad avanzada, la parte interna del tronco el duramen se distingue con facilidad de la zona que le rodea más clara, llamada albura.

4.1.1 Duramen y Albura

La albura, madera encargada del transporte de las sustancias nutritivas, ocupa el lugar más externo del tronco. De color generalmente más claro que la madera de duramen tiene sus elementos conductores libres de obturaciones por depósitos o thyllos (tíldes) Spurr (1982). A medida que se crean nuevas capas de albura, las próximas al duramen van perdiendo su función conductora sistemáticamente, manteniéndose un equilibrio estable entre la necesidad de conducción xilemática del árbol y la superficie foliar.

En ocasiones, una fuerte helada inhibe los procesos metabólicos de la albura necesarios para pasar a duramen, impidiendo que este último se forme. Esta circunstancia supone que dentro del duramen podemos encontrar una zona anular sin colorear que recibe el nombre doble albura Hocker (1984).

La formación del duramen se caracteriza por modificaciones anatómicas y químicas. Así, en las latifoliadas aparecen los thyllos (tíldes) expansiones vesiculares procedentes de las células de parénquima, que penetran en los vasos próximos obturándolos en mayor o menor grado. En las coníferas las punteaduras areoladas se cierran y los toros son absorbidos hacia la abertura, quedando pegados a ellas por ciertas secreciones. Por el contrario, en la madera de albura permanecen en medio de la cámara de la punteadura permitiendo el paso de fluidos. Además de estas modificaciones anatómicas, en la formación de duramen, se producen algunos procesos químicos, que son importantes Domingo (1976).

En las coníferas el duramen coloreado contiene mucha más resina y aceite, que penetran por los intersticios de la pared celular. Esta impregnación reduce con su presencia la hinchazón y la merma, así como la penetración de líquidos. Además contiene sustancias solubles tales como hidratos de carbono, polisacáridos, alcaloides y taninos, que al oxidarse le dan su característico color oscuro.

En las latifoliadas los fenómenos químicos, que acompañan la formación de duramen, son parecidos a los de las coníferas y en general más complejos. El duramen contiene igualmente sustancias solubles en agua como taninos o materias colorantes y también con frecuencia sustancias minerales como carbonato, oxalato cálcico y ácido silícico.

La duraminización protege a la madera contra los ataques de los hongos, por el taponamiento de las punteaduras y la impregnación de los tejidos con sustancias que tienen un cierto valor antiséptico. Esto que son ventajas para el empleo natural de la madera, constituye sin embargo un inconveniente para su impregnación artificial o su tratamiento con productos químicos. En resumen, la madera de duramen no sólo es más oscura en ocasiones, sino que también es más densa y resistente a los ataques de insectos, mientras que la zona exterior del tronco, es decir la albura, es más clara, más porosa, blanda y en ocasiones menos valiosa. Sin embargo, desde el punto de vista de los tratamientos físicos, la albura es más fácil de tratar y de trabajar en la mayor parte de los procesos de elaboración y desintegración mecánica Domingo (1976); Spurr (1982). Por ello, y siendo el proceso de duraminización un proceso que se produce con los años, se prefieren las maderas jóvenes en la industria desintegradora.

V. METODOLOGIA

5.1. Zona de estudio

El Parque Nacional Desierto de los Leones posee una superficie arbolada bajo algún esquema de conservación con que cuenta esta ciudad es de 15,702 ha de las cuales el 11.9% se encuentran dentro de él; de ahí la relevancia de esta zona para la Ciudad de México, de las 1,866 ha que compone su superficie, el 26% están deforestadas o en proceso de degradación, en parte como resultado de la visita anual de aproximadamente 205, 500 personas. Martínez Cruz (2008) llegó a la conclusión de que Parque Nacional Desierto brinda a sus usuarios directos, un beneficio económico entre 66.3 y 115.5 millones de pesos. Dichos montos se obtuvieron mediante la estimación econométrica teórica dada por las características de la encuesta y las variables dependientes, sin embargo, los resultados tienen limitaciones derivadas de los supuestos del modelo teórico.

5.1.1. Localización

El parque cultural y recreativo se encuentra ubicado al Sur-Oeste de la Cd. De México, en la delegación Cuajimalpa al Norte $19^{\circ}15'20''$ y $19^{\circ}19'40''$ Longitud oeste $99^{\circ}17'40''$ y $99^{\circ}19'40''$ y posee una superficie de 1, 866 hectáreas (fig. 4).

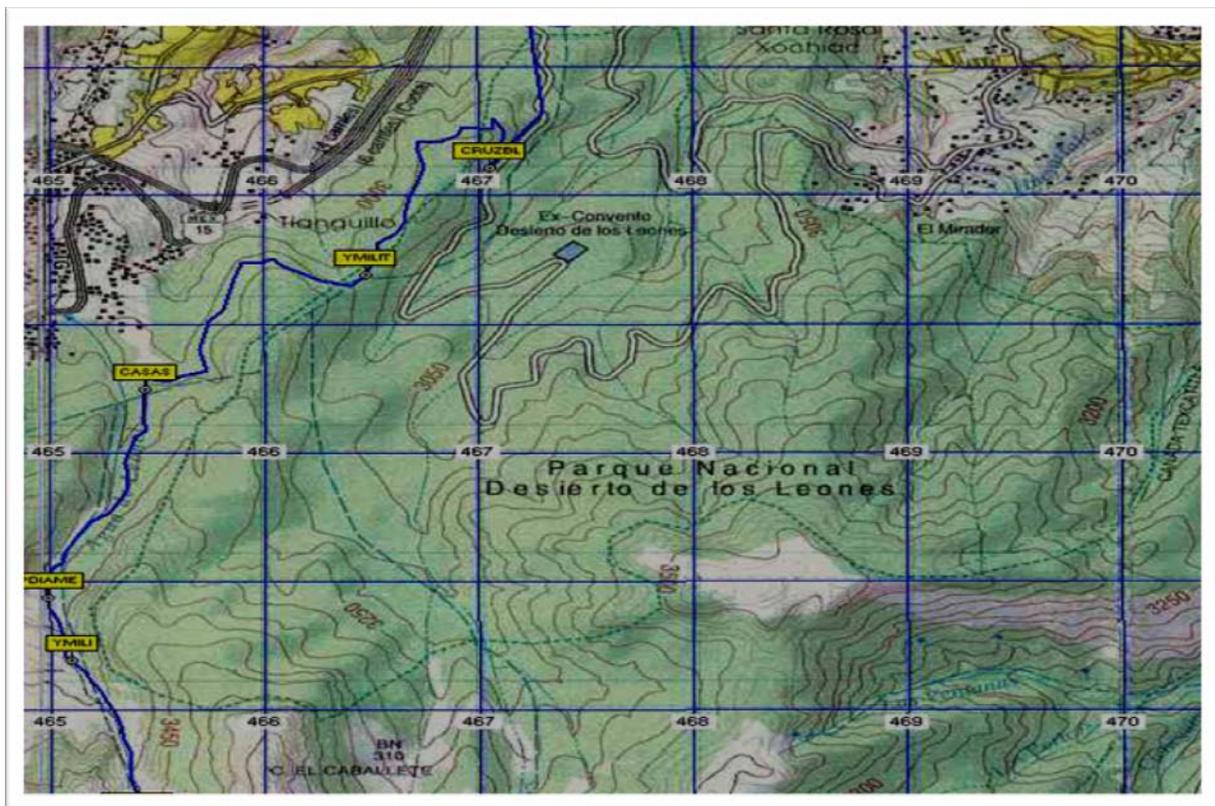


Figura 1 : Ubicación del Parque Nacional Desierto de los Leones

5.1.2. Fisiografía.

Aunque el relieve es accidentado, se presenta un gradiente altitudinal de que asciende desde los 2820 msnm a 3790 msnm la micro cuenca se ubica en la zona central del Eje Neo volcánico Transversal, dentro de esta cordillera se encuentra la vertiente original de la serranía de las Cruces el territorio de la micro cuenca está definido como una zona tectónica activa; en su límite occidental se puede observar un sistema de fallas principal en dirección este-oeste. La dinámica actual está representada por movimientos de ascenso y descenso de los bloques, estos movimientos han dejado escarpes de falla, provocando una aceleración de los procesos dinámicos del Área. Tales procesos están representados por erosión hídrica y deposición intensa, hundimiento y deslizamiento de suelo en masa.

5.1.3. Vegetación

Dentro del PNDDL podemos encontrar varios tipos de bosques principalmente cinco; Bosque de oyamel, Bosque pino, Bosque de encinos, Bosque coníferas y pastizales distribuyéndose en un gradiente altitudinal que va de 2820-3790 msnm. donde podemos encontrar especies arbóreas como son; *Abies religiosa*, *Pinus hartwegii*, *Pinus patula*, *Acaena alongata*, *Siegesbeckia jorullensis*, *Alchemilla procumbens*, *Salvia spp.*, *Symphoricarpos microphyllus*, *Muhlenbergia spp.*, *Festuca spp.*, *Calamagrostis Toluncensis*, *Lupinus spp.*, *Penstemon gentianoides*, *Senecio cinerarioides*, *Salignus*, *Manchones de pastizal*, *Muhlenbergia macorura*, *Festuca tolucensis*, *Quercus*.

Hongos: Existen alrededor de 100 especies de hongos: comestibles, unos cuantos venenosos y todos de gran importancia para el bosque. Entre los hongos comestibles podemos citar las especies *Amanita ceesarea*, *Boletus edulis* y *Lactarius deliciosus*. Entre las especies tóxicas encontramos *Amanita gematta*, *A. muscaria* y *A. pantherina*.

5.1.4. Fauna

Existen 7 especies de anfibios, 9 de reptiles, casi 30 de mamíferos y casi un ciento de aves. Cabe mencionar que la totalidad de especies de anfibios y reptiles son endémicas (solo existen en el valle de México) y se encuentran en alguna categoría de riesgo, al igual que algunas aves (como el clarín jilguero,) *Sciurus aureogaster*, *Odocoiles virginianus*, *Bassariscus astutus*, tlacuache, conejo, tuza, mapache, coyote, zorra gris, *Cyanocitta stellari*, *Tardus migratirtus*, venado cola blanca, azulejo, chipe rey cejidorado, gavián ranero, halcón cola roja, aura común, gallinita de monte, mosquerito, cernícalo chitero, halcón peregrino, pájaro carpintero, zorzal pinto, zorzal gorji blanco, coyote, zorrillo blanco, murciélago, lince zorrillo listado, ratón de los volcanes, ratón dorado, ardilla, musaraña cola larga, zorrillo manchado, conejo astellano, salamandra y víbora de cascabel

5.1.5. Edafología

Los suelos del Desierto de los Leones son de origen volcánico, dominan las andesitas; son suelos profundos y relativamente abundantes, bien drenados y fértiles; húmedos la mayor parte del año. Los valores de pH son, por lo general, ligeramente ácidos. En la totalidad del Parque Nacional el tipo de suelo se clasifica como podzólico y corresponde al tipo café vegetal con textura arcillo-arenosa existe una predominancia de suelos de textura arcilloso – silicosa, fértiles, profundos, de hasta dos metros de espesor y con abundante detritus orgánico; subsuelo rocoso e impermeable.

5.1.6. Climatología

Con base en la clasificación de Köppen, modificada por García (1988), el tipo de clima para el Desierto de los Leones corresponde a C (W₂) W (b') que equivalen a: templado, con lluvias en verano, Precipitación invernal, con respecto al total es menor de 5%, Forma parte del grupo más húmedo de los sub húmedos, Isotermal (la diferencia de temperatura entre el mes más cálido y el mes más frío es menor a 5°C).

El Servicio Meteorológico Nacional reporta ocho ambientes climáticos en el Parque Nacional, los cuales se enlistan en la tabla 1:

Tabla 1; Ambientes climáticos del “Desierto de los Leones” (SMN)

Ambiente climático	Localización	Clima	Temperatura °C	Pp. (mm)
1°	Norte	Fresco sub húmedo	12	1 200
2°	Norte	Fresco sub húmedo	9-12	1 200
3°	Norte	Fresco sub húmedo	9-12	1 200-1 300
4°	Oriente-Poniente	Semi frío	9-11	1 300
5°	Paralelo al anterior	Frío húmedo	6-9	1 300
6°	Vertiente-Oriente	Frío húmedo	6-9	1 200-1 300
7°	Taludes superiores	Frío sub húmedo	6-9	1 200
8°	Arriba de 3,725 m.s.n.m	Frío sub húmedo	6	1 200

En la tabla 3 se observan la temperatura y la precipitación promedio en el PNDL de 1951-1988

Tabla 2; Temperatura y Precipitación anual (INEGI, 2000)

Temperatura media anual (°C)				
Estación	Periodo	Temperatura promedio	Temperatura del año más frío	Temperatura del año más caluroso
Desierto de los Leones	1951 a 1988	10.8	8.6	12.0
Precipitación total anual (milímetros)				
Estación	Periodo	Precipitación promedio	Precipitación año más seco	Precipitación año más lluvioso
Desierto de los Leones	1951 a 1988	1 340.6	1 005.5	1 837.6

En la tabla 3 podemos observar la temperatura promedio por mes de 1951-1988 en el PNDL

Tabla 3; Temperatura y Precipitación media mensual (INEGI, 2000)

Temperatura media mensual (°C)													
ESTACIÓN/ Concepto	PERIODO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Desierto de los Leones													
Promedio	1951 a 1988	8.3	9.4	11.5	12.6	12.9	12.5	11.5	11.6	11.3	10.5	9.7	8.5
Precipitación total mensual Desierto de los Leones (milímetros)													
Promedio	1951 a 1988	12.8	34.2	23.2	38.3	97.4	241.2	275.8	275.9	218.8	96.2	16.5	10.3

5.2. Materiales y Métodos.

Se seleccionaron los árboles *Pinus patula* de acuerdo a criterios descritos por Grisso (2003) para la extracción de la muestra o núcleo de crecimiento se utilizo lo siguiente: Un taladro pressler de 17' de longitud y 6 mm de diámetro, popotes transparentes cortados de forma longitudinal, táquetes de madera previamente impregnados en una solución de formol al 5%, etiquetas de papel adherible o en su defecto masquin type, marcador, bastidores de madera 30-40cm de longitud por 1cm X 1cm con un pequeño canal en un costado de forma centrada de tal manera que entre el núcleo o anillo de crecimiento, flexo metro.

- a) Una vez seleccionada y delimitada la zona de estudio procedemos a la selección del espécimen a muestrear para ello debemos de tomar las siguientes recomendaciones no tomar la muestra de individuos con daños aparentes causados por ejemplo: bifurcado, con daño aparente, atacados por plagas, por incendios, en resumidas cuentas que el individuo se observe sano con una buena apariencia, con una retención de copa de mas del 75%, con un estado de vigor (buena coloración) que se observe totalmente sano, de preferencia se debe de tomar la muestra en individuos que tengan un perímetro de tronco mayor de 100 cm (fig. 5).
- b) La muestra fue tomada con base en el procedimiento de Grissino-Mayer (2003) observando la pendiente del árbol nunca en contra debido a que si tomamos la muestra de esa forma, la presión de la pendiente y la resistencia que ejerce el árbol durante su ciclo de vida, esa parte se vuelve en la mas resistente y muy difícilmente observaremos los anillos expresados, además de que será muy difícil la obtener la muestra intacta y por el contrario si perforamos aun costado de la pendiente el árbol se tomará una buena muestra, una vez tomando en cuenta estas observaciones procedemos a colocar el taladro pressler a la altura del pecho del investigador 130-150cm (fig. 6).



Figura 2 : Daños en los arboles

c) Se procedió a taladrar con rigidez, girando ejerciendo presión y sin dejar de girar de forma cuidadosa, tomando en cuenta el introducirlo de forma recta, una vez de haber insertado casi en su totalidad sacamos la muestra. Para una extracción segura introducimos la bayoneta del taladra con suma precaución evitando el introducirla de forma forzada y abrupta para no destruir la muestra y esta salga intacta. Extracción de la bayoneta con cuidado y colocamos la muestra “core” en un popote de Plástico. Una vez sacado el núcleo sacamos el taladro en su totalidad y se toponeo el orificio con táquetes de madera previamente tratados con formol al 4% para impedir un posible ataque de algún hongo o parásito oportunista, también ayuda a cicatrizar más rápidamente(Fig. 6).



Figura 3 : Procedimiento de la extracción de los núcleos de crecimiento y medición del árbol

- d) Se etiqueto colocando el número de muestra, coordenadas geográficas especie, lugar donde se recolecto, diámetro, altura.
- e) Para el diámetro se midió a la altura del pecho con un flexometro, para la altura se utilizo el Relascopio, por último se procedió a transportar los núcleos al laboratorio de contaminación atmosférica de la FES Zaragoza el numero de muestras fue de diez arboles cada árbol con dos caras(A, B) dando un total de veinte muestras.

5.2.2. Fase de Laboratorio

Una vez en el laboratorio se procedió a la eliminación parcial de humedad de las muestras obtenidas, evitando así el desarrollo de microorganismos como hongos y algunas bacterias en una estufa Kimet a 40 °C durante 5 días (fig. 7).

Posterior a la eliminación parcial de la humedad se procede a montar en bastidores de madera tomando en cuenta que el lado mas brillo al girar el núcleo va a ser el lado que pondremos de cara superior. Una vez montado en el bastidor procedemos rebajar con un cúter nuevo, y lijamos con diferentes graduaciones de grano hasta obtener un lijado casi perfecto con un calibre de lija de 300 o mas fina si es posible, por ultimo colocamos en las orillas del bastidor, papel milimétrico para tener una escala al momento de escanear o sacar fotografías.

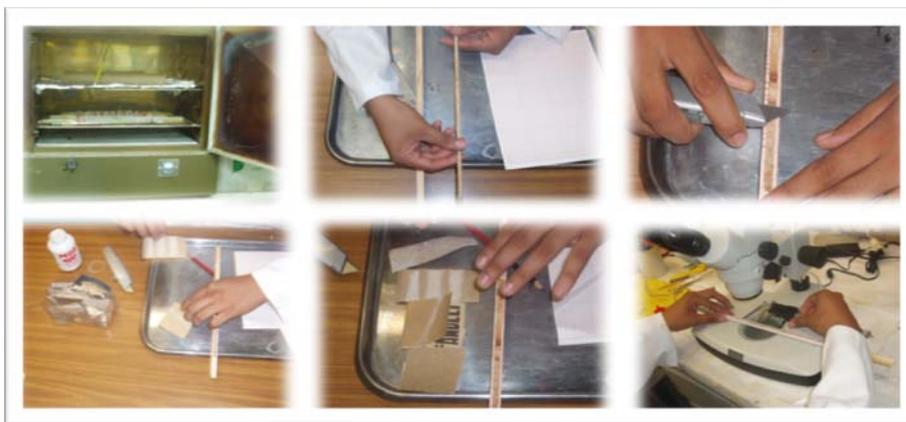


Figura 4 : Montado de muestra en bastidores

5.2.3. Fase experimental

Esta fase consiste en escanear los núcleos con un programa especializado llamado Win dentro el cual es un software de alta precisión con 0.001 de error dando de alta las salidas de datos en formato txt. de madera temprana y de madera tardía en porcentajes y milímetros, anillo total en milímetros.

- a) Para la aplicación de la técnica de datos cruzados de *Pinus patula* Schl. et Cham. Se realizó lo siguiente: utilizando la base de datos elaborada de win dentro 2003 se exportan a Windows Excel donde se eliminando datos innecesarios para este objetivo, separando los EW y LW lado A y lado B en porcentajes ($Ew_ \% + LW_ \% = 100\%$ recordando que para cada árbol se tomaron dos muestras llamándolas A y B) una vez hecho esto se empatan y se saca el promedio de A y B y construimos la cronología, normalizamos los datos con la técnica de Lars-Ake Larsson 2007, por último exportamos nuevamente la base de datos ya depurada y con cronología a un paquete graficador científico especializado que es Origin Lab. versión 7.5.

- b) Para determinar la longitud del crecimiento de primavera (EW) y verano (LW) de *Pinus patula* Schl. et Cham. expresada en porcentaje se partió de la base depurada en el paso anterior esta vez sacamos el promedio de ambas caras saber el porcentaje de crecimiento en proporción de un año anterior a uno posterior (Expresados en porcentaje siendo 1.0 equivale al 100%) y por ultimo graficamos en Origin Lab. 7.5.
- c) Para construir la cronología de los anillos de crecimiento extraídos de *Pinus patula* Schl. et Cham. procedemos nuevamente con la base de datos obtenida en Win Dendro en archivo txt. exportamos la matriz de datos completa a Windows Excel 2007, y comenzamos a depurar separando cada uno de los anillos (RW) con su medición de cronologías y empatamos cada uno de 2006 hacia atrás, se calculo el promedio y se sacó la cronología que nos es mas que ir colocando los años retrospectivamente de corteza (año actual) después de corteza, año anterior 2006, a médula año cero, una vez que se realizó esto se procedió a graficar en Origin Lab. 7.5.
- d) Para la ganancia de crecimiento de los anillos de *Pinus patula* Schl. et Cham ocupamos la matriz de datos ya depurada del paso de C se normalizó el crecimiento de igual forma que en el paso A, con esto ya podemos saber el porcentaje de crecimiento de un año anterior hacia un posterior de RW.
- e) Para los datos de precipitación y temperatura los cuales fueron obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional la Geógrafa Iris Resendiz, de precipitación (mm) y temperatura (°C) de 45 años (1962-2006), los cuales fueron consultados en el año 2007, una vez obtenidos los datos se realizó la normalización de estos construyendo una matriz de datos para posteriormente ingresarlos Origin Lab. versión 7.5.
- f) Para determinar la relación entre los anillos de crecimiento (EW, LW, RW normalizados) de *Pinus patula* Schl. et Cham. y los registros climáticos (Precipitación y temperatura normalizadas) del Parque Nacional Desierto de los Leones. Versus Años se realizó lo siguiente de la matriz de datos con datos normalizados de EW, LW anillo total de crecimiento, precipitación y temperatura normalizados se exporta a Origin Lab. 7.5 y graficamos de la siguiente manera construyendo dos graficas la primera con las siguientes variables RW (Y1), precipitación (Y2) versus años, la segunda con las siguientes variables RW (Y1), temperatura (Y2) versus años, la siguiente serie de graficas es EW (Y1), precipitación (Y2) versus años, la segunda con las siguientes variables EW (Y1), temperatura (Y2) versus años y por ultimo LW (Y1), precipitación (Y2) versus años, la segunda con las siguientes variables LW (Y1), temperatura (Y2) versus años.

5.2.4. Fase de gabinete

En esta fase se consulto artículos científicos relacionados con el tema, en esta fase es donde analizaremos y discutiremos los resultados obtenidos para tratar de interpretar los datos dando un enfoque ecológico y una posible remediación y por ultimo llegar a una conclusión.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo con Fritts *et al.* (1965) existe controversia en la explicación de las variabilidades en el ancho de los anillos, variación del clima (precipitación y temperatura) a escala continental y da que se lleva acabo dentro de los bosques (competencia intra e intraespecíficas).

El estrés hídrico que sufren los bosques en recientes fechas se deben a los cambios climáticos global y por ende regional. La frecuencia con la que éstos se presentan promueve un estrés fisiológico, el cual opera en el ecosistema, como un factor limitante.

a) Datos cruzados de Madera temprana(A, B) y Madera tardía(A, B) de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el PNDL

Jauregui (1989) y Trujillo (1989) refieren para la Cuenca del Valle de México un periodo seco comprendido por los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril; y otro el de lluvias, que ocurren durante los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre. Durante los siglos XIX y XX los bosques de la Cuenca del Valle de México han registrado dichos períodos meteorológicos. Los cambios en la precipitación y temperatura quedan registrados en los periodos de crecimiento arbóreo, verano o primavera; en donde las condiciones del clima son muy importantes para las poblaciones arbóreas del ecosistema.

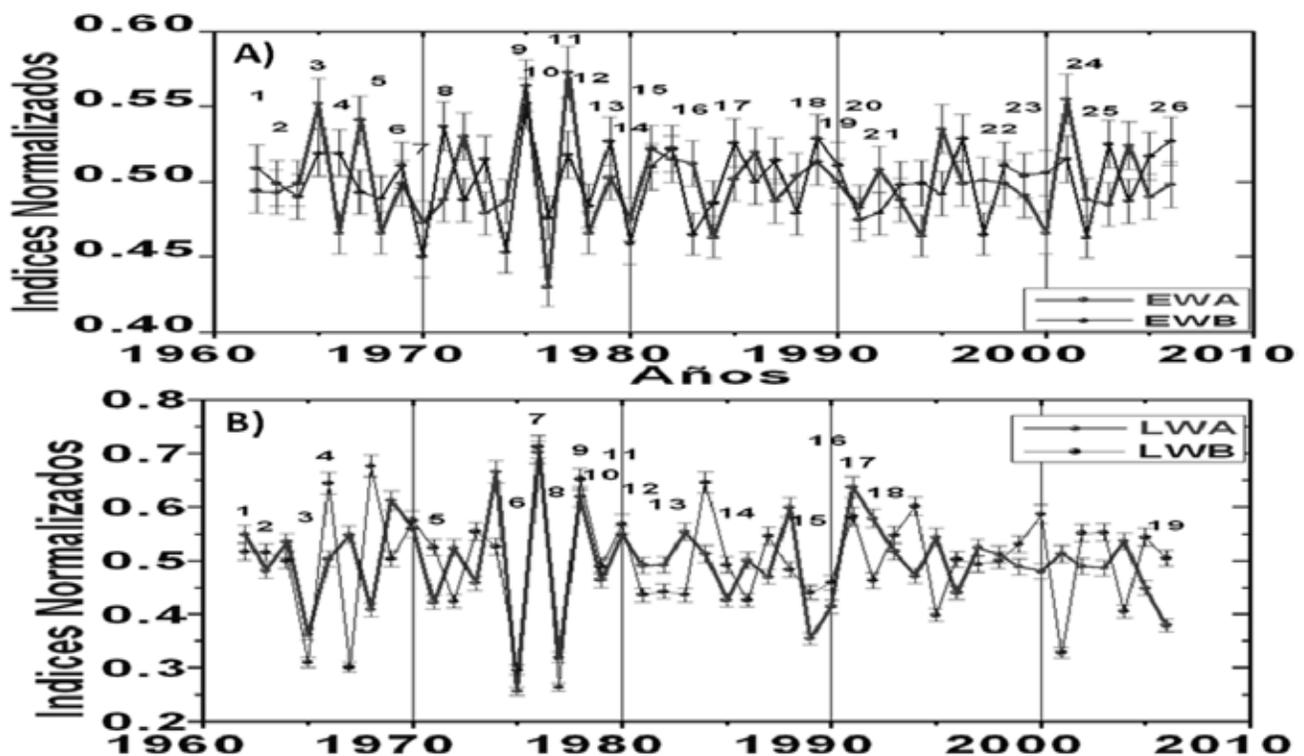


Figura 1: Técnica de datos cruzados Variación de los índices normalizados de madera temprana (EW; A, B) y madera tardía (LW; A, B) con barras de incertidumbre de 5 % de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006

En el crecimiento anual de los pinos se analizó la cronología y se aplicó el cruzado fechado, con el fin de remover en efecto de variación concéntrica de las dos muestras “a” y “b” para ajustar a la fecha cronológica del año de crecimiento, es decir el fechamiento de Larsson (2007) de ahí la importancia de realizar los índices normalizados de madera temprana de *Pinus patula* Schl. et Cham. de las caras A y B por que ello nos muestra el crecimiento de Madera temprana, en cual se observan varios puntos de gran importancia nos muestran los años de empate teniendo 26 puntos con la misma tendencia a ganar o perder crecimiento de coincidencia, 19 que no para este caso empatan perfectamente que son inversamente proporcionales mientras un gana el otro pierde y viceversa concluyendo que tienen el mismo comportamiento cara A y B de madera temprana (EW Fig., 8 “A”). El análisis presente se observó que en los siguientes años existe un empate casi perfecto en madera temprana en la década de los sesentas se observaron siete años para la década de los setentas cinco años observándose un empate casi perfecto en estos años para la década de los ochenta cinco puntos nuevamente, para los noventa son cuatro años finalmente en el año 2000-2006 tres años concluyendo que comparten un muy buen número de años empatados resaltando la década de los setentas siendo casi idénticas las dos curvas. Para el caso de madera tardía cara A y B se observó un comportamiento contrario comparte 19 puntos de empate y 26 que no, para la década de los sesentas comparte cuatro años, en los setentas siete años siendo este periodo el de mayor coincidencias siendo el mismo para el caso de la madera temprana nuevamente empatan a la perfección, para la década de los ochentas son cuatro años, en los noventas solo dos, en el último periodo solo uno (LW Fig., 8 “B”).

Concluyendo que la técnica de datos cruzados nos permitió sacar las gráficas del inciso **B** siguiente en promedio ya nos dan por resultado el siguiente inciso (Fig. 9).

b) longitud del crecimiento de primavera (leño temprano) y verano (leño tardío) de *Pinus patula* Schl. et Cham.

En las siguientes graficas se observa los promedios de LW promedio (A+B) y EW promedio (A+B) son el resultado de aplicar la técnica de datos cruzados en realizada anteriormente para el caso de EW se observa que la mayoría de los datos oscilan en el rango promedio de 0.46 a 0.54 se observan también varios años de gran relevancia los años de mayor crecimiento registrado y los años de menor; para el caso de los anillos de EW de menor crecimiento podemos observar que fueron los siguientes años ; 1970 con 0.46, 1974 con 0.465, 1976 con 0.455 y por ultimo 1980 con 0.462. Para el caso de los años máximos fueron; 1965 con 0.54, 1975 con 0.56, 1977con 0.548 y por ultimo 2001con un crecimiento de 0.542 (fig. 9 A).

Para el caso de los anillos de crecimiento de LW podemos observar que el rango común de índices normalizados oscilan de 0.4 a 0.6 observándose varios años de gran relevancia los años de mayor crecimiento registrado y los de menor crecimiento registrado para el caso de los años de menor crecimiento fueron los siguientes; 1965 con 0.34, 1975 con 0.27, 1977 con 0.3 y por ultimo 1989 con 0.4. Para el caso de los años de mayor crecimiento fueron los siguientes; 1974 con 0.61, 1976 con 0.7, 1978 con 0.62 y por ultimo 1991 con 0.41 (Fig. 9 B).

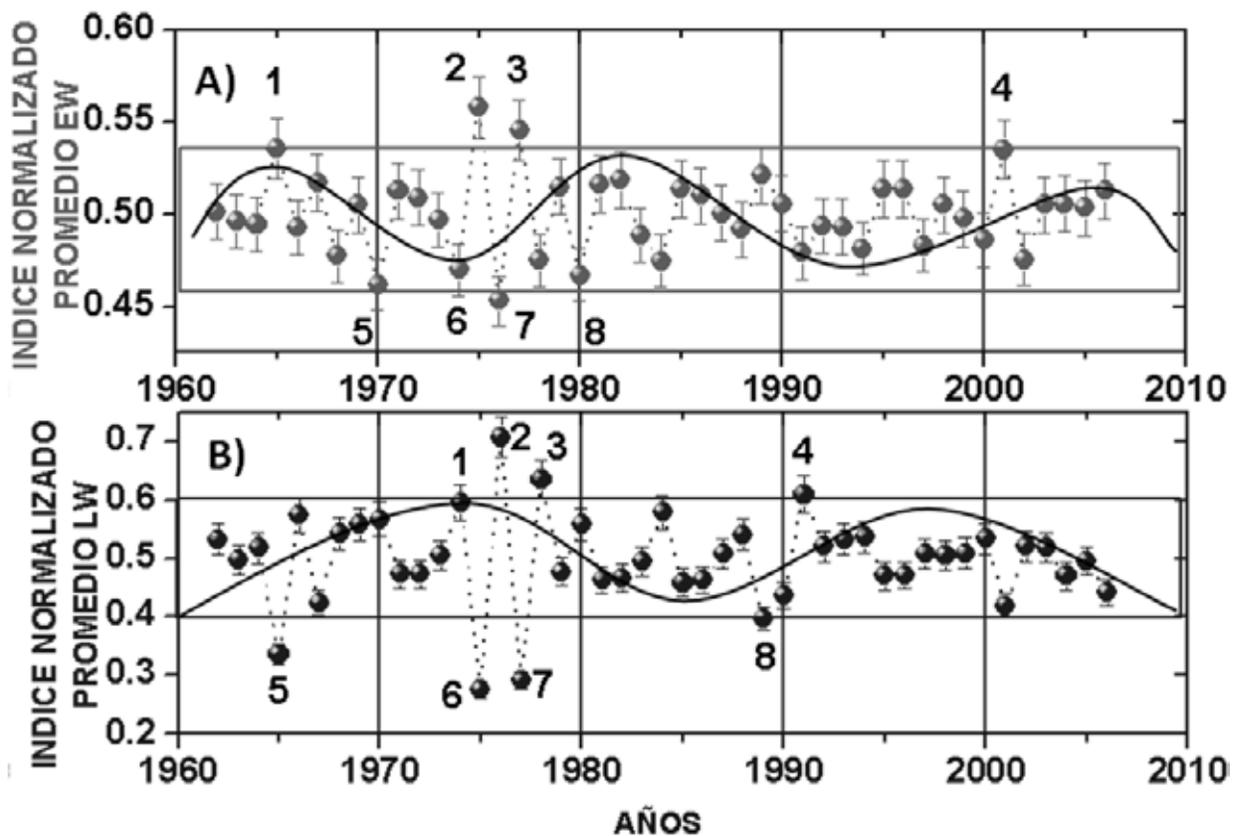


Figura 2 : Oscilación de los índices normalizados promedio de madera temprana promedio con barras de incertidumbre de 5% de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el PNDL de 1962-2006.

También se graficaron los índices normalizados de EW, LW promedio versus años en una grafica doble Y observando un comportamiento inverso mientras el EW ganaba crecimiento inversamente el LW disminuía drásticamente en general todos los datos eran inversamente proporcional si el LW aumentaba el EW disminuía (fig. 10).

Para la década de 1960-1970 se observa un punto de gran relevancia en 1965 con un crecimiento normalizado de 0.43 de LW y 0.54 de EW para el siguiente periodo de 1970-1980 se observa que este periodo es el de mayor crecimiento en toda la cronología y los puntos son inversos y extremos teniendo que para 1986 presenta el punto máximo de crecimiento para el caso de LW 0.58 y para 1975 con 0.41, en el caso de EW se observa el máximo crecimiento en 1975 con 0.56 y el menor crecimiento se observa en 1976 con 0.45 para el caso de la década de 1980-1990 el comportamiento es uniforme para las siguientes dos décadas se observa un comportamiento similar en 1991 y en 2001 se observa que el LW es mayor que el EW y para la ultima década 2001 se observa que este comportamiento es inverso el EW es mayor que el LW.

La relación que existe entre el calentamiento global y el crecimiento de madera temprana y tardía se marca perfectamente en el periodo de los setentas se tiene registrada como un periodo de aumento de temperatura y este se ve reflejado en los anillos de crecimiento como e puede observar cabe mencionar que en el ultimo siglo en el periodo de los de 1915-1945 fue la primer periodo quedando los setentas como segundo y por ultimo los 90s lo cual se puede evidenciar en las siguientes graficas.

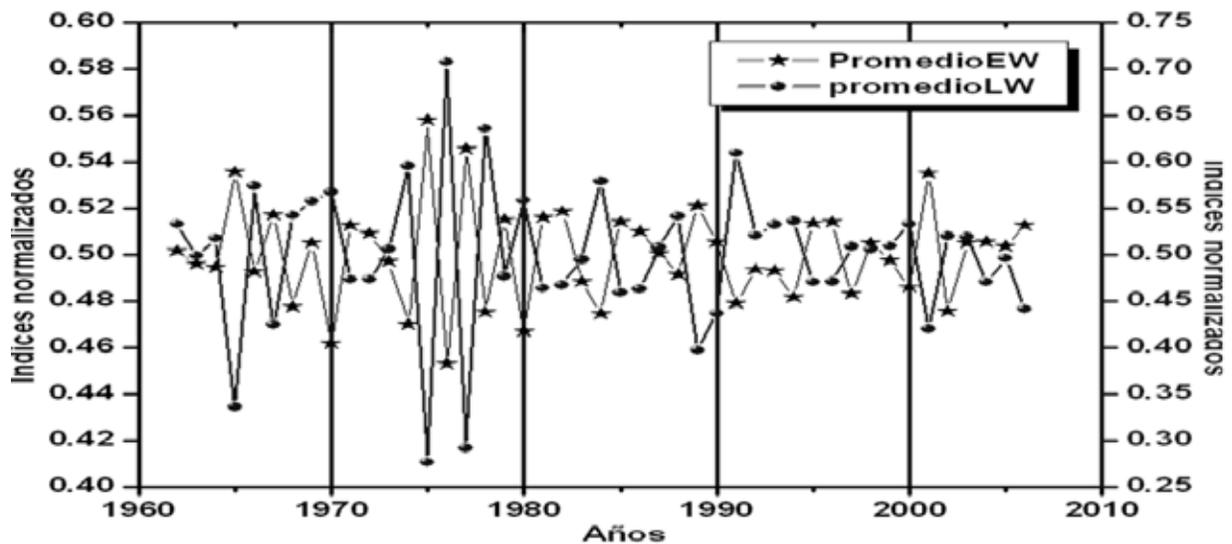


Figura 3 : Variación de los índices normalizados promedio de madera temprana y madera tardía promedio con barras de incertidumbre de 5% de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el PNDL de 1962-2006.

c) Construir la cronología de anillos de crecimiento de *Pinus patula* Schl. et Cham. Del PNDL

Cabe mencionar que las muestras fueron colectadas en el Parque Nacional Desierto de los Leones con una estructura arbórea la cual estaba compuesta por un estrato múltiple (oyamel y pino) conformada por; brinsales, juveniles y adultos de *Pinus patula*, *Abies religiosa*, *Pinus hartwegii*, y algunas otras especies también se pudo observar dentro de la composición florística de la zona de estudio plantas herbáceas la edad de los arboles vario de 100 (máximo)años hasta 75 años(promedio la mayoría de las cronologías) y 45 años (la mínima y única cronología edad) la estructura por edades era variada.

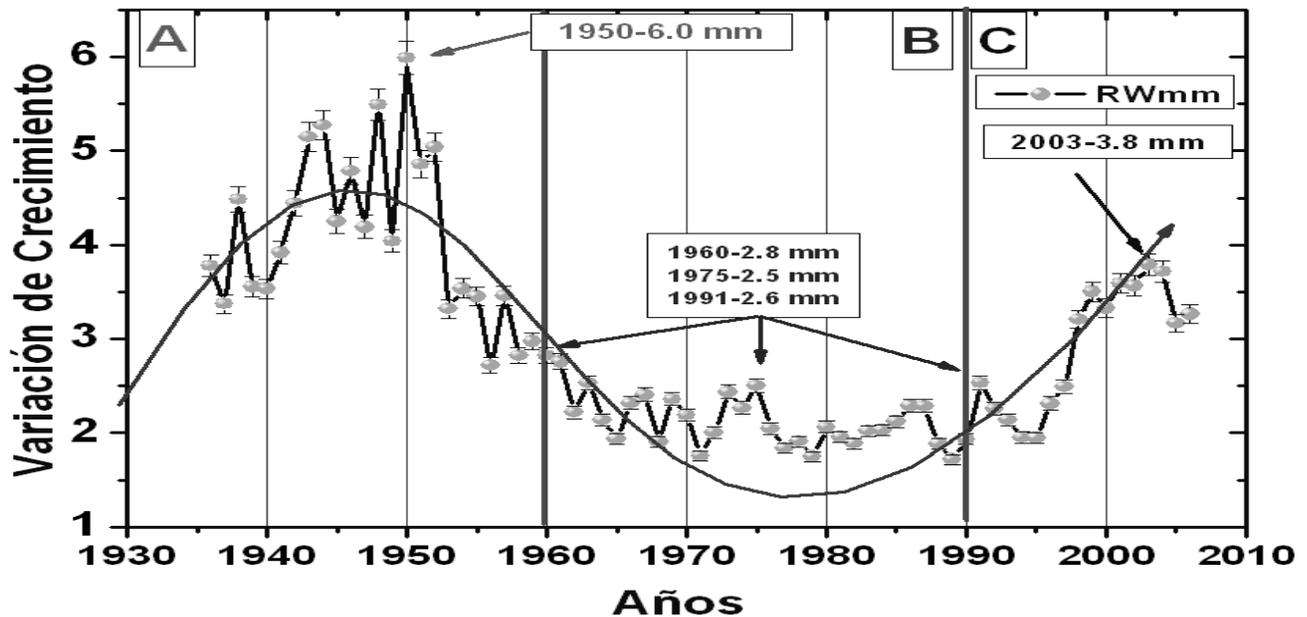


Figura 4 : Cronología de los núcleos extraídos de *Pinus patula* Schl. et Cham. En el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1932-2006 con barras de incertidumbre de 3%.

Se determinaron tres intervalos de crecimiento anual; uno que comprende entre los años 1932 a 1959 en este rango de tiempo se observa un comportamiento ascendente hasta el año de 1950 observándose en este año el mayor crecimiento de 6 mm, oscilando para posteriormente en perdiendo ganancia de crecimiento en 1960 con 2.8 mm de crecimiento teniendo en consecuencia el tercer rango de 1960-1990 en el cual se observa un comportamiento mas estable que oscilan de en un rango de 1.7 mm a 2.8 mm observándose tres puntos de mayor crecimiento el primero de ellos es en 1960 con 2.8 mm, el segundo en 1975 con 2.5mm y por último el registrado en 1991 con 2.5 mm, el Tercer intervalo comprendido de 1991-2006 el cual tiene un comportamiento que va perdiendo ganancia de 1991-2.8mm, a 1995 con 1.95mm, para posteriormente tener un crecimiento ascendente muy acelerado hasta 1999 con 3.5mm pierde un poco de crecimiento para posteriormente seguir ganando crecimiento observándose como punto máximo en 2003 con 3.8 mm. Finalmente el comportamiento de la ganancia de crecimiento de *Pinus patula* Schl. et Cham. fue el siguiente comenzó ganando crecimiento hasta 1960 posteriormente de ahí comenzó a decrecer hasta 1975 donde comenzó a estabilizarse manteniéndose así hasta 1990 tiene una pequeña pérdida de cinco años para posteriormente comenzar a ganar crecimiento hasta 2003 (fig. 11).

Los datos obtenidos fueron comparados con los obtenidos de Cruz (2007) y Razo (2005) en relación con los anchos totales las curvas de variación son muy similares difieren en las mediciones tiene mejor crecimiento los núcleos extraídos para este trabajo en el “Parque Nacional Desierto de los Leones” defiriendo los resultados en el “Parque Nacional IZTAPOPO” y “El Chico”, Hidalgo concluyendo que las cronologías no tienen los mismos patrones de comportamiento.

No solo la determinación de los ciclos de temperatura y precipitación de manera cronológica marcada en los anillos de crecimiento de los árboles (*Pinus patula*) es imprescindible para la cuenca del Valle de México, también habrá que incluir en la cronología maestra los eventos de erupciones volcánicas, nevadas, huracanes y efectos del niño y de la niña. Este fenómenos se presentan de forma cíclica modificando las condiciones meso climáticas de los bosques de la cuenca.

Nuevamente se puede evidenciar el calentamiento global expresado en los anillos de crecimiento de *Pinus patula* en el primer periodo 1915-1945 en el segundo 1970s y finalmente en el periodo de los 1990s concluyendo que es un excelente indicador.

Para fundamentar lo grafica anterior se secciono en tres partes respectivamente anexando la imagen con cronología obtenidas en Win dendro recordando que la grafica es el promedio de todos los anillos de crecimiento, por lo tanto no pueden ser perfectamente seguir el patrón de la grafica se selecciono en anillo mas parecido a este comportamiento observándose claramente el comportamiento muy similar (Fig.12. primer segmento “A”, Fig.13. segundo segmento “B” y Fig14. tercer segmento “C”).

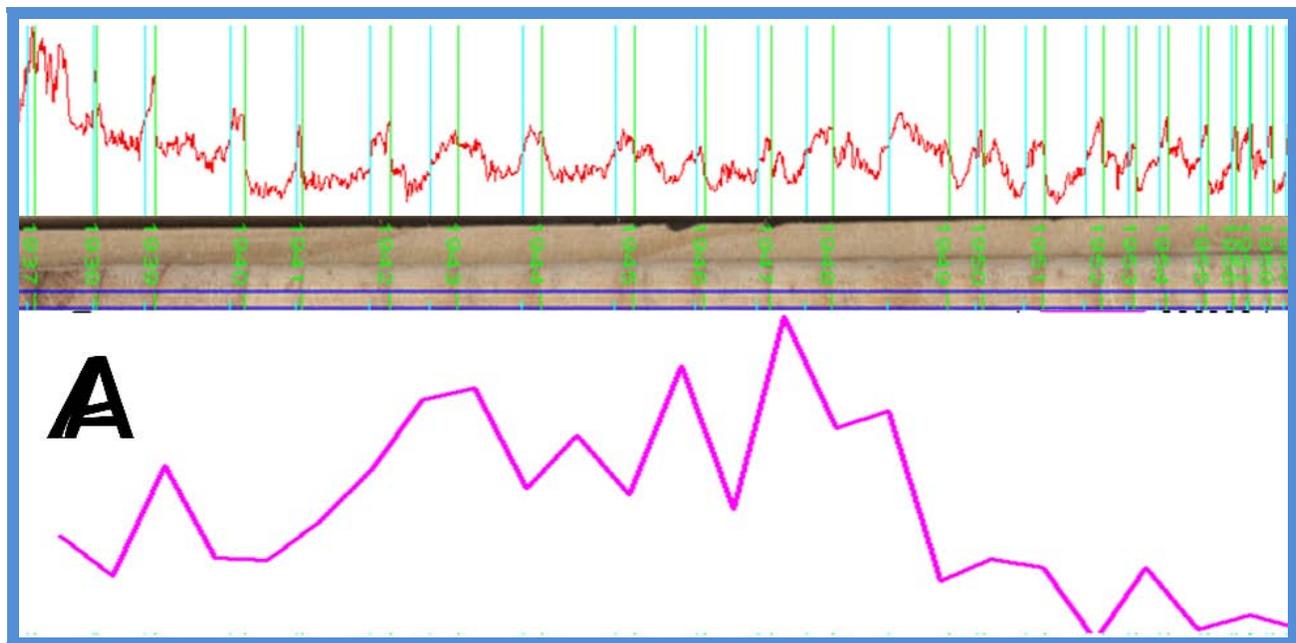


Figura 5 : Segmento “A” de la cronología de *Pinus patula* con imagen de Win Dendro 2003.

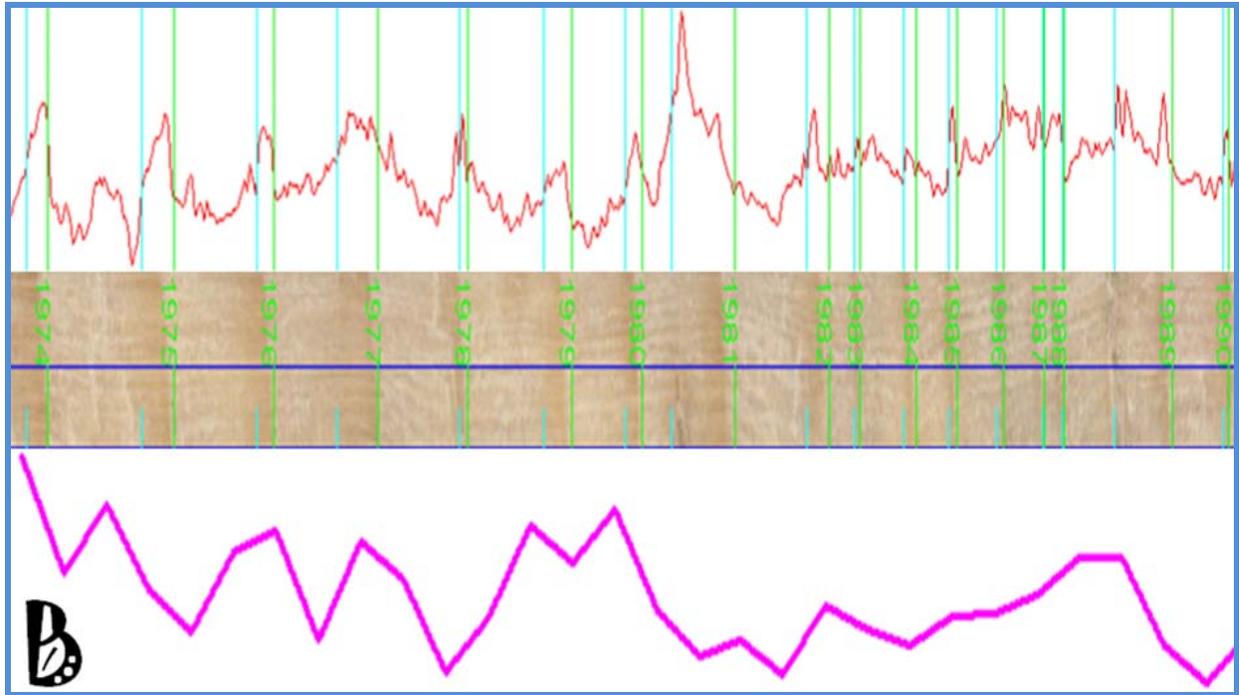


Figura 6 : Segmento “B” de la cronología de *Pinus patula* con imagen de Win Dendro 2003.

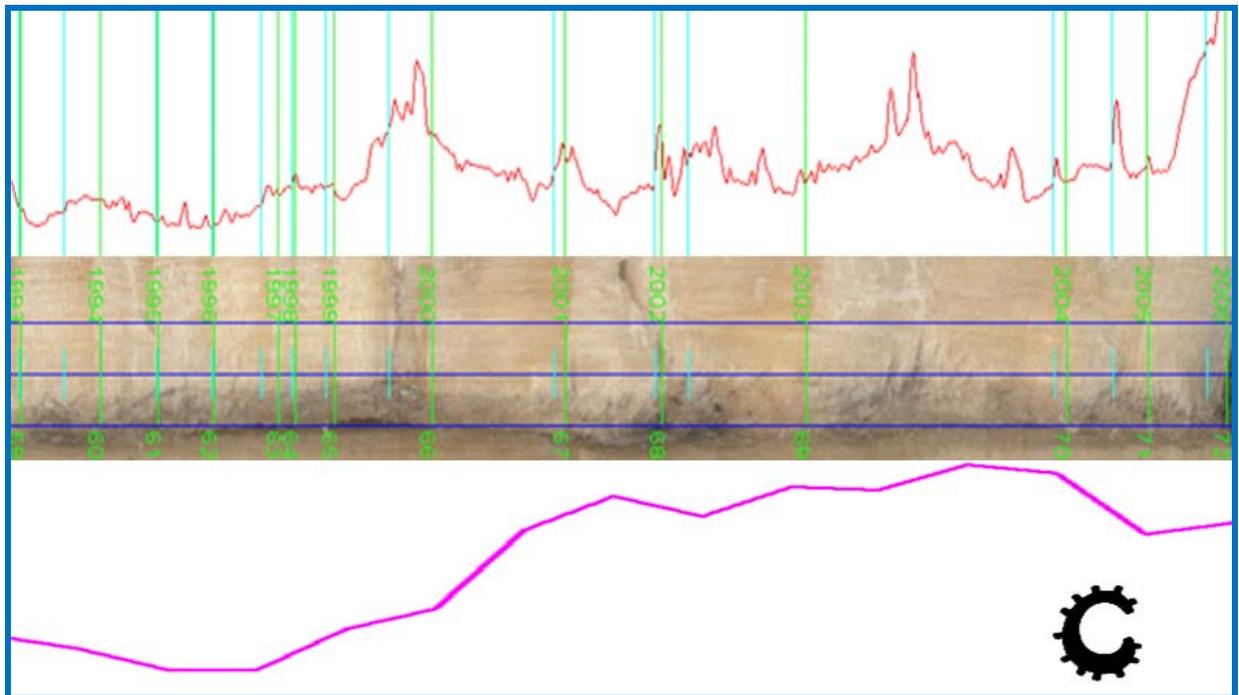


Figura 7 : Segmento “C” de la cronología de *Pinus patula* con imagen de Win Dendro 2003.

d) Ganancia de crecimiento en los anillos de crecimiento RW de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el Parque Nacional Desierto de los Leones.

Para el caso de la variación de los índices normalizados RW *Pinus patula* Schl. Et Cham. (fig. 15) se observar que los valores oscilan de de 0.44 a 0.57 aparentemente lleva un comportamiento constante sin demasiadas variaciones pero podemos identificar varios puntos de gran interés comienza ganando crecimiento para después tener una perdida y nuevamente ganar dos años consecutivos pero en 1977 se observa un comportamiento muy reducido las oscilaciones se vuelven mínimas estando en el rango de 0.475-0.525 hasta 1987 se observa una reducción abrupta de crecimiento cayendo a 0.45, para ganar en los dos años siguientes crecimiento observándose hasta 1991-0.57 siendo este el punto máximo en toda la cronología, perdiendo en una forma abrupta el crecimiento en el siguiente año, manteniendo en los siguientes cuatro años un comportamiento uniforme, para después ganar crecimiento y obtener el segundo punto máximo en 1998 con 0.565 baja y tiene un comportamiento constante y similar a los resultados obtenidos por Cruz (2007).

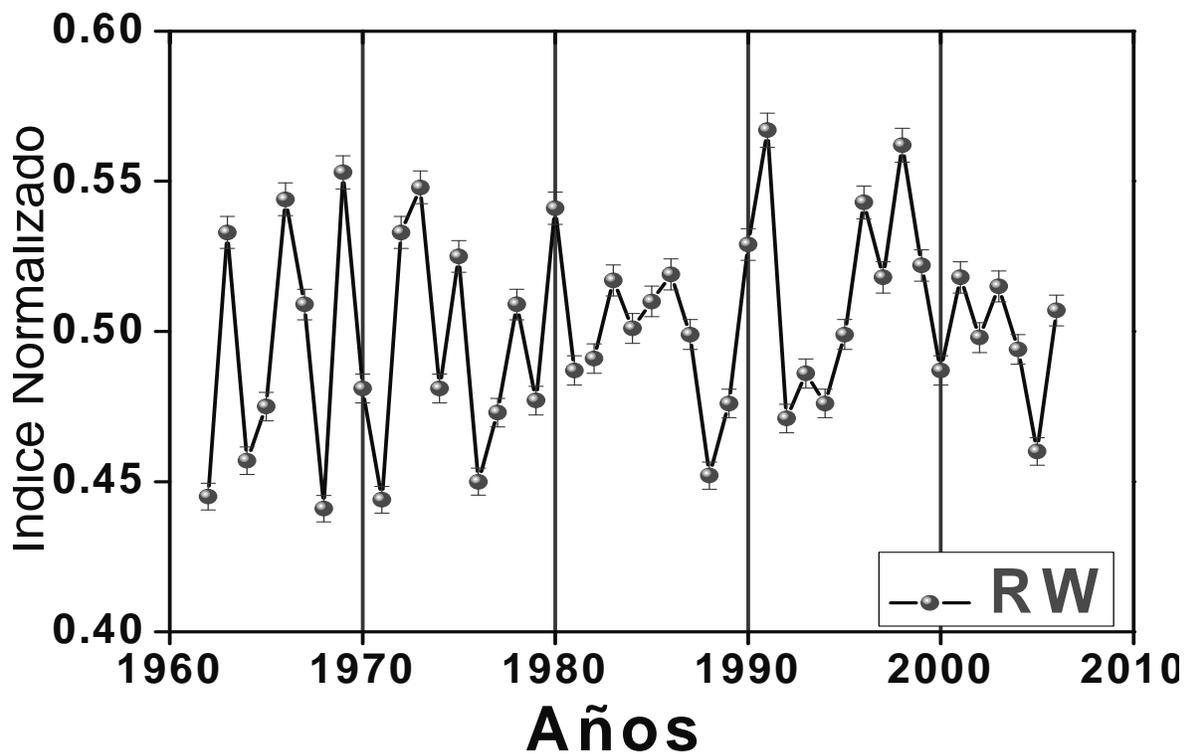


Figura 8: Variaciones de los índices normalizados de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006 con barras de incertidumbre del 5 %.

- e) **Registros climáticos de la SMN (Servicio Meteorológico Nacional) de por lo menos 50 años atrás en el PNDL valores reales e índices normalizados.**

Valores reales de precipitación (mm) y temperatura (°C) en el PNDL se observan tres periodos marcadamente de 1962 a 1977 (A) el segundo 1977 a 1993 (B) y por ultimo 1993 a 2006 (C), sin embargo dentro de estos tres periodos en A se observa que la precipitación se mantiene por arriba de la temperatura en teniendo ocho años de coincidencia que son 1963, 1964, 1966, 1971, 1972, 1974, 1975 y 1976, compartiendo en estos tres últimos años existe un traslape casi perfecto concluyendo que el comportamiento de este periodo, se vuelve directamente proporcional con un 53.4 % para este primer periodo cabe mencionar que tiene siete años que resultan inversos con un 46.6 por ciento teniendo casi una proporción igual en este periodo en relación con el comportamiento. En el caso de B se observa aparentemente que están inversamente relacionados pero observando detenidamente se encuentran nueve puntos años de comportamiento directamente relacionado que son 1978, 1978, 1980, 1981, 1985, 1988, 1989, 1990 y 1992 siendo estos años el 56.3 por ciento y solo siete inversos con 43.7 por ciento en este periodo, a diferencia de A la temperatura de B se mantiene por encima de la precipitación teniendo un comportamiento proporcionalmente directo en su mayoría, por ultimo para el periodo C al igual que B se observa un patrón dominante de la temperatura y la precipitación por debajo los puntos de coincidencia 1994, 1995, 1996, 1998, 1999, 2002 y 2004 siendo el 53.84 por ciento para el caso de los años que resultan inversos fueron siete que equivalen a el 46.16 por ciento siendo este periodo directamente proporcional por ultimo se observa que la temperatura ha ido subiendo. Los resultados obtenidos en este trabajo comparten comportamiento muy similar a las bases de datos de Cruz (2007) la diferencia son las magnitudes para el estudio presente se reportan 900 mm de precipitación mientras que cruz se mantienen por debajo alrededor de 800 mm al igual que la temperatura en el presente trabajo es de 16.5 °C y para cruz es de 14 grados (fig. 16).

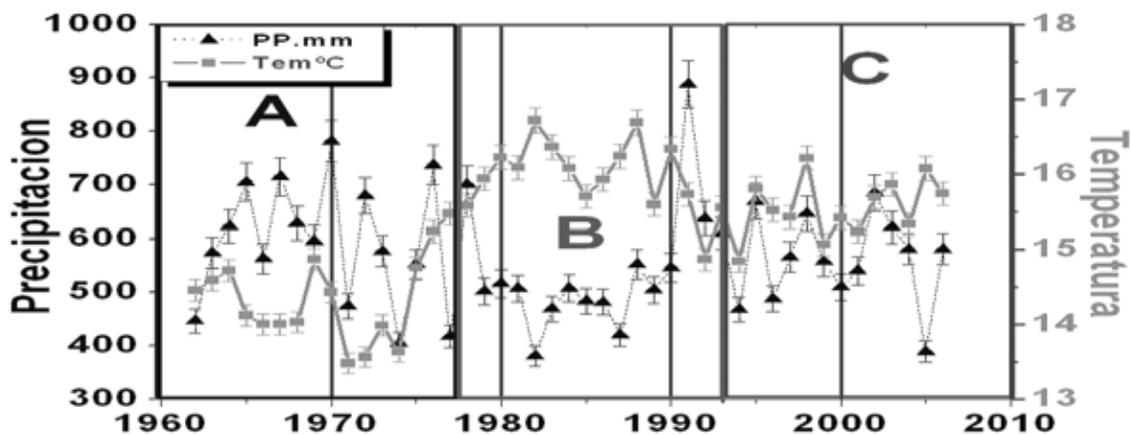


Figura 9 : Variaciones de temperatura (°C) y Precipitación (mm) en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006 con barras de incertidumbre del 5 %.

El Vicente R. Barros Dr. En Meteorología actualmente dirige el Proyecto “Inventario de gases de efecto invernadero y estudios de vulnerabilidad y mitigación frente al cambio climático en la Argentina” sostenía que el último siglo en el periodo de los setentas la temperatura ha aumentado. Se pueden notar dos etapas de calentamiento, una que fue aproximadamente de 1915 a 1945 y otra que empezó después de la década del 70 y que continúa hasta la fecha. La primera se debe al efecto del

calentamiento global, sino probablemente a la falta de volcanes. Los análisis realizados muestran que las temperaturas máximas fueron más altas, lo cual indica que el calentamiento estaría relacionado con la onda corta (o radiación solar). En cambio, el crecimiento observado a partir de los años setenta está más relacionado con la onda larga (o radiación terrestre) porque lo que está aumentando son las temperaturas mínimas. Este sería un indicio de que ésta última etapa se debe a los gases de invernadero porque afectan más la salida de la radiación de onda larga y por eso se modifican las mínimas, es decir las temperaturas nocturnas. Este es un elemento, pero hay que tener en cuenta que la variabilidad del clima por sí misma es tan alta que si uno tomara escalas de tiempo más grandes se podría tener un calentamiento en lugar de un enfriamiento. Por ejemplo, si hacemos mediciones desde el año 1700 hasta la fecha, estaríamos todavía bajo los efectos de un enfriamiento, pero si medimos desde 1600, en que se produjo la pequeña edad de hielo, se observa calentamiento. Hay todo un cuerpo de doctrina que indica que tarde o temprano se tendría que calentar la tierra si se tiene en cuenta el efecto del gas de invernadero. Toda la discusión debe residir en poder determinar en qué tiempo va a darse ese calentamiento, si va a ser en 50 años, en 100 años, en 500 años, o en 1000 años.

- Índices normalizados de precipitación y temperatura en el PNDL.

En relación con los índices normalizados de temperatura y precipitación de el Parque Nacional Desierto de los Leones en cual se observa un comportamiento muy similar al de los datos cruzados de los EW (A, B) teniendo 26 años de coincidencia (flechas) el cual es directamente proporcionales teniendo un 57.77 por ciento de los años graficados, si uno registra aumento de crecimiento la otra variable también. Para el caso de los años que se observo coincidencia fueron únicamente 19 representando 42.23 por ciento lo cual quiere expresar que mientras una variable precipitación o temperatura, cualquiera que esta sea obtengan ganancia o perdida estas van a comportarse de forma inversamente proporcional. Se observa también que especialmente que el periodo de los 70s es de gran relevancia observándose los años en que se registro el máxima variación de temperatura (1977, 1975) y precipitación (1978 y 1972) de igual forma los de menor variación registrado respectivamente (temperatura; 1971 y precipitación; 1971, 1974 y por ultimo 1977) durante toda la cronología ambos parámetros oscilan entre 0.48 a 0.53 (1962-2006, fig. 17).

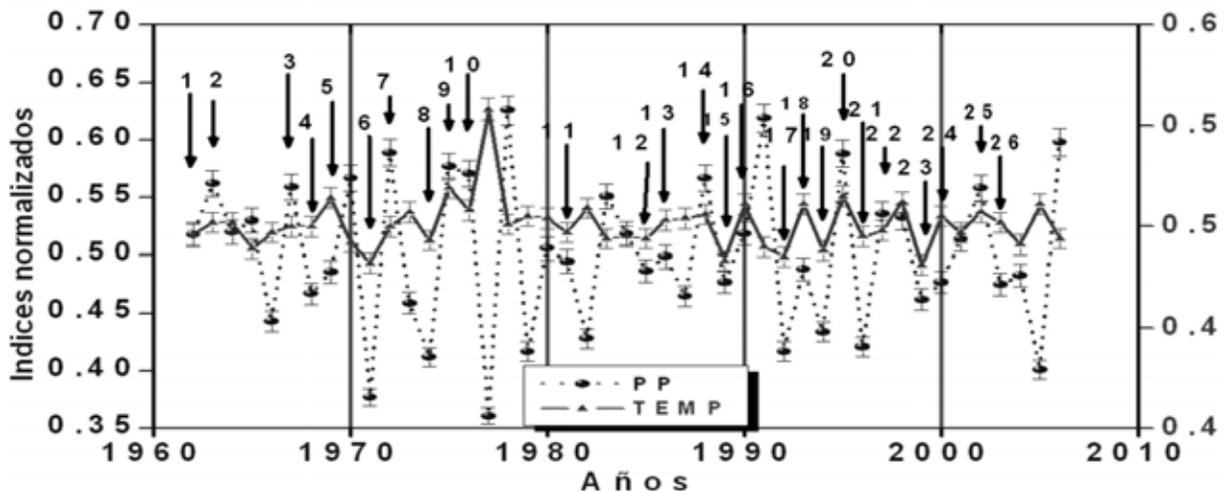


Figura 10 : Variaciones de los Índices normalizados de temperatura y Precipitación en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006 con barras de incertidumbre del 5%.

- f) Determinar la relación entre el crecimiento de los anillos (RW, EW, LW) de *Pinus patula* Schl. et Cham. Vs registro climático (Pp. Temp.) del PND.

Las graficas siguientes aparecen en la cronología de 1962-2006, debido que es muy difícil conseguir los registros meteorológicos para la zona de estudio y de cualquier otra tomando, tomando en cuéntalos anterior reducimos el numero de datos a 45 (1962-2006) en cada una de las variables (RW, EW, LW, temperatura y precipitación) para tener una distribución de datos uniforme.

- *Relación de RW(Y_1), Temperatura(Y_2) Y precipitación (Y_3) Vs Años(X)*

En el caso de los valores de los índices normalizados para el ancho anillo total (RW, Y_1), precipitación (Y_2) y temperatura (Y_3) Vs Años (X). Se determinó que tiene un comportamiento demasiado similar con las variables climáticas precipitación pluvial y Temperatura Elizondo et al. (2005); Díaz et al.(2001) para el caso de anillo total y temperatura se observa un comportamiento en la gran mayoría delos años entran en el rango de la incertidumbre casi el 95 por ciento de los valores (fig. 18 “A”).Para el caso de anillo total y precipitación se observa un a coincidencia o años empatados dentro del rango de incertidumbre (5%) en 21 años menor numero de años en comparación de la grafica A) en conclusión se determino que el anillo de crecimiento reacciona con las variables climáticas de precipitación (21 años menor porcentaje) temperatura en mayor proporción (40 años casi en 100 %) (fig. 18 “B”).

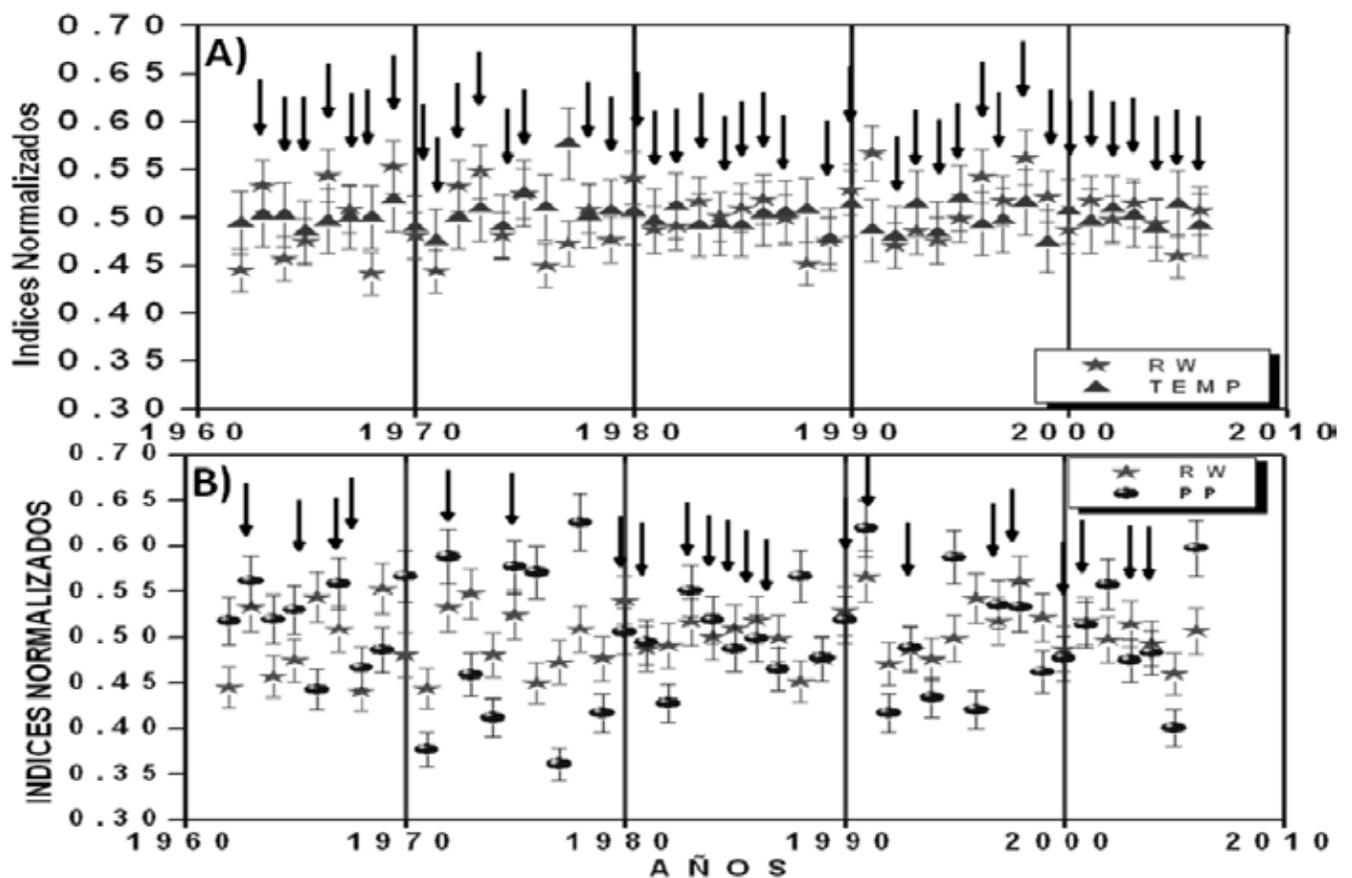


Figura 11 Variaciones de los índices normalizados de RW *Pinus patula* Schl. et Cham. Precipitación y Temperatura en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1960-2006 con barras de incertidumbre del 5 % Vs. Años.

- *Relación de EW (Y_1), Temperatura (Y_2) Y precipitación (Y_3) Vs Años (X)*

Para el análisis de los índices normalizados de madera temprana (Y_1) y temperatura (Y_2) Vs Años (X) se observa una muy marcada relación entre estas dos variables, madera temprana y temperatura, compartiendo casi en su totalidad los años de coincidencia o dentro de la incertidumbre, a diferencia de la gráfica de madera temprana (Y_1) y precipitación (Y_3) Vs Años (X) en donde se observaron más dispersos los valores, sin coincidencia notoriamente marcada, solo un porcentaje muy inferior, por lo tanto se concluye que existe una relación muy estrecha entre la madera temprana con la temperatura y muy poco con la precipitación (fig. 19).

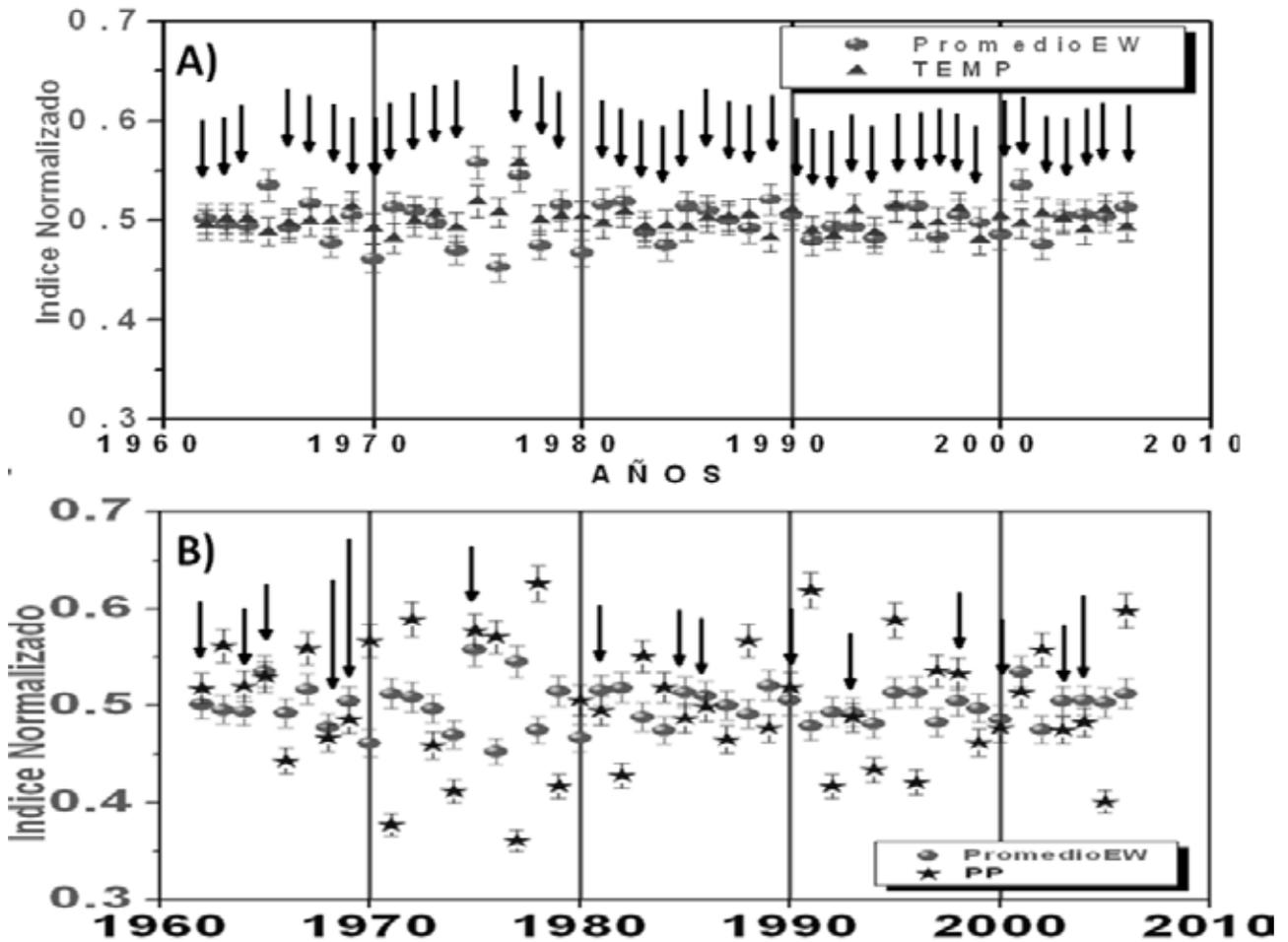


Figura 12: Variaciones de los índices normalizados de EW *Pinus patula* Schl. et Cham. Precipitación y Temperatura en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1960-2006 con barras de incertidumbre del 5 % Vs. Años.

- *Relación de LW (Y₁) Temperatura (Y₂) y Precipitación (Y₃) Vs Años(X).*

Al graficar los índices normalizados de LW (Y₁) y precipitación (Y₂) Vs. Años (X) se identificó que el LW tiene mayor relación con la precipitación ya que comparte muchos años en coincidencia de comportamiento, se mantiene muy cercanas las variables citadas, al contrario, del polígono que representa el LW (Y₁) y la temperatura (Y₂) Vs. Años(X). El LW no comparte años o puntos cercanos si no que la temperatura se mantiene muy por el centro como una línea recta por su parte el LW se mantiene ya sea muy elevados o muy bajos realmente son muy pocos años los cuales comparten coincidencia en conclusión la precipitación se encuentra mas estrechamente ligada con el crecimiento de verano (LW) (fig. 20).

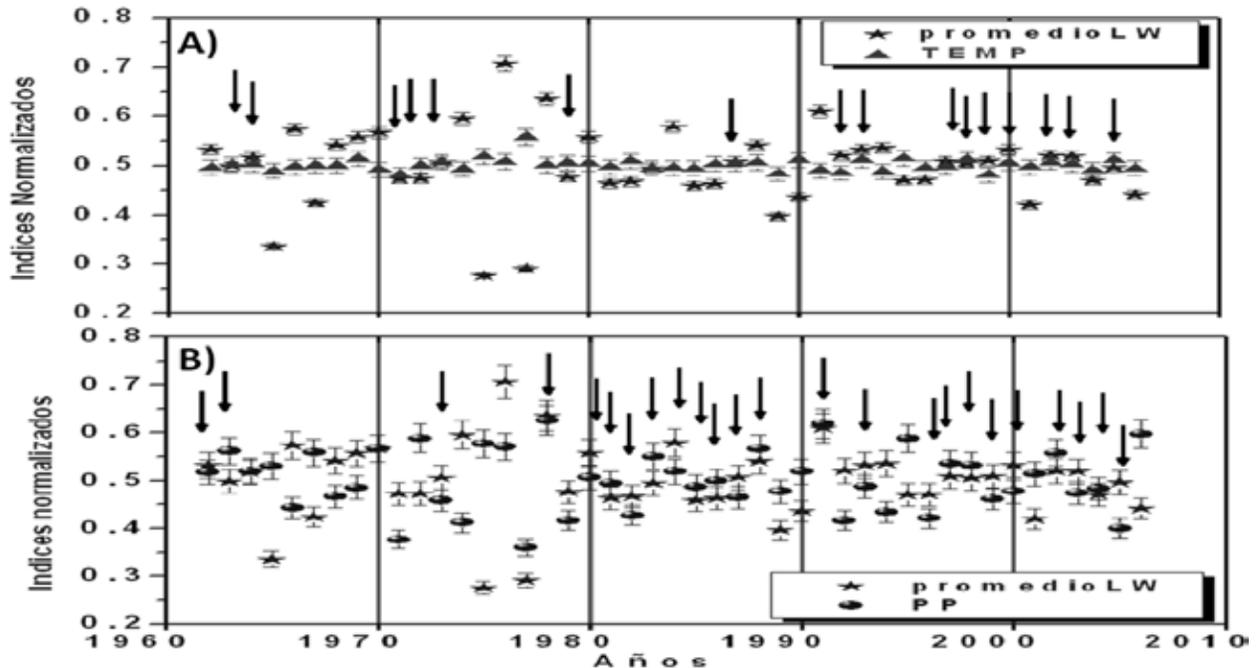


Figura 13 Variaciones de los índices normalizados de LW *Pinus patula* Schl. et Cham. Precipitación y Temperatura en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1960-2006 con barras de incertidumbre del 5 % Vs. Años.

Variable	Promedio de 1962-2006	Variable	Promedio Indices Normalizados de 1960-2006
EWA%	77.50491111	EWAIN	0.499777778
EWB%	77.20577778	EWBIN	0.500488889
EW	77.35534444	EWIN	0.500133333
LWA%	22.49508889	LWAIN	0.4974
LWB%	22.82453333	LWBIN	0.498688889
LW%	22.65981111	LWIN	0.498044444
RW(mm)	2.388141111	RWIN	0.500511111
PP(mm ³)	56.60145956	PPIN	0.501288889
TEMP(°C)	15.26932111	TEMPIN	0.501044444
EW(mm)	1.980195833		
LW(mm)	0.656044444		

Tabla 1 : promedio de los anillos de crecimiento y sus variables

En el cuadro (Tabla 4) se resumen los promedios y las ganancias de crecimiento con respecto a las distintas variables (EW, LW, RW) de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el Parque Nacional Desierto de los Leones para un periodo de tiempo que inicia en 1962 y finaliza en el 2006 de igual forma para las variables climáticas precipitación pluvial y temperatura.

VII. Análisis Estadístico

Con las interpretaciones realizadas a los polígonos de las variables: EWA%, EWB%, EW, LWA%, LWB%, LW%, RW (mm), PP (mm³), TEMP (°C), EW (mm) y LW (mm), se determino conductas de relación, ahora se procedió a la aplicación de prueba “Analysis of Variance Multifactor Anova” (Stagrafics versión 5.1) con la finalidad de probar diferencias de medias entre los factores (quinquenios) vs variables.

Las normalizaciones de los resultados obtenidos en porcentaje de madera temprana (EWA%, EWB%, EW, LWA%, LWB%, LW%, RW (mm), PP (mm³), TEMP (°C), EW (mm) y LW (mm), permito remover el efecto de crecimiento concéntrico que se presenta en los troncos de los árboles y de esta manera podemos graficar todos los datos en un solo eje y nos hace mas visible las relaciones que tiene entre si.

Para el análisis estadístico se realizó lo siguiente en el programa Statgraphics 5.1 se realizó un dendograma por método de Wards utilizando las siguientes variables; EWA%, EWB%, EW, LWA%, LWB%, LW%, RW (mm), PP (mm³), TEMP (°C), EW (mm) y LW (mm), con 45 datos cada una de las variables.

Este procedimiento ha creado 1 racimo de las 45 variables provistas. Los racimos son grupos de variables con características similares. Al formar los racimos, el procedimiento comenzó con cada una de las variables en un grupo separado. Entonces combinó las dos variables que eran las más cercanas juntas a la forma al nuevo grupo. Después de procesar la distancia entre los grupos, entonces combinaron a los dos grupos más cercanos juntos. Este proceso fue repetido hasta que solo quedo un solo grupo.

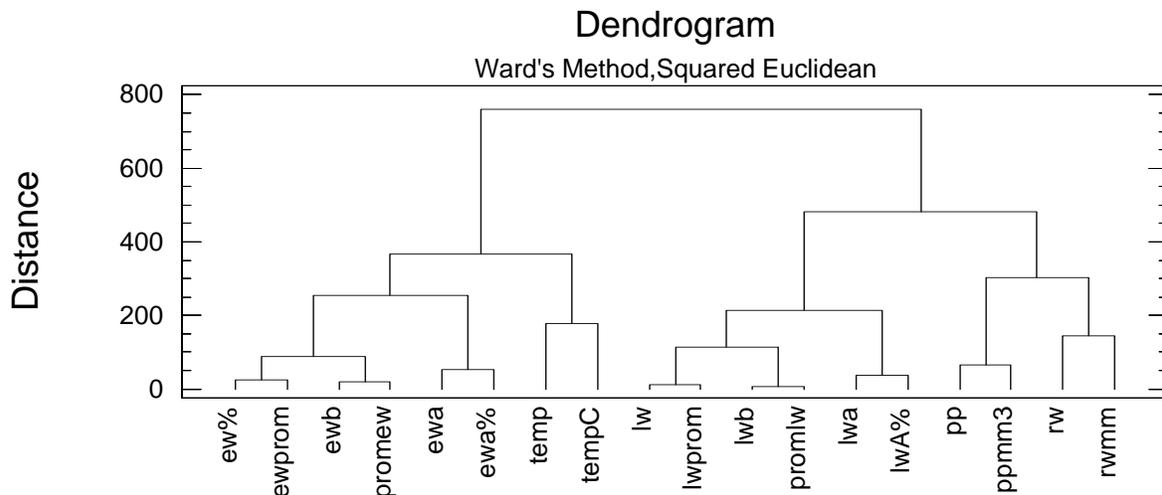


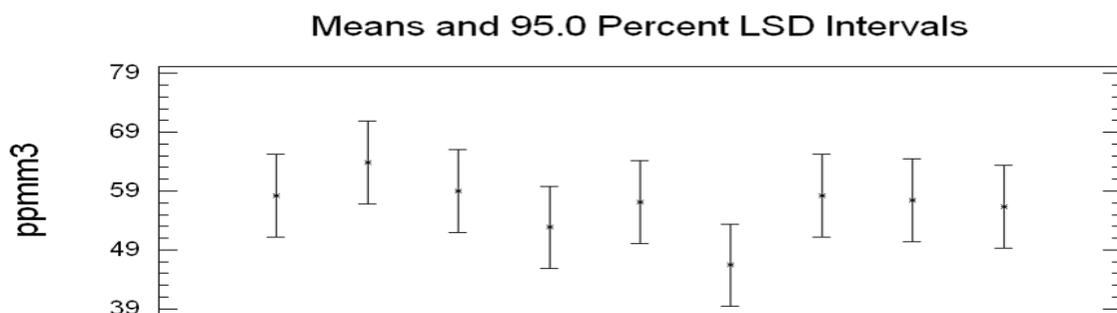
Figura 14 : Dendograma de las variables utilizadas en la metodología

Para determinar un valor razonable para el número de racimos, observar el diagrama de la distancia de la aglomeración disponible en la (fig. 21), claramente podemos observar que existen dos grandes

grupos el primero esta constituido de la siguiente manera pega hasta su extremo derecho se encuentra RW índice normalizado (IN) y RW (mm) compartiendo a su vez estos con la precipitación IN y precipitación (mm). En su conjunto a su vez esto cuatro variables dos parejas se unen con grupo mas el cual contiene dos sub ramas las cuales por un lado tiene un par de variables las cuales son LW a IN y LW porcentaje, la segunda sub rama esta constituida por dos sub grupos mas el primero de ellos LW b IN y LW promedio, el otro sub grupo esta constituido por LW prom y LW, todas estas variables aparecen en el primer súper grupo llamándolo de alguna manera los cuales comparten la pp. como variable climática, este grupo se une con el otro dividiéndose en dos sub grupos el primero conformado únicamente por una pareja las cuales son la variable climática temperatura IN y la otra también temperatura pero esta vez con grados centígrados pasamos al segundo subgrupo el se divide nuevamente en dos quedando en un extremo EW a IN y EW porcentaje por otro lado EW porcentaje y EW promedio.

7.1. Diferencia de Medias

De acuerdo con las diferencias de medias ($F=0.95$, $P>0.4866$) entre la precipitación pluvial (mm), se observo que en el quinquenio 85 resulto ser (95%) este diferente a el resto de los quinquenios presentando valores muy bajos (oscilan de 390 mm. a los 570 mm. con un promedio de 470 mm.), siendo estos lo que presentaron menor sequía, todo lo contrario a lo observado en los 65 que el quinquenio de mayor precipitación pluvial para los quinquenios 60, 70, 80, 90, 95, 2000 se observa una distribución muy uniforme muy parecida siendo estos los de mayor parecido (95%) de sus medias (fig. 22).



De acuerdo con las diferencias de medias ($F=16.04$, $P > 0.0000$) entre la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y los años se determinó que los quinquenios 60, 65 y 70 (aproximado a los 14.2°C) fueron significativamente (95%) diferentes del resto de los quinquenios, de donde se infiere que corresponden a las temperaturas mas bajas registradas en los últimos 45 años. Respecto los quinquenios 75, 80 y 85, 90 entre ellos resultaron ser diferentes al igual con el resto de ellos, las temperaturas oscilaron ± 0.2 . Los 95s y los 2000s las medias oscilaron entre los 15.5°C (Fig. 23).

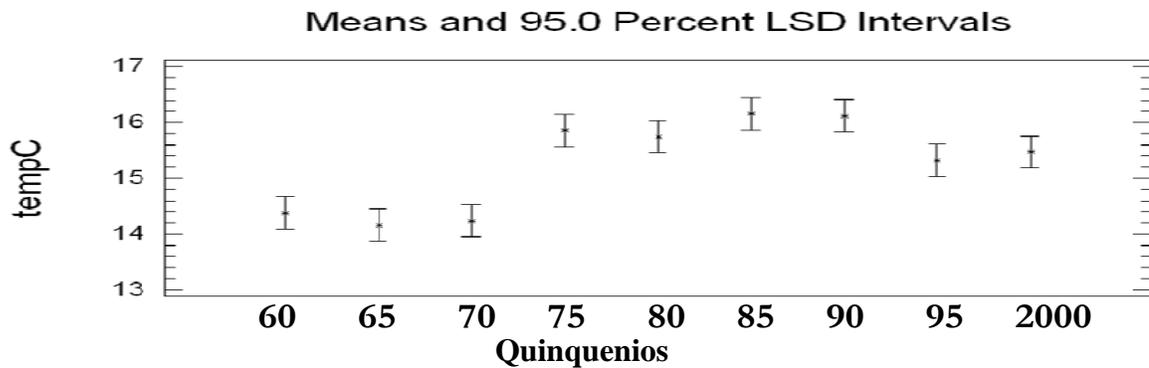


Figura 16 : Diferencia de medias de temperatura en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006

Cabe destacar que la ola de calor registrada en los EE UU en julio de 1995 en cual duraron mas de una semana con una temperatura de 108 °F en el que hubo varios cientos de fallecidos. Los incrementos de temperatura han aumentado y el Europa en el 2003 la ola de calor cobro cientos de miles de vidas humanas (fig. 23).

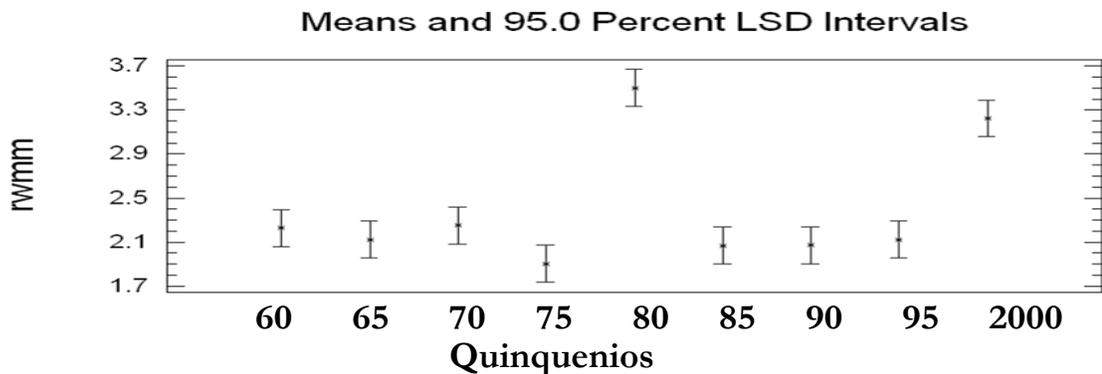


Figura 17 : Diferencia de medias de ancho del anillo de crecimiento de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006 Versus años con intervalos de confianza de 95 porciento.

De acuerdo con las diferencias de medias ($F=23.31$, $P > 0.0000$) entre el ancho total de los anillos y respecto a los quinquenios; los 80s (los valores oscilaren de 3.2 a 3.7 como máximo) y 2000 (los valores oscilaron de 3.1 como mínimo y máximo 3.4) fueron significativamente (95%) diferentes del resto de los quinquenios, de donde se registro una ancho promedio de 3.45mm y 3.3 mm respectivamente de entre los 45 años. El resto de los quinquenios son diferentes a los citados manteniéndose un rango de medias promedio de oscilan de 1.9 como mínimo hasta 2.2 como máximo (quinquenios 60, 65, 70, 75, 85, 90, y 95) (fig. 24).

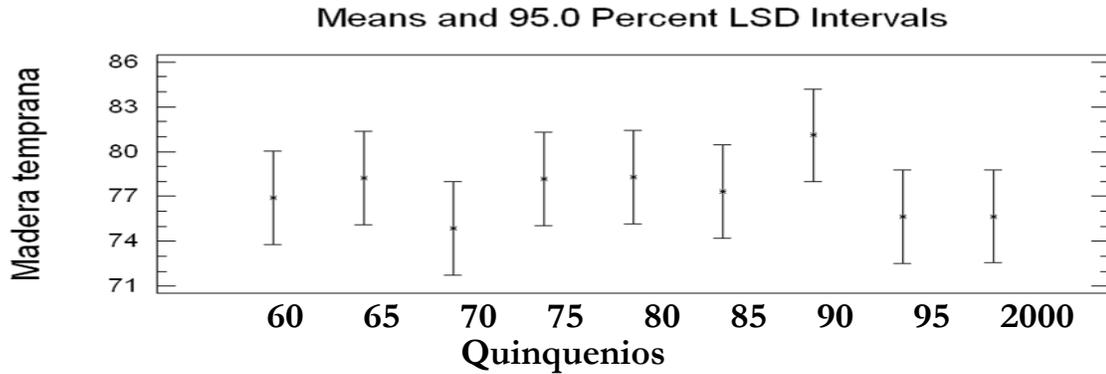


Figura 18 : Diferencia de medias de madera temprana de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006 Versus años con intervalos de confianza de 95 por ciento.

De acuerdo con la diferencia de medias ($F=0.75$, $P>0.6451$) de madera temprana respecto los quinquenio en los 90 resulto ser diferentes (95%) con una media de 81.2 con respecto al resto de de los demás años 60 hasta los 85 observandose un valor de 78 aproximadamente de los 95 y 2000 presentando un valor medio de 74.58 (79 como máximo y como mínimo 72 aprox.) (fig. 25).

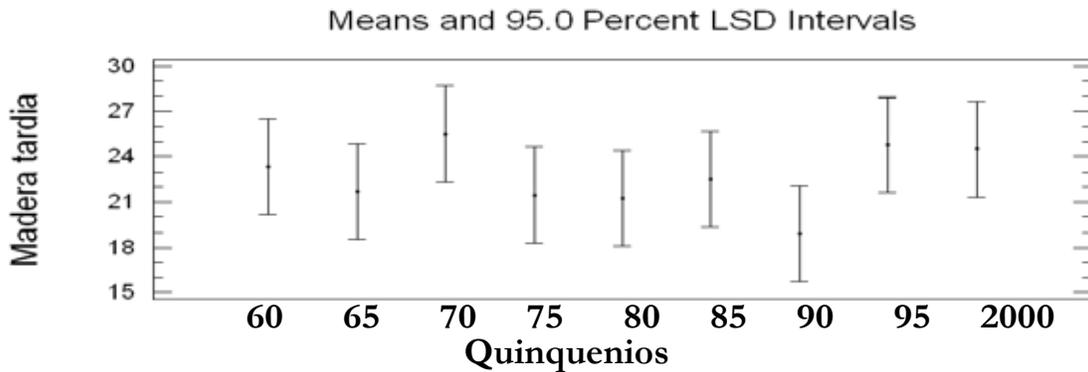


Figura 19 : Diferencia de medias de madera temprana de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el Parque Nacional Desierto de los Leones de 1962-2006 Versus años con intervalos de confianza de 95 por ciento.

De acuerdo con la diferencias de medias ($F=0.90$, $P>0.0.5286$) de madera tardía no existió diferencia entre los quinquenios presentando valores que oscilan desde los 19.2 como mínimo, hasta un valor máximo el cual es 25 (fig. 26).

VIII. CONCLUSIONES.

Los objetivos planteados fueron alcanzados en su totalidad se determinando la relación entre las variables climáticas temperatura y precipitación con los anillos de crecimiento anual de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el Parque Nacional Desierto de los Leones de comenzando en el años de 1962 terminando en el 2006.

De las particularidades se concluyó lo siguiente:

- a) En el caso de madera temprana se comparten 26 años de coincidencia 57.7 por ciento y con 42.3 por ciento de puntos inversos, para el caso de la madera tardía los valores son 42.3 por ciento de años que coincidieron y un 57.7 de valores sin coincidencia.
- b) La longitud de crecimiento para la madera temprana fue de 77.35 por ciento y para madera tardía fue de 22.65 por ciento y en índices normalizados las conclusiones fueron las siguientes para EW fue de 0.50 y LW fue 0.49 en relación con valores de milímetros fue de EW 1.98 y LW 0.656
- c) Al construir la cronología de anillos de crecimiento de *Pinus patula* Schl. et Cham. del PNDL se observó un comportamiento oscilatorio siendo muy bueno al principio para posteriormente hacerse menor llegando a un punto de estabilidad para después ganar nuevamente crecimiento.
- d) La ganancia de crecimiento de *Pinus patula* Schl. et Cham en el PNDL fue de 2.38 mm y en valores normalizados fue de 0.50 concluyendo que la ganancia de crecimiento va aumentando.
- e) Los valores reales de temperatura (°C) y precipitación (mm) se llegó a la conclusión que tiene tres periodos oscilatorios el primero domina la precipitación y posteriormente domina la temperatura en el último periodo domina nuevamente la temperatura observándose que esta tiene una tendencia a ir aumentando en los últimos años concluyendo que la temperatura y la precipitación se encuentran directamente proporcionales con un 54.51 por ciento, y 45.49 por ciento de valores inversos esto quiere decir mientras que la precipitación sube la temperatura baja y viceversa.
- f) La relación de los anillos de crecimiento está estrechamente relacionado con los factores climáticos, para madera tardía se encontró que los datos climatológicos están directamente relacionados con la temperatura y muy poco con la precipitación, pero para el caso de madera temprana se observa una relación muy marcada en la precipitación y muy poco en la temperatura por lo tanto el anillo de crecimiento total reacciona con las dos variables en general.

IX. RECOMENDACIONES.

- Se precisa de una estadística de datos meteorológicos de precipitación pluvial y temperatura ambiental, al menos 75 años consecutivos, a fin de reconstruir las variables climáticas.
- Se requiere de realizar el patrón dendrocronológico para la especie *Pinus patula*, *P. hartwegii*, *P. ayacahuite*, *P. moctezumae* y *Abies religiosa*.
- Se requiere de construir el patrón Dendroclimatológico del *Pinus patula*.
- Se requiere de determinar el crecimiento del anillo a nivel de traqueídas de verano y primavera en cada una de las especies arbóreas de la cuenca de México.
- Considerar el registro mensual de las precipitaciones invernales y de verano en relación al tejido de crecimiento (pared celular).
- Realizar la reconstrucción de 500 años PDSI (estimaciones de precipitación y del índice de severidad de sequía de Palmer).
- Para que es importante todo esto a medida que nosotros sabemos la periodicidad de la precipitación así como la temperatura se pueden implementar planes de manejo correcto del agua, reforestación en temporada óptima para un adecuado desarrollo de las plántulas y así obtener una tasa de supervivencia de *Pinus sp.* Por otra parte también se puede utilizar para cultivos de temporada.

X. Referencias Bibliográficas.

1. Alvarado R. D., L. I. de Bauer, J. Galindo A. 1991. Declinacion y Muerte del Bosque de Oyamel en el Sur del Valle de Mexico. *Agrociencia*. págs. 3(1): 123-143.
2. Biondi Franco. 1997. Dendroclimatology of torrey pine *The American midland Naturalist*. - EUA : American Middleline. 38:237-251 : Vol. 2.
3. Bravo A. H., R. Sosa E., y R Torres J. 1991. Ozono y lluvia Acida en la Cd. de Mexico. *Ciencia*. pág. 22: 33-40.
4. Calva Vasquez G., Corona-Becerra, R.C., 1990. Los niveles potencialmente utiles para el registro de los niveles de contaminacion en el D.F.- Mexico. D.F. : *Temas de Investigacion y Postgrado*. - 1:10-21 : Vol. I.
5. Calva-Vasquez G., Corona-Becerra, R.C. 1989. Contaminacion Atmosferica en la Cd. de Mexico: Causas, concentraciones y efectos. - Mexico D.F. : *Temas de investigacion y postgrado*, 1:10-21 : Vol. I.
6. Ciesla W. M., J. E. Macias-Samano 1987. A forest in crisis - Washinton D.C. USA : *American Forest*, 1-5 : Vols. Nov-Dic.
7. Cleveland M. K., E. R. Cook y D. W. Stahle. 1992. Secular variability of the Southern Oscillation detected in tree-ring date from Mexico and the southern united state / *El Niño: Historic and paleoclimatic aspects of the southern oscillation* aut. libro Diaz H. F. and V. Markgraf. [s.l.] : Cambridge University Press.- Vols. 271-291.
8. Cruz M. A. R. 2007. Dendrocronologia y Pixe para la evaluacion del crecimiento de *Pino* influenciado por el cambio del regimen climatico y la contaminacion atmosferica en el Iztapopo Mexico. UNAM, FES ZARAGOZA. - Vol. I 91 pp..
9. Cruz-Cisneros R. 1989. Necesidad de una adecuacion del arbolado urbano del area metropolitana de la Cd. de Mexico - Mexico D.F. : *Sociedad Mexica de Historia Natural*.
10. Cook Cleveland M. K., E. R. 1992. Secular variability of the Southern Oscillation detected in tree-ring date from Mexico and the southern united state / *El Niño: Historic and paleoclimatic aspects of the southern oscillation* / aut. libro Diaz H. F. and V. Markgraf. [s.l.] : Cambridge University Press.- Vols. 271-291.
11. DGPCC-RAMA 1997. Informe anual de la calidad del Aire en el Valle de la Ciudad de Mexico - Mexico D.F. : Gobierno del D.F. y Secretaria del Medio Ambiente.
12. Díaz S. C., Therrell M. D., , Stahle D. W., Cleaveland M. K. 2002 Chihuahua (Mexico) winter-spring precipitation reconstructed from tree-rings, 1647–1992. *Climate research clim res*. Vol. 22: 237–244, 2002
13. Domingo, C. 1976. *Tecnologia de la forestacion en Argentina y America latina*. Argentina: Hemisferio Sur.
14. Esau, K. 1976. *Anatomia vegetal*. Barcelona: Ediciones omega, S.A.
15. Fahn, A. 1974. *Anatomia vegetal*. Madrid: H. Blume ediciones. S.A
16. Fritts H. C. , Smith D. G., Cardis J. W. y Budelsky C. A. 1965 Tree-ring characteristics along a vegetation gradient in north Arizona. *Ecology*. Vol. 46 (4): 3936-941.
17. Fritts H. C. 1976. *Tree rings and climate* - NewYork London San Francisco : Academic Press,- Vol. 245 pp..
18. Galindo I., Gio-argaez, R., Hernandez-Ruiz , I., Sainz-Hernandez E. 1989. Transformaciones energeticas en la atmosfera urbana originadas por la contaminacion atmosferica en ecologia urbana. - Mexico : *Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 1989.
19. Garcia A. 1998. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Adaptación a las Condiciones de la República Mexicana./ Instituto de Geografia UNAM.. - 1998. - pág. 245.
20. Genova 1998. Los anillos de crecimiento como indicadores climaticos.- España : Escuela Universidad de Ingenieria Forestal, 1998.
21. Grissino M. 2003. A Manual and tutorial for the proper use of an increment borer. - Tennessee Knoxville : *Tree-ring Research*, 2003. - 2:63-79 : Vol. 59.
22. Gonzales E. M. Jurado E. N., Gonzalez E. M., Villanueva J. Agurre O. Jimenez J. 2005 Tree-rings and climate relationships for Douglas-fir chronologies from the Sierra Madre Occidental, México: A 1681-2001 rain reconstruction. *Forest Ecology and Management* 13 (2005) 39-53
23. Hocker H. W. 1984. *Introduccion a la Biologia Forestal*. - Mexico. : AGT Editor, S.A.
24. Ingersoll A.P. 1983. *The Atmosphere* - EUA : *Scientifican American*,- 3:114-130 : Vol. 249.

25. Jauregui O. E. 1988. Local Wind and air pollution interaction in the Mexico basin atmosfera- Mexico D.F. : Ecología Urbana, - 131-140 : Vol. I.
26. Jauregui O. E., 1989. El flujo de calor sensible en un area urbana de la ciudad de Mexico/ Ecología Urbana / aut. libro Gio-Argaez R., Hernandez-Ruiz I., Sainz-Hernandez E.. - Mexico : Sociedad mexicana de historia natural, Vols. 169-180.
27. Larsson Ake 2007.<http://www.cybis.se/forfun/dendro/math/index.htm>.<http://www.cybis.se>. - www.cybis.se.
28. Liechty H.O. 1993. Cation and anion fluxes in northern hardwood throughfall along an acidic deposition gradient. . *Canada J. Forest Res.* , 23:457-467.
29. López L. M. A., J. V. 1998. Estado nutricional de *Abies religiosa* en un area con Problemas de contaminación Ambiental. *Agrociencia.* , 32(1):53-59
30. Lough J. M. 1992. An index of the southern oscillation reconstructed from western North American tree-ring chronologies. / El Niño: historical and paleoclimatic aspects of southern oscillation / aut. libro Diaz H. F. and V. Markgraf. - [s.l.] : Cambridge University Press.- Vols. 215-226.
31. Lough J. M. y H. C. Fritts. 1985. The southern oscillation and tree-rings: 1600-1961 Journal and climate and applied meteorology, - 952-966.
32. Lovett G. M., E. S. Lindberg, D. D. Richter., y W. D. Johnson. 1985. The effects of acidic deposition on cation leaching from tree deciduous forest canopies. / Canada. J. Forest Res. - págs. 15: 1055-1060.
33. Martínez C. A. L. 2008. El valor constitutivo del Desierto de los Leones / Instituto Nacional de Ecología. - Dirección general de investigación en Economía y política Ambiental, 2008. - 2008. - <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetas/464/desierto.htm>.
34. Michaelsen J. y L. G. Thompson. 1992. Comparison of proxy records of El Niño/Southern Oscillation / El Niño: Historical and paleoclimatic aspects of the Southern oscillation. / aut. libro Diaz H. F and V. Markgraf. - [s.l.] : Universidad de Cambridge University Press. - Vols. 326-348.
35. Puckett L. J. 1990. Time and pH-dependent leaching of ions from deciduous and coniferous foliage. / Can. J. Forest Res. - págs. 20:1779-17785.
36. Razo A. G., 2005. Registro de los metales pesados con PIXE en anillos de crecimiento de arboles de los Parques Nacionales Desierto de los Leones. Mexico. D.F:UNAM, FES ZARAGOZA. Vol.I 97 pp.
37. Scott S. D. 1966. Dendrocronology in Mexico. - Tucson, Arizona, EUA : Universidad de Arizona Press. Tucson, - 80 pp..
38. Schulman E. 1944. Dendrocronology in Mexico- Mexico : Tree-ring Bulletin, 1944. - 18-24 : Vol. 10.
39. Seinfeld J. H. 1986 Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution / Library of congress Catalogin in Publication date.
40. Spurr S. y Burton. B. 1982. Ecología forestal - Mexico : A.G.T. Editor S.A.
41. Stahle D. W. y M. K. Cleveland. 1993. Southern oscillation extremes reconstructed from tree-rings of Sierra Madre Occidental and Southern Great plains. - [s.l.] : Journal of climate, - 129-140 : Vol. 6.
42. Stahle D. W. 1998. Experimental dendroclimatic reconstruction of the Southern oscillation. Tree-ring Bulletin of American Meteorological Society, 1998. - 10: 2137-2152 : Vol. 79.
43. Stokes M. A. y Smiley T. 1992. Introduction to tree-ring dating-Chicago and London : University of Chicago Press.- Vol. 74 pp..
44. Trujillo R. T. 1989. Aspectos climaticos de la cuenca del valle de Mexico / Ecología Urbana / aut. libro Gio-Argaez R., Hernandez-Ruiz I., Sainz-Hernandez E.. - Mexico : Socienda mexicana de historia natural,- Vols. 25-32.
45. Villanueva y MacPherson. 1996. Reconstrucción de precipitación and PDSI from tree-ring chronologies developed in mountains of New Mexico, USA and Sonora, Mexico. Hidrology and water Resources in Arizona and Southwest - Arizona, EUA., Sonora, Mexico : Arizona Nevada Academy of Science, hidrology section - 45-54 : Vol. 26.
46. Villanueva-Díaz J. 1996. Influence of land-use and climate on soils and forest structure in mountains of the Southwestern United States and Northern Mexico- Tucson. : University of Arizona, - Vol. 203 pp.

**Para cualquier duda, aclaración o aportación comunicarse al 044-55-15-02-54-10
rodargos21@hotmail.com.**