

241132



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“VARIACION MORFOLOGICA EN ACICULAS Y CONOS  
DE POBLACIONES NATURALES DE pinus hartwegii  
DEL EJE NEOVOLCANICO”.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**B I O L O G O**

**P R E S E N T A**

**PATRICIA MARGARITA PEREZ RODRIGUEZ**

**1 9 8 4**



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 está 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.

\*\*\*\*\*

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN . . . . .	1
INTRODUCCION . . . . .	1
OBJETIVOS . . . . .	3
ANTECEDENTES . . . . .	4
CRONOLOGIA SOBRE ALGUNOS ESTUDIOS DE VARIACION DE LAS ESPECIES DEL GENERO <i>Pinus</i> . . . . .	4
ESTUDIOS DE VARIACION EN PINOS MEXICANOS . . . . .	7
VARIACION MORFOLOGICA EN <i>P. hartwegii</i> . . . . .	9
IMPORTANCIA DE LA BIOSISTEMATICA PARA EL ESTUDIO Y ESTABLECIMIENTO DE ESPECIES EN EL GENERO <i>Pinus</i> . . . . .	12
ANALISIS DE LOS PATRONES DE VARIACION . . . . .	14
IMPORTANCIA DEL ANALISIS DE PROCEDENCIAS . . . . .	15
TIPOS DE VARIACION . . . . .	16
CONCLUSIONES GENERALES SOBRE LOS ESTUDIOS DE VARIACION REALIZADOS EN PLANTAS SUPERIORES . . . . .	17
CARACTERISTICAS DE DIAGNOSTICO EN EL GENERO <i>Pinus</i> . . . . .	19
DESCRIPCION BOTANICA DE <i>Pinus hartwegii</i> . . . . .	22
MATERIALES Y METODOS	
TRABAJO DE CAMPO . . . . .	27
TRABAJO DE LABORATORIO . . . . .	31
CARACTERISTICAS DE LAS ACICULAS	
MACROSCOPICAS . . . . .	32
MICROSCOPICAS . . . . .	32

\*\*\*\*\*

	Página
ANATOMIA (CORTE TRANSVERSAL DE LAS ACICULAS) . . . . .	33
CARACTERISTICAS DEL CONO . . . . .	35
ANALISIS ESTADISTICO	
a. NORMALIDAD . . . . .	38
b. CARTAS DE FRECUENCIAS . . . . .	39
c. MEDIAS ARITMETICAS . . . . .	39
d. ANALISIS DE VARIANZA O MODELO LINEAL GENERAL . . . . .	40
e. COMPONENTES DE LA VARIANZA . . . . .	44
f. CORRELACION . . . . .	46
g. CONGLOMERADO . . . . .	46
h. DENDROGRAMA O FENOGRAMA . . . . .	47
RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	48
ANALISIS NORMALIDAD . . . . .	48
ANALISIS DE LAS MEDIAS ARITMETICAS . . . . .	48
ANALISIS DE VARIANZA . . . . .	74
COMPONENTES DE LA VARIANZA . . . . .	82
ANALISIS DE LA CORRELACION . . . . .	84
ANALISIS CONGLOMERADO . . . . .	89
CONCLUSIONES . . . . .	95
RECOMENDACIONES . . . . .	100
LITERATURA CONSULTADA . . . . .	103

\*\*\*\*\*

## INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y TABLAS

	Página
<b>MATERIALES Y METODOS</b>	
Cuadro 1. Localidades del Estudio del Eje Neovolcánico . .	28
Cuadro 2. Sitios del Estudio del Transecto Altitudinal de Zoquiapan . . . . .	29
Mapa 1 . . . . .	30
Figura 1 . . . . .	33
Figura 2. Esquemas de la anatomía de una acícula de pino .	36
Figura 3. Esquema de las características macroscópicas medidas en las acículas y conos de <i>P. hartwegii</i> .	37
<b>RESULTADOS</b>	
Figura 1-18. Gráficas del análisis de la normalidad, en las que se presenta la distribución de las características analizadas . . . . .	49-62
Tabla 1. Medias aritméticas de las características de morfología foliar de las localidades del Eje Neovolcánico . . . . .	67
Figura 19. Gráficas de las Medias aritméticas de las características de morfología foliar (macroscópicas y anatomía) del Estudio del Eje Neovolcánico . . .	68
Tabla 2. Medias aritméticas de las características de morfología foliar de las localidades del Transecto Altitudinal de Zoquiapan, Méx. . . . .	69
Figura 20. Gráficas de las Medias aritméticas de las características de morfología foliar (macroscópicas y anatomía) del Transecto Altitudinal de Zoquiapan, Méx. . . . .	70
Tabla 3. Análisis de las Medias (promedios) y de otras medidas estadísticas de las variables de los árboles del Eje Neovolcánico de <i>P. hartwegii</i> . . .	72

\*\*\*\*\*

	Página
Tabla 4. Análisis de las Medias y otras medidas estadísticas de las variables analizadas para los árboles del Transecto Altitudinal de Zoquiapan . . . . .	73
Tabla 5. Análisis de la varianza y componentes de la varianza de las Medias de 9 variables estudiadas en <i>Pinus hartwegii</i> del Eje Neovolcánico (1) y (2) . . . . .	74-75
Tabla 6. Análisis de la varianza y componentes de la varianza de 9 variables estudiadas en el Transecto Altitudinal, Zoquiapan . . . . .	76
Cuadro 3. Cuadrados medios esperados para las variables de morfología foliar del Eje Neovolcánico . . . . .	77
Cuadro 3. Cuadrados medios esperados para las variables de los conos del Eje Neovolcánico . . . . .	78
Cuadro 4. Cuadrados medios esperados para las variables de la morfología foliar del Transecto Altitudinal de Zoquiapan, Méx. . . . .	79
Figura 21. Componentes de la varianza de las 18 características de <i>P. hartwegii</i> de las localidades del Eje Neovolcánico . . . . .	80
Figura 22. Componentes de la varianza de las 9 características de <i>P. hartwegii</i> del Transecto Altitudinal de Zoquiapan, Méx. . . . .	81
Cuadro 5. Coeficientes de correlación de 19 variables del Eje Neovolcánico de <i>P. hartwegii</i> . . . . .	85
Cuadro 6. Coeficientes de correlación de 10 variables del Transecto Altitudinal de Zoquiapan, Méx. . . . .	88
Tabla 7. Datos del conglomerado del Estudio del Eje Neovolcánico . . . . .	90
Figura 23. Análisis conglomerado del Eje Neovolcánico . . . . .	91
Tabla 8. Datos del análisis conglomerado del Transecto Altitudinal de Zoquiapan, Méx. de <i>Pinus hartwegii</i> . . . . .	93
Figura 24. Análisis conglomerado del Transecto Altitudinal de Zoquiapan. . . . .	94

\*\*\*\*\*

## RESUMEN

Las características morfológicas de acículas y conos de *Pinus hartwegii* Lindl. de poblaciones naturales fueron analizadas para determinar el patrón de variación de la especie.

El trabajo consta de dos estudios. En el primero se colectaron muestras de árboles de poblaciones que se distribuyen a través del Eje Neovolcánico. En el segundo se hizo un transecto altitudinal en Zoquiapan, México, para determinar si la altura sobre el nivel del mar, influye en el patrón de variación de las características analizadas.

El número total de árboles colectados fue de 345, de los cuales se analizaron cuantitativamente 29 características de: acículas, anatomía de las mismas y los caracteres de los conos.

La variación encontrada para las características de la morfología foliar de *P. hartwegii* es discontinua.

Se concluye que *P. hartwegii* es una especie formada por razas morfológicas geográficas y altitudinales.

\*\*\*\*\*

"La sabiduría no es preciosa, porque nunca  
conseguiremos poseer la ciencia suprema.  
Todo se hace y acaba en la Eternidad."  
Rabindranath Tagore

## INTRODUCCION

En México, las coníferas son las especies forestales de mayor importancia, ya sea por la superficie que ocupan, así como por la explotación que de ellas se hace. En el país están representadas por 10 géneros: *Abies*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Libocedrus*, *Picea*, *Pinus*, *Podocarpus*, *Pseudotsuga*, *Taxus* y *Taxodium* (Robert, 1979). El género de mayor importancia tanto biológica como económica es *Pinus*.

La distribución geográfica de los pinos es muy amplia dentro del territorio nacional, se localizan en todos los estados excepto en: Campeche, Yucatán y Tabasco (Shaw, 1909; Standley, 1920-25; Martínez, 1948; Look, 1950; INIF/FAO, 1967; Eguiluz, 1978). En cuanto a su distribución altitudinal se encuentran vegetando desde el nivel del mar como *Pinus caribaea*, hasta el límite de la vegetación arbórea alrededor de los 4 000 m como *P. hartwegii* (Little, 1967; Robert, 1979).

Esto nos puede dar una idea general acerca de su enorme potencial de variación y capacidad adaptativa que tiene el género en diversos

\*\*\* \*\*\*\*\*

hábitats.

En la República Mexicana y en Centroamérica se ha encontrado que las especies nativas de pinos tienen una amplia variabilidad morfológica, por lo que se ha considerado a esta zona como otro centro de especiación (Mirov, 1967). Esto puede constatarse con el reporte hecho por Eguiluz en 1982, en el cual se menciona un total de 77 taxa, siendo probable aumentar la lista de especies, variedades y formas, ya que hasta el momento ha existido falta de programación y apoyos en las colectas que organizan las diferentes instituciones.

Por otra parte, la variación morfológica de una especie vegetal está íntimamente ligada con las condiciones medioambientales que prevalezcan en el ciclo de vida de esa especie. En los animales, la variación de sus caracteres no es tan evidente como en los vegetales, ya que ellos son móviles buscan su medio (tienen flexibilidad de comportamiento) y por lo tanto tienden a ser menos variables que las plantas. La estrecha relación planta-medio ambiente, también marca para el vegetal la importante propiedad de poseer la suficiente flexibilidad de desarrollo o normas de reacción amplias para existir donde están ubicados (Stebbins, 1950).

Las variaciones ocurridas en plantas y animales son aprovechadas económicamente por el hombre (Mettler, 1969); en las plantas se explo-

\*\*\*\*\*

tan variedades que produzcan más frutos, que sean más resistentes al ataque de plagas y enfermedades, etc.; en los animales se aprovechan las variedades o razas, que produzcan más carne, leche, grasa, etc.

El estudio de la variación en vegetales se hace abordando las diferencias morfológicas, las cuales comprenden componentes estructurales que pueden ser fácilmente medidos, definidos y clasificados.

## OBJETIVOS

En el presente trabajo se analiza la variación morfológica de *Pinus hartwegii* con los siguientes puntos:

1. Conocer los patrones de variación en las características de acículas y conos de diferentes poblaciones de este pino, que se distribuye a través del Eje Neovolcánico del paralelo 19° Latitud Norte.
2. Determinar si la altura sobre el nivel del mar influye en los caracteres estudiados.
3. Determinar si los patrones de variación son continuos o discontinuos.
4. Contribuir a un mejor conocimiento taxonómico de esta especie.

\*\*\*\*\*

## ANTECEDENTES

La variación en forma de diferencias individuales existe en todas las poblaciones de organismos, además de ser uno de los principales factores en la evolución orgánica. Los cambios evolutivos pueden ocurrir por la utilización de variación existente y sin la introducción de algún nuevo factor hereditario, (Simpson, 1955).

En los árboles se reconoció desde hace más de 200 años la variación geográfica de las especies en cuanto a su tasa de crecimiento, forma, adaptación a las condiciones medioambientales y resistencia a enfermedades y plagas (Frankel y Bennet, 1970; Langlet, 1971).

### CRONOLOGIA SOBRE ALGUNOS ESTUDIOS DE VARIACION EN ESPECIES EXTRANJERAS DEL GENERO *PINUS*

1745-1967 *Pinus sylvestris* es una especie de las que ocupan mayor extensión geográfica en Europa, y también uno de los más estudiados en cuanto a su variación; la investigación en esta especie se inició desde 1745; ahora se conocen las diferencias genéticas de: crecimiento en altura, color del follaje, contenido de materia seca de las plantas de semillero, forma del tallo, hábito de enraizamiento

\*\*\*\*\*

to, tiempo de los brotes, resistencia al ataque de los insectos, fertilidad y tiempo de ubicación de las yemas (Langlet, 1959, 1971; Troeger 1960; Wright et al, 1957, 1963, 1966, 1967); el patrón principal de variación para la mayoría de los caracteres es clinal. Una de las utilidades económicas que se le ha dado a este conocimiento, es la explotación de pinos silvestres de España, en cultivos de árboles de Navidad, los cuales permanecen verdes durante todo el año (Wright et al, 1966).

1964 *P. ponderosa* var. *ponderosa* y *P. ponderosa* var. *scopularum*, analizados en caracteres de plántulas, así como variables climáticas mostraron patrones de variación genética discontinuos (Weils, 1964).

1966 Squillace (1966) en un estudio intensivo de variación fenotípica y genotípica de plantas provenientes de semillas de *P. elliotii*, determinó gradientes definidos débilmente o con pronunciadas fluctuaciones con tendencias clinales.

1966 Kang realiza estudios comparativos entre *P. taeda* y *P. serotina*; reportando que *P. taeda* es mucho más variable (en diferencias entre árboles) que *P. serotina*, siendo la variación entre parcelas mucho menor.

\*\*\*\*\*

- 1967 La variación fenotípica de rodales naturales y la variación genotípica en poblaciones de plántulas de *P. caribaea* var. *bahamensis* y *P. elliotii* se investigó en 1967 por Nickles; los resultados incluyen descripciones detalladas en la diversidad entre y en las poblaciones muestreadas.
- 1968-1969 *P. strobus* es una de las especies de amplia distribución geográfica en el Continente Americano, en la que se ha encontrado variación geográfica (Genys, 1968; Fowler y Heimburger 1969).
- 1982 Eguiluz en 1982, reportó que *P. tecunumani* de Guatemala es una especie muy variable; el patrón de variación que se encontró en el análisis de acículas, conos y semillas es ecotípico.
- 1983 En este año se reportaron descripciones botánicas y datos de distribución de 7 especies de pinos de Honduras; entre esas especies se reporta *P. hartwegii* (Styles y Hughes, 1983).

\*\*\*\*\*

## ESTUDIOS DE VARIACION EN PINOS MEXICANOS

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, en 1960 distribuyó entre los asistentes al Seminario de Estudios de Coníferas Latinoamericanas semillas de *P. patula*, procedentes de dos regiones del país: Puebla y Veracruz. Las semillas sembradas en Argentina, procedentes de Veracruz demostraron tener mejor crecimiento que las de Puebla (Barret, 1972).

Little en 1962, propone una clave de identificación para el género *Pinus*.

Debazac (1964), reporta el comportamiento de crecimiento que tuvieron 10 especies de pinos mexicanos, a las condiciones ecológicas de Francia. De 10 especies que germinaron de semillas en 1961, sólo *P. nudis* y *P. hartwegii* sobrevivieron a los inviernos del N. E. de Francia. Estas dos especies sembradas en ese país en el Sur, junto con *P. michoacana*, *P. oocarpa*, *P. montezumae*, *P. patula* y *P. pseudostrobus* también sobrevivieron.

En 1972, Barret analiza la variación de los caracteres de acículas, conos y semillas de *P. patula* en 110 individuos procedentes de 16 localidades de México. Reporta que para esta especie gran parte de la varia-

\*\*\*\*\*

ción de los conos se debió a diferencias entre procedencias. La variación observada en los caracteres de la semilla se debió principalmente a diferencias dentro y entre individuos. En general, los caracteres obtuvieron valores extremos en el centro-norte del área natural por un lado y en el sur por el otro. Algunos caracteres exhibieron variación clinal de Norte a Sur o de centro a Norte y a Sur. La gran mayoría observó en el centro-Norte discontinuidad de variación sin gradientes definidos y uniformidad en el Sur. Hubo caracteres que observaron variación discontinua a lo largo de toda el área natural de la especie.

Wood reporta (1972) los patrones de variación de 7 caracteres de las hojas, y los aspectos prácticos de dichos patrones, de 12 especies de pinos mexicanos plantados en 1965 en Chati, Zambia.

Bermejo (1980) hizo el análisis cuantitativo de 10 características de hojas y conos en *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* Mtz., encontrando que la variación fenotípica es afectada en mayor proporción entre árboles dentro de localidades, siendo menor entre localidades. Reporta que la característica que es muy variable en todas las localidades es la longitud de la vaina y la de menor variación es el número de hojas. La única característica que se mantuvo constante fue la localización de los canales resiníferos, cuya posición es media.

\*\*\*\*\*

## VARIACION MORFOLOGICA EN *Pinus hartwegii*

*Pinus hartwegii* ha presentado problemas en cuanto a su ubicación Taxonómica. Primero, fue descrita en 1839 por Lindley, quien la jerarquizó como especie, pero, en un estudio posterior realizado por Engelmann en 1880 lo incluye como variedad de *P. montezumae*. Shaw (1909), también lo considera como variedad de dicha especie. Sin embargo, Standley en 1920, le restituye su categoría específica. Robertson (1931), también lo considera como especie, pero tiene dudas en cuanto a las afinidades que existen entre *P. rudis* y *P. hartwegii*, y no sabe si *P. rudis* es una entidad específica completamente aparte, o si es una variedad de *P. hartwegii*. Martínez (1948), considera que existen características morfológicas lo suficientemente variables, como para considerar a ambos como especies aparte.

Caballero (1967), en un estudio comparativo entre *P. rudis* y *P. hartwegii*, estimó 17 características morfológicas para cada especie, resultando 14 de ellas significativamente variables, para considerar a ambos taxa como especies separadas.

Ambos criterios (el de Martínez y el de Caballero), dejan sin lugar a dudas la restitución jerárquica a esta especie, sin embargo, Martínez no menciona la cantidad de individuos que utilizó al analizar las muestras en las cuales se apoyó para hacer su estudio. Por otra parte,

\*\*\*\*\*

Caballero analiza muestras de 120 árboles, colectados en 6 áreas geográficas diferentes, siendo 60 individuos para *P. hartwegii* y 60 para *P. rudis*, apoyando sus conclusiones con métodos estadísticos y afirmando que "... *P. rudis* y *P. hartwegii* son dos especies diferentes con gran variación ecotípica"... Esta confusión también ha existido en otras plantas de este y otros géneros, debido por un lado a la gran variación, y por otra parte a que antes no se consideraba hacer amplios muestreos, de la distribución geográfica de la especie que se describía, y solo se tomaban unos cuantos ejemplares, para hacer su descripción sistemática.

La variación discontinua se ha aprovechado para construir sistemas de clasificación. La distinta distribución de los organismos con variación discontinua, ha producido agrupamientos de diversas magnitudes siendo los más pequeños los que corresponden al nivel de especie (Dobzhansky, 1970). Una especie taxonómica está compuesta de varias unidades ecológicas (Daubenmire, 1979); otro aspecto que se debe tomar en cuenta al clasificar a una especie, es que su posición jerárquica debe reflejar la totalidad de similitudes y diferencias con otros taxa, y debe de tener en cuenta un fundamento evolutivo (Cronquist, 1969). En la clasificación de los pinos Shaw fue el primero en usar caracteres evolutivos; sin embargo en el caso de los pinos mexicanos, la dificultad para

\*\*\*\*\*

clasificarlos adecuadamente es causada por la amplia capacidad de entrecruzamiento interespecífico (Mirov, 1967). Otro aspecto importante es que en cuanto a los pinos mexicanos es difícil aplicar el concepto multidimensional de especie, establecido por Mayr (1940): "las especies biológicas son grupos de poblaciones naturales que se entrecruzan o pueden cruzarse y se hallan aisladas de las de otros grupos en lo que toca a su reproducción". El carácter importante de la especie biológica es el aislamiento reproductivo, ésta es la primera dificultad para aplicar este concepto a los taxa mexicanos, ya que frecuentemente se encuentran híbridos en la naturaleza. Incluso *P. hartwegii* y *P. rudis* forman híbridos naturales (Hernández, 1967).

Simpson (1951) propuso el siguiente concepto evolutivo de especie: "Una especie evolutiva es un linaje (una secuencia ancestro-descendiente de poblaciones) evolucionando separadamente de otras y con su propia función unitaria evolutiva y tendencia". Este concepto de linaje de las especies enfatiza la continuidad reproductiva a través del tiempo, (Eldredge, N.; y Cracraft, J. 1980).

Este último concepto es el que más encaja dentro del género, además para establecer los límites específicos dentro de los pinos es necesario, recurrir a la Taxonomía Ortodoxa y a la Taxonomía Experimental o Biosistemática, (Mirov, 1967).

\*\*\*\*\*

## IMPORTANCIA DE LA BIOSISTEMATICA PARA EL ESTUDIO Y ESTABLECIMIENTO DE ESPECIES EN EL GENERO *Pinus*

La manera más eficaz de establecer las afinidades filéticas de un taxón es empleando la Biosistemática, la cual se apoya en la Ecología, Genética, Citología, Morfología, Fisiología y Fitogeografía. Las afinidades filéticas entre los organismos se establecen con el estudio de la filogenia, es decir, mediante el estudio del registro fósil; sin embargo, en los pinos la identificación de los fósiles es muy difícil, por lo que se recurre al estudio de organismos vivos.

La Biosistemática tiene como objetivos:

1. Reconocer y circunscribir unidades bióticas.
2. Descubrir los mecanismos y procesos que en las plantas dirigen su evolución e influyen en sus patrones de variación inter e intraespecíficos y producen su especiación.
3. Clasificar esas unidades objetivamente como taxa en diferentes órdenes de magnitud.

Según Lawrence (1956), un muestreo biosistemático debe incluir:

- a. Muestreo del taxón y estudio citológico de sus poblaciones.
- b. Estudios de compatibilidad genética de las poblaciones, el vigor y la fertilidad de sus híbridos resultantes en la determina-

\*\*\*\*\*

ción de presencia o ausencia de barreras genéticas.

- c. Estudios de homologías de cromosomas en los híbridos en la meiosis.
- d. Integración de todos los datos obtenidos con los que se obtengan de la morfología comparativa y distribución geográfica.
- e. Sujeción de los individuos o poblaciones así estudiados a un criterio de un sistema de clasificación en unidades biosistemáticas.

Las categorías biosistemáticas que se proponen son:

- \* Comparium o coenoespecies, comparable a género
- \* Ecoespecies, término equivalente a especie, la cual abarca uno o más ecotipos.
- \* Ecotipo, se compara con la unidad taxonómica correspondiente a subespecie, en algunos casos, en otros puede equivaler a variedad geográfica, raza fisiológica y raza ecológica.

\*\*\*\*\*

## ANALISIS DE LOS PATRONES DE VARIACION

Cuatro métodos se usan para el estudio de la variación de las plantas superiores (Stebbins, 1950):

1. Análisis de procedencias. Se estudian los diferentes tipos genéticos de plantas en hábitats uniformes. Es eliminado el conjunto de diferencias medioambientales y los genotipos de diferentes individuos, variedades y especies, pueden ser comparados directamente.

2. Análisis de progenie. La semilla de un grupo representativo de individuos de una población natural se reúne y planta bajo condiciones uniformes. Esto provee el grado de homocigosidad o heterocigosidad de las plantas en cuestión, y aún más de la cantidad de variación, la cual puede producirse por segregación y recombinación sin la ocurrencia de nuevas mutaciones.

3. Análisis de las diferencias de las especies y barreras específicas para evitar el intercambio genético. Se analiza la hibridación artificial acompañada por minuciosos estudios citológicos y genéticos de los híbridos de la  $F_1$  y de su progenie, si se produjo.

4. Examen morfológico del híbrido seguido del examen citológico y genético.

\*\*\*\*\*

## IMPORTANCIA DEL ANALISIS DE PROCEDENCIAS

Mucha de la información sobre las diferencias genéticas en características morfológicas y fisiológicas que aparecen entre las poblaciones de una determinada especie vegetal, la ha proporcionado los estudios de procedencias.

El término procedencia, es el que se aplica a una población de una especie que se distribuye en un amplio rango geográfico.

Estos estudios permiten conocer los componentes genético y ambiental de la variación genotípica asociada con el origen geográfico. La variación geográfica es común y muy importante en las especies forestales, su conocimiento permite determinar comparativamente la adaptación, crecimiento y productividad de una especie.

Los objetivos que persigue la investigación de procedencias son:

1. Distinguir las diferencias genéticas significativas en los caracteres que se eligen en el estudio.
2. Determinar el efecto de esos caracteres en diferentes condiciones ecológicas y evaluar las interacciones de los individuos y el medio ambiente.
3. Agrupar a las procedencias en orden de adaptabilidad y productividad.

\*\*\*\*\*

El ensayo de procedencias es un complemento muy importante en los estudios de variación, ya que se puede establecer si la especie en cuestión presenta variación continua o discontinua.

## TIPOS DE VARIACION

**VARIACION GENETICA.** Son los caracteres que se heredan y son irreversibles. Se producen por mutaciones o recombinación.

**VARIACION ONTOGENETICA.** Este tipo de variación es la que produce el medio ambiente, no se hereda. Las variaciones ontogenéticas muestran el grado de plasticidad fenotípica a diferentes condiciones medioambientales. La constitución genética de la planta va a dar como resultado cambios muy ligeros o muy marcados.

**VARIACION INDIVIDUAL.** La variación dentro de los individuos de una población puede ser continua o clinal y discontinua o ecotípica.

La variación clinal obedece a una gradación de los caracteres medibles, esto es lo que cualquier carácter dado puede tener valores entre dos extremos y se dice que el carácter en cuestión es un cline, para la población que se estudia.

La variación discontinua es la que se presenta con cambios bruscos en la población de una especie a otra población de la misma, formando

\*\*\*\*\*

entonces esas poblaciones ecotipos (Langlet, 1971; Stebbins, 1950)

## CONCLUSIONES GENERALES SOBRE LOS ESTUDIOS DE VARIACION REALIZADOS EN PLANTAS SUPERIORES

Los estudios de las variaciones en las especies hechos en los últimos 70 años han dejado estas conclusiones generales y sus corolarios (Frankel y Bennett, 1970):

1. Los diversos ambientes a través del rango geográfico en el que se desarrollan las especies conducen a encontrar variaciones genéticas. Las especies ampliamente distribuidas son más variables que las especies restringidas.
2. Los patrones de variación inherentes son patrones de variación medioambiental. Las discontinuidades en patrones de variación están relacionados a los cambios bruscos en la distribución de las especies o a los cambios en los factores medioambientales.
3. Las razas o ecotipos de una especie crecen en diferentes regiones climáticas y pueden diferir en las adaptaciones inherentes a los factores medioambientales.
4. Las especies simpátricas pueden ser similares, pero no idénticas en adaptaciones inherentes al medioambiente.

\*\*\*\*\*

5. Dos o más pruebas de fuentes de semilla serán necesitadas para determinar una óptima fuente.
6. Los estudios de fuentes de semilla de especies nativas sin disturbios por el hombre, generalmente demuestran que la fuente de semillas local está mejor adaptada, pero no necesariamente es la más productiva.
7. La fuente local de semilla es la menos confiable si se desconoce su variación, para el establecimiento de plantaciones se usarán fuentes de semilla que sean conocidas y que se desarrollen en medio ambientes parecidos al de la plantación.
8. Fuertes interacciones genotipo-medioambiente pueden ser esperadas en todos los estudios de fuentes de semilla.
9. En la muestra obtenida de especies que tienen largos ciclos de vida, o que presentan disturbios ocasionados por el hombre o que crecen en cultivos, no podrá predecirse la variación.
10. La exploración de la variabilidad no deberá ser confinada a catalogar a las especies forestales.
11. Los caminos de la exploración obviamente deberán seguir mayores gradientes medioambientales los cuales deberán ser entendidos antes que comience la exploración.
12. La exploración debe buscarse en los márgenes de distribución de la especie.

\*\*\*\*\*

## CARACTERISTICAS DE DIAGNOSTICO EN

### EL GENERO *Pinus*

#### 1. Caracteres tomados por Shaw (1909)

Como ya se mencionó anteriormente, este autor fue el primero en tomar en cuenta los caracteres evolutivos, considerando lo siguiente:

**CARACTERES PRIMITIVOS.** Cono simétrico, de tejidos suaves; semilla con comportamiento indehiscente o dehiscente, sin ala. (Subgénero *Haploxyton*).

**CARACTERES AVANZADOS.** Cono asimétrico, de tejidos duros, que cuando madura permanece cerrado y retarda su apertura (serotinos); semillas con elaboradas formas de dispersión. (Subgénero *Diploxyton*).

#### 2. Caracteres tomados por Duffield (1952)

Este autor propone arreglos a la subsección *Pinaster* de Shaw basándose en estudios de hibridación.

3. Gausson en 1960 propone usar para la clasificación de los pinos la posición de los canales resiníferos, el tamaño de los granos de polen, entre otros (Mirov, 1967).

#### 4. Caracteres tomados por Martínez.

Dentro de la clasificación de los pinos mexicanos, Martínez (1948), considera importante la macromorfología de las hojas y conos, la presencia o ausencia de alas en la semilla, caducidad o persistencia de las

\*\*\*\*\*

vainas en las acículas, etc., y también señala tomar en cuenta las estructuras anatómicas microscópicas de las hojas.

5. Critchfield y Little (1966), proponen una clasificación dividiendo al género en 3 subgéneros, tomando en cuenta al igual que Shaw características de suavidad y dureza de los tejidos. De esos 3 subgéneros, 2 corresponden a los pinos suaves y los pinos duros forman el otro.

Los pinos mexicanos muestran gran variabilidad en sus estructuras. Las características que se toman en cuenta en su clasificación, (según Little, 1962), son:

a. Número de acículas por fascículo. En los pinos suaves (*Haploxyton*), el número de acículas es de 5 y en los pinos de madera dura (*Dyploxylon*) es de 2 a 3. Los pinos del país varían en un amplio rango de 1 a 8 acículas.

b. Longitud de las acículas. Este carácter es muy variable; en el grupo de los pinos piñoneros o *Cembroides*, se encuentran las acículas más cortas. *P. cembroides* presenta acículas con longitudes de 2 a 7 cm; estos pinos son característicos de zonas áridas. El rango de variación de este grupo ha quedado de 2 a 10 cm.

Las acículas más grandes dentro del género las presenta *Pinus michoncana*, la longitud oscila de 25 a 45 cm; esta especie se encuentra en climas subtropicales y de 1 800 a 2 400 m. s. n. m.

\*\*\*\*\*

c. Conos. Dentro de la clasificación de Little (1962), este carácter tiene suma importancia específica, ya que se encuentra afectado en forma mínima por el medio ambiente. La longitud del cono se correlaciona con la altitud o el clima, es decir, los conos más largos se encuentran en las altitudes más bajas o cálidas. Los conos más grandes se presentan en *P. lambertiana* con un rango de 27 a 45 cm y los más cortos en *P. herrerai* de 2 a 4 cm.

\*\*\*\*\*

## DESCRIPCION BOTANICA DE

### *Pinus hartwegii*

Según Martínez (1948) y Egulluz (1978), se caracteriza por ser esta especie, con árboles de 15 a 30 m ó más de altura, con corteza agrietada, de color pardo rojiza; con ramas extendidas y colocadas irregularmente, ramillas muy asperas, de color moreno rojizo o algo grisáceas, con las bases de las brácteas largas y fuertes, a veces agudas y salientes como en *P. montezumae*. El número de acículas por fascículo es en la forma típica de 3, en otros es de 3 y 4, y en otros se observan de 4 a 5, aunque también puede haber un número constante de 5. La longitud de las acículas es de 8 a 16 cm; el color es verde claro, medianamente gruesas, algo tiesas carinadas, pero, cuando se encuentran 5 acículas por fascículo, la forma es triangular. En los bordes tienen dientecillos y tienen estomas en las tres caras. Los cortes transversales de las acículas, presentan canales resiníferos en posición media, aunque a veces haya uno o dos internos; el número de éstos es de 2 a doce, habiendo un promedio de 6.

Conos. - Son largamento ovoides, acuminados, ligeramente oblicuos y ocasionalmente encorvados, extendidos o algo reflejados; de 8 a 10 cm de largo, pero puede variar de 7 a 14. El color es rojizo muy oscuro, casi negro; persistentes casi sésiles, pocas veces con pe-

\*\*\*\*\*

dúnculos de 10 mm; presentados normalmente por pares, pero a veces tres, cuatro o cinco. Al desprenderse el cono suele quedar el pedúnculo en la ramilla con algunas escamas basales. Los conos se abren en diciembre y agrupados cuentan un promedio de 7 594 por m<sup>3</sup>.

Semillas. - Son de color negro, pequeñas de 5 a 7 mm; con ala café obscuro de 15 mm de largo por 5 de ancho; con ganchos basales. En un kilo se encuentra un número promedio de 53 066. Los armentos masculinos y los femeninos se forman de marzo a abril.

#### DISTRIBUCION GEOGRAFICA

Se encuentra en los picos y montañas más altas del país, siendo más frecuente en la Sierra Nevada. Por el Sureste se adentra en las montañas de Guatemala, C. A. Se ubica en los paralelos 16° 20' a 25° 03' Latitud N y meridianos 92°20' a 103° 55' de Longitud Oeste.

Los estados que abarca son: Colima, Chiapas, D. F., Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz.

#### ECOLOGIA

Es una especie típica de zonas templadas del país. Forma masas puras de varias decenas de km<sup>2</sup>, especialmente en los volcanes del centro, donde ya no prosperan otras especies de *Pinus*.

\*\*\*\*\*

En el Cerro del Potosí, N. L., también forma rodales uniespecíficos desde los 3 000 a los 3 600 m. s. n. m., donde se empieza a asociar con *Pinus culminicola*.

En el centro del país, se asocia con *P. rudis*, *P. montezumae*, *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *P. pseudostrobus*, en las partes más bajas; pero con *Abies religiosa* y *Alnus firmifolia* casi siempre se encuentran mezclados.

Probablemente sea la especie que alcanza menores incrementos en nuestros bosques, debido a las zonas frías en las que habita, aunque los suelos tengan buena calidad.

Los suelos de los volcanes de Colima y Jalisco, son arenas migajosas, profundos, pobres en Ca, K, Mn y P, pero, ricos en Mg con pH de 6.1 a 6.9. En Zoquiapan son arenolimosos, profundos, con pH de 5.5 a 6.8 y capas de M. O. variables de 10 a 15 cm de espesor. Sus ppm de elementos asimilables en el horizonte 01 (AOO) son: P de 1.3 a 5.2; K de 552 a 819; Ca de 3 770 a 5 330 y de Mg de 95 a 166. Los suelos de La Malinche y El Ajusco también son de textura migajón-arenosos, profundos, con pH de 5.8 a 6.5 y ricos en M. O., medios en N, K y Ca, pero más o menos bajos en P.

\*\*\*\*\*

## CLIMA

Templado con precipitación variable de 800 a 1 500 mm, pero, los mejores rodales se encuentran en 1 000 a 1 200 mm anuales. Se reparte de junio a septiembre, siendo junio y julio los meses más lluviosos y marzo el más seco.

La temperatura media del área reportada es de 12°C, con extremas máximas de 38°C y mínimas de -20°C en los volcanes. Los meses más cálidos son los de mayo y los más fríos son los de invierno. Con frecuencia llega a nevar hasta cinco veces por año, registrándose cerca de 115 heladas por invierno.

## IMPORTANCIA ECONOMICA

La utilización primordial de la madera de esta especie es para celulosa, papel, pulpa y pasta mecánica, debido a la ubicación de las industrias de este tipo. También se utiliza en aserrío, chapa triplay y tableros de partículas.

Otros usos son: durmientes, postes para cercas, pilotes, trozos para combustible y carbón.

Se recomienda para plantaciones comerciales y como ornamental

\*\*\*\*\*

en campos deportivos.

\*\*\*\*\*

## MATERIALES Y METODOS

### Trabajo de campo

La colecta del material botánico se llevó a cabo en 9 localidades del Eje Neovolcánico, en el mes de mayo de 1983. Todas las localidades se muestrearon en la cota de los 3 400 msnm. Además en Zoquiapan, Mexico, se hizo un transecto altitudinal de los 3 000 a los 3 900 msnm, por lo que en esta localidad se obtuvieron 10 sitios de muestreo.

La colección se hizo muestreando árboles con apariencia sana.

En el muestreo del Eje Neovolcánico, la colecta de material se hizo procurando que entre cada árbol colectado hubiera una distancia de 100 m aproximadamente. El número de árboles colectado en cada región se muestra en el Cuadro 1.

Para el transecto altitudinal, en cada sitio se colectaron 15 árboles cada 100 m (Cuadro 2).

La situación de las localidades se muestra en el Mapa I.

La obtención de las ramas se hizo con garrocha de extensiones con gancho terminal para cortar las muestras; estas últimas se obtuvieron de la copa en exposición Oeste; el material cortado constaba de ra-

CUADRO 1. ESTUDIO DEL EJE NEOVOLCANICO

Localidad	Latitud N	Longitud O	* N. A.
1. Pico de Orizaba, Ver.	19 ° 15 '	97°	20
2. Cofre de Perote, Ver.	19°	97°	22
3. La Malinche, Pue. -Tlax.	19 ° 14 '	98°	21
4. Zoquiapan, Méx.	19 ° 20 '	98 ° 58 '	20
5. San Juan Tetla, Pue.	19 °	98 ° 20 '	20
6. Tlamacas, Méx.	19 ° 20 '	98 ° 42 '	20
7. Ajusco, D.F.	19 ° 25 '	99 ° 10 '	20
8. Nevado de Toluca, Méx.	19 ° 10 '	99 ° 30 '	21
9. Nevado de Collma, Col.	19 °	104 °	31

\* N. A. = Número de árboles colectado en esa localidad.

CUADRO 2. TRANSECTO ALTITUDINAL  
ZOQUIAPAN, MEX.

Sitios (m)	Número de árboles
1. 3 000	15
2. 3 100	15
3. 3 200	15
4. 3 300	15
5. 3 400	15
6. 3 500	15
7. 3 600	15
8. 3 700	15
9. 3 800	15
10. 3 900	15



\*\*\*\*\*

millas, fascículos y en algunos casos conos cerrados, esto último fue difícil de obtener ya que en esta época del año no se encontraron conos, mas que en unas cuantas localidades. Por lo que respecta al transecto altitudinal, ahí no se encontró ningún árbol con conos.

El material se etiquetó y guardó en costales, para trasladarlo al laboratorio; también se tomó la información de campo. Los datos de campo obtenidos para las localidades fueron: latitud, longitud, altura sobre el nivel del mar, características del suelo, asociación ecológica y observaciones generales. Para cada individuo se obtuvieron las siguientes mediciones: altura total del árbol, altura total del fuste limpio, grosor de corteza, diámetro a la altura del pecho; y también se observó si el árbol era o no bifurcado y la producción del cono (alta, baja o nula).

### Trabajo de laboratorio

Las variables que se analizan en los estudios de variación son las que tengan importancia biológica o económica. En los árboles forestales se analizan las características de hojas, fruto, madera, corteza, etc. Después se comparan los estudios que se hagan con especies nativas y las que crezcan en arboretos. Las comparaciones darán una idea sobre la heredabilidad de los caracteres y plasticidad de los fenotipos (Callahan, 1964).

\*\*\*\*\*

Las variables que se tomaron en cuenta para determinar los patrones de variación en acículas y conos de *Pinus hartwegii* del Eje Neovolcánico fueron:

## I. CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LAS ACICULAS

De las ramas se tomaron al azar 50 fascículos. Las características abajo enunciadas, se midieron en papel milimétrico.

A continuación se dan también las abreviaturas que fueron usadas para facilitar el programa de cómputo.

1. ACI Longitud de la acícula tomada en centímetros.
2. ACIFAC Número de acículas en cada fascículo.
3. LVA Longitud de la vaina tomada en mm.

## II. CARACTERISTICAS MICROSCOPICAS DE LAS ACICULAS

De la muestra inicial de fascículos se tomaron al azar 10 acículas, se cortaron en la parte central. Sobre la plantina del microscopio estereoscópico, se colocó una regla graduada en centímetros, se contaron las variables que abajo se enumeran a lo largo de 3 mm. \*

---

\* La orientación de las estructuras se establecen colocando la acícula con la punta hacia el frente; el lado izquierdo del observador serán la arista y cara 1, el lado derecho serán a su vez la arista y cara 2. La arista 3 es la opuesta a la cara dorsal o cara 3. Ver Fig. 1.

\*\*\*\*\*

4. DIA 1. Número de dientecillos en la arista 1.
5. DIA 2. Número de dientecillos en la arista 2.
6. EST . Número de estomas en una hilera central de la cara dorsal.
7. HIC 1. Número de hileras de estomas en la cara 1.
8. HIC 2. Número de hileras de estomas en la cara 2.
9. HIC 3. Número de hileras de estomas en la cara 3.

### III. CARACTERISTICAS MICROSCOPICAS EN CORTE TRANSVERSAL DE LAS ACICULAS

De los 50 fascículos iniciales se tomaron al azar 2 acículas, las cuales se pusieron a hidratar en agua corriente, en un tubo de ensaye, durante una semana, ya que el material estaba muy seco. Los tubos de ensaye se colocaron en una gradilla etiquetados y se refrigeraron a 4°C, para que se hidrataran y evitar la formación de hongos.

\*\*\*\*\*

Una vez hidratado el material, las acículas se incluyeron en zanahorias de tamaño mediano muy frescas. La inclusión se hizo con una aguja de disección, haciendo un piquete en la zanahoria e inmediatamente colocando el trozo de acícula que se seccionaría.

Los cortes se hicieron con navaja de acero inoxidable de dos filos. Los cortes fueron translúcidos, para observar las estructuras que después se describen. El medio de montaje para las preparaciones temporales fue glicerol. Algunas estructuras se observaron a 10x y otras a 40x.

10. CR. Número total de canales resiníferos:
11. CRA 1. Número de canales resiníferos en la arista 1.
12. CRA 2. Número de canales resiníferos en la arista 2.
13. CRA 3. Número de canales resiníferos en la arista 3.
14. CRC 1. Número de canales resiníferos en la cara 1.
15. CRC 2. Número de canales resiníferos en la cara 2.
16. CRC 3. Número de canales resiníferos en la cara 3.
17. CRM. Número de canales resiníferos en la posición media.
18. CRI. Número de canales resiníferos en la posición interna.
19. CES. Número de células esclerenquimatosas que rodean al canal resinífero.
20. CEN. Número de células endodérmicas.

\*\*\*\*\*

#### IV. CARACTERISTICAS DEL CONO

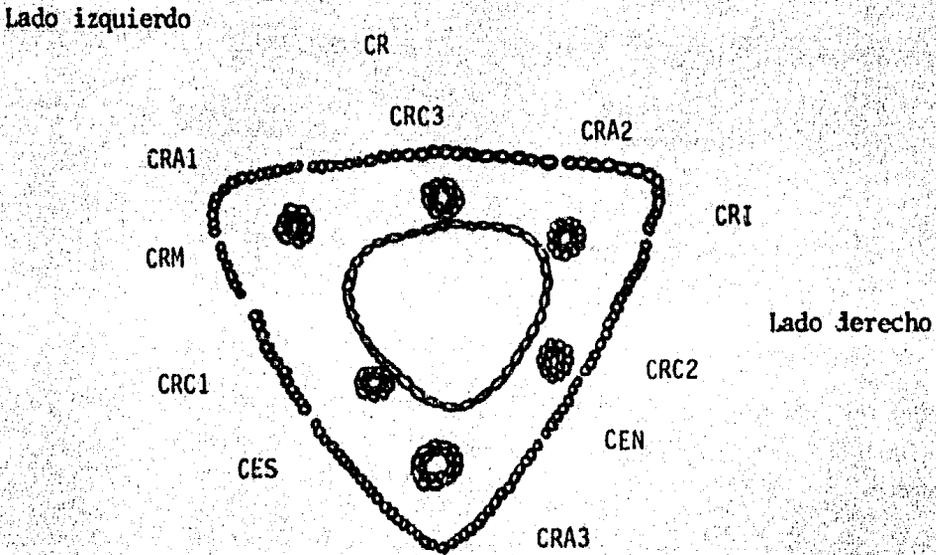
Los conos cerrados se midieron con vernier, el ancho, largo y la longitud del pedúnculo. Se cortó el primer tercio del cono, y con el mismo vernier se midió el diámetro del eje donde se insertan las escamas. Después se separaron 10 escamas con pinzas, de la parte central y también se midieron con vernier.

21. LCO. Longitud del cono en cm
22. ACO. Ancho del cono en cm.
23. DIE. Diámetro del eje en mm.
24. LPE. Longitud del pedúnculo en mm.
25. LES. Longitud de la escama en mm.
26. AES. Ancho de la escama en mm.
27. LAP. Longitud de la apófisis en mm.
28. APO. Ancho apófisis en mm.
29. ACU. Alto cúspide en mm (grosor de la escama).

Todas las variables fueron codificadas en hojas de codificación forma CEC-016. Además, se añadieron a estos datos la codificación de la edad, altura, diámetro del árbol, localidades y número de árboles.

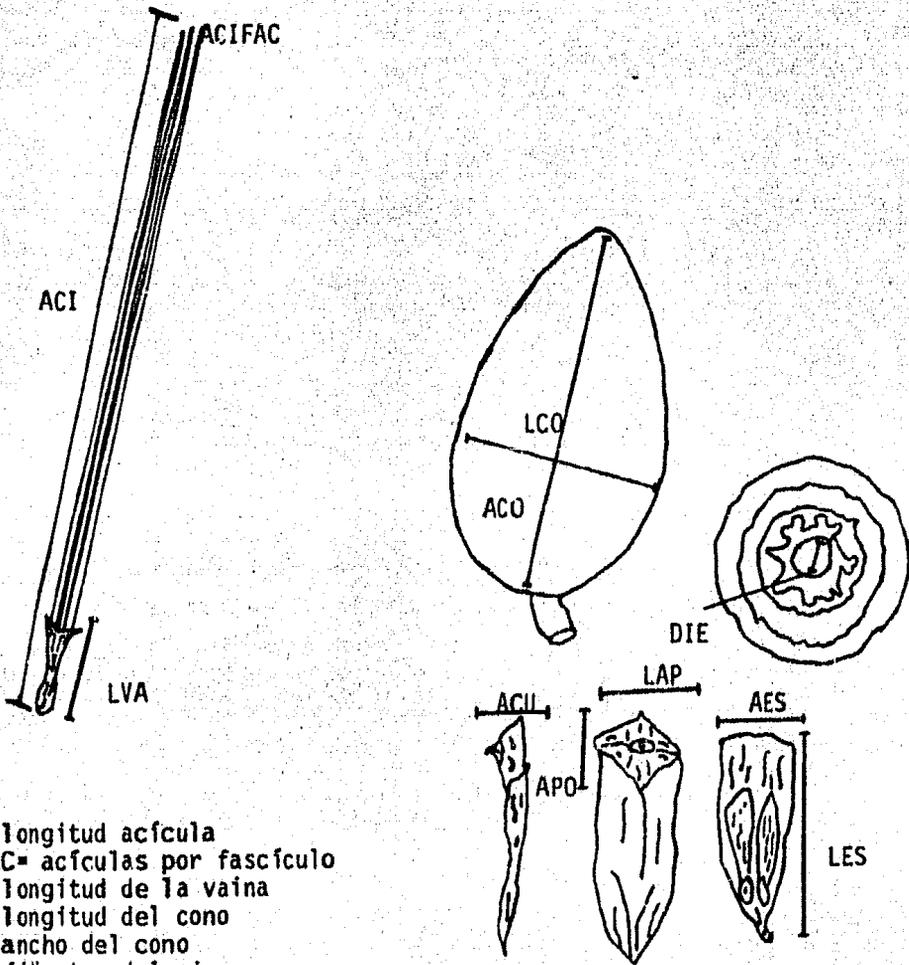
Las variables medidas de las acfculas y conos de ilustran en las Figuras 2 y 3.

Figura 2. Esquema que muestra las mediciones que se hicieron, en las características microscópicas de las acículas en corte transversal a 10X



- CR = número total de canales resiníferos
- CRA1 = número de canales resiníferos en la arista 1
- CRA2 = número de canales resiníferos en la arista 2
- CRA3 = número de canales resiníferos en la arista 3
- CRC1 = número de canales resiníferos en la cara 1
- CRC2 = número de canales resiníferos en la cara 2
- CRC3 = número de canales resiníferos en la cara 3
- CRM = posición media de los canales resiníferos
- CRI = posición interna de los canales resiníferos
- CES = número de células esclerenquimatosas
- CEN = número de células endodérmicas

Figura 3 .Esquema de las características macroscópicas medidas en las acículas y conos de *Pinus hartwegii*



ACI= longitud acfcula  
 ACIFAC= acfculas por fascfculo  
 LVA= longitud de la vaina  
 LCO= longitud del cono  
 ACO= ancho del cono  
 DIE= diámetro del eje  
 LPE= longitud del pedfnculo  
 LES= longitud de la escama  
 AES= ancho de la escama  
 LAP= longitud de la apófisis  
 APO= ancho de la apófisis  
 ACU= alto cfspide

\*\*\*\*\*

El número total de árboles para todo el estudio fue de 345, el número total de variables fue de 34, analizándose sólo 29.

### ANALISIS ESTADISTICO

El conjunto de datos fue analizado en computadora IBM modelo 4341, utilizando el paquete SAS (Statistical Analysis Sistem Institute Inc. Cary N.C.) de 1982 (2), del Colegio de Postgraduados, Chapingo.

Los procedimientos del paquete SAS 822, fueron los siguientes:

- a. Normalidad (Univariate)
- b. Cartas de Frecuencias (Charts)
- c. Medias (Means)
- d. Análisis de varianza (GLM)
- e. Componentes de la varianza (Varcomp)
- f. Correlación (Corr)
- g. Análisis Conglomerado (Cluster)
- h. Dendrograma o fenograma (Tree)

a. NORMALIDAD. Es necesario efectuar este procedimiento antes de realizar el análisis de varianza, se debe estar seguro de que la muestra colectada, pertenece a una población que se distribuye normalmente. Da con gran detalle los estadísticos descriptivos de cada variable: medidas de centralización (media, mediana, moda) y las medidas de dispersión (coeficiente de variación, desviación estándar y varianza); la proba-

\*\*\*\*\*

bilidad en porcentaje y dos gráficas que muestran hacia donde se desvía la curva.

Las variables analizadas en este y los demás procedimientos del paquete SAS 822 fueron:

\* Para el estudio del Eje Neovolcánico: ACI, ACIFAC, LVA, DIA1, DIA2, EST, HIC1, HIC2, HIC3, LCO, ACO, LPE, DIE, LES, AES, APO, ACU.

\* Para el transecto altitudinal de Zoquiapan, México, se analizó: ACI, ACIFAC, LVA, DIA1, DIA2, EST, HIC1, HIC2 y HIC3\*

Aquí no se colectaron conos por lo que las variables no fueron incluidas.

b. CARTAS DE FRECUENCIAS. Proporcionan gráficas con las frecuencias en número y porcentajes de las variables analizadas.

c. ANALISIS DE LAS MEDIAS. Este proceso da los estadísticos de centralización y los de dispersión, así como el valor mínimo y el máximo.

---

\* Las abreviaturas de cada variable fue descrito su significado en las páginas 32, 33, 34 y 35 En lo que resta se seguirán usando.

\*\*\*\*\*

d. ANALISIS DE VARIANZA O MODELO LINEAL GENERAL. - Esta técnica nos ayuda a hacer comparaciones entre dos o más medias muestrales, la cual examina la variación dentro de todo el grupo de medias muestrales.

Se lleva a cabo en dos etapas:

1a. Se comprueba la hipótesis nula de que las muestras proceden de la misma población o de varias poblaciones con las mismas medias. Si se rechaza esta hipótesis, se deduce que las muestras representan varias poblaciones con diferentes medias.

2a. Se procede a comparar entre pares o grupos de medias muestrales.

El análisis de la varianza, no es el análisis de la varianza en sí, sino la partición de la suma total de cuadrados. Consiste en una comparación entre dos estimas de la varianza total, es decir del conjunto total de medidas incluidas en el análisis, una de ellas basada en la varianza de las medias muestrales alrededor de la gran media (la varianza entre tratamientos o tratamiento) y la otra basada en la varianza de las medidas individuales alrededor de sus medias de tratamiento (la varianza "error" o intratratamiento).

Si la hipótesis nula fuera cierta esperaríamos que el cociente entre estas dos estimaciones (varianza intertratamiento/varianza intratratamieno

\*\*\*\*\*

to) se acercara a 1. Si por el contrario las medias muestrales son dos estimas de diferentes medias poblacionales, entonces esperaríamos que el cociente fuera superior a la unidad. Este cociente es el estadístico F.

Las dos estimas de la varianza no se calculan independientemente, sino como parte de un solo cálculo.

Cuando se calcula una varianza la suma de los cuadrados de las desviaciones de los valores individuales respecto de su media (la suma de cuadrados) se divide por el número de grados de libertad.

En el análisis de varianza se hace una partición de la suma de cuadrados total, según la causa de la variación (es decir, diferencias entre tratamientos y variación al azar entre réplicas para los tratamientos individuales) y se dividen los distintos componentes por su número de grados de libertad para obtener las varianzas correspondientes. Convencionalmente estas varianzas se llaman cuadrados medios. Entonces, se calcula el cociente entre varianzas, (F) como la proporción de dos cuadrados medios. En esta proporción tanto el numerador como el denominador tienen su número correspondiente de grados de libertad. Cuando se busca en la tabla de F un determinado valor debe tenerse en cuenta cada valor de los grados de libertad.

\*\*\*\*\*

De la misma manera que al estimar las varianzas individuales utilizamos la identidad

$$\Sigma (x - \bar{x})^2 = \Sigma x^2 - \Sigma (\Sigma x)^2 / n$$

también la empleamos en el análisis de varianza para el cálculo de la suma de cuadrados.

Pasos a seguir en el análisis de varianza:

- 1) Calcular  $\frac{\Sigma x^2}{n}$  o cálculo sencillo de la varianza
- 2) Calcular la suma de cuadrados total (SS)  $\Sigma (x - \bar{x})^2$  ó cálculo sencillo de la varianza.
- 3) Calcular la suma de cuadrados para (entre) tratamientos SST, como  $n \Sigma (x - \bar{x})^2$
- 4) Calcular la suma de cuadrados para el Error (SSE) como  $SS - SST$  ó  $\Sigma (x_1 - \bar{x}_1)^2 + \Sigma (x_2 - \bar{x}_2)^2 + \dots + \Sigma (x_k - \bar{x}_k)^2$

5) Construir la siguiente tabla

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F
Tratamientos	SST	k - 1	$\frac{SST}{k - 1}$	$\frac{SST \times k (n - 1)}{SSE \times (k - 1)}$
Error	SSE	k(n - 1)	$\frac{SSE}{k(n - 1)}$	
Total	SS	(k(n - 1))		

\*\*\*\*\*

En el paquete SAS este procedimiento analiza la varianza de datos desbalanceados, esto es, sólo se contaban datos de características microscópicas para un total de 77 árboles, y sólo se contaron las variables correspondientes a 38 conos. Si los datos hubieran sido iguales para todos los árboles, la información sería balanceada.

Este procedimiento se hace a partir del cálculo de las medias aritméticas de las variables que tenían observaciones balanceadas, las características microscópicas de acículas tenían valores perdidos o desbalanceados.

Este procedimiento también produce una tabla con medidas de estadística descriptiva.

El modelo usado para el análisis de varianza de cada variable, fue anidado o de diseño jerárquico. Este modelo se usa cuando en una investigación multifactorial, los niveles de un factor (B) son similares, pero, no idénticos de los niveles de otro factor (A). Es decir, los niveles del factor B están anidados en los niveles del factor A.

El modelo lineal estadístico de dos factores de diseño anidado es

$$X_{ijk} = \mu + L_i + A_{1(j)} + E_{k(1j)}$$

$i = 1, 2, \dots, a$   
 $j = 1, 2, \dots, b$   
 $k = 1, 2, \dots, n$

\*\*\*\*\*

Esto es, hay en a niveles del factor A, b niveles del factor L anidados en cada nivel de A y n réplicas, el subíndice i(j) indica que el j-ésimo nivel del factor L está anidado en el i-ésimo nivel del factor A. Es conveniente pensar de las réplicas como anidadas con la combinación de A y L; así el suscrito (ij) k para el error (E).

La suma de cuadrados es computada de acuerdo al proceso que se utiliza, para el tratamiento de información desbalanceada.

e. COMPONENTES DE LA VARIANZA. Mediante este proceso se estiman los componentes de la varianza en un modelo lineal jerárquico general. Este proceso calcula los cuadrados medios, la suma total de cuadrados, los grados de libertad y la esperanza matemática de los cuadrados medios de cada fuente de variación.

Cálculo de los componentes de la varianza

Este cálculo se hace en porcentajes. En la columna cuyo encabezado es ESTIMATE se suman los valores de cada fuente de variación.

Por ejem. :

Variable: ACI (Eje Neovolcánico)

Localidad: 1.11046433

Arbol (Localidad)4.04716945

Error + 3.89470066  
-----  
9.05234444

----- Este valor corresponde al

\*\*\*\*\*

100%, de aquí se calcula el porcentaje de cada fuente de variación.

Los componentes de la varianza de la variable ACI, para cada fuente de variación son:

Loc. .... 12.67%

Arbol (Loc) ..... 44.71%

Error ..... 43.02%

De acuerdo con el modelo lineal jerarquizado;

$$x_{ijk} = \mu + Li + Ai(i) + E_k (ij)$$

donde

L = Localidad

A = árboles entre localidades

E = Error

$\mu$  = media global de la característica que se mide.

La tabla de análisis de la varianza donde se incluyen: las fuentes de variación, suma de cuadrados, cuadrados medios, estadístico F (prueba), componentes de varianza; se completa la tabla con los cuadrados medios esperados como:

FUENTES DE VARIACION	CUADRADOS MEDIOS ESPERADOS
Localidad .....	$\sigma^2 e + n\sigma^2(a) + ab\sigma^2 e$
Arbol (Loc) .....	$\sigma^2 c + n\sigma^2(a)$
Error .....	$\sigma^2 e$

\*\*\*\*\*

donde

$\sigma^2 e$  = varianza de la característica por árbol

$n \sigma^2(a)$  = varianza de la característica entre árboles por localidad

$\sigma^2 e$  = varianza de las características entre localidades

a = número de mediciones por árbol

b = número de mediciones de árboles por localidad

n = número de árboles

f. **CORRELACION.** - Este proceso computa los coeficientes de correlación entre las variables y los niveles de probabilidad, en los cuales existe dicha correlación.

El coeficiente de correlación es la medida del grado de asociación lineal entre dos variables. Puede variar de -1 a + 1. Una correlación de cero indica que no hay asociación lineal.

g. **ANALISIS CONGLOMERADO.** Este método está diseñado para auxiliar en la identificación de grupos o conglomerados de observaciones, (en este caso las observaciones son las localidades), que tengan atributos similares.

La versión 822 del paquete SAS usa 3 métodos de este proceso. En este trabajo para los dos estudios se usó el método de los promedios de ligamiento de las distancias cuadradas Euclidianas. En el método de los

\*\*\*\*\*  
promedios, la distancia entre dos grupos de observaciones (localidades), está definida como el promedio de la distancia entre pares de observaciones, una en cada grupo. El ligamiento promedio tiende a unir grupos con varianzas pequeñas y está inclinado para producir grupos aproximadamente con la misma varianza.

Además, este método produce un archivo que se guarda en la memoria de la computadora. Este archivo de datos se usa para producir el dendrograma.

h. DENDROGRAMA O FENOGRAMA. - Esta gráfica esquematiza la unión de localidades que son más similares.

\*\*\*\*\*

## RESULTADOS Y DISCUSION

Ambos muestreos, el del Eje Neovolcánico y el de Zoquiapan, México, se analizaron por separado.

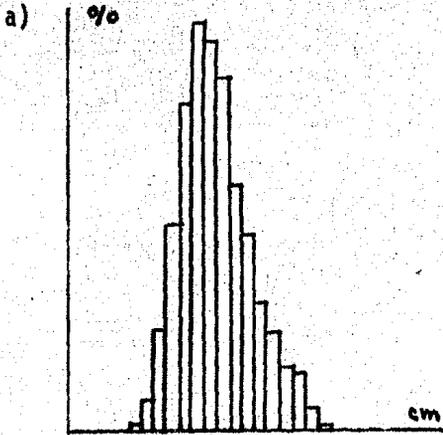
El análisis de la normalidad para las variables medidas en ambos estudios se muestra en las Figuras de la 1 a la 18. Las gráficas corresponden a los histogramas de las Frecuencias relativas de los valores obtenidos, para cada característica de cada muestreo. Como se observa, los altos valores de probabilidad que se obtuvieron permitieron trabajar con esos datos para los siguientes análisis estadísticos y no hacer transformaciones.

En el estudio del Eje Neovolcánico, la probabilidad de normalidad menor correspondió a la longitud de las acículas ( $p_{ACI} = 0.80\%$ ) y la más alta fue para la variable longitud del cono ( $p_{LCO} = 0.99\%$ ). En el Transeco Altitudinal de Zoquiapan la probabilidad de normalidad más baja fue para el número de estomas contados en 3 mm ( $p_{EST} = 0.88\%$ ), en tanto que la más alta fue para la longitud de la vaina ( $p_{LVA} = 0.96\%$ ).

Analizando por separado las medias aritméticas de cada característica para cada muestreo (Tabla 1 y Fig. 19) se tiene para el Eje Neovolcánico:

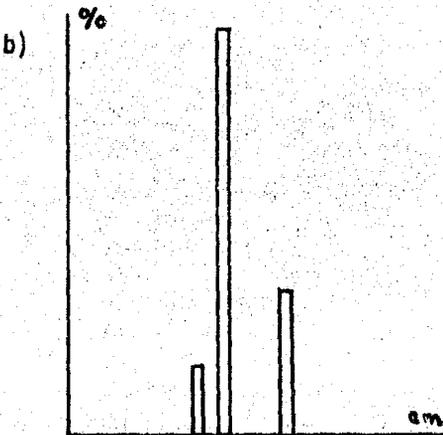
1. La longitud promedio de las acículas ( $\bar{x}_{ACI}$ ) presentó variación en todas las localidades. En el Pico de Orizaba hubo variación en un rango de  $11.9 \pm 2.0$  a  $14.5 \pm 3.2$  cm; en San Juan Tetla, Tlamacas y el Ajusco

Figura 1. Gráficas de la distribución de frecuencias relativas de la longitud de acículas en centímetros (ACI) a) del Eje Neovolcánico y b) del transecto altitudinal de Zoquiapan, México.



Longitud de las acículas (ACI) cm	Frecuencias	Frecuencias relativas en tanto por ciento
5.0-5.9	8	0.08
6.0-6.9	35	0.36
7.0-7.9	125	1.28
8.0-8.9	383	3.93
9.0-9.9	752	7.71
10.0-10.9	1197	12.28
11.0-11.9	1530	15.69
12.0-12.9	1455	14.92
13.0-13.9	1324	13.58
14.0-14.9	926	9.50
15.0-15.9	685	7.02
16.0-16.9	495	5.07
17.0-17.9	320	3.28
18.0-18.9	239	2.45
19.0-19.9	180	1.85
20.0-20.9	73	0.75
21.0-21.9	22	0.22
22.0-22.9	1	0.01
<b>TOTAL</b>	<b>9750</b>	<b>99.98</b>

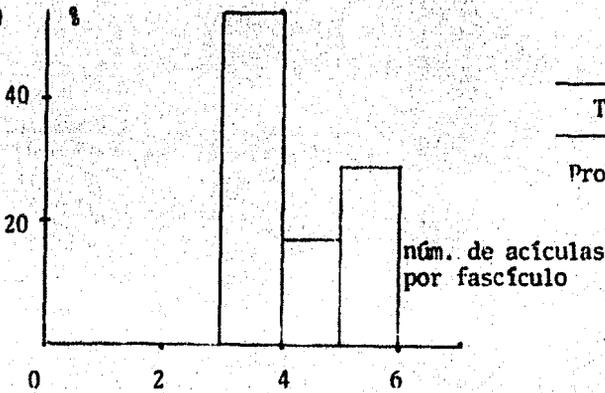
Probabilidad de Normalidad = 0.80%



Longitud de las acículas (ACI) cm	Frecuencias	Frecuencias relativas en tanto por ciento
5	4	0.05
6	780	10.40
12	5024	67.01
18	1673	22.32
24	15	0.20
<b>TOTAL</b>	<b>7496</b>	<b>99.98</b>

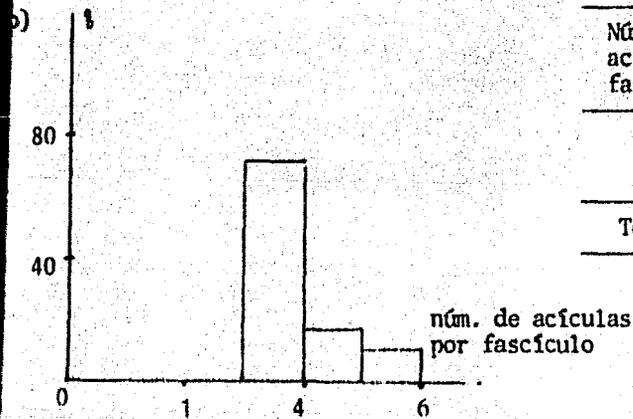
Probabilidad de Normalidad = 0.94%

Figura 2. Gráfica de la distribución de Frecuencias relativas del número de acículas por fascículo (ACIFAC) de: a) el Eje Neovolcánico b) del transecto altitudinal de Zoquiapan, México.



Número de acículas por fascículo	Frecuencia	Frecuencias relativas tanto por ciento
3	5274	54.09
4	1683	17.26
5	2790	28.61
6	3	0.03
Total	9750	99.99

Probabilidad de Normalidad = 0.81%



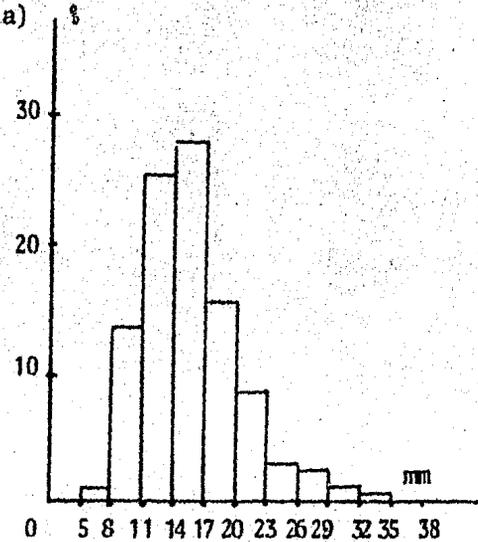
Número de acículas por fascículo	Frecuencias	Frecuencias relativas tanto por ciento
3	5391	71.91
4	1255	16.74
5	850	11.34
Total	7496	99.99

Probabilidad de Normalidad = 0.90%

Figura 3. Gráfica de la distribución de frecuencias relativas de la longitud de la vaina del fascículo (LVA) en milímetros de: a) el Eje Neovolcánico y b) del transecto altitudinal de Zoquiapan, México.

Longitud de la vaina (LVA) en mm	Frecuencias	Frecuencias relativas en tanto por ciento
5-7	137	1.40
8-10	1319	13.52
11-13	2500	25.64
14-16	2713	27.82
17-19	1507	15.46
20-22	847	8.69
23-25	334	3.42
26-28	243	2.49
29-31	96	0.98
32-34	38	0.39
35-37	12	0.12
38	4	0.04
<b>Total</b>	<b>9750</b>	<b>99.97</b>

Probabilidad de Normalidad = 0.97%



Longitud de la vaina (LVA) en mm	Frecuencias	Frecuencias relativas en tanto por ciento
6-8	40	0.53
9-11	690	9.20
12-14	2228	29.72
15-17	2518	33.59
18-20	1235	16.47
21-23	527	7.03
24-26	109	1.45
27-29	39	0.52
30-32	49	0.65
33-35	38	0.51
36-38	19	0.25
39	5	0.07
<b>Total</b>	<b>7497</b>	<b>100.00</b>

Probabilidad de Normalidad = 0.96%

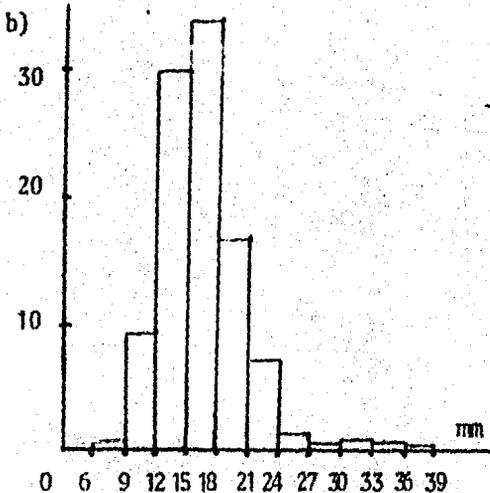
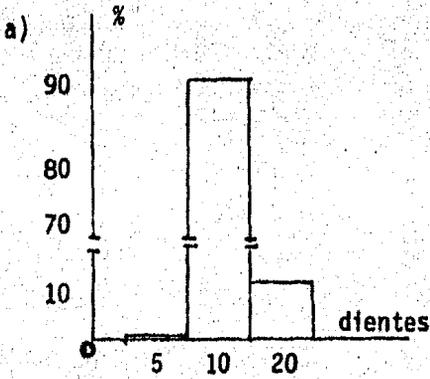
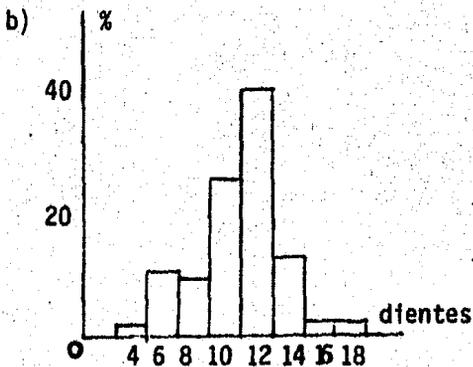


Figura 4. Gráficas de la distribución de frecuencias relativas del número de dientecillos en la arista izquierda (DIAI) de: a) el Eje Neovolcánico y b) el transecto altitudinal de Zoquiapan.



No. de dientes arista izq.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
5	11	0.56
10	1774	90.09
20	181	9.19
Total	1966	99.84

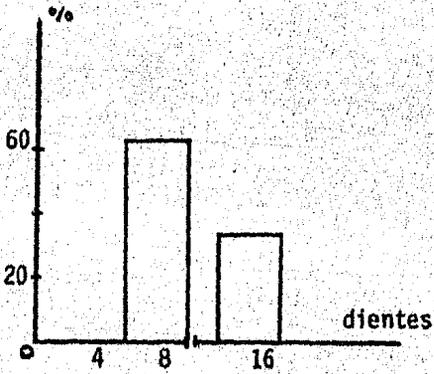
Probabilidad de Normalidad = 0.94%



No. de dientes arista der.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
4	31	2.07
6	149	9.93
8	135	9.00
10	363	24.20
12	568	37.87
14	179	11.93
16	36	2.40
18	36	2.40
20	3	0.20
Total	1500	100.00

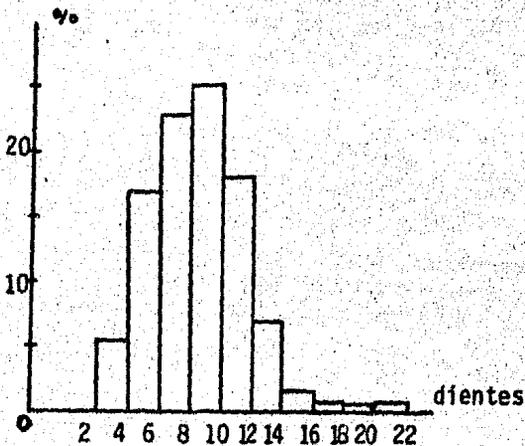
Probabilidad de Normalidad = 0.92%

Figura 5. Gráficas de la distribución de frecuencias relativas del número de dientecillos en la arista derecha (DIA2) de: a) el Eje Neovolcánico y b) del transecto altitudinal de Zoquiapan.



No. de dientes arista der.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
4	7	0.35
8	1250	63.09
16	695	35.08
24	29	1.46
Total	1981	99.98

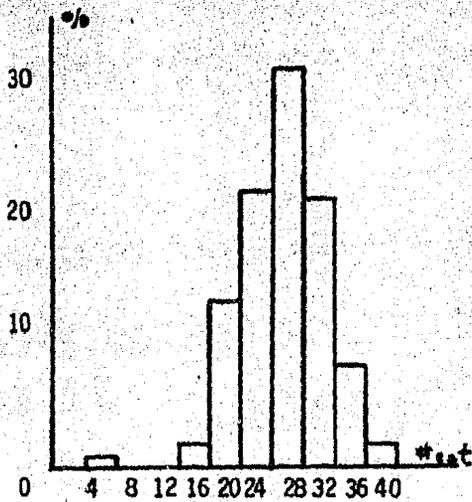
Probabilidad de Normalidad = 0.95%



No. de dientes arista der.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
4	12	0.80
6	84	5.60
8	258	17.20
10	348	23.20
12	384	25.60
14	277	18.47
16	105	7.00
18	26	1.73
20	3	0.20
22	3	0.20
Total	1500	100.00

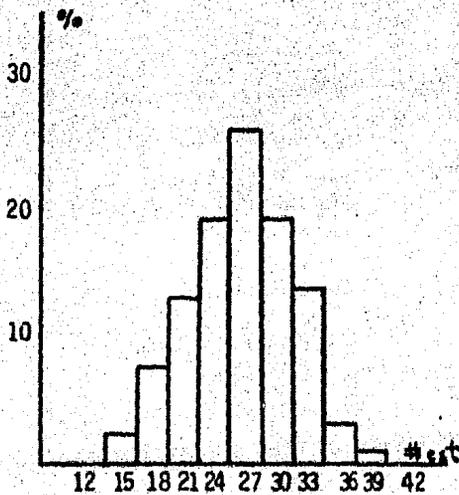
Probabilidad de Normalidad = 0.93%

Figura 6. Gráficas de la distribución de frecuencias relativas del número de estomas contados en 3 mm (EST) de: a) el Eje Neovolcánico y b) del transecto altitudinal de Zoquiapan.



No. de estomas	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
4	20	1.01
8	4	0.20
12	4	0.20
16	39	1.97
20	260	13.13
24	427	21.57
28	613	30.96
32	419	21.16
36	160	8.08
40	34	1.72
<b>Total</b>	<b>1980</b>	<b>100.00</b>

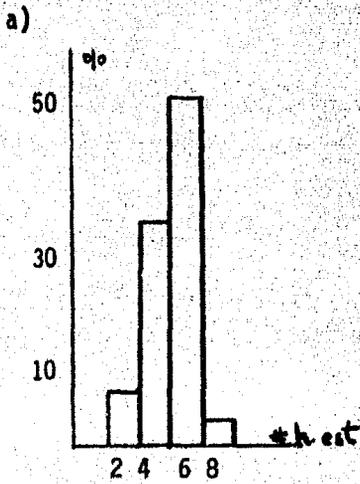
Probabilidad de Normalidad - 0.90%



No. de estomas	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
12	2	0.13
15	39	2.60
18	114	7.60
21	198	13.20
24	285	19.00
27	388	25.87
30	291	19.40
33	119	7.93
36	47	3.13
39	14	0.93
42	3	0.20
<b>Total</b>	<b>1500</b>	<b>100.00</b>

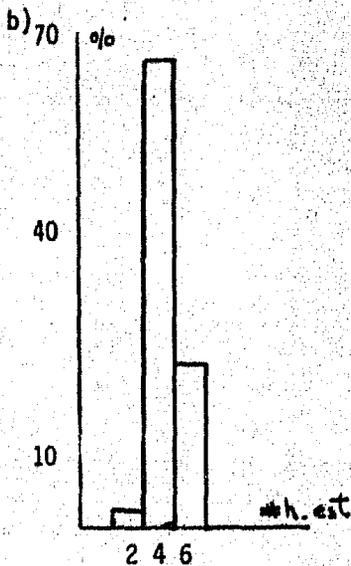
Probabilidad de Normalidad = 0.88

Figura 7. Gráficas de la distribución de frecuencias relativas del número de hileras de estomas en la cara izquierda (HICl) de: a) Eje Neovolcánico y b) transecto altitudinal de Zoquiapan.



Número de hileras en la cara izq.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
2	168	8.58
4	660	33.74
6	1043	53.32
8	85	4.34
Total	1956	99.98

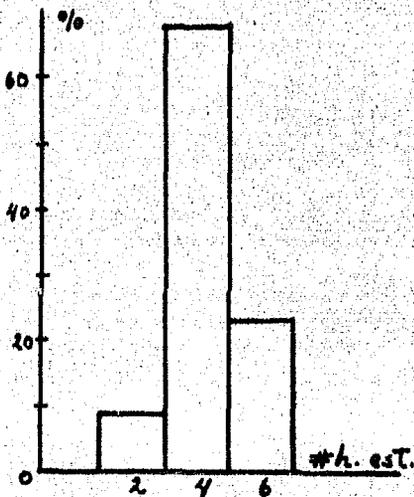
Probabilidad de Normalidad = 0.96%



Número de hileras en la cara izq.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
2	57	3.80
4	1072	71.47
6	371	24.73
Total	1500	100.00

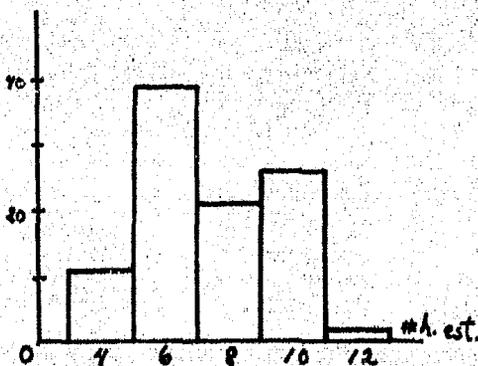
Probabilidad de Normalidad = 0.95%

Figura 8. Gráficas de la distribución de frecuencias relativas del número de hileras de estomas en la cara derecha HIC2 de:  
 a) Eje Neovolcánico y b) transecto altitudinal de Zoquiapan.



Núm. de hileras en la cara der.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
2	181	9.25
4	1325	67.74
6	450	23.00
Total	1956	99.99

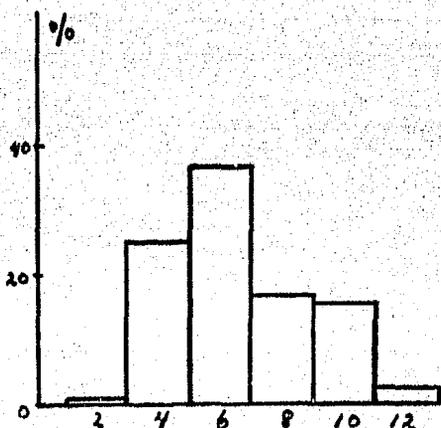
Probabilidad de Normalidad = 0.97%



Núm. de hileras en la cara der.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
4	164	10.93
6	579	38.60
8	318	21.20
10	401	26.73
12	38	2.53
Total	1500	99.99

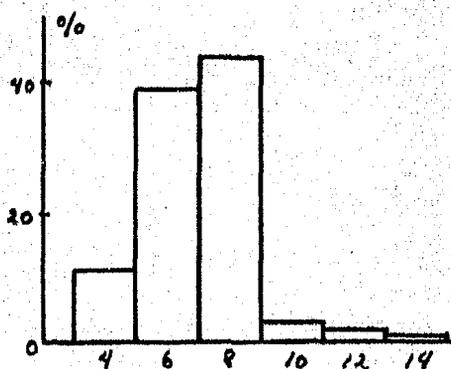
Probabilidad de Normalidad = 0.95%

Figura 9. Gráficas de la distribución de frecuencias relativas del número de hileras en la cara dorsal (HIC3) de: a) Eje Neovolcánico y b) el transecto altitudinal de Zoquiapan.



Número de hileras de la cara dorsal	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
2	15	0.76
4	498	25.46
6	725	37.06
8	344	17.59
10	323	16.51
12	51	2.60
Total	1956	99.98

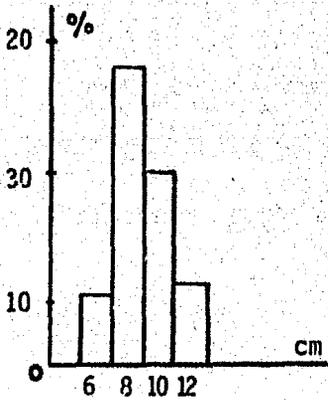
Probabilidad de Normalidad = 0.96%



Número de hileras de la cara dorsal	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
4	164	10.93
6	579	38.60
8	666	44.40
10	53	3.53
12	26	1.73
14	12	0.80
Total	1500	99.99

Probabilidad de Normalidad = 0.92%

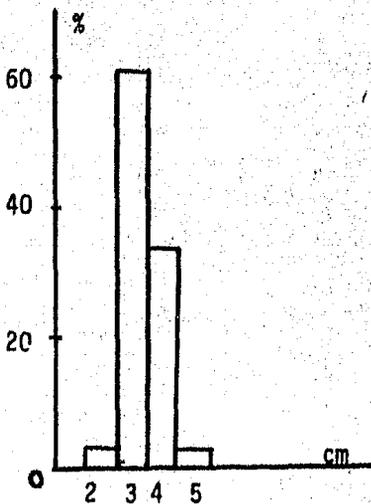
Figura 10. Gráfica de la distribución de frecuencias relativa de la longitud del cono (LCO) del Eje Neovolcánico.



Longitud del cono en cm.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
6	4	10.81
8	17	45.94
10	11	29.73
12	5	13.51
Total	37	99.99

Probabilidad de Normalidad = 0.99%

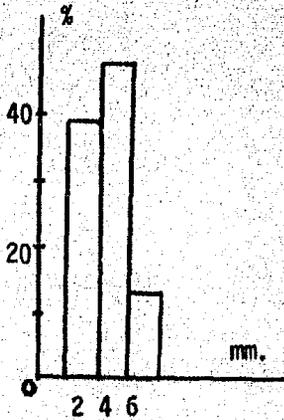
Figura 11. Gráfica de la distribución de frecuencias relativas del ancho del cono (ACO) del Eje Neovolcánico.



Ancho del cono en cm.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
2	1	2.63
3	23	60.53
4	13	34.21
5	1	2.63
Total	38	100.00

Probabilidad de Normalidad = 0.92%

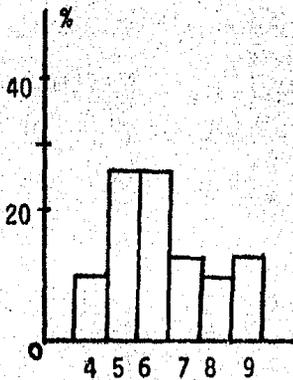
Figura 12. Gráfica de la distribución de las frecuencias relativas de la longitud del pedúnculo (LPE) del Eje Neovolcánico.



Longitud del pedúnculo en mm	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
2	15	39.47
4	18	47.37
6	5	13.16
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>100.00</b>

Probabilidad de Normalidad = 0.84%

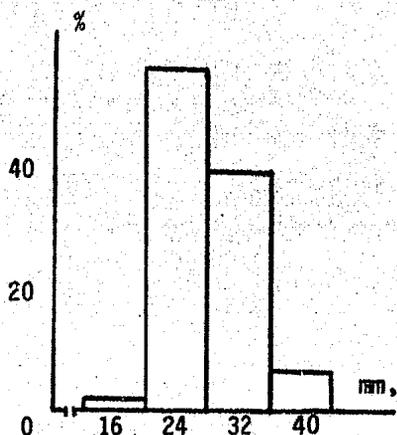
Figura 13. Gráfica de la distribución de las frecuencias relativas del diámetro del eje (DIE) del Eje Neovolcánico.



Diámetro del eje en mm.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
4	4	10.53
5	10	26.32
6	10	26.32
7	5	13.16
8	4	10.53
9	5	13.16
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>100.00</b>

Probabilidad de Normalidad = 0.97%

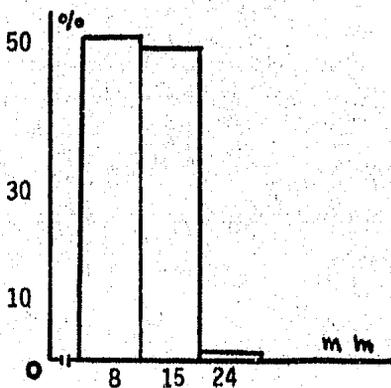
Figura 14. Gráfica de la distribución de frecuencias relativas de la longitud de las escamas (LES) del Eje Neovolcánico.



Longitud de la escama en mm.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
16	7	1.87
24	204	54.40
32	143	38.13
40	21	5.60
Total	375	100.00

Probabilidad de Normalidad = 0.92%

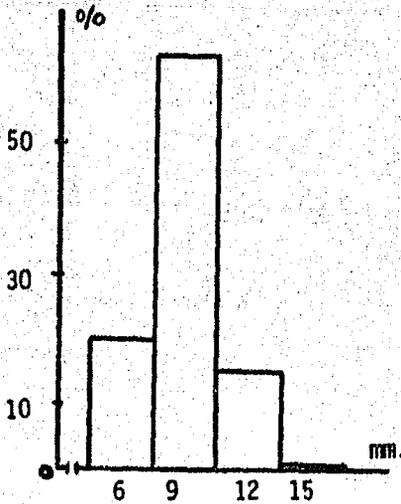
Figura 15. Gráfica de la distribución de frecuencias relativas del ancho de escama (AES) del Eje Neovolcánico.



Ancho de la escama en mm.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
8	190	50.67
15	183	48.80
24	2	0.53
Total	375	100.00

Probabilidad de Normalidad = 0.97%

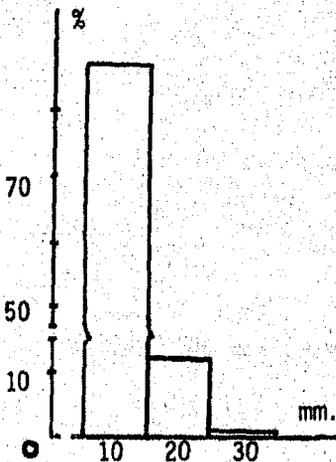
Figura 16. Gráfica de la distribución de frecuencias relativas de la longitud de la apófisis (LAP) del Eje Neovolcánico.



Longitud de la apófisis en mm.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
6	77	20.26
9	241	63.42
12	57	15.00
15	5	1.31
Total	380	99.99

Probabilidad de Normalidad = 0.91%

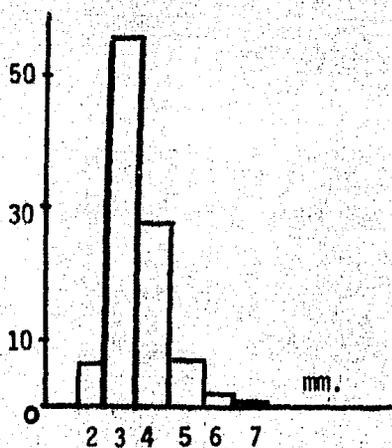
Figura 17. Gráfica de la distribución de frecuencias relativas del ancho de la apófisis (APO) del Eje Neovolcánico.



Ancho de la apófisis en mm.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
10	330	86.84
20	45	11.84
30	5	1.31
Total	380	99.99

Probabilidad de Normalidad = 0.93%

Figura 18. Gráfica de la distribución de frecuencias relativas del alto de la cúspide o grosor de la escama (ACU) del Eje Neovolcánico.



Alto de la cúspide en mm.	Frecuencias	Frecuencias relativas en %
2	26	6.84
3	213	56.04
4	106	27.89
5	26	6.84
6	7	1.84
7	2	0.53
Total	380	99.98

Probabilidad de Normalidad = 0.91%

\*\*\*\*\*

es más constante este promedio ( $\bar{x}_{ACI} = 11,6 \pm 1.9$  a  $12,1 \pm 2.1$  cm), pero aumenta en el Nevado de Colima ( $\bar{x}_{ACI} = 13,8 \pm 4.5$  cm).

2. El número promedio de acículas por fascículo fue constante para las localidades del Esté (Pico de Orizaba a Zoquiapan) siendo este número de 4 disminuyó a 3 en las localidades de San Juan Tetla - Nevado de Toluca y aumentó otra vez a 4 en el Nevado de Colima.
3. La longitud promedio de la vaina es un carácter con variación en todas las localidades, no presentó una función definida. Los promedios más altos de este carácter se observaron en Zoquiapan ( $\bar{x}_{LVA} = 16,3 \pm 4,9$  mm) y en el Nevado de Colima ( $\bar{x}_{LVA} = 16,8 \pm 5,2$  mm).
4. El número promedio de dientecillos a ambos lados de las acículas (arista izquierda ó 1 y arista derecha ó 2) es muy similar a ambos lados, aunque en Tlamacas el promedio de la arista izquierda fue mayor ( $\bar{x}_{DIA\ 1} = 15,0 \pm 16,9$  dientecillos) al de la derecha ( $\bar{x}_{DIA\ 2} = 12,0 \pm 7,0$  dientecillos).
5. El número promedio de estomas en una hilera central de la cara dorsal a lo largo de 3 mm, también es un carácter muy variable ( $\bar{x}_{EST}$  de  $22,0 \pm 3,6$  a  $30,0 \pm 3,6$  estomas).
6. El número promedio de hileras de estomas en la cara izquierda ó 1 y derecha ó 2 es muy similar para ambas características.

\*\*\*\*\*

7. El número promedio de hileras de estomas en la cara dorsal ó 3 es muy variable; el menor promedio se obtuvo en el Nevado de Colima ( $\bar{x}_{HIC3} = 8 \pm 2.1$  hileras de estomas).
  
8. El número total de canales resiníferos es también muy variable. Tu- vieron menor número promedio de canales resiníferos: Cofre de Pe- rote ( $\bar{x}_{CR} = 4 \pm 1.5$  can. res. \*). La Malinche ( $\bar{x}_{CR} = 4 \pm 0.8$  can. res.), Zoquiapan ( $\bar{x}_{CR} = 4 \pm 0.8$  can. res.) y el Nevado de Colima ( $\bar{x}_{CR} = 4 \pm 1.3$  can. res.); las localidades Ajusco ( $\bar{x}_{CR} = 8 \pm 3.3$  can. res.) y Nevado de Toluca ( $\bar{x}_{CR} = 8 \pm 1.9$  can. res.) tuvieron un promedio mayor de este carácter.
  
9. El número promedio de canales resiníferos en posición media tuvo al igual que el carácter anterior gran variación. En las muestras del Nevado de Colima se presentó menor número promedio ( $\bar{x}_{CRM} = 3 \pm 1.1$  can. res.) y el mayor número promedio fue para el Ajusco ( $\bar{x}_{CRM} = 9 \pm 3.3$  can. res.).
  
10. El número de canales resiníferos en posición interna, es un carácter que puede considerarse como "raro", ya que sólo se encontró en Zo- quiapan ( $\bar{x}_{CRI} = 1 \pm 0.7$  can. res.), San Juan Tetla ( $\bar{x}_{CRI} = 1 \pm 0$  can. res.), Tlamacas ( $\bar{x}_{CRI} = 4 \pm 0$  can. res.) y Nevado de Colima

---

\* can. res. = canales resiníferos

\*\*\*\*\*

$$(\bar{x}_{\text{CRI}} = 2 \pm 0.9 \text{ can. res.}).$$

11. El número promedio de células esclerenquimatosas varía de 9 a 11.
12. El número promedio de células endodérmicas también varía en un rango de 37 a 45.

Por lo que respecta al Transecto Altitudinal de Zoquapan se obtuvo (ver Tabla 2, Fig. 20):

1. La longitud promedio de las acículas fue mayor en los sitios de menor altitud, del 3000 al 3200 m con  $\bar{x}_{\text{ACI}} = 14.8 \pm 2.7$  y  $\bar{x}_{\text{ACI}} = 14.7 \pm 2.2$  cm, respectivamente disminuyó gradualmente desde los 3300 ( $\bar{x}_{\text{ACI}} = 13.8 \pm 3.1$  cm), hasta los 3700 m ( $\bar{x}_{\text{ACI}} = 11.2 \pm 2.0$  cm) de nuevo aumentó a los 3800 ( $\bar{x}_{\text{ACI}} = 12.5 \pm 2.8$  cm) y descendió a la cota de los 3900 m ( $\bar{x}_{\text{ACI}} = 9.1 \pm 1.7$ ).
2. Con respecto al número promedio de acículas por fascículo, se presentó de los sitios 3200 al 3700 y 3900 m un número constante de 3; los sitios 3000, 3100 y 3800 m tienen 4 acículas por fascículo como promedio.
3. La longitud promedio de la vaina es un carácter variable; el promedio menor se presentó en la altitud de los 3400 m ( $\bar{x}_{\text{LVA}} = 13 \pm 2.9$  mm) y el más alto fue para los 3100 m ( $\bar{x}_{\text{LVA}} = 17.3 \pm 5.6$  mm).

\*\*\*\*\*

4. El número promedio de denticulaciones en ambas aristas de las acfculas (arista izquierda ó 1 y arista derecha ó 2) es muy similar en ambas. El número promedio menor correspondió a la arista derecha a la cota de los 3400 m ( $\bar{x}_{DIA\ 2} = 8 \pm 2.7$  dientes) y el mayor fue también para esa arista en los 3200 m ( $\bar{x}_{DIA\ 2} = 13 \pm 2.9$  dientes).
5. El número promedio de estomas en una hilera central de la cara dorsal a lo largo de 3 mm presentó también un patrón variable. El valor promedio menor fue para los 3400 m ( $\bar{x}_{EST} = 21 \pm 4.0$  estomas) y 3800 m ( $\bar{x}_{EST} = 21 \pm 3.9$  estomas) el valor promedio mayor fue para la cota de los 3000 m ( $\bar{x}_{EST} = 30 \pm 3.3$  estomas).
6. El número promedio de hileras de estomas en la cara izquierda ó 1 y la derecha ó 2 fue también directamente proporcional. Como se observa presentó un patrón constante de los 3000 a los 3300 m ( $\bar{x}_{HIC\ 1}$  y  $HIC\ 2 = 4 \pm 0.8$ ) disminuyó en los 3400-3600 m ( $\bar{x}_{HIC\ 1}$  y  $HIC\ 2 = 3 \pm 0.8$ ). En las altitudes de los 3500, 3700 y 3900 m el número promedio se mantuvo constante de 4 hileras en ambas caras.
7. Con respecto al número promedio de hileras en la cara dorsal fue también variable, en un rango de 7 a 8 hileras.
8. El número promedio de canales resiníferos también fue un carácter

Tabla 1. Medias aritméticas de las características de morfología foliar de las localidades del Eje Neovolcánico.

Características	Pico de Orizaba	Cofre de Perote	L O C A La Malinche	L I D A Zoquiapan	L I D A San Juan Tetla	L I D A Tlamacas	L I D A Ajuasco	L I D A Nevado de Toluca	L I D A Nevado de Colima
ACI en cm	14.5+3.2	11.9+2.0	12.6+2.0	14.4+2.9	12.0+2.0	11.9+2.2	12.1+2.1	11.7+1.9	13.8+4.5
ACIFAC	4 +0.8	4 +0.7	4 +0.8	4 +0.8	3 +0.3	3 +0.2	3 +0.3	3 +0.2	4 +0.8
LVA en mm	17.3+5.8	12.5+2.9	14.3+3.6	16.3+4.9	13.5+2.5	14.8+4.4	14.0+2.9	14.0+2.9	16.8+5.2
DIA 1	10 +2.3	11 +2.2	12 +2.6	10 +3.3	12.0+2.1	15 +16.9	11 +2.6	11 +2.2	9 +2.7
DIA 2	10 +2.5	11 +2.8	12 +2.6	11 +6.2	11.0+1.9	12 +7.0	11 +2.1	11 +2.7	9 +2.6
EST	22 +3.6	28 +3.9	30 +3.6	25 +5.0	29 +3.8	25 +8.5	28 +3.5	28 +5.1	24 +5.1
HIC 1	4 +1.0	4 +1.0	4 +0.9	3 +1.2	3 +0.8	4 +0.9	4 +0.8	4 +0.9	3 +0.9
HIC 2	4 +1.0	4 +1.1	4 +0.8	3 +1.1	3 +0.8	4 +0.9	4 +0.8	4 +0.9	3 +1.0
HIC 3	7 +1.6	6 +1.8	7 +1.7	6 +2.2	7 +1.5	8 +2.1	7 +1.5	7 +1.2	5 +1.9
CR	5 +0.8	4 +1.5	4 +0.8	4 +0.8	7 +2.2	5 +2.3	8 +3.3	8 +1.9	4 +1.3
CRM	5 +1.1	4 +0.5	4 +0.8	4 +1.1	7 +1.9	4 +2.2	9 +3.3	9 +1.9	3 +1.1
CRI	---	---	---	1 +0.7	1 +0	4 +0	---	---	2 +0.9
CBS	11 +1.9	10 +1.5	9 +0.9	10 +0.8	9 +1.1	10 +1.1	10 +1.5	9 +1.8	9 +1.6
CEN	45 +4.1	39 +4.8	40 +3.6	37 +5.0	38 +6.5	39 +5.5	40 +3.3	40 +4.0	41 +19.2

$\bar{x} \pm S$

$\bar{x}$  = media

S = desviación estándar

Figura 19. Gráficas de las Medias aritméticas de las características de morfología foliar (macroscópicas y anatomía), del estudio del Eje Neovolcánico.

\* Las localidades numeradas son las mismas del Mapa 1

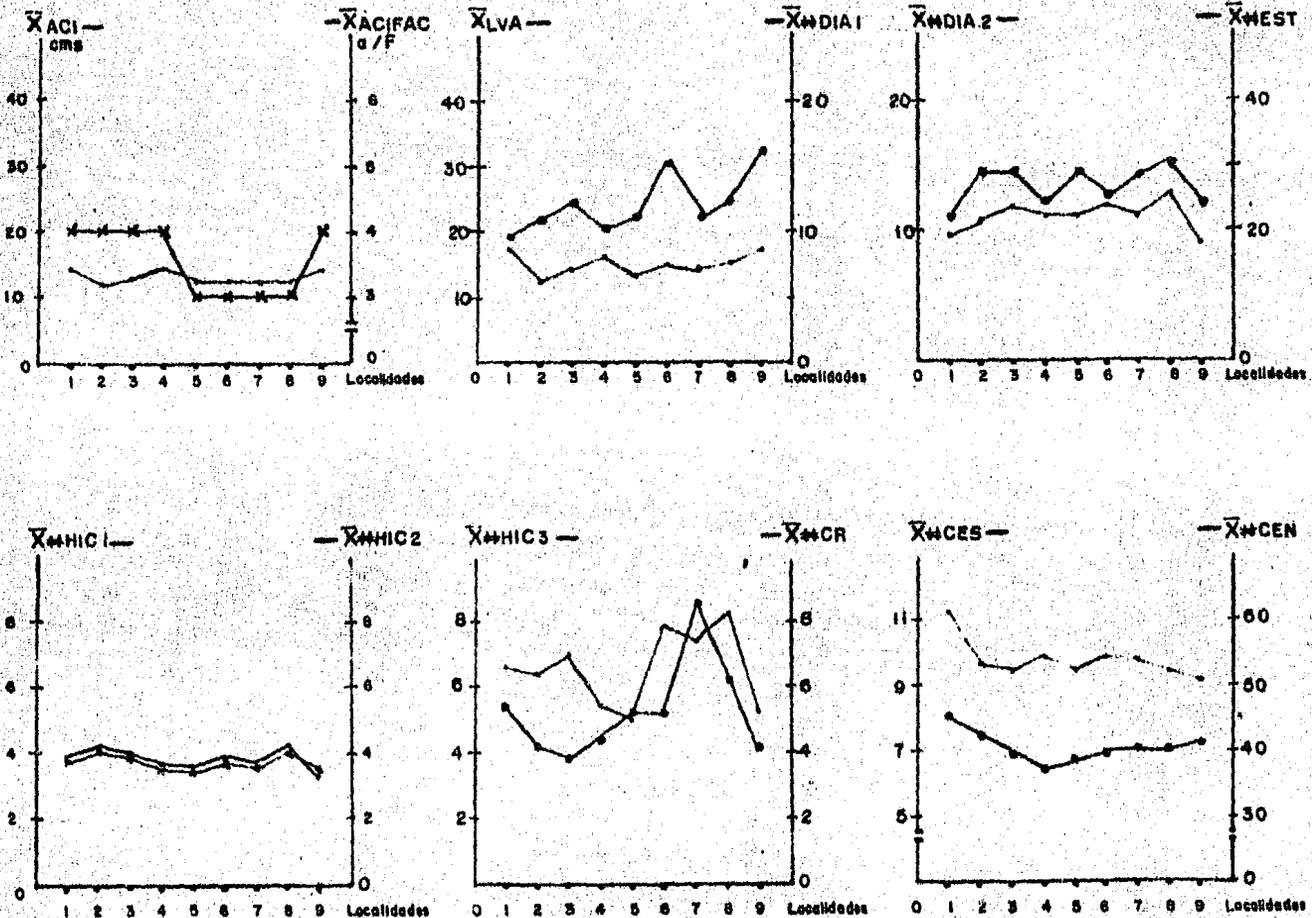


Tabla 2. Medias aritméticas de las características de morfología foliar de las localidades del transecto altitudinal de Zoquiapán, México.

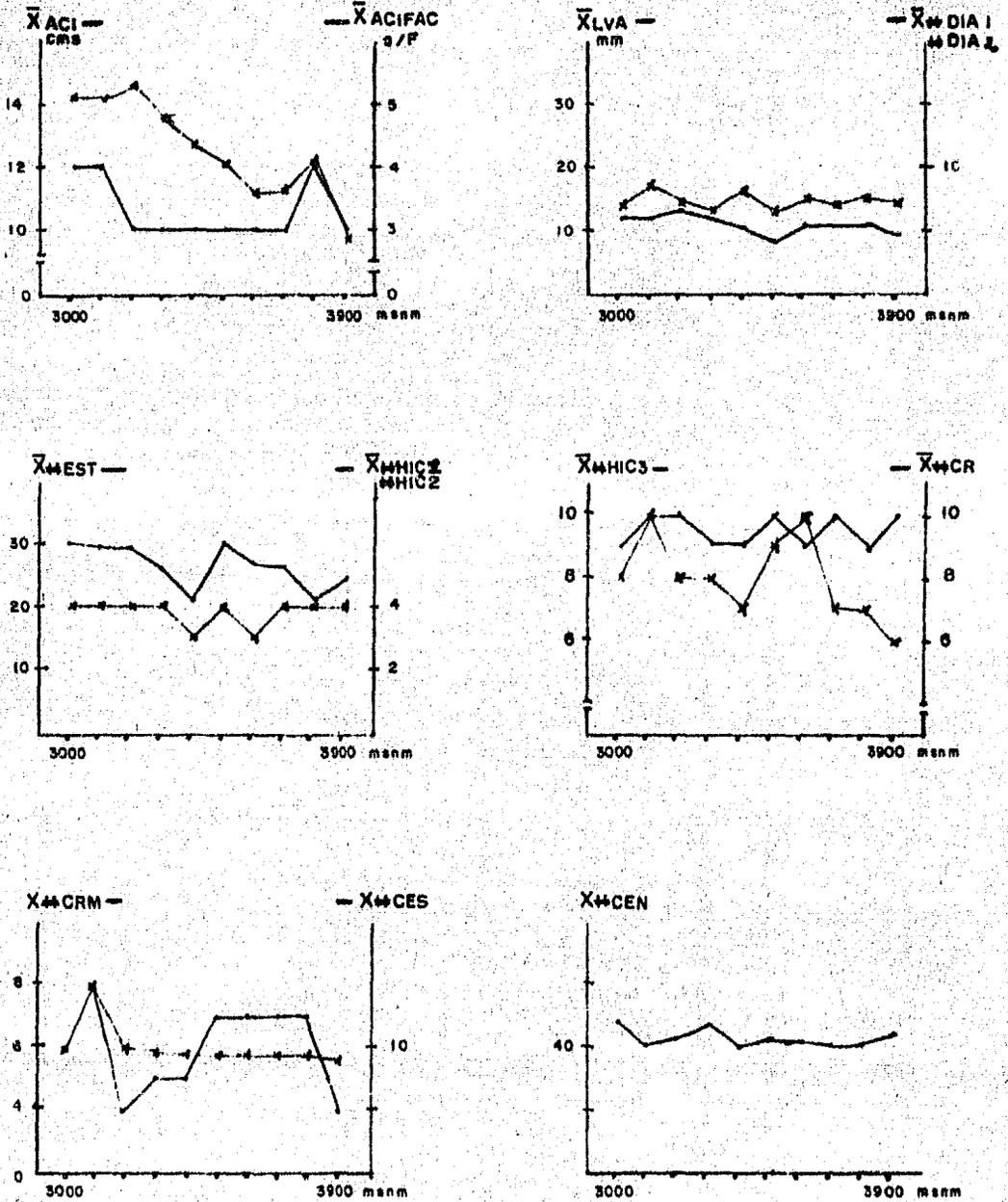
Características	A L T I T II D E S ( m s n m )										
	3000	3100	3200	3300	3400	3500	3600	3700	3800	3900	
ACI en cm	14.8+2.7	14.3+2.7	14.7+2.2	13.8+3.1	12.8+3.1	12.2+2.4	11.3+2.3	11.2+2.0	12.5+2.8	9.1+1.7	
ACIFAC	4 +0.8	4 +0.7	3 +0.7	3 +0.8	3 +0.1	3 +0.5	3 +0.2	3 +0.5	4 +0.8	3 +0.4	
LVA en mm	14.4+3.2	17.3+5.6	14.4+3.8	15.7+3.8	13.0+2.9	15.4+3.5	14.1+3.0	14.7+3.2	15.9+4.1	14.1+3.1	
DIA 1	12 +2.3	12 +1.8	13 +2.8	11 +2.7	9 +2.7	12 +2.3	11 +2.3	11 +2.1	9 +2.7	9 +2.7	
DIA 2	12 +2.9	12 +1.9	13 +2.9	11 +2.6	8 +2.7	12 +2.1	11 +2.1	11 +2.0	9 +2.3	9 +2.7	
BST	30 +3.3	29 +3.9	29 +4.0	26 +4.0	21 +4.0	29 +3.6	27 +3.5	26 +3.9	21 +3.9	23 +4.3	
HIC 1	4 +0.9	4 +0.9	4 +0.9	4 +0.8	3 +0.8	4 +0.9	3 +0.8	4 +0.7	4 +1.3	4 +0.8	
HIC 2	4 +0.9	4 +0.9	4 +0.9	4 +0.8	3 +0.8	4 +0.9	3 +0.8	4 +0.7	4 +1.2	4 +0.9	
HIC 3	7 +1.8	8 +2.0	8 +2.0	7 +1.4	7 +1.5	8 +1.7	7 +1.3	8 +1.6	7 +2.4	8 +1.4	
CR	6 +1.1	8 +1.1	6 +1.5	6 +1.0	5 +2.5	7 +2.3	8 +1.0	5 +1.1	5 +3.5	4 +0.6	
CRM	6 +1.1	8 +1.1	4 +2.0	5 +0.6	5 +2.5	7 +2.3	7 +2.1	5 +1.1	5 +3.5	4 +0.6	
CRI	----	2 + 0	2 +0.7	2 + 0	----	----	2 + 0	----	----	----	
CES	10 + 2	8 +0.6	10 +3.2	9 +1.1	9 +1.5	9 +1.7	9 +0.6	9 +1.7	9 +1.4	8 + 0	
CEN	49 +8.1	41 +4.6	43 +5.3	47 +2.0	40 +9.0	41 +6.6	42 +2.1	41 +8.0	41 +18.4	43 +8.6	

$\bar{x}$  = S

$\bar{x}$  = media aritmética

S = desviación estándar

Figura 20. Gráficas de las Medias aritméticas de las características de morfología foliar (macroscópicas y anatomía) del Transecto Altitudinal de Zoquiapan, México.



\*\*\*\*\*

variable. El número promedio menor fue para la cota de los 3900 m ( $\bar{x}_{CR} = 4 \pm 0.6$  can. res.), mientras que en los 3100 y 3600 m fue más alto ( $\bar{x}_{CR\ 3100\ m} = 8 \pm 1.1$  can. res. y  $\bar{x}_{CR\ 3600\ m} = 8 \pm 1.0$  can. res.).

9. En todas las altitudes la posición media de los canales resiníferos fue muy variable.
10. El número promedio de canales resiníferos en posición interna fue poco frecuente, ya que solo se registró en: 3100, 3200, 3300 y 3600 m, sin embargo, el número fue constante en todos los sitios, de 2 canales resiníferos.
11. El número promedio de células esclerenquimatosas que rodean al canal resinífero, tuvo también un patrón variable.
12. Por último el número promedio de células endodérmicas fue también variable. El valor promedio menor fue para los 3400 m ( $\bar{x}_{CES} = 40 \pm 9.0$  céls. \*) y el mayor correspondió a la altura de los 3000 m ( $\bar{x}_{CES} = 49 \pm 8.1$  céls.).

Por otra parte, se obtuvo la media poblacional de cada característica de ambos muestreos, junto con otras medidas estadísticas de centralización y de dispersión, para cada muestreo (Tabla 3 y 4). De estos

---

\* cels. = células

Tabla 3. Análisis de las Medias (promedios) y otras medidas estadísticas de las variables de los árboles del Eje Neovolcánico de *Pinus hartwegii*.

VARIABLES	*n	$\bar{x}$	S	$S_{\bar{x}}$	S <sup>2</sup>	C.V.†	Min.	Max.
1. Longitud acícula en cm ACI . . . . .	9717	12.8	2.9	0.03	8.9	23.3	1.7	18.0
2. Acículas por Fascículo ACIFAC . . . . .	9717	3.7	0.9	0.01	0.8	23.4	3.0	6.0
3. Longitud de la vaina en mm LVA . . . . .	9733	15.0	4.4	0.04	19.3	29.2	5.0	38.0
4. Dientecillos arista izq. DIA1 . . . . .	1981	11.2	6.3	0.14	40.0	56.4	1.0	29.0
5. Dientecillos arista der. DIA2 . . . . .	1981	10.9	3.9	0.08	15.4	35.9	1.0	22.0
6. Número de estomas en 3 mm EST . . . . .	1980	26.7	5.6	0.12	31.4	20.9	4.0	42.0
7. Número de hileras de estomas cara 1 HIC1 . . . . .	1956	3.8	1.0	0.02	1.0	26.6	2.0	8.0
8. Número de hileras de estomas cara 2 HIC2 . . . . .	1956	3.8	1.0	0.02	1.0	26.9	1.0	8.0
9. Número de hileras de estomas cara 3 HIC3 . . . . .	1956	6.8	2.0	0.04	4.0	29.4	2.0	14.0
10. Número total de canales resiníferos CR . . . . .	46	5.3	2.2	0.33	4.9	41.5	2.0	11.0
11. Número de canales resiníferos arista 1 CRA1 . . . . .	45	1.0	0.1	0.02	0.02	14.6	1.0	2.0
12. Número de canales resiníferos arista 2 CRA2 . . . . .	46	1.0	0	0	0	0	1.0	1.0
13. Número de canales resiníferos arista 3 CRA3 . . . . .	43	1.0	0.1	0.02	0.02	14.9	1.0	2.0
14. Número de canales resiníferos cara 1 CRC1 . . . . .	13	1.1	0.3	0.08	0.07	25.7	1.0	2.0
15. Número de canales resiníferos cara 2 CRC2 . . . . .	14	1.3	0.5	0.12	0.20	36.5	1.0	2.0
16. Número de canales resiníferos cara 3 CRC3 . . . . .	36	2.1	1.3	0.21	1.6	59.3	1.0	5.0
17. Posición media de los canales resiníferos CRM . . . . .	46	4.9	2.3	0.35	5.5	47.3	1.0	11.0
18. Posición interna de los canales resiníferos CRI . . . . .	8	2.1	1.1	0.39	1.3	52.8	1.0	4.0
19. Número de células endodérmicas CEN . . . . .	46	40	5.1	1.90	21.9	12.3	27.0	53.0
20. Número de células esclerenquimatosas CES . . . . .	45	10	1.3	0.60	2.0	14.0	7.0	14.0
21. Longitud del cono en cm LCO . . . . .	37	8.9	1.9	0.30	3.5	21.1	7.4	12.5
22. Ancho del cono en cm ACO . . . . .	38	3.7	0.6	0.10	0.4	16.9	3.4	5.5
23. Longitud del pedúnculo en mm LPE . . . . .	38	3.5	1.2	0.20	1.5	35.0	2.8	3.8
24. Diámetro del eje en mm DIE . . . . .	38	6.3	1.7	0.27	2.8	26.3	5.0	7.1
25. Longitud de la escama en mm LES . . . . .	375	27.4	5.1	0.27	26.6	18.8	24.7	29.9
26. Ancho de la escama en mm AES . . . . .	375	11.9	3.8	0.19	14.3	31.8	10.1	12.9
27. Largo de la apófisis en mm LAP . . . . .	380	9.0	2.2	0.11	4.8	23.9	8.4	9.5
28. Ancho de la apófisis en mm APO . . . . .	380	11.9	6.8	0.35	46.3	57.2	9.7	13.9
29. Alto cúspide en mm ACU . . . . .	380	3.7	0.9	0.48	0.9	25.3	3.4	3.9

\*n = número de observaciones

S<sup>2</sup> = varianza

Max = valor máximo

$\bar{x}$  = media aritmética

C.V. = coeficiente de variación

S<sub>x</sub> = desviación estándar de la media

Min = valor mínimo

Tabla 4 . Análisis de las Medias y otras medidas estadísticas de las variables analizadas para los árboles del transecto altitudinal de Zoquiapan, México.

Variables	*N	$\bar{x}$	S	$S\bar{x}$	$S^2$	C.V. %	Min.	Max.
1. ACI en cm	7497	12.6	3.1	0.03	9.5	24.3	5	24
2. ACIFAC	7497	3.4	0.7	0.01	0.5	20.2	3	5
3. LVA en mm	7497	14.9	3.9	0.04	14.9	25.9	5	40
4. DIA 1	1500	10.8	2.8	0.07	7.9	26.0	3	22
5. DIA 2	1500	10.7	2.9	0.07	8.1	26.6	3	24
6. EST	1500	26.1	4.9	0.12	24.4	18.9	12	44
7. HIC 1	1500	3.9	0.9	0.02	0.9	23.9	1	8
8. HIC 2	1500	3.9	0.9	0.02	0.9	24.2	1	8
9. HIC 3	1500	7.6	1.8	0.04	3.3	24.0	3	16
10. CR	29	6.0	1.9	0.35	3.7	31.8	2	9
11. CRA 1	29	1.0	0	0	0	0	1	1
12. CRA 2	29	1.0	0	0	0	0	1	1
13. CRA 3	28	1.0	0	0	0	0	1	1
14. CRC 1	11	1.2	0.4	0.12	0.2	34.2	1	2
15. CRC 2	13	1.1	0.3	0.08	0.1	25.7	1	2
16. CRC 3	27	2.3	0.9	0.18	0.9	41.5	1	4
17. CRM	29	5.6	1.9	0.36	3.8	34.5	2	9
18. CRI	5	2.2	0.4	0.20	0.2	20.3	2	3
19. CEN	29	4.3	1.4	4.4	72.5	17.5	28	58
20. CES	29	9	7.3	0.80	2.6	15.5	6	12

\*N = número de observaciones

$\bar{x}$  = media o promedio aritmético

S = desviación estándar

$S\bar{x}$  = error estándar de la media

$S^2$  = varianza

C.V. = coeficiente de variación

Mín = valor mínimo

Máx = valor máximo

\*\*\*\*\*

análisis se registró para el Eje Neovolcánico que la característica más homogénea fue el número de canales resiníferos en la arista izquierda (C.V.  $CRA_1 = 14.6\%$ ); la más heterogénea fue el número de canales resiníferos de la cara derecha (C.V.  $CRC_2 = 59.03\%$ ). En el transecto altitudinal de Zoquiapan la variable más homogénea fue el número de estomas en una hilera central de la cara dorsal a lo largo de 3 mm (C.V.  $EST = 18.89\%$ ) y la característica más heterogénea fue el número de canales resiníferos de la cara dorsal (C.V.  $CRC_3 = 41.52\%$ ).

En el análisis de la varianza del estudio del Eje Neovolcánico (prueba de F), fue para 18 características (9 para acículas y 9 para conos), esta prueba mostró altas diferencias significativas para los caracteres de las acículas ( $p_\alpha = 0.01\%$ ), en tanto, que los valores de F para las variables de los conos fueron no significativos (Tabla 5). Estos resultados de F para los conos eran de esperarse por lo pequeño de la muestra, (sólo 38 para todas las localidades).

El análisis de varianza para el transecto altitudinal de Zoquiapan (Tabla 6), también mostró altos valores significativos de F para los 9 características de morfología foliar; en este estudio el valor de  $p_\alpha = 0.01\%$ , al igual que en los valores del Eje Neovolcánico,

También se muestra la esperanza matemática de los cuadrados me-

Tabla 5 Análisis de varianza y componentes de la varianza de las medias de 9 variables estudiadas en *Pinus hartwegii* del Eje Neovolcánico (1)

Variables	Localidades				Arboles (localidades)				Error			
	SC	CM	F	CV(%)	SC	CM	F	CV(%)	SC	CM	CV(%)	
ACI	11207.36	1400.92	6.81**	12.27	38233.65	205.56	52.84**	44.75	37085.34	3.89	43.02	
ACIFAC	3544.34	443.04	43.78**	48.95	1882.53	10.12	46.00**	24.18	2101.83	0.22	26.85	
LVA	22637.16	2829.64	6.22**	11.23	84501.74	454.31	53.64**	45.54	80840.42	8.47	43.22	
DIA 1	6222.92	777.86	5.39**	7.10	26817.90	144.18	5.58**	28.89	46186.39	25.85	64.01	
DIA 2	2753.72	344.21	4.78**	7.87	13390.29	71.99	8.89**	40.30	14465.81	8.09	51.82	
EST	13607.93	1700.99	11.22**	21.85	28196.74	151.59	13.34**	42.90	20282.54	11.36	35.24	
HIC 1	173.36	21.67	4.77**	7.86	844.68	4.54	8.40**	39.70	944.49	0.54	53.33	
HIC 2	176.96	22.12	4.88**	7.84	842.83	9.53	8.08**	38.27	982.22	0.56	53.88	
HIC 3	1907.74	238.47	13.45**	24.70	3298.08	17.73	11.90**	39.24	2620.49	1.49	36.06	

SC = Suma de cuadrados

CM = Cuadrados medios

F = Prueba de F

CV = Componentes de la varianza

E = Error

\* = Nivel de significación al 0.05%

\*\* = Nivel de significación al 0.01%

NS = No significativo

Tabla 5 . Análisis de varianza y componentes de la varianza de las medias de 9 variables estudiadas en *Pinus hartwegii* del Eje Neovolcánico (2)

Variable	Localidades				Arboles (Localidades)				Error		
	SC	CM	F	CV(%)	SC	CM	F	CV(%)	SC	CM	CV(%)
LCO	36.63	9.16	2.65 <sup>ns</sup>	21.74	68.71	3.45	1.95 <sup>ns</sup>	32.32	21.21	1.77	49.28
ACO	1.81	0.45	0.82 <sup>ns</sup>	0	11.51	0.55	4.25 <sup>ns</sup>	69.93	1.53	0.13	30.06
LPE	4.83	1.21	0.76 <sup>ns</sup>	0	33.67	1.60	0.31 <sup>ns</sup>	2.56	18.55	1.54	97.44
DTE	22.14	5.53	1.81 <sup>ns</sup>	9.88	63.82	3.04	2.25 <sup>ns</sup>	42.45	16.25	1.35	47.66
LES	1573.27	393.32	2.19 <sup>ns</sup>	9.88	3755.79	178.85	13.51	42.44	4621.41	13.24	42.44
AES	385.44	96.36	2.54 <sup>ns</sup>	5.31	797.17	37.96	3.17**	12.67	4179.48	11.97	82.02
LAP	73.89	18.47	1.15 <sup>ns</sup>	0.34	337.48	16.07	4.18**	18.21	1360.59	3.84	81.45
APO	911.33	227.83	1.14 <sup>ns</sup>	0.38	4165.29	198.35	5.62**	24.42	12492.34	35.29	75.20
ACU	9.31	2.33	0.21 <sup>ns</sup>	0	226.53	10.79	37.20**	71.90	102.07	0.29	28.10

SC = Suma de cuadrados

CM = Cuadrados medios

F = Prueba de F

CV = Componentes de la varianza

E = Error

\* = Nivel de significación al 0.05%

\*\* = Nivel de significación al 0.01%

NS = No significativo

Tabla 6 Análisis de varianza y componentes de la varianza de 9 variables estudiadas en el Transecto Altitudinal, Zoquílapan, Méx.

Variables	Localidades				Arboles (Localidades)				Error		
	SC	CM	F	CV(%)	SC	CM	F	CV(%)	SC	CM	CV(%)
ACI	22350.61	2483.40	12.79**	31.13	27176.27	194.11	66.25**	39.00	21518.37	2.93	29.86
ACIFAC	601.27	66.81	6.71**	15.77	1393.39	9.95	47.38**	40.54	1543.47	0.21	43.68
LVA	9417.71	1046.41	3.50*	6.60	41844.34	298.89	35.97**	38.45	61058.15	8.31	54.95
DIA 1	2801.69	311.29	8.53**	22.43	5069.98	36.47	12.16**	40.75	4059.05	3.00	36.81
DIA 2	3175.51	352.83	9.80**	25.04	5004.44	36.00	11.84**	38.86	4110.65	3.04	36.09
EST	14195.72	1577.30	21.27**	39.42	10306.99	74.15	8.39**	25.50	12044.45	8.91	35.07
HIC 1	124.12	13.79	3.87**	7.56	495.33	3.56	6.71**	33.50	716.50	0.53	58.94
HIC 2	134.95	14.99	4.12**	8.39	505.58	3.04	7.14**	34.42	696.40	0.51	57.19
HIC 3	433.76	48.19	3.00**	6.32	2230.75	16.05	9.17**	42.01	2361.40	1.75	51.67

SC = Suma de cuadrados

CM = Cuadrados medios

F = Prueba de F

CV = Componentes de la varianza

E = Error

\* = Nivel de significación al 0.05%

\*\* = Nivel de significación al 0.01%

NS = No significativo

Cuadro 3. Cuadrados medios esperados para las variables de morfología foliar del Eje Nevovolcánico.

Variables	G. L.	Cuadrados Medios Esperados
ACI	L 8	$\sigma^2e+49.90\sigma^2a+1076.24\sigma^2e$
	A(L)186	$\sigma^2e+49.8\sigma a$
	E 9522	$\sigma^2e$
ACIFAC	L 8	$\sigma^2e+49.90\sigma^2a+1076.24\sigma^2e$
	A(L)186	$\sigma^2e+49.8\sigma^2a$
	E 9522	$\sigma^2e$
LVA	L 8	$\sigma^2e+49.90\sigma^2a+1076.24\sigma^2e$
	A(L)186	$\sigma^2e+49.8\sigma^2a$
	E 9538	$\sigma^2e$
DIA 1	L 8	$\sigma^2e+10.50\sigma^2a+219.37\sigma^2e$
	A(L)186	$\sigma^2e+10.14\sigma^2a$
	E 1786	$\sigma^2e$
DIA 2	L 8	$\sigma^2e+10.50\sigma^2a+219.37\sigma^2e$
	A(L)186	$\sigma^2e+10.14\sigma^2a$
	E 1786	$\sigma^2e$
EST	L 8	$\sigma^2e+10.50\sigma^2a+219.37\sigma^2e$
	A(L)186	$\sigma^2e+10.14\sigma^2a$
	E 1785	$\sigma^2e$
HIC 1	L 8	$\sigma^2e+10.05\sigma^2a+216.54\sigma^2e$
		$\sigma^2e+10.03\sigma^2a$
		$\sigma^2e$
HIC 2	L 8	$\sigma^2e+10.05\sigma^2a+216.54\sigma^2e$
	A(L)186	$\sigma^2e+10.03\sigma^2a$
	E 1761	$\sigma^2e$
HIC 3	L 8	$\sigma^2e+10.05\sigma^2a+216.54\sigma^2e$
	A(L)186	$\sigma^2e+10.03\sigma^2a$
	E 1761	$\sigma^2e$

G. L. = Grados de libertad  
L = Localidad  
A(L) = Arboles en localidades  
E = Error

**Cuadro 3. Cuadrados medios esperados para las variables de los conos del Eje Neovolcánico.**

Variables	G. L.	Cuadrados medios esperados
LCO	L 4	$\sigma^2e+1.6\sigma^2a+7.11\sigma^2e$
	A(L)20	$\sigma^2e+1.4\sigma^2a$
	E 12	$\sigma^2e$
ACO	L 4	$\sigma^2e+1.6\sigma^2a+7.24\sigma^2e$
	A(L)21	$\sigma^2e+1.4\sigma^2a$
	E 12	$\sigma^2e$
LPE	L 4	$\sigma^2e+1.60\sigma^2a+7.24\sigma^2e$
	A(L)21	$\sigma^2e+1.40\sigma^2a$
	E 12	$\sigma^2e$
DIE	L 4	$\sigma^2e+1.6\sigma^2a+7.24\sigma^2e$
	A(L)21	$\sigma^2e+1.40\sigma^2a$
	E 12	$\sigma^2e$
LES	L 4	$\sigma^2e+15.5\sigma^2a+71.7\sigma^2e$
	A(L)21	$\sigma^2e+14.2\sigma^2a$
	E 349	$\sigma^2e$
AES	L 4	$\sigma^2e+15.7\sigma^2a+72.4\sigma^2e$
	A(L)21	$\sigma^2e+14.2\sigma^2a$
	E 349	$\sigma^2e$
LAP	L 4	$\sigma^2e+15.7\sigma^2a+72.4\sigma^2e$
	A(L)21	$\sigma^2e+14.2\sigma^2a$
	E 354	$\sigma^2e$
APO	L 4	$\sigma^2e+15.7\sigma^2a+72.4\sigma^2e$
	A(L)21	$\sigma^2e+14.2\sigma^2a$
	E 354	$\sigma^2e$
ACU	L 4	$\sigma^2e+15.7\sigma^2a+72.4\sigma^2e$
	A(L)21	$\sigma^2e+14.2\sigma^2a$
	E 354	$\sigma^2e$

G. L. = Grados de libertad

L = Localidad

A(L) = Arboles en localidades

E = Error

Cuadro 4. Cuadrados medios esperados para las variables de la morfología foliar del Transecto Altitudinal de Zoquiapan, México.

Variables	G. L.	Cuadrados medios esperados
ACI	L 9	$\sigma^2e+49.9\sigma^2a+749.69\sigma^2e$
	A(L)140	$\sigma^2e+49.9\sigma^2a$
	E 7347	$\sigma^2e$
ACIFAC	L 9	$\sigma^2e+49.9\sigma^2a+749.69\sigma^2e$
	A(L)140	$\sigma^2e+49.9\sigma^2a$
	E 7347	$\sigma^2e$
LVA	L 49.9	$\sigma^2e+49.9\sigma^2a+749.69\sigma^2e$
	A(L)139	$\sigma^2e+49.9\sigma^2a$
	E 1351	$\sigma^2e$
DIA 1	L 9	$\sigma^2e+10.1\sigma^2a+149.9\sigma^2e$
	A(L)139	$\sigma^2e+10.1\sigma^2a$
	E 1351	$\sigma^2e$
DIA 2	L 9	$\sigma^2e+10.1\sigma^2a+149.9\sigma^2e$
	A(L)139	$\sigma^2e+10.1\sigma^2a$
	E 1351	$\sigma^2e$
EST	L 9	$\sigma^2e+10.1\sigma^2a+149.98\sigma^2e$
	A(L)131	$\sigma^2e+10.1\sigma^2a$
	E 1351	$\sigma^2e$
HIC 1	L 9	$\sigma^2e+10.1\sigma^2a+149.9\sigma^2e$
	A(L)139	$\sigma^2e+10.1\sigma^2a$
	E 1351	$\sigma^2e$
HIC 2	L 9	$\sigma^2e+10.1\sigma^2a+149.9\sigma^2e$
	A(L)139	$\sigma^2e+10.1\sigma^2a$
	E 1351	$\sigma^2e$
HIC 3	L 9	$\sigma^2e+10.1\sigma^2a+149.9\sigma^2e$
	A(L)139	$\sigma^2e+10.1\sigma^2a$
	E 1351	$\sigma^2e$

G. L. = Grados de libertad  
L = Localidad  
A(L) = Arboles en localidades  
E = Error

Figura 21 . Componentes de la varianza de cada fuente de variación de 18 características de *Pinus hartwegii* de las localidades del Eje Neovolcánico

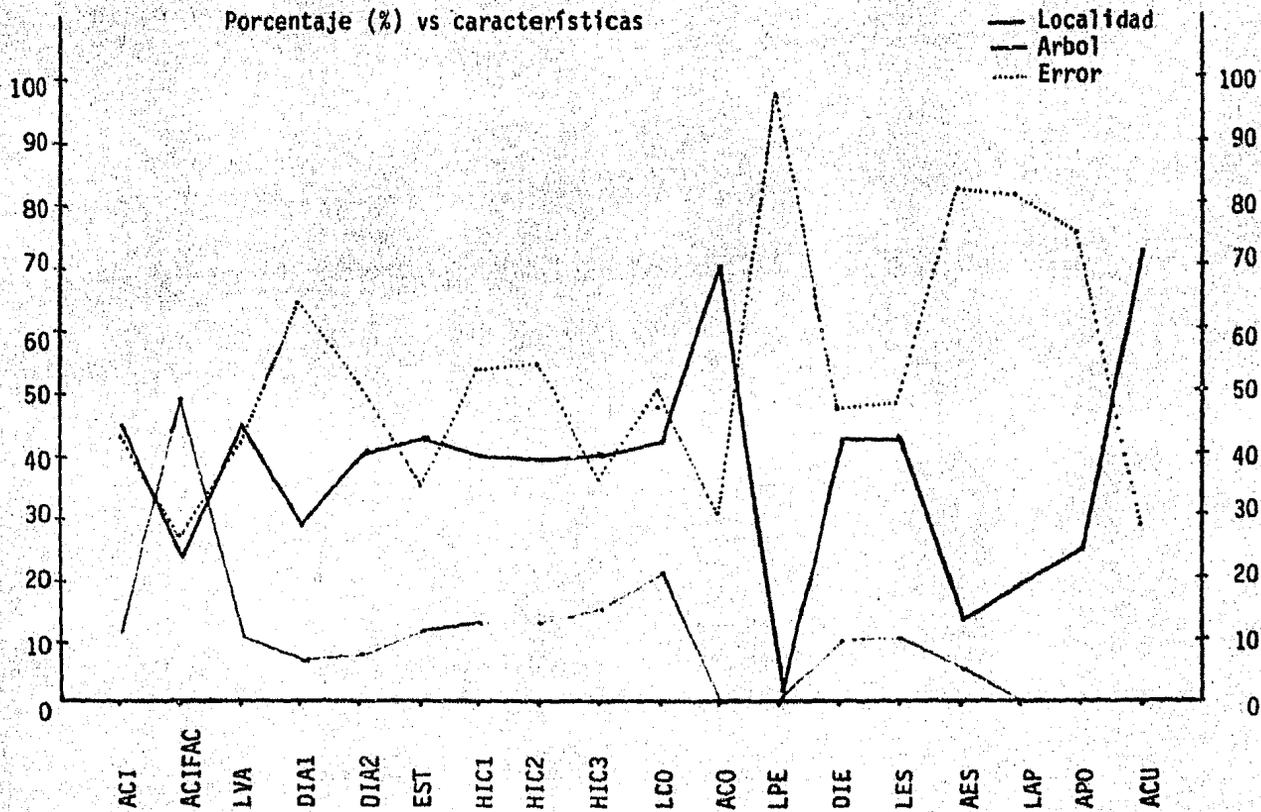
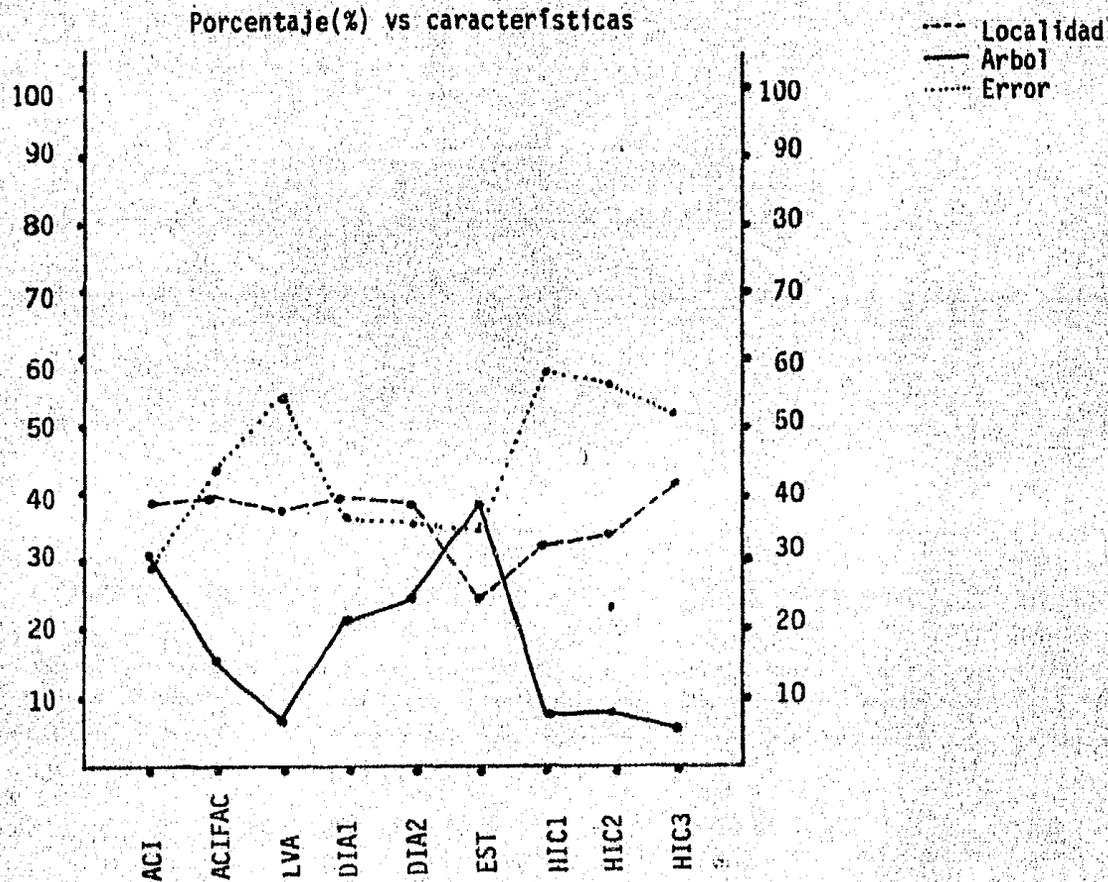


Figura 22. Componentes de la varianza de cada fuente de variación de de 9 características de *Pinus hartwegii*, del transecto altitudinal hecho en Zoquiapan, México



\*\*\*\*\*  
dios en los Cuadros 3 y 4.

Los componentes de la varianza en el estudio del Eje Neovolcánico (Fig. 21), resultaron ser mayores en el Error para 11 variables: denticulaciones en la arista izquierda (64.01%), denticulaciones en la arista derecha (51.82%), hileras de estomas en la cara izquierda (53.33%), hileras de estomas en la cara derecha (53.88%), longitud del cono (49.28%), longitud del pedúnculo (97.44%), diámetro del eje (47.66%), largo de la escama (47.67%), ancho de la escama (82.02%) longitud de la apófisis (81.45%) y ancho de la apófisis (75.20%).

Para árboles en localidades los componentes de varianza fueron mayores en las variables: longitud de la acfcula (44.71%), longitud de la vaina (45.54%), número de estomas contados en 3 mm (42.90%), el número de hileras de estomas en la cara dorsal (39.24%), ancho del cono (69.93%) y alto de la cúspide o grosor de la escama (71.90%).

La única variable que tuvo mayor componente de varianza en localidades fue el número de acfculas por fascículo (48.95%).

El análisis de los componentes de varianza dice que tanta variación existe en tres niveles. La variación a nivel de población correspondió a la fuente de variación denominada localidades. La variación individual se encajó en localidades; y finalmente, la variación que englobó el Error,

\*\*\*\*\*  
es la debida al medioambiente en el que se desarrolla *Pinus hartwegii*,  
y a los errores que se introdujeron al estudio en forma azarosa (mues-  
treo, conservación del material, mediciones, etc.).

Ahora bien, los componentes de varianza que resultaron ser mayo-  
res en las características de acículas, concuerdan con lo que se espera-  
ba, es decir, que el medioambiente junto con otros factores no incluidos  
aquí, influye en esas características, y por esto se presentó dicho resul-  
tado. Lo que sí es discutible es que se encontraron características del  
cono, con altos componentes de varianza en el Error; esto puede deber-  
se al número pequeño de muestras analizadas.

La variación individual o en árboles en localidades mostró que  
existe dicha variación en la longitud de las acículas, longitud de la vai-  
na, el número de estomas contados a lo largo de 3 mm, el número de hi-  
leras de estomas en la cara dorsal, el ancho del cono y el alto de la cús-  
pide o grosor de la escama.

En lo que se refiere al número de acículas por fascículo, quiere  
decir que la variación es mayor entre las localidades (o variación inter-  
poblacional).

Los componentes de la varianza del transecto altitudinal se grafi-  
caron en la Fig. 22. Se observa al igual que en el análisis del Eje, que

\*\*\*\*\*

la variación medioambiental o error fue mayor para 5 caracteres: el número de acículas por fascículo (43.68%), la longitud de la vaina (54.95%), número de hileras en la cara izquierda ó 1 (58.94%), el número de hileras de estomas en la cara derecha ó 2 (57.19%), número de hileras de estomas en la cara dorsal ó 3 (51.67%).

La variación individual ó árboles en localidades con mayores componentes de varianza, resultó mayor en: la longitud de las acículas (39.00%), el número de dientecillos en la arista izquierda ó 1 (40.75%), el número de dientecillos en la arista derecha ó 2 (38.86%).

La variación interpoblacional o en localidades, fue para la longitud de las acículas (39.00%).

Los resultados de la correlación de variables para el Eje Neovolcánico se muestra en el Cuadro 5.

Las variables de las acículas correlacionadas entre sí que resultaron con valores de  $r$  aproximadamente de 0.8 a 1, (correlación directamente proporcional), fueron:

La longitud de la vaina con la longitud de la acícula ( $r_{\alpha 0.01}^* = 0.82$ ); las denticulaciones en ambas aristas de las acículas DIA 1 y DIA 2 ( $r_{\alpha 0.01} = 0.87$ ); las denticulaciones de la arista izquierda con el número

\*  $\alpha$  = probabilidad



\*\*\*\*\*

ro de hileras de estomas en la cara dorsal  $\delta 3$  ( $r_{\alpha} 0.01\% = 0.78$ ); las denticulaciones de la arista derecha  $\delta 2$ , con el número de hileras de estomas en la cara dorsal ( $r_{\alpha} 0.01\% = 0.81$ ); y las hileras de estomas de la cara izquierda  $\delta 1$  y derecha  $\delta 2$  están correlacionadas entre sí ( $r_{\alpha} 0.0001\% = 0.94$ .)

Las correlaciones negativas (inversamente proporcionales) fueron: La longitud de las acículas con el número de estomas contados en 3mm ( $r_{\alpha} 0.01\% = -0.80$ ); el número de acículas por fascículo con el número de hileras de estomas en la cara dorsal ( $r_{\alpha} 0.01\% = -0.79$ ); la longitud de la vaina con el número de estomas contados en 3 mm ( $r_{\alpha} 0.01\% = -0.78$ ).

La única característica de las acículas que se correlaciona positivamente con las del cono fue: ancho del cono con número de acículas por fascículo ( $r_{\alpha} 0.01\% = 0.89$ ).

Las correlaciones inversamente proporcionales para caracteres del cono fueron: diámetro del eje del cono con las denticulaciones en la arista izquierda  $\delta 1$  ( $r_{\alpha} 0.01\% = -0.92\%$ ); la longitud del cono con denticulaciones en la arista derecha  $\delta 2$  ( $r_{\alpha} 0.01\% = -0.98\%$ ); el diámetro del eje del cono con las denticulaciones en la arista derecha  $\delta 2$  ( $r_{\alpha} 0.01\% = -0.87$ ); el ancho de la escama con el número de hileras de estomas en la cara izquierda  $\delta 1$  ( $r_{\alpha} 0.01\% = 0.88$ ).

\*\*\*\*\*

Todas las variables de las escamas se correlacionaron positivamente entre sí, y fueron:

La longitud de la escama con el ancho de la misma ( $r_{\alpha} 0.01\% = 0.92$ ); la longitud de la escama con la longitud de la apófisis ( $r_{\alpha} 0.01\% = 0.98$ ); la longitud de la escama con el ancho de la apófisis ( $r_{\alpha} 0.05\% = 0.90$ ); el ancho de la escama con el ancho de la apófisis ( $r_{\alpha} 0.05\% = 0.90$ ); la longitud de la apófisis con el ancho de la apófisis ( $r_{\alpha} 0.05\% = 0.93$ ); el ancho de la apófisis con el alto de la cúspide ( $r_{\alpha} 0.05\% = 0.90$ ).

Por lo que respecta a la distribución longitudinal o geográfica Este-Oeste, de la especie, se observa que sólo se correlacionó positivamente con el ancho de la apófisis de la escama ( $r_{\alpha} 0.05\% = 0.87$ ).

El análisis de correlación para las características del transecto altitudinal de Zoquapan (Cuadro 6) mostró pocas variables correlacionadas entre sí. Las denticulaciones en las aristas derecha e izquierda se correlacionaron entre sí ( $r_{\alpha} 0.0001\% = 0.99$ ); las denticulaciones de la arista izquierda ó 1, con el número de estomas contados en 3 mm ( $r_{\alpha} 0.0001\% = 0.96$ ); las denticulaciones de la arista derecha ó 2 con el número de estomas contados en 3 mm ( $r_{\alpha} 0.0001\% = 0.96$ ); y el número de hileras de estomas en la cara izquierda ó 1 con el de la cara derecha ó 2 entre sí ( $r_{\alpha} 0.01\% = 0.99$ ).

Cuadro 6 Coeficientes de correlación calculados a partir de las medias de 10 variables de *P. hartwegii* del Transecto Altitudinal de Zoquiapan, México,

VARIABLES	ACU									
ACIFAC	0.65	ACIFAC								
LVA	0.31	0.56	LVA							
DIA1	0.56	0.27	0.25	DIA1						
DIA2	0.59	0.36	0.33	0.99***	DIA2					
EST	0.46	0.23	0.27	0.96***	0.96***	EST				
HIC1	0.52	0.56	0.40	0.69	0.71	0.62	HIC1			
HIC2	0.49	0.52	0.42	0.70	0.72	0.63	0.99**	HIC2		
HIC3	0.06	-0.27	0.02	0.47	0.43	0.42	0.61	0.65	HIC3	
<sup>1</sup> Altura	-0.91***	-0.44	-0.19	-0.66	-0.68	-0.63	-0.47	-0.45	-0.03	

\*\* Correlación significativa al nivel de 0.01% de probabilidad

\*\*\* Correlación significativa al nivel de 0.0001% de probabilidad

<sup>1</sup> La altura sobre el nivel del mar

\*\*\*\*\*

Con respecto a la altura sobre el nivel del mar, este Factor afectó únicamente de manera inversa a longitud de las acículas ( $r_{\alpha} 0,0001\% = -0.91$ ).

En el análisis conglomerado de los dos estudios sólo se procesaron los datos correspondientes a la morfología Foliar ya que no se contaron con conos en todas las localidades y sitios.

El conglomerado del Eje Neovolcánico (Tabla 7, Figura 23) mostró dos agrupaciones bien definidas por las siguientes localidades:

1a. Está formada por La Malinche-Nevado de Toluca-Tlamacas-San Juan Tetla-Ajusco.

2a. Formada por Cofre de Perote-Zoquiapan-Nevado de Colima.

El conglomerado de la 1a. agrupación mostró que es mayor el grado de similitud en La Malinche-Nevado de Toluca y Tlamacas (0.72-0.99 unidades taxonómicas). Se observó en este conglomerado que las poblaciones de San Juan Tetla y El Ajusco forman una raza.

El conglomerado de la 2a. agrupación también presentó variación en sus asociaciones.

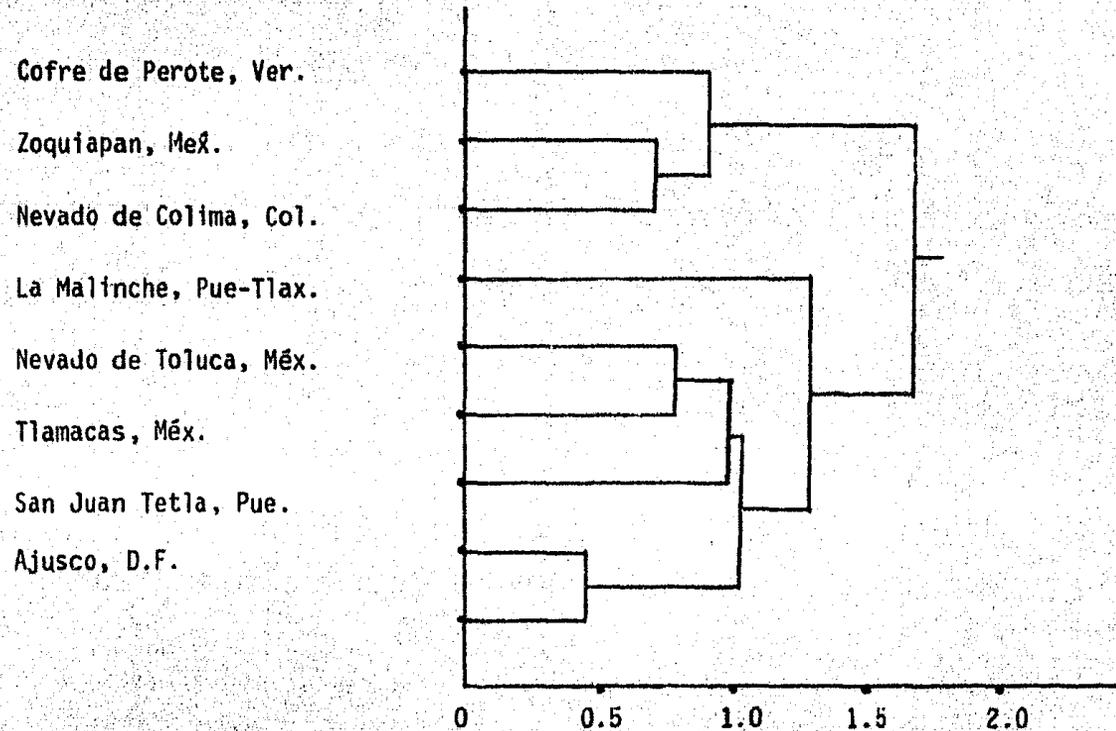
El Pico de Orizaba es una localidad con mayores diferencias, (mayor variación) por lo que se encuentra muy alejada de las demás, lo que

**Tabla 7. Datos del conglomerado del estudio del Eje  
Neovolcánico de**

Distancias promedio taxonómicas	Localidades
0.35	Ajusco - San Juan Tetla
0.72	Nevado de Colima - Zoquiapan
0.81	La Malinche - Nevado de Toluca
0.93	Zoquiapan - Cofre de Perote
0.99	Nevado de Toluca - Tlarnacas
1.04	Tlarnacas - San Juan Tetla
1.32	San Juan Tetla - Pico de Orizaba
1.69	Pico de Orizaba - Cofre de Perote

Figura 23 . Análisis conglomerado (método de los promedios). Eje Neovolcánico.

Unidades taxonómicas (localidades) vs distancias taxonómicas



\*\*\*\*\*

quiere decir que aquí se forma otra raza de *Pinus hartwegii*.

En el transecto altitudinal de Zoquiapan (Tabla 8, Figura 24) se forman 2 agrupaciones también:

1a. agrupación: 3600 - 3700 m

3700 - 3300 m

3400 - 3900 m

3900 - 3300 m

3300 - 3800 m

2a. agrupación: 3100 - 3500 m

3500 - 3200 m

3200 - 3000 m

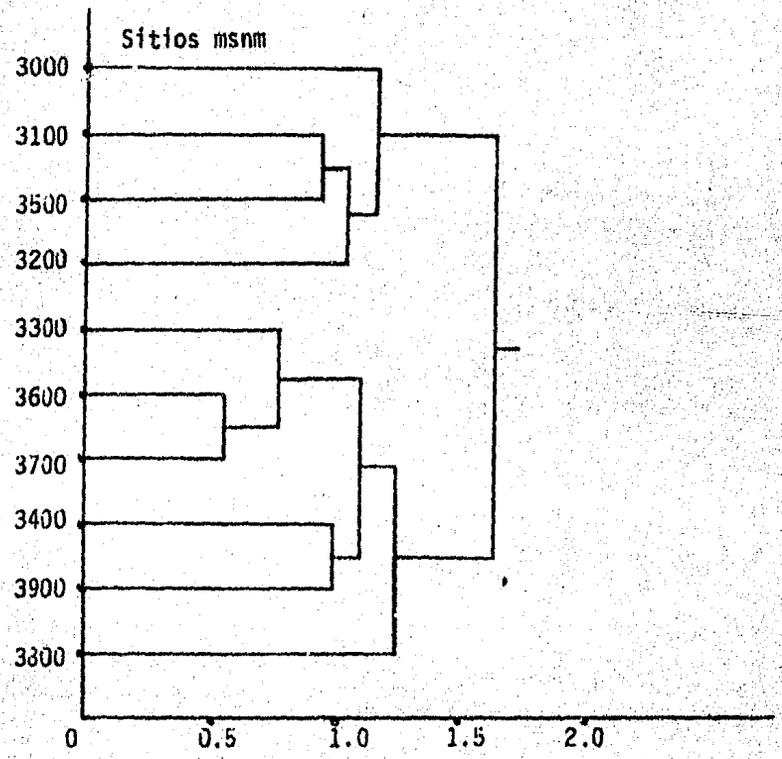
Al final el sitio 3800 m se une con el 3000 m con mayores diferencias taxonómicas.

**Tabla 8. Datos del análisis conglomerado del Transecto  
Altitudinal de Zoquiapan, México de *Pinus  
hartwegii*.**

Distancias Promedio Taxonómicas	Sitios m s n m
0.55	3600 - 3700
0.78	3700 - 3300
0.96	3100 - 3500
1.00	3400 - 3900
1.05	3500 - 3200
1.11	3900 - 3300
1.17	3200 - 3000
1.25	3300 - 3800
1.64	3800 - 3000

Figura 24. Análisis Conglomerado (método de los promedios). Zoquiapan, México.

Unidades taxonómicas (alturas m.s.n.m.) vs distancias taxonómicas



\*\*\*\*\*

## CONCLUSIONES

El patrón de variación encontrado en *Pinus hartwegii*, para las características macroscópicas y de la anatomía de las acículas fue discontinuo, tanto en la distribución geográfica (longitudinal), como en la altitudinal.

Las tablas 3 y 4 contribuyen al conocimiento taxonómico de la especie. De estas tablas se concluye que los resultados promedio de cada carácter difieren poco de los que se encuentran reportados en la literatura.

Little (1962) propone en su clave de identificación que *Pinus hartwegii* tiene hojas erectas, en grupos de 3 a 5, de 7 a 15 cm de largo, con conos de 6 a 12 cm de longitud.

En este estudio se encontró que *P. hartwegii* tiene fascículos formados por grupos de acículas en número de 3 a 5, cuya longitud varía de 5 a 18 cm y como promedio 12.8 cm. La vaina no persistente tiene una longitud de 5 a 38 mm y con promedio de 15 mm. El número de denticulaciones en la arista izquierda y derecha es proporcional en ambas, con un promedio de 11 denticillos también en ambas aristas, con un rango de variación de 3 a 24 dientes. El número de hileras de estomas en la cara izquierda y derecha también es proporcional en ambas caras,

\*\*\*\*\*

con una media de 4 hileras, variando de 1 a 8. Presenta de 2 a 11 canales resiníferos, siendo muy común encontrar 5 ó 6 canales en posición media, rara vez 1 ó 2 en posición interna. El número de células endodérmicas es muy variable pero, es frecuente encontrar de 40 a 43. El número de células esclerenquimatosas que rodean a los canales resiníferos varía de 9 a 10.

La longitud del cono es de 6 a 12 cm con promedio de 8.9 cm; el ancho del mismo es de 3 a 4 cm con media de 3.7 cm; la longitud del pedúnculo que sostiene al cono en la rama es imperceptible a simple vista, por lo que se puede considerar que el cono es sésil, sin embargo, al medirla tuvo un promedio de 3.5 mm y con un rango de variación de 2.8 a 3.8 mm. La longitud de la escama es de 2.5 a 3.5 cm, el ancho de la misma va de 1 a 1.3 cm; el largo y el ancho del cono son directamente proporcionales; el largo de la apófisis como promedio es de 9 mm, el ancho de la misma es también como promedio de 11.9 mm. El grosor de la escama tiene como promedio 3.7 mm.

La variación que se enmarcó como medio-ambiental, pero que también engloba otros factores que no se incluyeron en el estudio, (componentes de la varianza del Error), influyó tanto en las características de las acículas, como en las de los conos.

\*\*\*\*\*

Este resultado se esperaba en las características de las acículas, más no para las de los conos, ya que para Little (1962) los conos están influenciados mínimamente por el medioambiente y son importantes para jerarquizar a los individuos hasta el nivel específico. Si los conos se vieron con mayores componentes de varianza en el Error, pudo deberse a que el tamaño de la muestra no fue el adecuado.

Con respecto a la variación individual (componentes de la varianza de árboles en localidades), en la distribución geográfica (Eje Neovolcánico), las características que se vieron influidas fueron: la longitud de las acículas, longitud de la vaina, el número de estomas contados en 3 mm a lo largo de una hilera central de la cara dorsal, el número de hileras de estomas en la cara dorsal, el ancho del cono y el alto de la cúspide o grosor de la escama. En la distribución altitudinal la variación individual afectó: la longitud de las acículas, el número de denticillos en la arista izquierda y el de la derecha.

La variación interpoblacional (componente de varianza de las localidades del Eje Neovolcánico), se observó en el número de acículas por fascículo; mientras que la variación intrapoblacional (componente de la varianza de las localidades del transecto altitudinal de Zoquiapan) se registró solo en la longitud de las acículas.

\*\*\*\*\*

La distribución geográfica (Eje Neovolcánico) mostró que las características de las acículas se encuentran correlacionadas entre sí con valores de  $r$  de 0.8 y 0.9 y  $\alpha = 0.01\%$ , ya sea de manera directa o inversa.

La longitud de las acículas fue la única característica que tuvo una relación directamente proporcional con el ancho del cono ( $r = 0.89$  y  $\alpha = 0.01\%$ ).

También otras características del cono se correlacionaron con las de las acículas, pero con relaciones inversas, por ejemplo la longitud del cono con las denticulaciones en la arista derecha ( $r = -0.98\%$  y  $\alpha = 0.01\%$ ).

Todas las características de las escamas se correlacionaron entre sí positivamente ( $r = 0.90$  a  $0.98$  y  $\alpha = 0.05$  y  $0.01\%$ ).

En la distribución altitudinal se encontró que las denticulaciones a ambos lados de las aristas son directamente proporcionales ( $r = 0.96$  a  $0.99$  y  $\alpha = 0.0001\%$ ); las denticulaciones en ambas aristas, izquierda y derecha, se correlacionaron también positivamente con el número de estomas contados en 3 mm a lo largo de una hilera central de la cara dorsal ( $r = 0.96$  y  $\alpha = 0.0001\%$ ); las caras derecha e izquierda tienen el mismo número de hileras de estomas, ya que la correlación resultó

\*\*\*\*\*  
también positiva ( $r = 0.99$  y  $\alpha = 0.01\%$ ).

La altura sobre el nivel del mar afectó a la longitud de las acfculas de manera inversa ( $r = -0.91$  y  $\alpha = 0.0001\%$ ), es decir en las partes más bajas las acfculas son más largas, mientras se vaya ascendiendo las acfculas tienen longitudes más cortas.

Finalmente, se comprobó que *Pinus hartwegii* es una especie formada por poblaciones o razas geográficas y altitudinales, en cuanto a la morfología foliar. Otros estudios de variación de esta especie, en los que se analicen muestras adecuadas de acfculas, conos y semillas, en toda el área de distribución geográfica, tomando en cuenta los márgenes de distribución de la especie, junto con ensayos de procedencias, ensayos de progenie, indicarán si *P.hartwegii* es una especie formada por ecotipos.

\*\*\*\*\*

## RECOMENDACIONES

Los tamaños de muestra que se pueden utilizar para estudios futuros de variación morfológica de *Pinus hartwegii* se calculan con la Fórmula:

$$n = \frac{t^2 s^2}{E^2}$$

donde n = tamaño de la muestra

s<sup>2</sup> = varianza de la característica

E<sup>2</sup> = Error

t<sup>2</sup> = la distribución de Student con n-1 grados de libertad

Los tamaños de muestra que se pueden usar en los análisis estadísticos, para un nivel de confianza del 95% son:

Característica	Tamaño de la muestra
longitud de las acículas . . . . .	34 acículas por árbol
acículas por fascículo . . . . .	3 acículas por árbol
longitud de la vaina . . . . .	147 acículas por árbol
denticulaciones en aristas izquierda y derecha . . . . .	26 acículas por árbol
número de estomas contados en 3 mm en la cara dorsal . . . . .	32 acículas por árbol
hileras de estomas en la cara izquierda y derecha . . . . .	4 acículas por árbol

\*\*\*\*\*

Característica	Tamaño de la muestra
hileras de estomas en la cara dorsal. . . .	15 acfculas por árbol
canales resiníferos . . . . .	645 acfculas por árbol
longitud del cono . . . . .	64 conos por árbol
ancho del cono . . . . .	64 conos por árbol
longitud del pedúnculo . . . . .	242 conos por árbol
diámetro del eje . . . . .	451 conos por árbol
longitud de la escama . . . . .	136 escamas por cono
ancho de la escama . . . . .	73 escamas por cono
longitud de la apófisis . . . . .	24 escamas por cono
ancho de la apófisis . . . . .	236 escamas por cono
grosor de la escama o alto cúspide . . . .	5 escamas por cono

Como se pudo constatar en los análisis estadísticos existió gran variación en el Error de los componentes de la varianza. Sería recomendable usar un diseño estadístico en el que se incluyeran otras fuentes de variación, en las que se manejara por ejemplo: deterioro ecológico, ya que en las zonas donde se colectaron las muestras, había huellas de incendio, y aunque se muestrearon árboles de apariencia sana, existe la posibilidad de que los árboles aparentemente sanos sufrieran

\*\*\*\*\*

daños que se reflejan en este estudio en dicha fuente de variación; otra fuente de variación que podría incluirse sería el manejo y conservación del material, dentro del laboratorio.

En cuanto al manejo del material en el laboratorio, es importante mencionar que para evitar la formación de hongos en las acúsculas deben guardarse en bolsas de plástico en congelación, para excluir el uso de fungicidas.

\*\*\*\*\*

### LITERATURA CONSULTADA

1. BARRET, W.H.G. 1972. Variación en Caracteres Morfológicos en Poblaciones Naturales de *P. patula* Schl. et Cham. en México. IDIA Suplemento Forestal. INTA No. 7. Argentina 9-35 p.
2. BERMEJO, B.V. y F.V., PATINO. 1980. Variación Morfológica en Características de Hojas y Conos de *Pinus pseudostrobus* var. oaxacana Mtz. en Poblaciones naturales de los Altos Chiapas. Bol. Téc. Inst. Nal. Invest. For. No. 74. México 47 p.
3. CALLAHAM, R.Z. 1964. Investigación de Procedencias; Estudio de la Diversidad Genética Asociada a la Geografía. UNASYLVA. Vol. 18 Nos. 73 y 74. FAO. Roma.
4. CABALLERO, D.M. 1967. Estudio comparativo de *Pinus rudis* End. y *P. hartwegii* Lindl. Tesis E.N.A. Chapingo, Méx. 139 p.
5. COCHRAN, W.G. y G.M., COX, 1965. Diseños Experimentales. Ed. Trillas. Méx. 113-114 y 646-649 p.
6. CRONQUIST, A. 1969. On the Relationship between Taxonomy and Evolution. Taxon. 18: 177-187 p.
7. DAUBENMIRE, R.F. 1979. Ecología Vegetal. Ed. Limusa Méx. 425-447 p.
8. DEBAZAC, E.F. 1964. Note on the behavior in France of some Mexican Pines. Rev. For. Franc. France. 16(12): 929-935 p.
9. DOBZHANSKY T. 1970. Genética del Proceso Evolutivo. Ed. Extemporáneos Méx. 118-120 p.
10. EGUILUZ P., T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos del género *Pinus* en México. Tesis Profesional U.A.CH., México.
11. EGUILUZ P., T. 1982. Clima y distribución del género *Pinus* en México. Ciencia Forestal. Méx. 38(7):38-45 p.
12. EGUILUZ P., T. 1982. Natural variation and taxonomy of *Pinus tecunumanii* from Guatemala. Ph. D. Thesis. NCSU. Forestry. Raleigh N.C. U.S.A. 74 p.
13. ELDREDGE, N. y J. CRACRAFT. 1980. Phylogenetic Patterns and the Evolutionary Process. Method and Theory in Comparative Biology. Columbia University Press. N.Y. U.S.A. 349 p.
14. FOWLER, D.P. y C. HEIMBURGER. 1969. Geographic variation in eastern white pine, 7 years results in Ontario. Silvae Genetica 18(4): 97-144 p.

\*\*\*\*\*

15. FOWLER, D.P. y T.W., DWIGHT. 1964. Provenances differences of white Pine. *Canad. J. Bot.* 42(6) 669-675 p.
16. FRANKEL, O.H. y E. BENNETT. 1970. Genetic Resources in Plants. Their Exploration and Conservation. International Biological Programme. Bell and Bain. LTD, Glasow. Great Britain. 1-45 p.
17. FREESE, F. 1967. Elementary Statistical Methods for Foresters. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Bol. 232. 104 p.
18. GENYS, J.B. 1968. Geographic variation in eastern white Pine. Two year results of testing range-wide collection in Maryland. *Silvae Genetica* 17: 1-12 p.
19. HERNANDEZ, H.M. 1967. Hibridación natural de 3 especies del género *Pinus*. Tesis. UNAM.
20. HUDSON, R.H. 1960. The anatomy of the genus *Pinus* in relation to its classification. *Jour of the Inst. of Wood Sc. London, G.B.* 1(6):26-46 p.
21. INIF/FAO, 1967. Seminario y viaje de estudios de coníferas latinoamericanas. Pub. Esp. No. 1. Méx.
22. JOHNSON, S.C. 1967. Hierarchical Clustering Schemes. *Psychometrika* 32(3):241-254 p.
23. JONES, S.B. y A.E., LUCHSINGER. 1979. *Plant Systematics*. Mc Graw Hill. N.Y. U.S.A. 112-137 p.
24. KANG, K.W. 1966. Relationships between Loblolly and Pond Pine in North Carolina. Ph. D. Thesis. N.C.S.U. Forestry. Raleigh N.C. U.S.A. 5-12 p.
25. KRUCKEBERGER, A.R. 1969. The implications of Ecology for Plant Systematics. *Taxon* 18:92-120 p.
26. LANGLET, O. 1959. A cline or not a cline - a question of Scots Pines. *Silvae Genetica* 8:13-22 p.
27. \_\_\_\_\_ 1971. Two hundred years' genealogy. *Taxon* 20: 653-721 p.
28. LAWRENCE, G.H. 1956. *An Introduction to Plant Taxonomy*. Mac Millan Co. N.Y. U.S.A. 98-102 p.
29. LITTLE, E.L. Jr. 1962. Key to Mexican Species of Pines. *Caribbean Forester* 23(2): 10 p.

\*\*\*\*\*

30. LITTLE, E.L. Jr. 1967. Variación y evolución en los pinos mexicanos. En Seminario y viaje de estudios de coníferas latinoamericanas. INIF/FAO. Pub. Esp. No. 1, Méx.
31. LOOCK, E.E.M. 1950. The Pines of Mexico and Brithis Honduras. Dept. Agr. and For. Bull. 26. South Africa. 244 p.
32. MARTINEZ, M. 1948. Los Pinos Mexicanos. Ed. Botas. Méx. 132-140 p.
33. MAYR, E. 1963. Animal Species and Evolution, Belknap, Cambridge.
34. METTLER, L.E. y T.G., GREG. 1969. Population Genetics and Evolution. Prentice Hall. Inc. N.J. U.S.A. 6-59 p.
35. MIROV, N.T. 1967. The Genus *Pinus*. Ronald Press Co. N.Y. U.S.A. 321-348 p.
36. MONTGOMERY, D. 1976. Design and Analysis of Experiments. John Wiley and Sons. N.Y. U.S.A. 266-281 p.
37. PARKER, R.E. 1976. Estadística para Biólogos. Ed. Omega. Barcelona, España. 76-98 p.
38. ROBERT, M.F. 1979. Ensayo sobre la Evolución de los Bosques de Coníferas de la Sierra Madre Occidental. Ciencia Forestal Méx. 4(21):3-16 p.
39. SHAW, R.G. 1909. The Pines of México. Arnold Arboretum. No. 1. Boston U.S.A.
40. SIMPSON, G.G. 1951. The Species concept. Evolution 5:285-298 p.
41. SIMPSON, G.G. 1955. The Major Features of Evolution. Columbia University Press. N.Y. U.S.A. 58-80 p.
42. SNEDECOR, G.W. 1959. Statistical Methods Applied to Experiments in Agriculture and Biology. The Iowa State College Press. Iowa, U.S.A. 291-328 p.
43. SPURR, S.H. y B.V., BARNES. Ecología Forestal. Ed. A.G.T. Méx. 11-46 p.
44. SQUILLACE, A.E. 1966. Geographic variation in Slash pine. Forest Science Monograph. No. 10 56 p.
45. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. 1979;1982. SAS User's Guide. SAS Institute Raleigh, N.C. U.S.A. 157-436 p.
46. STANDLEY, P.C. 1920. Trees and shrubs of Mexico. U.S.Natl. Herbarium.

\*\*\*\*\*

47. STEBBINS, G.L. 1950. Variation and Evolution in Plants. Columbia University Press. N.Y. U.S.A. 2-152 p.
48. STYLES, B.T. y C.E.; HUGHES. 1983. Studies of variation in Central American Pines III. Notes on the taxonomy and nomenclature of the pines and related gymnosperms in Honduras and adjacent Latin American Republics. Dep. of Forestry, Comm. For. Inst. 18 p.
49. TROEGER, R. 1960. Kiefernprovenienzversuche. I. Teil. Der grosse Kiefernprovenienzversuch im sudwurttem bersichen Forstbezirk Schusseind. AFJZ. 131(3-4):146-151 p.
50. WAGNER, W.H. Jr. 1970. Biosystematics and evolutionary noise. Taxon 19 (2):146-151 p.
51. WELLS, O.O. 1964. Geographic variation in Ponderosa Pine. II Correlations between Progeny performance and characteristics of the native habitat. Silvae Genetica 13(14):89-103 p.
52. WOOD, P. J. 1972. Sampling systems to assess variability in the needles of twelve Mexican Pines. New Phytologist. 71(5): 925-936 p.
53. WRIGHT, J.; S.S., PAULEY; R.B., POLK; J.J. JOKELA y R.A., READ. 1966. Performance of Scotch Pine varieties in the North Central Region. Silvae Genetica 15:101-110 p.
54. \_\_\_\_\_ y H.I., BALDWIN. 1957. The 1938 International Union Scotch Pine provenance test in New Hampshire. Silvae Genetica 6:2-14 p.
55. WRIGHT, J. y W.I., BULL. 1963. Geographic variation in Scotch Pine. Silvae Genetica 12: 1-25 p.
56. \_\_\_\_\_, L.F., WILSON y W. RANDALL. 1967. Differences among Scotch Pine varieties in succptibility to European Pine Sawfly. For. Sci. 13: 175-181 p.