

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS**



MAESTRIA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ARIDAS

**ESTUDIO DE VARIACION MORFOLOGICA DE *Pinus attenuata*
Lemmon y *Pinus muricata* D. Don PARA SU CONSERVACION
EN BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.**

**TESIS QUE PRESENTA:
Silvia Guadalupe Monroy García**

**Como requisito final para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS**

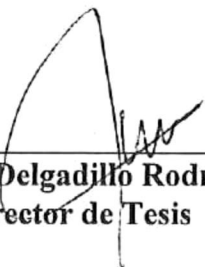
ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

SEPTIEMBRE DEL 2000

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
MAESTRIA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ARIDAS
FACULTAD DE CIENCIAS

ESTUDIO DE VARIACION MORFOLOGICA DE *Pinus attenuata*
Lemmon y *Pinus muricata* D. Don PARA SU CONSERVACION
EN BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.


APROBADA POR:



Dr. José Delgadillo Rodríguez
Director de Tesis



M. en C. Jorge Alberto Pérez de la Rosa
Co-director de Tesis



M. en C. Jorge Isaac Sepúlveda Betancourt
Sinodal

*No tomes todo de la tierra, no acabes con lo mejor de ella,
délale algo de tu corazón.*

Plinio el viejo, 23-79 D.C.

DEDICATORIA

A mi Madre, Padre (+)

y hermanos,

por su siempre apoyo y cariño.

A mis hijos,

*esos seres mágicos y maravillosos que habitan en mi corazón,
Andrea, Estefania y Saúl,
por su eterno amor, que ha sido la luz en los tiempos de adversidad.*

A mi compañero,

Miguel Castellón por enfrentar juntos los desafíos de la vida.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Delgadillo Rodríguez, y al M. C. Jorge Pérez De La Rosa directores de este trabajo por haber compartido conmigo sus conocimientos, e invaluable experiencia, por sus acertados comentarios y críticas para la realización del mismo, pero sobre todo por permitirme conocer parte de su mundo siempre de lucha y de superación, definitivamente gracias.

Al M. C. Jorge Sepúlveda Betancourt, por su amable disponibilidad, interés y valiosas observaciones y aportaciones para este trabajo muchísimas gracias.

A la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California, por las facilidades brindadas en el uso de sus instalaciones.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo brindado a través de la Beca-Tesis (No. de Registro 68437 ORDEN 5466) gracias a la cuál pude realizar mis estudios de posgrado.

A Miguel Castellón por su gran apoyo durante la colecta y por compartir las caminatas durante las salidas de campo.

Al biól. Héctor López por apoyarme como guía en una de las salidas de campo.

Al Dr. Faustino Camarena por las asesorías brindadas, a la biól. Alma Rosa Murillo por auxiliarme en la elaboración de los dibujos, así como al Dr. Carlos Ochoa por su siempre disponibilidad y amistad.

A mis compañeros de generación María Jesús, Eva, Alejandro y Reynaldo, en especial a Miguel Angel y a su esposa Angélica por su amistad y hospitalidad brindada durante mis estancias en Guadalajara; así como a mis compañeros de Maestría, Mary, Martha y Enrique, por su ayuda y amistad.

A mis compañeros del Colegio de Bachilleres de Baja California en especial a la médico Emma Nieto, M.C. Héctor Delgado, Químico Juan M. Rocha, Ing. Juan Robles, y Lic. Javier Yescas por su interés y apoyo.

A todos mis maestros y a todas aquellas personas que de alguna u otra forma estuvieron dispuestos a ayudarme, mil gracias.

RESUMEN

Poblaciones de *Pinus attenuata* y *Pinus muricata*, fueron evaluadas en su hábitat natural de México, empleando caracteres morfológicos y anatómicos, con el propósito de fundamentar su conservación y manejo, para lo cual se colectaron en total 77 especímenes determinándose 21 caracteres (variables) en tres localidades. Se aplicaron tres métodos de análisis multivariado: a) Análisis de Cluster, el cual formó 3 grupos geográficos bien definidos, uno de *P. attenuata* (Sierra de Ulloa) y dos de *P. muricata* (Ejido Erendira y San Vicente); b) Análisis de Componentes Principales, que mostró que los tres primeros componentes acumulan el 51.648% de la variación total, siendo las seis variables (las dos primeras de cada componente) más significativas para separar poblaciones: longitud del cono, longitud de la escama, longitud del pedúnculo, ancho del pedúnculo, ancho del catáfilo y largo del catáfilo, donde las variables seleccionadas están relacionadas con estructuras morfológicamente evolutivas, y b) Análisis Discriminante con Stepwise, el cual seleccionó 8 de las 21 variables: número de acículas por fascículo, longitud de la escama, diámetro del cono cerrado, número de dientes marginales en 5 mm, cantidad de brácteas basales del estróbilo masculino, longitud de la acícula, ancho del estróbilo masculino y ancho de la apófisis. Por lo que, se concluye que las variables más significativas para separar especies son el número de acículas por fascículo y las dimensiones del cono.

Dada la variabilidad morfológica encontrada en las poblaciones de *Pinus attenuata* y *P. muricata*, y siendo la estructura genética de la población un conocimiento básico para implementar un programa de mejoramiento genético forestal a largo plazo, se espera que los resultados obtenidos en este trabajo ayuden a la conservación de estas poblaciones únicas y relícticas en México, y Baja California.

ABSTRACT

Pinus attenuata and *Pinus muricata* populations, they were evaluated in their natural habitat of Mexico, employing morphologic and anatomical characters, for it which were collected in total 77 specimens being determined 21 characters (variable), in three localities. They were applied three multivariate analysis methods: a) Cluster Analysis, the which formed 3 clean-looking geographical groups, one of *P. attenuata* (Sierra de Ulloa) and two of *P. muricata* (Ejido Erendira and San Vicente); b) Principal Components Analysis, that showed that the first three components accumulate 51.648% of the total variation, being the variable six (the first two of each component) more significative to separate populations: length of the cone, length of the scale, length of the peduncle, broad of the peduncle, broad and long of the cataphylls, where the variables selected are related to structures morphological evolutionary, and c) Discriminate Analysis with Stepwise, the one which selected 8 of 21 variable: number of leaves for fascicle, length of the scale, diameter of the closed cone, number of marginal teeth in 5 mm, quantity of basal bractlets of the masculine cone, length of the leaves, broad of the masculine cone and broad of the apophysis. Therefore it is concluded that the most significative variables to separate kinds are the number of leaves for fascicle and the dimensions of the cone. The morphological variability found in the populations of *Pinus attenuata* and *P. muricata*, and being the genetic structure of the population, gives a basic knowledge to implement a program of forest genetic improvement in the long run. It is hoped that the results obtained in this work help the conservation of these unique and relicts populations in Mexico and Baja California.

INDICE

INTRODUCCION	1
I.- ANTECEDENTES	4
1.1. Origen y evolución del género <i>Pinus</i>	4
1.2. Clasificación de los pinos de cono duro (serótinios)	5
1.3. Distribución de <i>Pinus muricata</i> y <i>P. attenuata</i>	6
1.4. Aspectos ecológicos	7
1.5. Usos	8
1.6. Algunos trabajos previos sobre el tema	8
1.7. La estadística en la determinación de la variación morfológica	10
II.- OBJETIVO GENERAL	12
Objetivos particulares	12
III.- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	13
a) Localización y fisiografía	13
b) Geología	13
c) Suelos	15
d) Hidrología	15
e) Clima	15
f) Vegetación	19
IV.- MATERIAL Y METODOS	20
4.1. Colecta de especímenes	20
4.2. Datos de campo	21
4.3. Selección de características	21
4.4. Datos morfológicos	21
4.5. Datos anatómicos	24
4.6. Estadística	28
4.6.1. Análisis de Conglomerados o Cluster	28
4.6.2. Análisis por Componentes Principales	29
4.6.3. Análisis Discriminante	29

V.- RESULTADOS Y DISCUSION	31
5.1. Características de las variables	31
5.2. Análisis Estadístico	31
5.2.1. Análisis de Cluster	31
5.2.2. Análisis de Componentes Principales	34
5.2.3. Análisis Discriminante	36
5.3. Aspectos Ecológicos	42
a) Tipos de alteración (sanidad)	42
b) Altura del árbol	44
c) Composición florística	44
5.4. Descripción de las especies	50
1) <i>Pinus muricata</i>	50
2) <i>Pinus attenuata</i>	54
VI.- CONSERVACION	57
VII.- CONCLUSIONES	62
VIII.- LITERATURA CITADA	65
APENDICE	74
Apéndice 1. Matriz de Datos	75

INDICE DE FIGURAS, CUADROS Y TABLAS

FIGURAS

Figura 1.- Localización de las áreas de estudio.	14
Figura 2.- Diagrama climático de la localidad de Ensenada, Baja California.	16
Figura 3.- Diagrama climático de la localidad de Ejido Eréndira, Baja California.	17
Figura 4.- Diagrama climático de la localidad de San Vicente, Baja California.	18
Figura 5.- Morfometría de las acículas, catáfilo y canales resiníferos	26
Figura 6.- Detalle del cono, escama, semilla y estróbilo masculino	27
Figura 7.- Diagrama de cluster	33
Figura 8.- Gráfica de Componentes Principales	37
Figura 9.- Gráfica de ubicación de tres grupos por Análisis Discriminante	40

CUADROS

Cuadro 1.- Clasificación de <i>Pinus attenuata</i> y <i>Pinus muricata</i>	6
Cuadro 2.- Relación Florística de las localidades muestreadas	48

TABLAS

Tabla 1.- Datos generales de las 21 variables utilizadas en el análisis de cluster	32
Tabla 2.- Valores propios de las 21 variables en Componentes Principales	35
Tabla 3.- Valores de los 6 componentes principales	35
Tabla 4.- Variables seleccionadas por Stepwise	38
Tabla 5.- Clasificación de tres grupos por Análisis Discriminante	40
Tabla 6.- Datos obtenidos de la función discriminante	41

FOTOS

Foto 1.- Abultamientos globulares por la "roya" en <i>P. attenuata</i>	43
--	----

Foto 2.- Abultamientos globulares por la “roya” en <i>P. muricata</i>	43
Foto 3.- Vegetación asociada a <i>P. attenuata</i> en Sierra de Ulloa	45
Foto 4.- Vegetación asociada a <i>P. muricata</i> en Ejido Eréndira	45
Foto 5.- Vegetación asociada a <i>P. muricata</i> en San Vicente	46
Foto 6.- Conos con semillas de <i>P. muricata</i> , Ejido Eréndira, B. C.	52
Foto 7.- Conos con semillas de <i>P. muricata</i> , Ejido Eréndira, B. C.	52
Foto 8.- Distribución abierta de <i>P. muricata</i> , Ejido Eréndira, B. C.	53
Foto 9.- Detalle de conos con semilla de <i>P. attenuata</i> .	56
Foto 10.- Carretera a Ejido Eréndira que “corta” una población de <i>P. muricata</i> .	61
Foto 11.- Area quemada y talada de <i>Pinus muricata</i> , Ejido Eréndira, B. C.	61

INTRODUCCION

El noroeste de la Península de Baja California se encuentra situada en su mayor parte dentro de la provincia Martirensis (Peinado *et al.*, 1994), caracterizada por una topografía accidentada, un clima mediterráneo y vegetación de tipo matorral costero, chaparral y bosques de coníferas (Delgadillo, 1988).

El bosque de coníferas en Baja California está conformado por las Pináceas, siendo el género *Pinus* el más importante por su abundancia y valor económico (Martínez, 1948). Es importante señalar la presencia de pequeños bosques formados por Cupresáceas en la zona costera, media montaña e isla Guadalupe, representada ésta familia con los géneros *Cupressus* y *Juniperus* (Delgadillo, 1998).

Los pinos han sido sujeto a muchas investigaciones ecológicas y taxonómicas en los últimos años (Styles, 1993), encontrándose gran variabilidad en muchos taxa y grupos de especies dentro del género (Favela, 1988), reflejando la enorme complejidad taxonómica existente. Sin embargo, aún existe un gran desacuerdo entre diferentes autores respecto al número exacto de taxa de *Pinus* en México.

El país cuenta con la mayor riqueza y diversidad de pinos que cualquier otro país del mundo, con aproximadamente 45.5% del total de las especies conocidas (Styles, 1993). México y Centroamérica representan un centro importante de abundancia del género, por lo que se les ha considerado como centros secundarios de especiación y dispersión de los pinos (Eguiluz, 1985a; Pérez de la Rosa, 1993). La gran variabilidad del género y su amplia distribución geográfica en nuestro país les ha permitido ocupar una gran diversidad de nichos ecológicos (Eguiluz, 1985b).

Los pinos de México representan una gran riqueza forestal, ya que constituyen un recurso de gran importancia industrial y comercial en la economía del país por la demanda de su madera, la facilidad de su explotación, la extracción de sustancias químicas (resinas, aceites esenciales) y uso ornamental (Rzedowski, 1981; Niembro, 1986; Jones, 1988); así mismo, sus recursos genéticos son la base de la silvicultura en plantaciones en la mayor parte del mundo (Ledig, 1997). Sin embargo, la pérdida de los recursos genéticos forestales es impactante (provocados, entre otras causas, por la expansión de las áreas urbanas, corta para leña, tala, desmontes para la agricultura y ganadería, incendios, enfermedades y plagas), originando degradación del suelo, erosión genética, desertificación y pérdida de diversidad biológica (Aguirre y Johnson, 1981; Rzedowski, 1981; Beltrán, 1982; Marín *et al.*, 1985; Zobel y Talbert, 1988; Toledo, *et al.*, 1989). La situación más comprometedora ocurre en las poblaciones de árboles forestales con áreas de distribución restringidos o donde existen poblaciones dispersas, poniendo en peligro no sólo los genes o complejos génicos, sino que también podrían desaparecer totalmente especies y poblaciones enteras únicas (Zobel y Talbert, 1988). Las poblaciones de pinos costeros de *Pinus attenuata* y *Pinus muricata* en México son un ejemplo de ello, ya que su distribución está restringida a sitios favorables cercanos a las costas (cañones y laderas), en donde las temperaturas de verano e invierno son moderadas, y en altitudes no mayores a los 500 m. Estas comunidades son consideradas relictos biogeográficos (Delgadillo, 1998), y se presentan en mosaicos pequeños y muy dispersos en la vegetación de tipo chaparral, y constituyen el límite sureño de su distribución.

Por otra parte, la conservación del “pool” genético es de gran importancia ya que representa una fuente en la selección de características para el mejoramiento genético forestal,

para su utilización en las necesidades futuras, por lo que merecen estas especies consideraciones especiales para su protección en México (Zobel y Talbert, 1988).

Pinus attenuata y *P. muricata* se encuentran dentro de la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-1994) en la categoría de sujetas a protección especial y en peligro de extinción, respectivamente (Diario Oficial, 1994), por lo que es necesario la adopción de estrategias y programas para la conservación de éstas especies mediante el análisis de los factores que inciden en ésta problemática.

El presente trabajo tiene el objetivo de diagnosticar las condiciones morfológicas y ecológicas que guardan estos pinos serótinos en México, con el propósito de elaborar propuestas de conservación *in situ* y *ex situ*, y establecer las bases para el manejo adecuado de este recurso.

Se aplicaron tres métodos de análisis multivariado como herramientas para separar los dos taxa y encontrar la variación inter e intra poblacional de las especies, los cuales fueron: a) Análisis de Conglomerados o Cluster, el cuál mostró la forma de agregación en que se aglutinan las muestras sometidas al análisis. b) Análisis de Componentes Principales, este procedimiento aunque también hace agrupaciones, debido a restricciones de software, las gráficas son poco definidas y únicamente se empleó para encontrar cuáles son las variables que mejor definen las agrupaciones, y c) Análisis Discriminante, utilizado para corroborar la clasificación realizada en el análisis de Cluster.

I. ANTECEDENTES

El género *Pinus* es el más numeroso y más antiguo de la familia Pinaceae con aproximadamente 100 taxa, con excepción de *Pinus merkusii* que cruza el Ecuador a los 2° al sur, en Sumatra (Thieret, 1993; Pérez de la Rosa, 1993; Styles, 1993), el resto están confinados en el hemisferio norte; casi la mitad de éste número se encuentra en los bosques de México y Centroamérica (Mirov, 1967). Todos los pinos son leñosos de hasta 70 m. de alto (Styles, 1993), y árboles siempre verdes, resinosos y aromáticos que se caracterizan por las hojas aciculares que nacen en fascículos de una a ocho sobre los braquiblastos, protegidos en la base por una vaina caediza o persistente y con los frutos en forma de cono leñoso, formado por escamas que abrigan las semillas, generalmente 2 abajo de cada escama, con o sin alas (Vidakovic, 1991; Martínez, 1948). En el cono las semillas se encuentran expuestas o desnudas en las brácteas densamente hacinadas (Went, 1980), y varían en longitud de 2 a 3 centímetros hasta más de 45 centímetros (Jones, 1988).

1.1. Origen y evolución del género *Pinus*

Las Pináceas y el género *Pinus* se originaron en el hemisferio norte durante el Jurásico de la era Mesozoica hace unos ciento cincuenta millones de años, su origen fue probablemente en Laurasia (Styles, 1993).

Los pinos mexicanos entraron por la Sierra Madre Occidental, desde E.U.A. durante el Cretácico tardío o a inicios del Terciario (Eguiluz, 1985a); posteriormente, a mediados del Terciario, ocurrió una segunda migración a México por el este de E.U.A., a través de la Sierra Madre Oriental (Martín y Harrel, 1957). Estas dos rutas se continuaron hacia el Istmo de

Tehuantepec, dónde fueron cortadas por el Eje Neovolcánico, el cuál sirvió como punto de contacto entre las especies y posteriormente como centro de diversificación del género, formándose nuevos centros secundarios de especiación, donde el complejo *Oocarpa* tomó la ruta al norte, dando origen a los pinos seróticos insulares, así como a los costeros de Baja California, México y California, E.U.A. (Axelrod, 1980).

Los pinos de cono cerrado (*P. radiata*, *P. muricata*, *P. attenuata*) proceden del *P. masonii*, del que sólo se conocen fósiles del final del terciario, alcanzando su distribución más extensa en el Pleistoceno (Gandullo *et al.*, 1974 en Arteaga, 1988).

La especiación de los pinos ha sido favorecida por factores genéticos, fisiográficos, ecológicos, evolutivos y climáticos, los cuales actúan en los segregantes para ser aislados formando ecotipos y más tarde emerger como un nuevo taxón (Eguiluz, 1985a).

1.2. Clasificación de los pinos de cono duro (seróticos)

Las primeras especies de pinos mexicanos han sido clasificadas y descritas desde hace más de ciento cincuenta años, (Shaw, 1914; Martínez 1948; Little y Critchfield, 1969) Cuadro 1. Martínez (1948), describió una gran cantidad de taxa en un marco restringido a los pinos mexicanos, ubicando a *Pinus attenuata* y *P. muricata* dentro del grupo de cono duro o seróticos.

Millar (1986), al realizar una revisión taxonómica de los pinos de cono cerrado (subsección *Oocarpae* Little y Critchfield, 1969) menciona que, de las siete especies, sólo los tres continentales de California forman grupos coherentes (*P. radiata*, *P. attenuata*, y *P. muricata*); las cuatro restantes difieren de ellas debido a que presentan patrones complejos de variación.

Cuadro 1.- Clasificación de *Pinus attenuata* y *Pinus muricata*, en secciones y subsecciones por varios autores.

Taxa	Shaw, 1914	Pilger, 1926	Martínez, 1948	Little & Critchfield, 1969	Van der Burgh, 1984	Farjon & Styles, 1997	Price, Liston & Strauss, 1998
<i>P. attenuata</i>	Subsección <i>Pinaster</i> Grupo <i>Insignes</i>	Sección <i>Taeda</i>	Sección <i>Serotinos</i> Grupo <i>Peninsulares</i>	Subsección <i>Oocarpae</i>	Sección <i>Pinaster</i> Subsección <i>Attenuatae</i>	Sección <i>Pinaster</i> Subsección <i>Attenuatae</i>	Subsección <i>Attenuatae</i>
<i>P. muricata</i>	Subsección <i>Pinaster</i> Grupo <i>Insignes</i>	Sección <i>Banksiana</i>	Sección <i>Serotinos</i> Grupo <i>Peninsulares</i>	Subsección <i>Oocarpae</i>	Sección <i>Pinaster</i> Subsección <i>Attenuatae</i>	Sección <i>Pinaster</i> Subsección <i>Attenuatae</i>	Subsección <i>Attenuatae</i>

1.3. Distribución de *Pinus muricata* y *P. attenuata*

Los pinos mexicanos se encuentran distribuidos principalmente en las montañas, de los 100 a los 4 000 msnm, y desde la frontera con Estados Unidos hasta la de Guatemala. Prosperan en una gran variedad de climas, desde el tropical hasta el frío por lo que han convertido al país en uno de los más importantes donadores de recursos genéticos de pinos, sobre todo hacia los países del hemisferio sur, donde este género no se encuentra en forma natural (Eguiluz, 1985b).

Las especies de pinos presentan la mayor diversidad en las montañas, comparado con los valles, colinas y mesetas, donde es más frecuente encontrar rodales uniespecíficos. Pequeñas poblaciones dispersas de *Pinus muricata* y *P. attenuata* están distribuidas en el suroeste de los E.U.A.; a lo largo de la costa del Pacífico de California (Kral, 1993), en las montañas Santa Ana y San Bernardino; al suroeste de Oregon y en la región occidental de California respectivamente (Critchfiel y Little, 1966; Farjon, 1984; Farjon y Styles, 1997). En México, estas especies se encuentran en la costa noroccidental de Baja California en donde se localizan reducidas áreas

boscosas. Algunas localidades de mayor ocurrencia para *P. muricata* son Ejido Eréndira (cerro Colorado) y cañón de San Vicente; mientras que para *P. attenuata* la sierra de Ulloa, al norte de Ensenada. Estas poblaciones representan el límite sureño de éstas especies (Griffin y Critchfield, 1972; Minnich, 1987; Perry, 1991; Delgadillo, 1998).

La distribución de las especies serótinas californianas están limitadas por tolerancia estrecha a los parámetros climáticos, competencia con especies contemporáneas y en algunos casos enfermedades (Brown, 1982). Para Minnich (1987), su distribución es el reflejo de factores como: zonación altitudinal, topografía, substrato, gradientes climáticos asociados con orografía, latitud y distancia de la costa del Pacífico.

1.4. Aspectos ecológicos

Tanto *Pinus attenuata* como *P. muricata*, son pinos de conos cerrados (seróticos) y su nombre es debido a que éstos son persistentes y pueden permanecer cerrados por muchos años hasta abrirse por el fuego o la edad (Brown, 1982; Farjon y Styles, 1997). Por tal motivo, el fuego constituye un importante factor ecológico y que mantienen estas comunidades relictas de coníferas, siendo parte integral de su ciclo de vida (Bakker, 1971; citado en Brown, 1982).

Estos pinos costeros no desarrollan renuevos vegetativos después del fuego y el establecimiento por semillas de la plántula es en el primer año después del fuego, a partir de una dormancia de la semilla (Keeley y Zedler, 1998). Todas las áreas ocupadas por estas especies crecen en chaparral con chamizo o matorral costero en la formación del Cretácico superior de El Rosario (Mooney, 1977; citado en Minnich, 1987).

1.5. Usos

Mundialmente los bosques de coníferas tienen un gran valor comercial, ya que la mayoría de los pinos desempeñan funciones en ocasiones insustituibles; se les utiliza como árboles de ornamento, protectores (cortinas de viento) y productores de materia prima para la industria (Rzedowski, 1981). *Pinus attenuata* ha sido utilizado como combustible y cortina de protección (Little, 1978), mientras que *Pinus muricata* es usado como leña (Farjon y Styles, 1997), y apreciado con propósitos de horticultura; se cultiva en parques y jardines de Europa occidental (Vidakovic, 1991).

Actualmente, no hay una explotación legal de éstas dos especies de pinos en México ya que están incluidas en el listado oficial (Diario Oficial, 1994) como especies en riesgo.

1.6. Algunos trabajos previos sobre el tema

Millar *et al.* (1987), en su estudio de diferenciación de Aloenzimas para 32 loci en árboles de la subsección *Oocarpae* de California (Little y Critchfield, 1969), (*P. attenuata*, *P. muricata*, *P. radiata*) y una pequeña muestra de las especies latinoamericanas de la subsección mexicana de *P. oocarpa*, presentaron las hipótesis evolutivas de ésta subsección; y mencionan que Axelrod (1958, 1967, 1980), presentó evidencias geológicas y florísticas sobre el origen en México de la subsección *Oocarpae* en el Terciario Temprano, especulando también que los pinos formaban parte de una gran asociación florística que emigró hacia lo que es hoy el suroeste de los Estados Unidos de América, actualmente separados de los pinos mexicanos por el Desierto Sonorense.

Para Axelrod (1980), los movimientos al norte de la plataforma oceánica a lo largo de la falla de San Andrés (con un desplazamiento de 450 a 500 Km. desde el Mioceno Temprano), influyeron en el desplazamiento de los elementos de México y California; estos de manera

aislada, estuvieron relacionados con el calentamiento general y climas secos hace 6 a 8 millones de años.

Critchfield (1967), menciona que este aislamiento creó, como consecuencia, infertilidad entre algunos miembros de *Oocarpae* y algunas especies mexicanas, confirmando la hipótesis del origen mexicano de *Oocarpae*.

Millar (1986), refiere que Axelrod (1967, 1980) infirió que *P. oocarpa* es cercano a la forma ancestral de *Oocarpa*, porque presenta características consideradas prototípicas de dos líneas que divergieron tempranamente en la radiación de la subsección. Una línea, que comprende las especies *P. greggii*, *P. patula* y *P. pringlei*, permanece en hábitats continentales de las montañas de México. Este mismo autor, propuso que la otra línea que comprende a *P. attenuata*, emigró al norte hacia hábitats costeros en Baja California y sur de California. Dos grupos marítimos evolucionaron de ésta última especie, uno en *P. radiata* y otro en *P. masonii* (una especie del Mioceno con conos indistinguibles de *P. muricata* del norte, *P. remorata* y *P. muricata*).

Por otra parte, Millar (1986) señaló que las evidencias filogenéticas de los datos de aloenzimas en especies y poblaciones divergentes, indican un origen monofilético para los pinos serótinos de California. La alta variación de las especies de América Latina tiene distintos atributos que sugieren que son representativos de un linaje del cuál divergieron las especies de California. Evidencias genéticas sugieren que las especies de California radiaron de manera semejante cada una en las poblaciones de *P. radiata* y *P. muricata*, la cual ocurrió inicialmente a lo largo de la costa, de sur a norte, dónde las poblaciones de las islas mantienen alelos ancestrales y mientras que las poblaciones continentales del norte presentan mayor divergencia (Rico, 1997).

El grupo de pinos de cono cerrado en California (*P. attenuata*, *P. muricata* y *P. radiata*), han sido estudiado extensamente en los aspectos de sistemática y genética de poblaciones, y muy recientemente en estudios de aloenzimas, ADN de cloroplastos y polimorfismo mitocondrial de ADN (Anónimo, 2000).

1.7. Empleo de la estadística en la determinación de la variación morfológica

La clasificación biológica, ha experimentado numerosos cambios en los últimos 60 años debido a lo siguiente: 1) el análisis de las bases filosóficas de la sistemática, que incluye conceptos, procedimientos y reglas; 2) la tendencia a dejar la descripción radical que prevaleció por años; 3) la utilización de técnicas moleculares precisas en los sistemas de clasificación; y 4) el uso de computadoras digitales que ha ampliado las posibilidades a los taxónomos para manejar la información (Crisci y López, 1983).

La estadística en los análisis de variación morfológica implica el uso de técnicas numéricas. De entre la gran variabilidad de estas, los pasos más comunes son (Sneath y Sokal, 1973):

- 1) Selección de las unidades o grupos de organismos a estudiar, los cuales se definen como Unidades Taxonómicas Operativas OTU (de la denominación en inglés: Operational Taxonomic Unit).
- 2) Elección de los caracteres realizando una comparación y estimación de similitud intra e inter de los OTUS's (ejemplo, en este trabajo son cada uno de los ejemplares colectados de las tres poblaciones muestreadas).
- 3) Construcción de una matriz de datos.
- 4) Obtención de un coeficiente de similitud.

- 5) Conformación de grupos mediante técnicas estadísticas (análisis de Cluster y análisis de Componentes Principales, para realizar inferencias de la variabilidad y elección de caracteres discriminatorios (Crisci y López, 1983).

Todos los caracteres utilizados inicialmente son considerados de igual peso (Sneath y Sokal, 1973), para posteriormente determinar estadísticamente los caracteres que mejor discriminan o diagnostican los grupos formados.

II. OBJETIVO GENERAL

Caracterización morfológica de *Pinus attenuata* y *Pinus muricata* (subsección *Attenuatae*, *vide* Farjon y Styles, 1997), en su hábitat natural de México, con el propósito de fundamentar su conservación y manejo.

OBJETIVOS PARTICULARES

- a) Muestrear ampliamente en las áreas de distribución conocidas de *Pinus attenuata* y *Pinus muricata*.
- b) Colecta de muestras de herbario de las plantas que prosperan en estos bosques.
- c) Elaborar una propuesta para su conservación y manejo debido a que en nuestro país la frecuencia de los serótinos peninsulares se encuentran en riesgo.

III. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

a) Localización y Fisiografía

El área de estudio comprende tres zonas: Sierra de Ulloa, Ejido Eréndira y cañón de San Vicente (Fig. 1).

1. Sierra de Ulloa: Se localiza aproximadamente a 9 Km., al noroeste de la Ciudad de Ensenada, Baja California, cuenta con una superficie de 25 has. (Pérez, 1984), y geográficamente se ubica a 450 m.s.n.m. ($116^{\circ}33'58''$ a $116^{\circ}37'8''$ W, y los $31^{\circ}55'30''$ a $31^{\circ}58'12''$ N). Presenta un relieve montañoso, de laderas y valles.
2. Ejido Eréndira: Se encuentra a 8 km., al noroeste del poblado Ejido Eréndira, Mpio. de Ensenada Baja California, cuenta con una superficie de 18 has. (Pérez, 1984), a 50 m.s.n.m. ($116^{\circ}19'13''$ a $116^{\circ}20'26''$ W y $31^{\circ}17'31''$ a $31^{\circ}18'23''$ N). Cuenta con un relieve montañoso con laderas.
3. Cañón de San Vicente: se ubica 20 km., al noroeste del poblado de San Vicente Ferrer Mpio. de Ensenada Baja California, y cuenta con una superficie de 22 has. (Pérez, 1984), a 435 m.s.n.m. ($116^{\circ}17'18''$ a $116^{\circ}19'39''$ W., y $31^{\circ}17'31''$ a $31^{\circ}18'23''$ N). Su relieve es montañoso.

b) Geología

Las tres zonas están representadas por rocas ígneas extrusivas del Cretácico Inferior y rocas ígneas intrusivas del Cretácico Superior (Cuanalo *et al.*, 1989), esta última sólo en la zona de

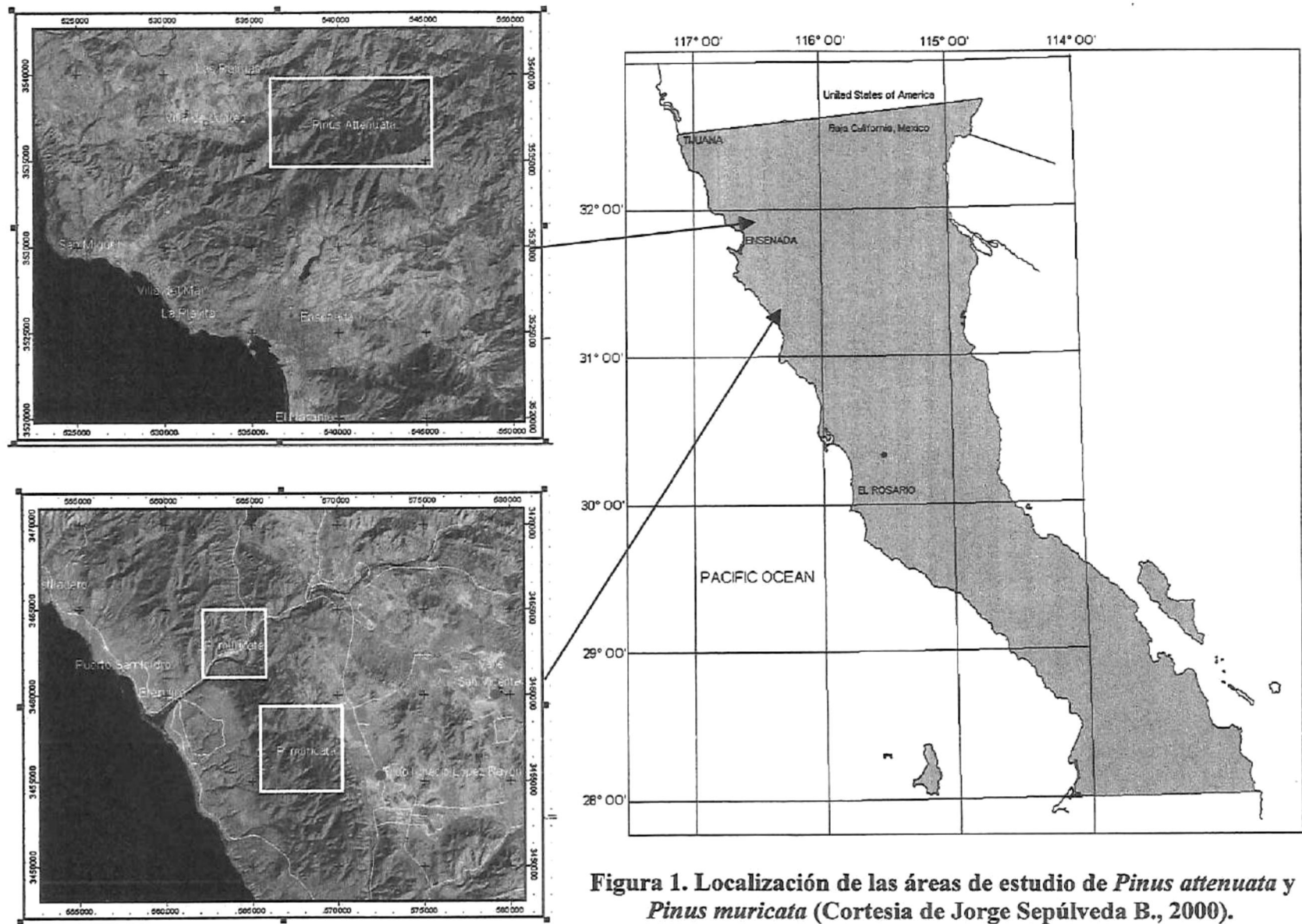


Figura 1. Localización de las áreas de estudio de *Pinus attenuata* y *Pinus muricata* (Cortesía de Jorge Sepúlveda B., 2000).

Ejido Eréndira. En San Vicente y Ejido Eréndira, se encuentran en menor proporción rocas sedimentarias en forma de conglomerados. Estas áreas están afectadas por fracturas y afallamiento (Pérez, 1984). Muchas áreas entre Ensenada y Tecate tienen rocas metavolcánicas.

c) Suelos

En las tres zonas predominan suelos tipo regosol eutrico, con suelos someros y pedregosos con una clase de textura mediana limosa; en la sierra de Ulloa se encuentran también suelos de litosol; para las zonas de Ejido Eréndira y cañón de San Vicente se presentan suelos xerosol háplico y xerosol lúvico, respectivamente (Pérez, 1984). El chaparral se presenta en suelos desarrollados de glabro y rocas metavolcánicas (Oberbauer, 1999).

d) Hidrología

La Sierra de Ulloa consta principalmente de un arroyo con corriente intermitente a lo largo del cañón de Doña Petra. Ejido Eréndira su principal afluente es el arroyo San Isidro por el cual corre el arroyo de San Vicente siendo su afluente perene, y mientras que el cañón de San Vicente es el arroyo Hediondo.

e) Clima

El clima de las tres zonas está clasificado como de tipo mediterráneo, con lluvias durante el invierno (noviembre-abril) y sequía en verano (mayo-octubre). Los siguientes diagramas climáticos, muestran los promedios anuales de las estaciones climatológicas de Ensenada, Ejido Eréndira y San Vicente (Figs. 2, 3 y 4).

T : 17.7° C Ensenada. 31° 53'N
P : 265.6 mm 50 m
 [50]

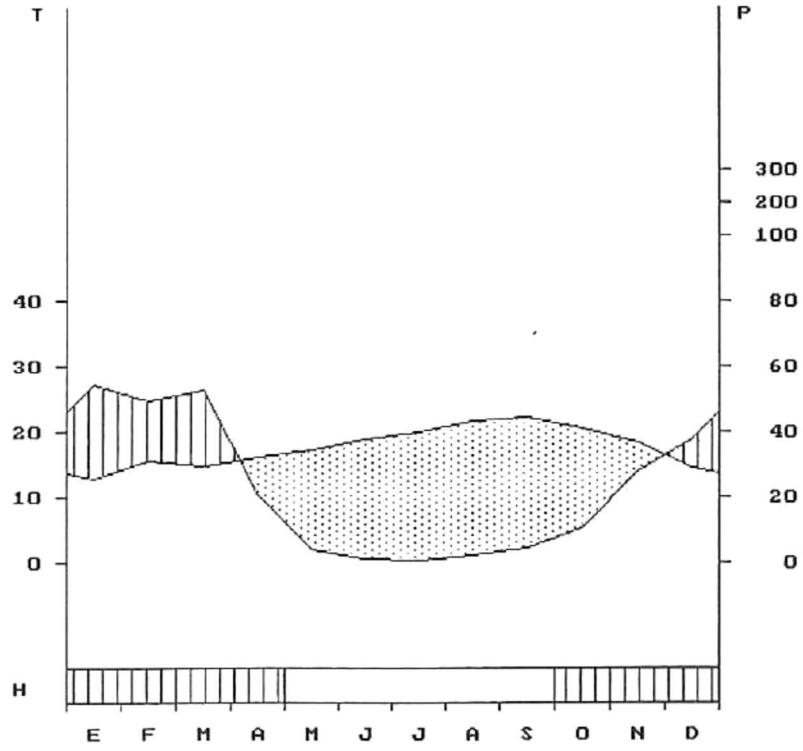


Figura 2. Diagrama climático de la localidad de Ensenada, Baja California.

T : 15.6° C Eréndira 31° 16'N
P : 231.2 mm 25 m
 [22]

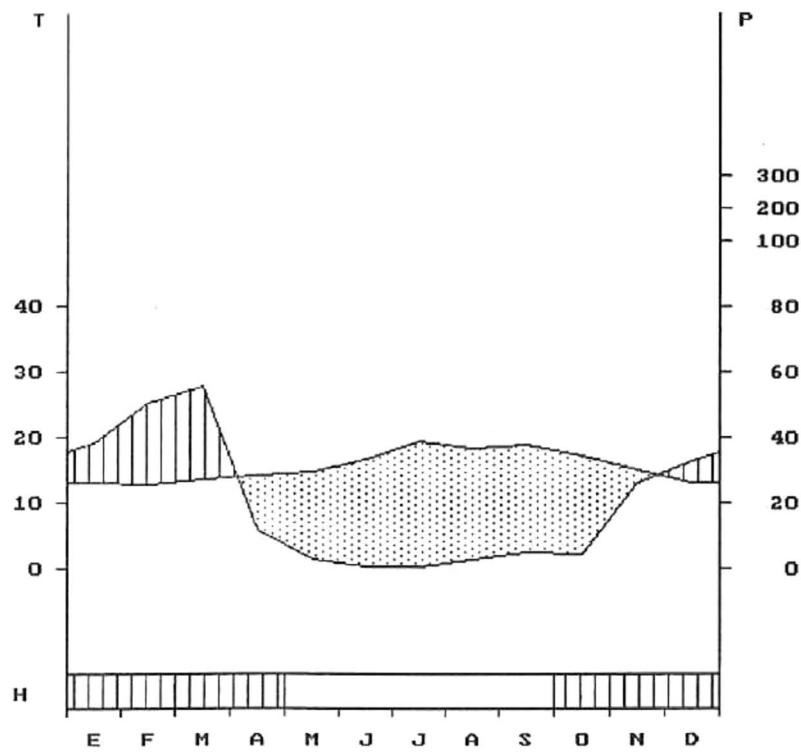


Figura 3. Diagrama climático de la localidad de Ejido Eréndira, Baja California.

T : 17.8° C San Vicente 31° 19' N
P : 221.7 mm 110 m
 [50]

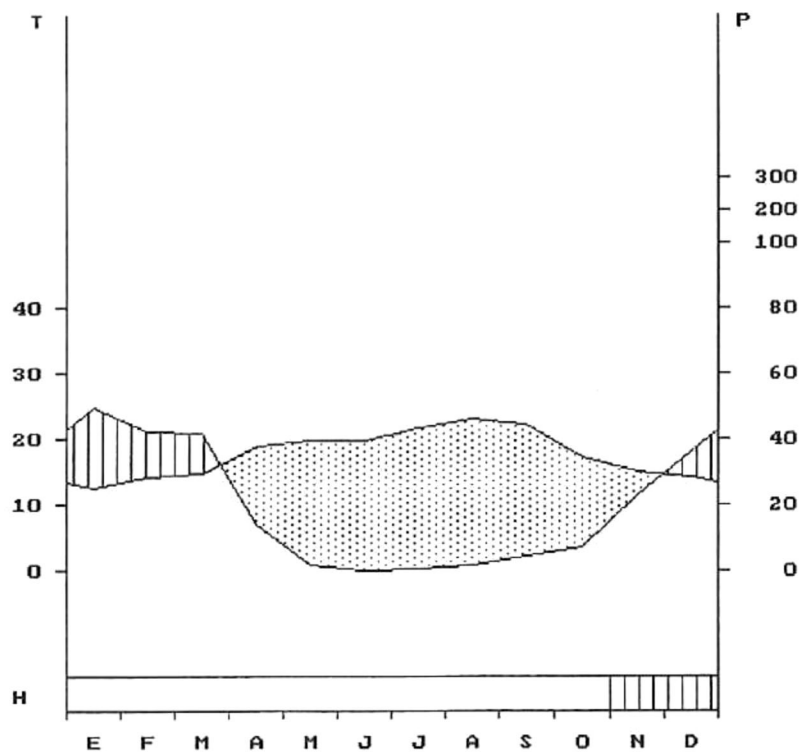


Figura 4. Diagrama climático de la localidad de San Vicente, Baja California.

f) Vegetación

En la carta de vegetación de INEGI (1981), aparece como vegetación tipo chaparral, mientras que Rzedowski (1981) reporta para el área matorral xerófilo. En el presente estudio cada una de las áreas de trabajo están constituidos por bosques de pino, en Sierra de Ulloa con *Pinus attenuata* en Ejido Eréndira y Cañón de San Vicente con *Pinus muricata*. Todas estas zonas arboladas están circundadas por vegetación tipo chaparral costero, siendo las siguientes especies las acompañantes: *Adenostoma fasciculatum*, *Ceanothus verrucosus*, *Aesculus parryi*, *Fraxinus trifoliata*, *Arctostaphylos pungens*, *Xylococcus bicolor*, *Salvia munzii*, *Heteromeles arbutifolia*, *Malosma laurina*, *Artemisia californica*, *Viguiera laciniata* y *Eriogonum fasciculatum*; llegando a presentarse asociados con *Cupressus forbesii* (Delgadillo, 1998).

IV. MATERIAL Y METODO

4.1. Colecta de especímenes

Se colectaron ejemplares de *Pinus attenuata* en Rancho Ulloa en noviembre de 1996 y mayo de 1998, mientras que de *Pinus muricata* en Ejido Eréndira y montañas de San Vicente Ferrer en junio de 1997 y en marzo de 1998 respectivamente.

Las localidades donde se colectó el material, así como el número de individuos muestreados (N), se refieren a continuación:

- a) *Pinus attenuata*: N= 26; Rancho Ulloa.
- b) *Pinus muricata*: N= 26; Ejido Eréndira.
- c) *Pinus muricata*: N= 25; Cañón de San Vicente Ferrer.

Los árboles donde se tomaron las muestras se seleccionaron al azar, tratando de cubrir los requisitos para ejemplares de herbario. De cada individuo se colectó una rama de aproximadamente 40 cm., con acículas, conos maduros y semillas; además de estróbilos masculinos, para lo cuál se trató de colectar en época de polinización que, de acuerdo a Wiggins (1980), es en marzo para *P. attenuata* y marzo-abril para *P. muricata*. Para determinar la composición florística se realizó una recolecta de las especies en cada uno de los sitios muestreados, se prosiguió a la herborización de los ejemplares botánicos, posteriormente se identificaron, consultando para la determinación taxonómica la obra de Wiggins (1980). Tanto los especímenes (muestras) de los pinos, como los ejemplares de las plantas colectadas, se

depositaron en el Herbario (BCMEX) de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California, así como duplicados para ser distribuidos a otros herbarios.

4.2. Datos de campo

En cada localidad se realizó una descripción de las condiciones ambientales, registrándose datos físicos como localización, altitud y relieve, y de aspectos ecológicos como sanidad, altura del árbol y composición florística.

4.3. Selección de características

En los estudios de variación morfológica, es importante determinar cuáles caracteres son necesarios para obtener una clasificación estable (un valor de coeficiente de similitud confiable). Se recomienda el mayor número posible de caracteres, sin embargo esto es arbitrario y la práctica aconseja que pueden ser tomados dado el tiempo, tantas características como sea factible y distribuir las tan ampliamente como sea posible sobre varias regiones del organismo, etapas de su historia de vida, tejidos y niveles de organización de los organismos (Sneath y Sokal, 1973).

Así mismo, para la selección de caracteres se recomienda incluir características morfológicas, aunque cualquier otro tipo de datos puede ser usado, como anatómicos, químicos y número de cromosomas. No hay un camino *a priori* para preferir una lista de datos sobre otro, algunos son de más utilidad para unos grupos que para otros, pero esto sólo se puede determinar *a posteriori* (Stuessy, 1990).

4.4. Datos morfológicos evaluados

Para este estudio se consideró evaluar los siguientes 21 caracteres morfológicos y anatómicos:

Acícula. Para la cuantificación de las características de la acícula (A5-A10), se tomó al azar un fascículo de la base de una ramilla, y la acícula más larga del fascículo (Fig. 5).

- A1) Número de acículas por fascículo. Se tomaron al azar cinco fascículos para cuantificar el número de acículas.
- A2) Longitud del catáfilo (cm); con un vernier se midió desde la inserción de la bráctea hasta su ápice (. (Fig. 5).
- A3) Ancho del catáfilo (cm); con vernier se midió el diámetro de la base de la bráctea (Fig. 5).
- A5) Longitud de la acícula (cm); se midió con una regla desde la base de la vaina hasta el ápice de la acícula (Fig. 5).
- A6) Ancho de la acícula (cm); con el vernier, a la misma acícula utilizada para obtener la variable A5, se le midió lo ancho en la parte media de la cara dorsal.
- A8) Longitud de la vaina (cm); de un fascículo maduro se midió su longitud.
- A10) Número de dientes marginales en 5 mm. De la misma acícula que se utilizó para medir longitud se contaron de la parte media y en uno de los márgenes de la cara externa de la acícula la cantidad de dientes marginales en 5 mm.

Cono (Fig 6).

- C1) Longitud del pedúnculo (cm); con un vernier se realizó la medición de esta característica, desde su inserción en la rama, hasta donde se une con el cono en las primeras escamas basales.
- C2) Diámetro del pedúnculo (cm); con el vernier se midió el grosor del pedúnculo del cono en su parte media.
- C4) Longitud del cono cerrado (cm); con una regla se midió el cono cerrado desde las primeras escamas basales hasta las últimas apicales.
- C5) Diámetro del cono cerrado (cm); con una regla se midió el diámetro de la parte media del mismo cono empleado para la característica C4.
- E2) Longitud de la escama (cm); se tomó al azar una de las escamas de la parte media del cono, y se midió con el vernier la distancia desde la inserción de la escama en el raquis hasta su ápice; previamente los conos cerrados (C4 y C5), fueron colocados en la secadora por tres a seis días aproximadamente para que abrieran.
- E3) Longitud de la apófisis (cm); con el vernier se tomó la distancia desde la base de la apófisis hasta el ápice de la escama.
- E4) Ancho de la apófisis (cm); con la misma escama seleccionada para las variables E2 y E3 se midió con el vernier, la parte más ancha de la apófisis.

Semilla. Las semillas se obtuvieron de los conos abiertos, los cuales se expusieron al calor de la secadora para que abrieran (Fig. 6).

- S1) Longitud de la semilla (cm); con el vernier se midieron los extremos de la semilla.
- S2) Ancho de la semilla (cm); con el vernier se midió el diámetro de la parte media de la semilla.

Estróbilo Masculino. Las estructuras sexuales masculinas sólo están presentes en época de polinización por lo que se trató de que la colecta del material fuera en esa época (Fig. 6).

- M1) Longitud del estróbilo masculino (cm); con el vernier se midió desde la base de las brácteas hasta el ápice.
- M2) Ancho del estróbilo masculino (cm); de la parte media del estróbilo masculino se midió el diámetro.
- M4) Cantidad de brácteas basales del estróbilo masculino. Se separaron cada una y desde su base las brácteas de la vaina, se procedió a contarlas y se registró éste valor.

4.5. Datos anatómicos

Acícula. Se obtuvieron datos del número y disposición de los canales resiníferos de las hojas (Fig. 5). Para observar la anatomía interna de las acículas se hirvieron por aproximadamente de cinco a diez minutos. Posteriormente se realizaron cortes transversales con una navaja de bisturí en la parte media de la acícula, los cuales se colocaron en un portaobjetos agregando una gota de ácido láctico y pasándolos a la flama por uno o dos minutos. Para su cuantificación se utilizó un microscopio óptico con objetivo de 40X.

- A16) Número de canales resinífero internos

- A17) Número de canales resiníferos medios.

Las variables faltantes en la secuencia (A4, A7, A9, C3, E1 y M3) son índices producto de la relación de otras variables, por lo que finalmente se decidió no incluirlas en el análisis.

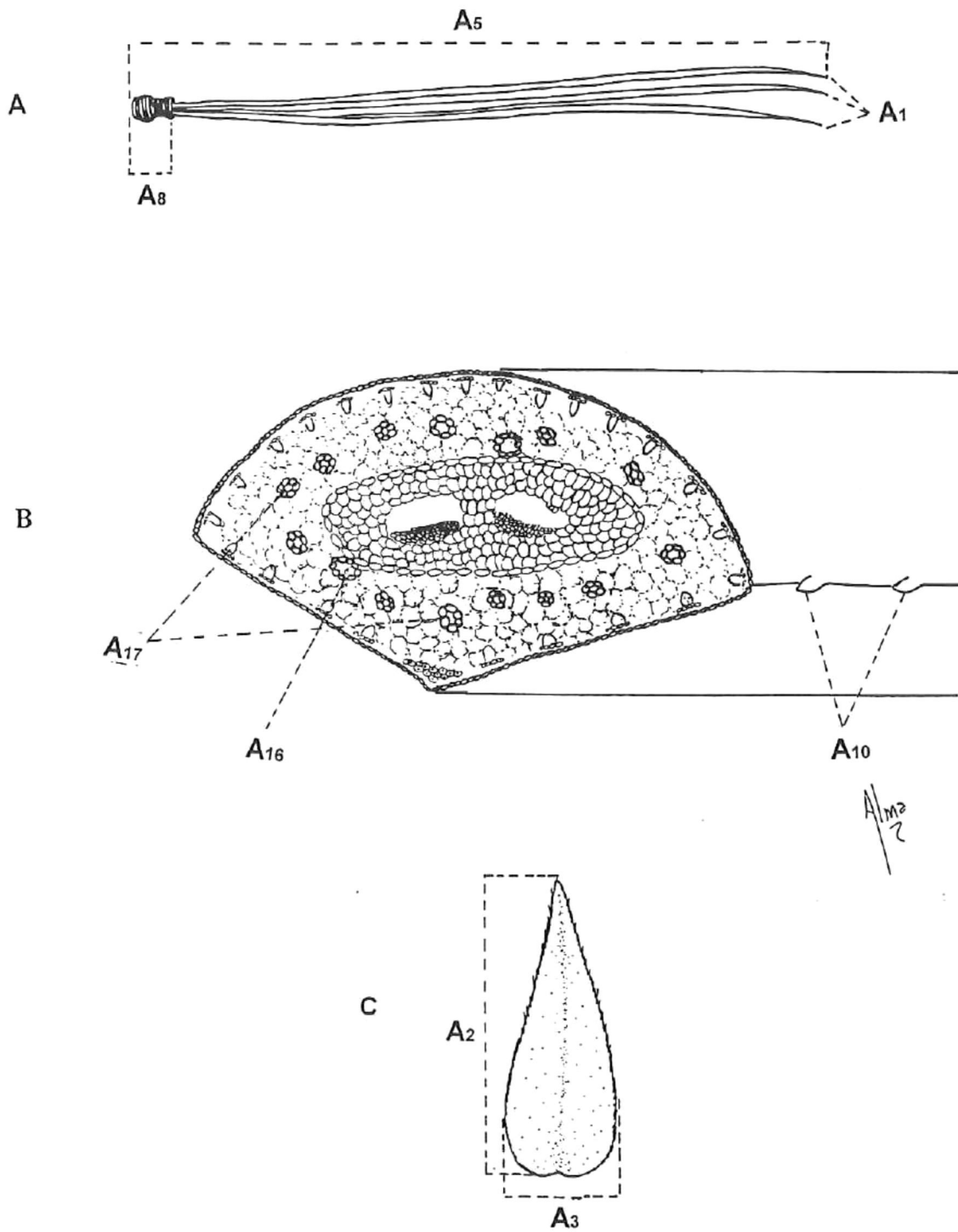


Figura 5. A. Morfometría de las acículas, B. Anatomía de la acícula mostrando los canales resiníferos (*Pinus muricata*). C. catáfilo (*Pinus attenuata*).

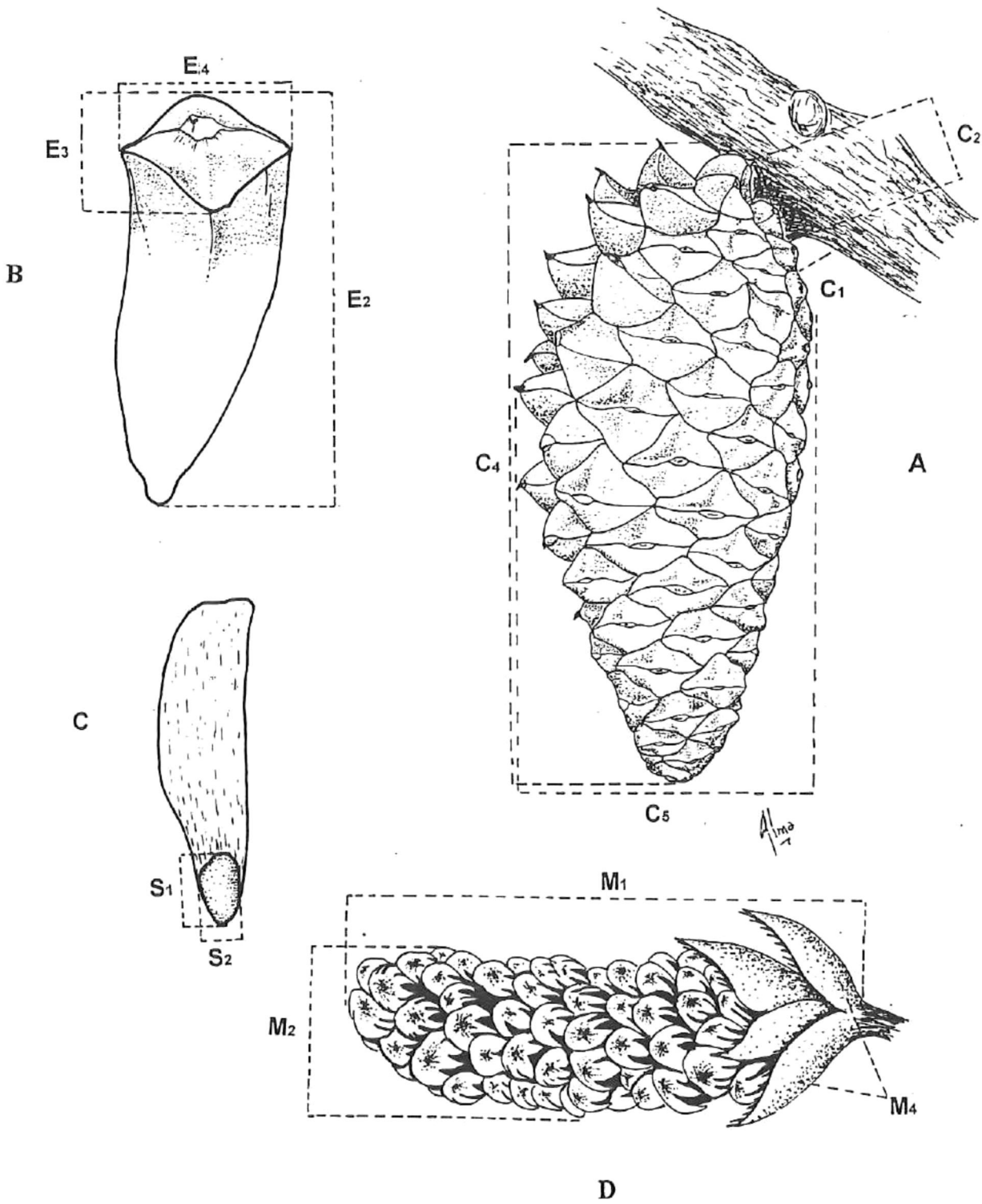


Figura 6. A. Detalle del cono, B. escama y C. semilla (*Pinus attenuata*), y D. estróbilos masculino (*Pinus muricata*).

4.6. Estadística

Los datos obtenidos se capturaron en una hoja de cálculo "Excel" (versión 5.0), y fueron tratados con el programa Stathgraphics plus (versión 2.0); los métodos de análisis multivariado, empleados fueron los siguientes: Conglomerados o Clusters, Componentes Principales y Discriminante con Stepwise.

Los métodos multivariados, se basan en la operación de técnicas estadísticas que hacen posible la planificación del muestreo, la uniformidad y consistencia en la recolección de datos, la eliminación de sesgo entre investigadores, el procesamiento computarizado de datos y la repetibilidad de los resultados (Pla, 1986).

En los trabajos de variación morfológica las unidades de clasificación (OTU's) pueden ser individuos, especies, géneros, etc. (Sneath y Sokal, 1973); en este estudio los OTU son los ejemplares colectados de las tres poblaciones muestreadas.

4.6.1. Análisis de Conglomerados o Cluster

Estas técnicas fueron perfeccionadas por Sokal y Michener (1967). Siendo el objetivo de este análisis ordenar por grupos conforme a una medida de similitud, a fin de reconocer las relaciones entre la totalidad de los OTU (Crisci y López, 1983); la reducción de los datos tienden a formar grupos.

En ecología y sistemática el término general análisis de Cluster usualmente significa jerarquía aglomerativa. Este es un grupo de métodos que empieza con una matriz de similaridad sobre los objetos (individuos, sitios, poblaciones, taxa). Los dos objetos más semejantes están reunidos dentro de un grupo y la similaridad de este grupo frente a todas las otras unidades son

calculadas. Repetidamente, los dos grupos más cercanos están agrupados hasta sólo permanecer un simple grupo. Los resultados son usualmente expresados en un dendograma, que es un diagrama de un árbol jerárquicamente bidimensional, que representa complejas relaciones multivariadas sobre los objetos (James y McCulloch, 1990).

4.6.2. Análisis por Componentes Principales

El análisis por Componentes Principales permite la estructuración de un conjunto de datos multivariados, obtenidos de una población cuya distribución de probabilidades no necesita ser conocida.

El análisis por Componentes Principales deberá ser aplicado cuando se desee conocer la relación entre los elementos de una población y se sospeche que en dicha relación influye de manera desconocida un conjunto de variables o propiedades de los elementos.

Este método permite reducir la dimensionalidad del problema y elimina, en lo posible, algunas de las variables originales si éstas aportan poca información; las nuevas variables generadas se denominan “Componentes Principales”, éstas sintetizan la máxima variabilidad en los datos (Pla, 1986).

4.6.3. Análisis Discriminante

Para un conjunto de observaciones que contenga variables cuantitativas y una variable de clasificación que defina los grupos de observaciones, se calcula una función discriminante para clasificar cada observación dentro de uno de los grupos. La distribución dentro de los grupos debe ser aproximadamente normal multivariada.

La función discriminante o criterio de clasificación, es determinada por el cálculo de la distancia cuadrada generalizada, ubicando a cada observación en la clase o grupo para el cual su distancia asociada sea menor (SAS. USER'S GUIDE, 1988). Este análisis se hizo con las variables de mayor significancia relacionadas con el procedimiento Stepwise.

La selección por pasos (Stepwise), es un procedimiento que selecciona del total de variables aquellas que poseen un coeficiente de correlación cercano a uno. El proceso funciona al seleccionar una variable a la vez, se realiza una especie de rotación para buscar el eje o variable que presente la mayor separación y se detiene cuando ya no hay variables que tengan el coeficiente de correlación significativo (SAS Institute, 1983).

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Características de las variables

Los datos obtenidos de las 21 variables evaluadas, se presentan en la Matriz de Datos (Apéndice 1); en dónde la columna vertical que presenta dos letras mayúsculas, corresponde a la localidad y número de árboles: AA= Rancho Ulloa, árbol 1; BA= Ejido Eréndira, árbol 1; CA= Cañón San Vicente, árbol 1. Las columnas horizontales con letra y número corresponden al valor de las variables para las OTU's: A1, A2....M4.

5.2. Análisis Estadístico

5.2.1. Análisis de Cluster

El análisis de Cluster formó tres grupos tabla 1, figura 7, dónde se aprecia que las muestras de *Pinus attenuata* (A, Rancho Ulloa), forman un grupo en la que sólo tres individuos, dos de *P. attenuata* y uno de *P. muricata* (AW, AZ, CT) muestran diferencias, siendo la variable común a estas la presencia de pedúnculo (C1 y C2). Mientras que en las áreas de *Pinus muricata* (B, Ejido Eréndira y C, Cañón de San Vicente) se presentan dos grandes grupos; uno de estos a su vez se subdivide en dos subgrupos, en el primero se agrupan individuos de la localidad de Ejido Eréndira, y en el segundo subgrupo se encuentran individuos del Cañón San Vicente.

En el segundo grupo, por pertenecer a la misma especie, se encontraron mezclados individuos de ambas poblaciones, lo cual indica que comparten estructuras morfológicas semejantes; esto puede interpretarse como la unión de estas dos localidades en un pasado reciente, por lo que aún no logran desarrollar variación significativa en sus características (Grant, 1989).

Analysis Summary

Data variables:

- A1
- A2
- A3
- A5
- A6
- A8
- A10
- A16
- A17
- C1
- C2
- C4
- C5
- E2
- E3
- E4
- S1
- S2
- M1
- M2
- M4

Number of complete cases: 74
 Clustering Method: Ward's
 Distance Metric: City-Block

Cluster	Members	Percent
1	22	29,73
2	3	4,05
3	49	66,22

Centroids

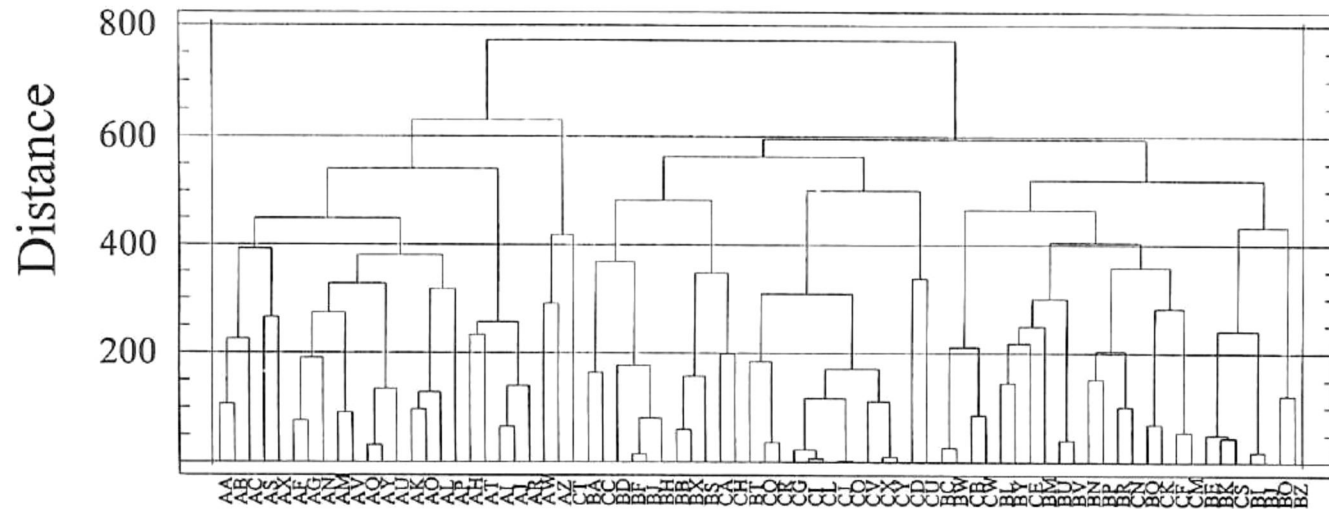
Cluster	A1	A2	A3	A5	A6	A8	A10
1	3,18182	,817727	,264545	13,1155	,203182	,650455	15,0
2	2,66667	,956667	,27	14,4233	,203333	,596667	18,6667
3	2,06122	,85	,287755	12,8263	,263265	,524286	21,6122

Cluster	A16	A17	C1	C2	C4	C5	E2
1	1,13636	7,40909	,0	,0	10,8086	4,60091	4,04636
2	,666667	8,0	,94	,973333	8,37667	3,80333	3,28333
3	2,5102	5,5102	,0	,0	6,20612	3,56551	2,57898

Cluster	E3	E4	S1	S2	M1	M2	M4
1	1,08727	1,55045	,686364	,39	1,45318	,478636	8,22727
2	,936667	1,35	,68	,326667	1,29667	,45	8,33333
3	,947959	1,20143	,632857	,339388	1,00408	,355306	6,61224

Tabla 1. Datos generales de las 21 variables utilizadas en el análisis de clusters, a partir de 74 casos, creandose 3 grupos.

Dendrogram



**Figura 7. Diagrama de cluster obtenido con base a la matriz de datos (apéndice 1).
A partir de 74 casos, se formaron 3 grupos.**

En comparación con los dos subgrupos de *P. muricata*, estos reflejan la presencia de caracteres específicos para el subgrupo 1 y 2; esto nos sugiere que ambas poblaciones están presentando un proceso incipiente de separación morfológica.

5.2.2. Análisis de Componentes Principales con 21 variables

El Análisis de Componentes Principales mostró que la variación acumulada en los tres primeros componentes es de 51.648 % (tabla 2), lo cuál se interpreta como un valor aceptable para distinguir las especies y bajo para caracterizar las localidades. Las variables más significativas en las separaciones del primer Componente Principal fueron (tabla 3): la longitud del cono cerrado (C4), longitud de la escama (E2), número de acículas por fascículo (A1). Para el segundo Componente Principal: longitud del pedúnculo (C1) y el diámetro del pedúnculo (C2); y para el tercer Componente Principal lo ancho del catáfilo (A3) y longitud del catáfilo (A2). De las seis variables más significativas de los anteriores componentes principales (C4, E2, C1, C2, A3, A2), dos variables de cada componente están estrechamente correlacionadas: longitud del cono (C4) - longitud de la escama (E2), longitud del pedúnculo (C1) - ancho del pedúnculo (C2), ancho del catáfilo (A3) - largo del catáfilo (A2); las cuales corresponden a dos estructuras, las cuatro primeras al cono y las dos restantes al catáfilo. Cabe resaltar la importancia de esta última estructura, ya que no se conoce su utilidad previa en ningún estudio de variación morfológica.

Un aspecto interesante de las tres variables seleccionadas por Componentes Principales es que tanto C4 y E2, así como C1 y C2, son características reproductivas y aunque no A3 y A2; sin embargo, todas son estructuras morfológicamente evolutivas, es decir no están tan afectadas por

Number of components extracted: 6

Principal Components Analysis

Component Number	Eigenvalue	Percent of Variance	Cumulative Percentage
1	6,66083	31,718	31,718
2	2,17756	10,369	42,088
3	2,00774	9,561	51,648
4	1,59844	7,612	59,260
5	1,30671	6,222	65,482
6	1,17779	5,609	71,091
7	,955764	4,551	75,642
8	,809952	3,857	79,499
9	,719529	3,426	82,925
10	,645835	3,075	86,001
11	,505374	2,407	88,407
12	,464543	2,212	90,619
13	,412889	1,966	92,585
14	,332405	1,583	94,168
15	,327189	1,558	95,726
16	,282995	1,348	97,074
17	,220322	1,049	98,123
18	,168862	,804	98,927
19	,125082	,596	99,523
20	,0800874	,381	99,904
21	,0201045	,96	100,000

Tabla 2. Valores propios de las 21 variables, y proporción de la variación.

Table of Component Weights

	Component 1	Component 2	Component 3	Component 4	Component 5	Component 6
A1	,299245	,0224212	-,126682	-,0699523	-,0210471	-,0663158
A2	,00622171	,156432	,547228	-,225731	-,0430408	-,00362402
A3	-,0251334	,0784276	,562226	-,189382	-,172659	,0059711
A5	,0969735	,148523	,315147	,422113	,0538751	-,103658
A6	-,0562297	-,0193785	-,0917466	-,39213	,0639353	,571667
A8	,179437	,0552767	,170417	-,246517	-,265938	-,420861
A10	-,282184	,0411461	,168532	-,146469	-,0311093	,323378
A16	-,123017	-,125881	,179255	-,148162	,638128	-,175293
A17	,144581	,169247	-,0669184	-,0804951	-,524764	,146954
C1	,0620706	,633818	-,0563966	,0877332	,156177	,0590061
C2	,0500602	,630851	-,0600695	,0637112	,17695	,0712323
C4	,352662	-,0396209	-,0701629	-,0844141	-,0211667	,115468
C5	,283967	-,0940943	,125808	,116725	-,0194929	,0195476
E2	,341554	-,0683943	-,0416403	-,0416152	,110068	,21843
E3	,167382	-,104446	,214025	,278803	-,103095	,40182
E4	,292799	-,0849479	,0872917	,14564	-,0473757	-,0294679
S1	,224988	-,0553039	,171934	,26246	,243781	,234483
S2	,250799	-,207888	,0477688	,0586987	,0291114	-,0195719
M1	,261637	,000179503	,0746563	-,393918	,168613	-,0519779
M2	,284784	,0503603	-,0574901	-,312847	,188752	,0132158
M4	,210961	,124511	-,207806	-,0844372	-,0278265	-,182845

Tabla 3. Valores de los 6 primeros componentes principales para cada una de las 21 variables.

las condicionales ambientales como las estructuras vegetativas, sugieren que son menos factibles de modificaciones por factores externos y, por lo tanto, las de mayor peso para separar poblaciones.

En la figura 8, aparecen las muestras analizadas (OTU's) en un espacio tridimensional de los tres primeros componentes de la variación. El software empleado no tiene la capacidad de caracterizar las muestras en las gráficas, por lo que se pierde objetividad, sin embargo existe la tendencia en la figura en agrupar los OTU's en dos grandes grupos: *Pinus attenuata* y *P. muricata*.

5.2.3 Análisis Discriminate

Para la realización del Análisis Discriminante se empleó el método Stepwise, el cuál separa cada una de las variables más significativas. Como se aprecia en la tabla 4, la variable estadística más importante fue el número de acículas por fascículo (A1); esto era de esperarse ya que *P. muricata* tiene dos acículas y raramente tres mientras que *P. attenuata* tres y ocasionalmente cuatro.

La segunda variable en importancia fue la longitud de la escama (E2); posteriormente en orden decreciente de importancia le siguen el diámetro del cono cerrado (C5), número de dientes marginales en 5 mm (A10), cantidad de brácteas basales del estróbilo masculino (M4), longitud de la acícula (A5), ancho del estróbilo masculino (M2) y ancho de la apófisis (E4).

En el Análisis Discriminante (tabla 5), se aprecia que el 100 % de las muestras del grupo 1 (*P. attenuata*) se encuentran en ese grupo o sea bien clasificadas, en cambio sólo el 88.46 % del grupo 2 están contenidas en él y 11.54 % en el grupo 3, que contiene únicamente el 87.5 %

Number of complete cases: 74
 Number of groups: 3

Discriminant Function	Eigenvalue	Relative Percentage	Canonical Correlation
1	12,0959	91,11	,96106
2	1,17996	8,89	,73572

Functions Derived	Wilks Lambda	Chi-Square	DF	P-Value
1	,0350281	226,2334	16	, 0
2	,458723	52,6033	7	, 0

Stepwise regression

Method: forward selection
 F-to-enter: 4,0
 F-to-remove: 4,0

```

Step 0:
-----
0 variables in the model.

Step 1:
-----
Adding variable A1 with F-to-enter = 114,957
1 variables in the model.
Wilk's lambda = ,235947 Approximate F = 114,957 with P-value = , 0

Step 2:
-----
Adding variable E2 with F-to-enter = 32,3916
2 variables in the model.
Wilk's lambda = ,12254 Approximate F = 64,9837 with P-value = , 0

Step 3:
-----
Adding variable C5 with F-to-enter = 15,9258
3 variables in the model.
Wilk's lambda = ,0838385 Approximate F = 56,4339 with P-value = , 0

Step 4:
-----
Adding variable A10 with F-to-enter = 12,2726
4 variables in the model.
Wilk's lambda = ,0616025 Approximate F = 51,4936 with P-value = , 0

Step 5:
-----
Adding variable M4 with F-to-enter = 5,62518
5 variables in the model.
Wilk's lambda = ,0527457 Approximate F = 44,946 with P-value = , 0

Step 6:
-----
Adding variable A5 with F-to-enter = 4,98236
6 variables in the model.
Wilk's lambda = ,0458267 Approximate F = 40,3846 with P-value = , 0

Step 7:
-----
Adding variable M2 with F-to-enter = 4,406
7 variables in the model.
Wilk's lambda = ,0403557 Approximate F = 36,9378 with P-value = , 0

Step 8:
-----
Adding variable E4 with F-to-enter = 4,86709
8 variables in the model.
Wilk's lambda = ,0350281 Approximate F = 34,7447 with P-value = , 0

Final model selected.
  
```

Tabla 4. Variables seleccionadas por el método Stepwise, en dónde se determinaron 8, como las más significativas.

de sus muestras, y el restante 12.5 % en el grupo 2. Esto se debe a que tanto el grupo 2 como 3 pertenecen a las dos poblaciones de *P. muricata* muestreadas y debido a ser muestras de la misma especie ambas localidades intercambian muestras de afinidad morfológica con el otro grupo. Las muestras mal ubicadas dentro de cada grupo se pueden identificar con un asterisco en la tabla 6. En la figura 9, se muestra gráficamente la ubicación de los tres grupos de acuerdo a su similitud morfológica, corroborando lo indicado en las tablas 5 y 6.

En las variables seleccionadas en el procedimiento Stepwise que es la base para el análisis discriminante, se pueden agrupar por su origen en tres grupos: en el primero encontramos el número de acículas por fascículo (A1), el cual se deriva de la evolución de la especie y es poco afectado por los factores ambientales; en el segundo, con el número de dientes marginales en 5 mm. (A10) y la longitud de la acícula (A5), este grupo es el más afectado por las condiciones del medio; y en el tercer grupo encontramos la longitud de la escama (E2), diámetro del cono cerrado (C5), cantidad de brácteas basales del estróbilo masculino (M4), ancho del estróbilo masculino (M2), ancho de la apófisis (E4), los cuales se caracterizan por su naturaleza reproductiva y en general son poco afectados por las condiciones climáticas.

De acuerdo al procedimiento, el número de acículas por fascículo y las dimensiones del cono, son las variables más significativas en la variación existente entre *Pinus muricata* y *P. attenuata*. Lo anterior ratifica una vez más la importancia de estas variables ya conocidas en la taxonomía tradicional.

En los Análisis de Cluster y Discriminante, se encontró muestras de las dos localidades de *P. muricata* mal ubicadas, aunque no en la misma proporción; con Análisis Discriminante fue

Classification Table

Actual grupo	Group Size	Predicted grupo		
		1	2	3
1	24	24 (100,00%)	0 (, 0%)	0 (, 0%)
2	26	0 (, 0%)	23 (88,46%)	3 (11,54%)
3	24	0 (, 0%)	3 (12,50%)	21 (87,50%)

Percent of cases correctly classified: 91,89%

Tabla 5. Clasificación de las muestras del grupo 1 (*P. attenuata*), grupo 2 y 3 (*P. muricata*).

Plot of Discriminant Functions

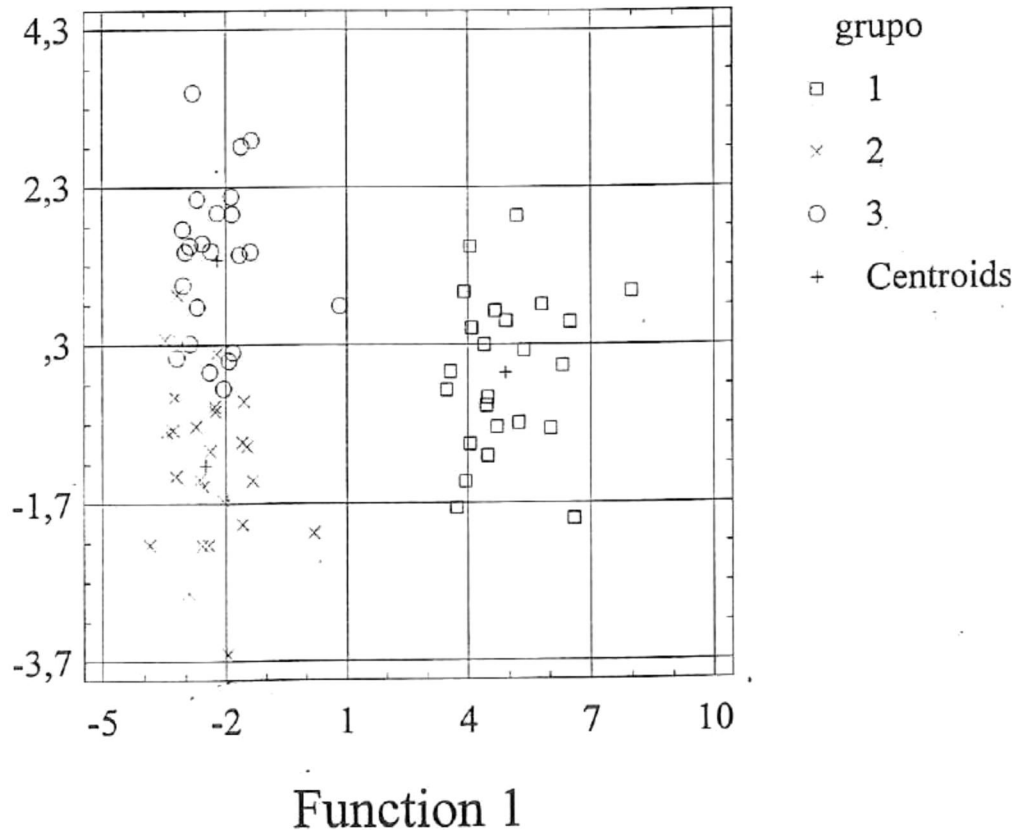


Figura 9. Gráfica de la ubicación de los tres grupos: 1=*P. attenuata*, Sierra de Ulloa; 2 y 3=*P. muricata*, Ejido Eréndira y San Vicente respectivamente.

menor que la de Cluster; esto nos sugiere una tendencia en agrupar a los individuos con características comunes a ambas localidades, debido a que presentan características similares a las del resto de la población.

El nivel de congruencia en la detección de las variables morfológicas entre los análisis de Cluster y Discriminante es bajo debido primeramente a las diferencias existentes en los procesos matemáticos que emplea cada uno, y en segundo lugar a que se trabajó con variaciones muy pequeñas entre las variables.

Pérez de la Rosa (1993), menciona que las diferencias encontradas entre *P. ayacahuite* y *P. strobiformis*, están directamente correlacionadas con la distancia geográfica; por lo tanto y siguiendo este criterio, es posible inferir que el agrupamiento realizado en estos análisis nos indique que las mayores diferencias morfológicas se deban al aislamiento espacial. Sin embargo, es probable que factores microambientales como lo es el edáfico actúen directamente en la morfología de los individuos, también es factible la interacción de ambos factores en las diferencias fenotípicas.

5.3. Aspectos ecológicos

a. Tipo de alteración (sanidad)

La problemática ambiental, tanto en la localidad 1 (Rancho Ulloa) como en la localidad 2 (Ejido Erendira), están representadas por la presencia de la “roya” (*Cronatium sp.*), la cuál produce abultamientos globulares sobre los troncos y ramas, llegando a provocar la muerte de los pinos cuando ataca al fuste principal (Fotos 1 y 2). La localidad 2, presenta pinos que se encuentran sobre laderas y a menudo se muestran caídos por deslaves. En la localidad 3 (Cañón

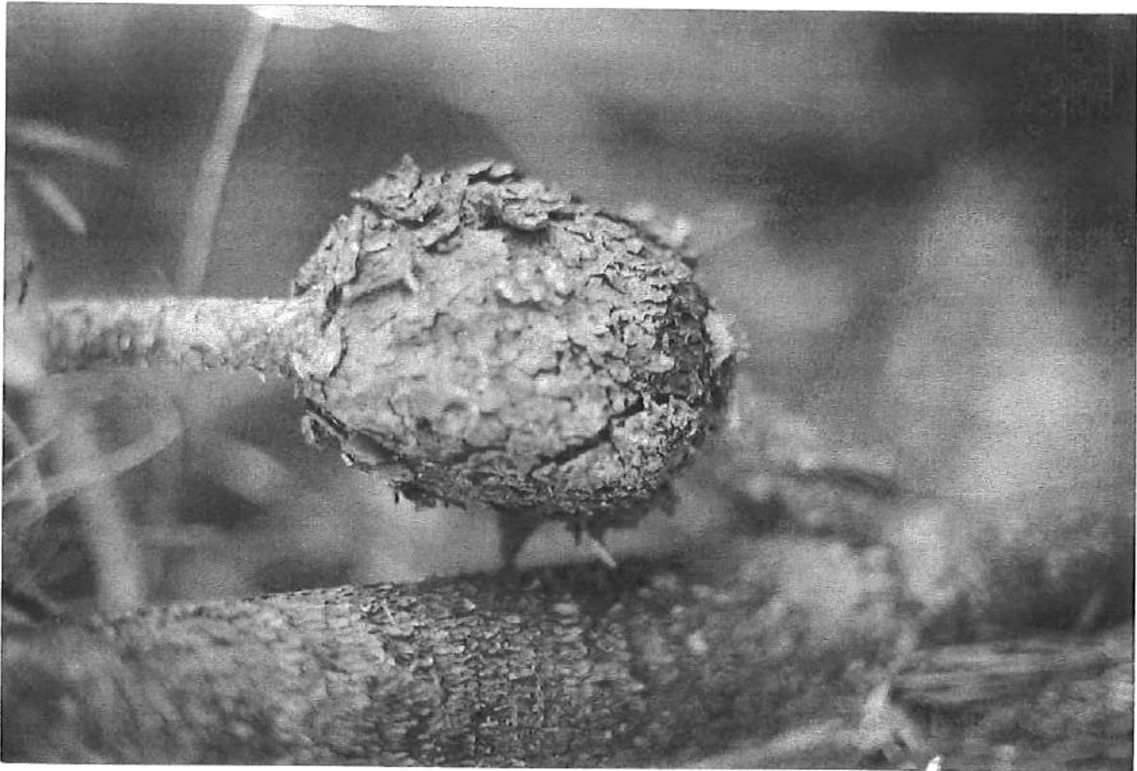


Foto 1. Abultamientos globulares en troncos de *Pinus attenuata* por la presencia de la “roya” (*Cronatium sp.*),

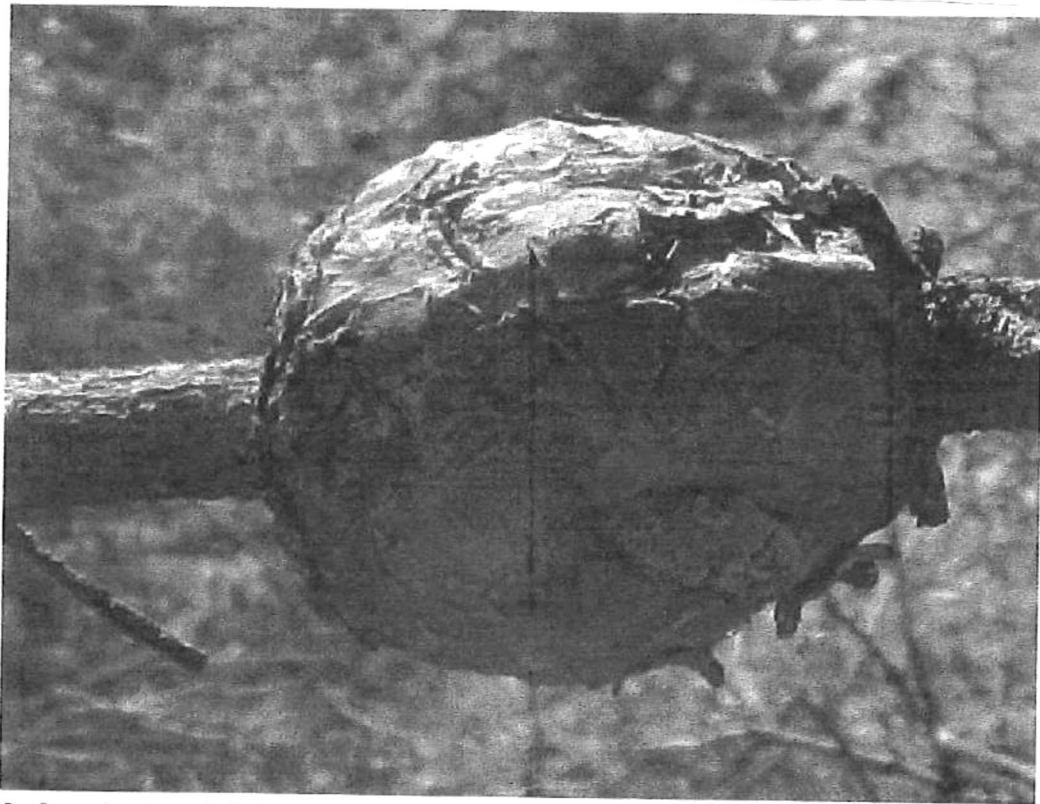


Foto 2. Abultamientos globulares en troncos de *Pinus muricata* en Ejido Eréndira por la presencia de la “roya” (*Cronatium sp.*),

de San Vicente), no se observaron alteraciones patógenas ni antropogénicas.

Otro de los factores de gran importancia es el fuego, puesto que este influye en el establecimiento de las especies o en el deterioro del ecosistema de acuerdo a su intensidad

b. Altura del árbol

La altura de los pinos muestreados en la localidad 1 fue de aproximadamente 4.5 a 12 m; para la localidad 2, de 2 a 8 metros; y para la localidad 3, su altura se presentó de 3.5 a 9 metros.

c. Composición florística

Las tres áreas de estudio presentaron rodales uniespecíficos de bosques de pinos, siendo la vegetación asociada a estas comunidades las siguientes:

a) Sierra de Ulloa: *Quercus dunnii*, *Ephedra californica*, *Malosma laurina*, *Adenostoma fasciculatum*, *Eriodictyon sessifolium*, *Fraxinus trifoliata*, *Eriogonum fasciculatum*, *Cneoridium dumosum*, *Arctostaphylos glandulosa*, *Acalypha californica* y *Rhus ovata* (Foto 3.).

b) Ejido Eréndira: *Beloperone californica*, *Quercus berberidifolia*, *Dudleya laneceolata*, *Malosma laurina*, *Pteridium aquilinum*, *Rhus integrifolia*, *Garrya veatchi*, *Adenostoma fasciculatum*, *Rhamnus crocea*, *Cercocarpus betuloides*, *Prunus ilicifolia*, *Heteromeles arbutifolia*, *Xylococcus bicolor*, *Eriodictyon sessifolium*, *Yucca whipplei*, *Arctostaphylos australis* y *Ceanothus dentatus* (Foto 4).



Foto 3. Vegetación de tipo chaparral asociada a *Pinus attenuata* en Sierra de Ulloa



Foto4. Vegetación de tipo chaparral asociada a *Pinus muricata* en Ejido Eréndira.

c) San Vicente: *Malosma laurina*, *Adenostoma fasciculatum*, *Eriodictyon lanatum*, *Arctostaphylos australis*, *Xylococcus bicolor*, *Ceanothus verrucosus* y *Cupressus forbesii* (Foto 5.).



Foto 5. Vegetación de tipo chaparral asociada a *Pinus muricata* en San Vicente.

La composición florística del chaparral costero asociado a las poblaciones de *P. attenuata* y *P. muricata* (cuadro 2.), se describe de acuerdo al siguiente análisis:

- a) Dado su papel primordial en el chaparral costero, *Adenostoma fasciculatum* (chamizo vara negra) y *Malosma laurina*, fueron las especies comunes en los tres sitios de muestreo.
- b) Dos especies del género *Eriodictyon* se registraron en Sierra de Ulloa y Ejido Eréndira, siendo *Eriodictyon sessifolium* en las anteriores localidades, mientras que *Eriodictyon lanatum* en San Vicente. Estas especies se caracterizan en sitios alterados del chaparral, ya sea por el fuego ó deforestación del hombre.
- c) Aunque todas las especies registradas en asociación a las poblaciones de *P. attenuata* y *P. muricata* son características del chaparral, tanto de California como de Baja California, debe destacarse la presencia de *Ceanothus dentatus* en el Ejido Eréndira, ya que representa uno de los primeros registros de esta especie en el chaparral de Baja California. *C. dentatus*, es referida como parte del componente florístico asociado a poblaciones de *P. muricata* en California (EE. UU.), en ambientes costeros y de sustratos arenosas en el norte de California (Hickman, 1993).

Cuadro 2.- Relación florística de las localidades muestreadas.

Especies	Sierra de Ulloa <i>Pinus attenuata</i>	Ejido Eréndira <i>Pinus muricata</i>	Cañón de San Vicente <i>Pinus muricata</i>
<i>Adenostoma fasciculatum</i>	X	X	X
<i>Arctostaphylos australis</i>		X	X
<i>Arctostaphylos glandulosa</i>	X		
<i>Acalypha californica</i>	X		
<i>Beloperone californica</i>		X	
<i>Ceanothus dentatus</i>		X	
<i>Ceanothus verrucosus</i>			X
<i>Cercocarpus betuloides</i>		X	
<i>Cneoridium dumosum</i>	X		
<i>Cupressus forbesii</i>	X		X
<i>Dudleya lanceolata</i>		X	
<i>Ephedra californica</i>	X		
<i>Eriodictyon lanatum</i>			X
<i>Eriodictyon sessifolium</i>	X	X	

Especies	Sierra de Ulloa <i>Pinus attenuata</i>	Ejido Eréndira <i>Pinus muricata</i>	Cañón de San Vicente <i>Pinus muricata</i>
<i>Eriogonum fasciculatum</i>	X		
<i>Fraxinus trifoliata</i>	X		
<i>Garrya veatchi</i>		X	
<i>Heteromeles arbutifolia</i>		X	
<i>Malosma laurina</i>	X	X	X
<i>Prunus ilicifolia</i>		X	
<i>Pteridium aquilinum</i>		X	
<i>Quercus berberidifolia</i>		X	
<i>Quercus dunnii</i>	X		
<i>Rhamnus crocea</i>		X	
<i>Rhus integrifolia</i>		X	
<i>Rhus ovata</i>	X		
<i>Xylococcus bicolor</i>		X	X
<i>Yucca whipplei</i>		X	

5.4. Descripción de las especies

La descripción morfológica de las especies estudiadas está basada en las observaciones de los ejemplares analizados. Mientras que el orden de descripción, así como la nomenclatura fue seguida de acuerdo al tratamiento de Farjon y Styles (1997).

1) *Pinus muricata* D. Don var. *muricata*, Trans. Linn. Soc. London 17:441. 1836. Type. United States. California: San Luis Obispo Co., at Coon Creek, 1832-1833, T. Coulter 712 (isotype, TCD).

Sinonimia:

Pinus edgariana K. T. Hartweg.

Pinus muricata D. Don var. *anthonyi* J. G. Lemmon.

Pinus remorata H. Mason.

Pinus muricata D. Don var. *stantonii* Axelrod.

Nombre local: Pino, Pino obispo (Mirov, 1967; Thieret, 1993).

Hábito de crecimiento: arbusto ó árbol pequeño de 2-10 (-15) m de alto.

Tronco: monopódico, erecto o curvado y torcido, con frecuencia ramificándose cerca del suelo.

Corteza: rugosa y escamosa, exfoliante, de color café oscuro a gris, con profundos surcos oscuros a grises longitudinales a lo largo del tronco.

Ramillas: largas, relativamente gruesas, desparramadas o ascendentes, formando una corona irregular, amplia y abierta.

Retosños: frecuentemente con yemas multinodales, con las bases de los fascículos largas y persistentes.

Catáfilos: 4-20 mm de longitud y 2-4 mm de ancho, deciduos.

Vainas del fascículo: persistentes, 3-10 mm de longitud, base de color castaño.

Acículas: en fascículos de 2, raro 3, de 9-16.5 cm de longitud y 1-3 mm de ancho, rectas o ligeramente curvadas, acanaladas, muy rígidas, con márgenes aserrados, de color verde claro.

Anatomía de la hoja: con canales resiníferos internos y medios.

Conos masculinos: cilíndricos-oblongos, de 5.6-18 mm de longitud X 2.1-4.9 mm de ancho, de color rojizo tornándose a castaño amarillento.

Conos con semillas: solitarios o en verticilos de 2-5, de color castaño claro brillante, cuando presenta pedúnculos son muy cortos, persistentes, ovoides o asimétricos, de 4-8.3 cm de longitud X 2.2-4.8 cm. de diámetro (Fotos 6 y 7).

Escamas del cono: permaneciendo cerradas por muchos años y abriendo muy lentamente, gruesas, leñosas y rígidas, de 1.7-3.9 cm de largo, de color castaño rojizo.

Apófisis: de 5.8-15 mm de longitud y 7-22 mm de ancho, aplastada, con una quilla transversal ligeramente levantada, gris clara lustrosa.

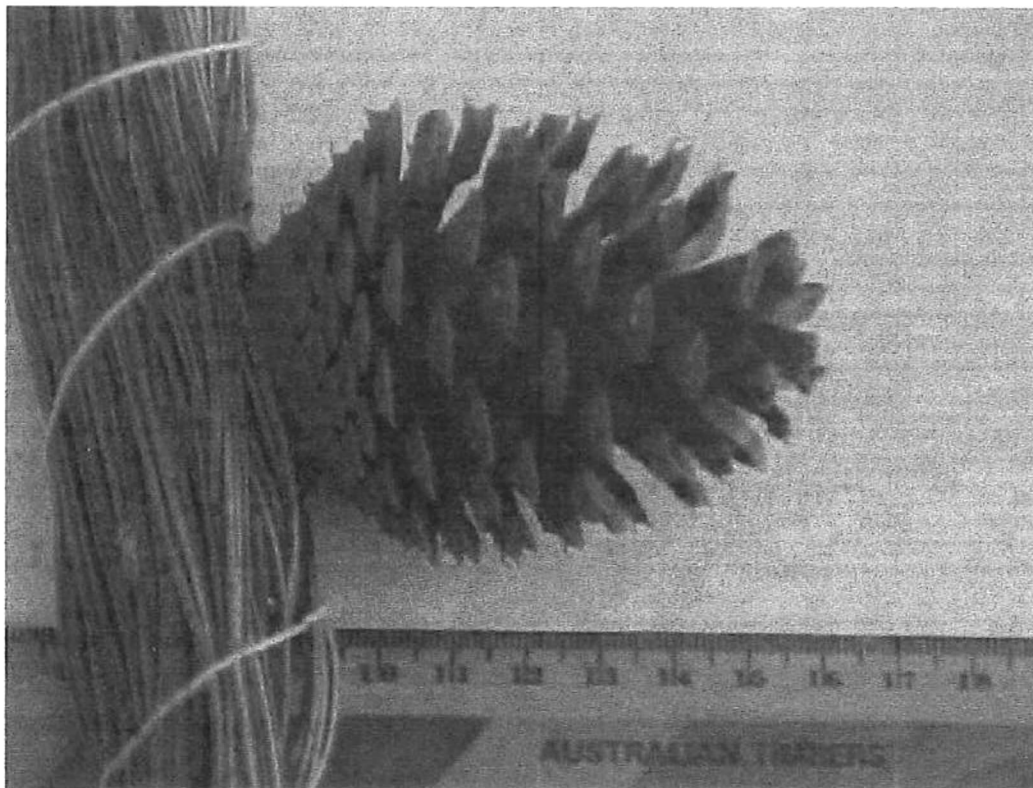
Umbo: dorsal, con una espina persistente, curvada y aguda.

Semillas: de 4.2-8.6 mm de longitud y 2.3-4 mm de ancho, de color gris a negro lustroso, con ala articulada, delgada, de color amarilla clara, estriada longitudinalmente.

Usos: eventualmente se sabe de la corta para árbol de navidad, mientras que las hojas y los conos son utilizados para arreglos de “naturaleza muerta” (Com. per. Sepúlveda, 2000).



Fotos 6 y 7. Conos con semillas de *Pinus muricata*, Ejido Erendira, Baja California.



Hábitat: zonas costeras de chaparral, especialmente en pendientes o acantilados de exposición norte-noroeste, donde las poblaciones son beneficiadas por la neblina costera; son suelos poco profundos y pedregosos con rocas ígneas extrusivas ácidas con altas concentraciones ferromagnesianas (óxidos) (Com. pers. Roberto López A., 2000). Forma arbolados abiertos y, en algunos sitios de San Vicente, está asociado con *Cupressus forbesii*, estando adaptada a lugares con incendios frecuentes.

Distribución: México: Baja California Norte, en dos localidades cercanas a la costa, al oeste y suroeste de San Vicente y en el Cerro Colorado, al lado norte del arroyo San Isidro. En Estados Unidos: en California, costas de Monterey, San Luis Obispo y Santa Bárbara, y en las Islas de Santa Cruz y Santa Rosa (Farjon y Styles, 1997).



Foto 8. Vista de la distribución abierta de *P. muricata*, en una ladera de Ejido Erendira, Baja California.

2) *Pinus attenuata* J. G. Lemmon, Mining Sci. Press 64: 45. 1892. Type. United States. California: Berkeley, J. G. Lemmon s.n. (lectotype, UC No. 338321, designated by A. Farjon, 1993: 129; islectotype, K).

Sinonimia:

Pinus californica K. T. Hartweg.

Pinus tuberculata G. Gordon var. *acuta* H. Mayr.

Nombre local: Pino, Chichonuda, Pino de piña (Farjon *et al.*, 1997).

Hábito de crecimiento: árbol de 4.5-12 (-14) m de alto.

Tronco: monopódico, recto o curvado, algunas veces ramificado desde abajo.

Corteza: relativamente delgada, escamosa, desprendiéndose en placas pequeñas y rectangulares, de color café grisáceo a gris

Ramillas: largas, relativamente gruesas, desparramadas o ascendentes, formando una corona abierta, irregular, o redondeada.

Reñoños: frecuentemente con yemas multinodales, con las bases de los fascículos largas y persistentes.

Catáfilos: 4.4-12 mm de longitud y 2-4 mm de ancho, deciduos,

Vainas del fascículo: persistentes, 3-10 mm de longitud, en la base de color castaño naranja.

Acículas: en fascículos de 3, raro 4, de 9.5-18 cm de longitud y 2-3 mm de ancho, rectas y rígidas, con márgenes aserrados, de color verde claro.

Anatomía de la hoja: con canales resiníferos internos y medios.

Conos masculinos: de 8-20 mm de longitud y 4-6 mm de ancho, ovoide-oblongo a cilíndricas, de color castaño amarillento, número de brácteas de 6 a 12 subulado.

Conos con semillas: solitarios o en verticilios de 2-5, casi sésiles, muy persistentes en el tallo principal y en las ramas, asimétricos, reflejados, de ovoide-oblongo a ovoides acuminados, de color amarillo-castaño lustroso, de 8.3-13.6 cm de longitud y 3.6-5.5 cm de ancho.

Escamas del cono: permaneciendo cerradas por muchos años, gruesas rígidas, oblonga, rectas o escasamente curvadas de color castaño rojizo, con marcas castaño claras de las alas de las semillas en el lado adaxial

Apófisis: de 7.5-13 mm de longitud y 12-21 mm de ancho, las del lado externo de la rama ligeramente levantadas mientras que las del lado interno y las próximas al ápice aplastadas, con una quilla transversal levantada, de color café-amarillento.

Umbo: dorsal, oscuro y obtuso, levantado o plano, con espina encorvada.

Semillas: de 5.5-8.2 mm de longitud y 3-5.5 mm de ancho, ligeramente agudas, de color gris-castaño-negrusco lustroso, con ala articulada, delgada, de color rojizo-oscuro, estriada longitudinalmente.

Usos: como parte del programa de saneamiento que realiza INIFAP, los troncos son utilizados como “rodrigones” en cultivos de la vid, así como postes para cercos y leña (Com. per. Sepúlveda, 2000).

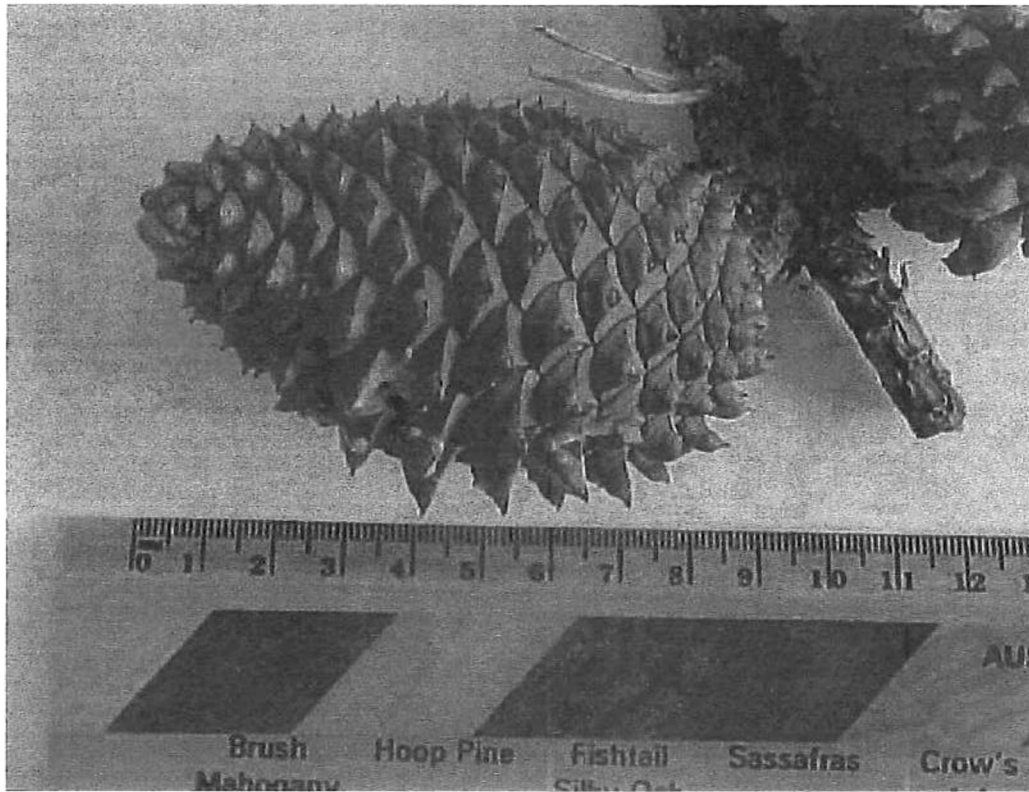


Foto 9. Detalle cono con semilla de *Pinus attenuata*.

Hábitat: en laderas secas y rocosas en la zona de chaparral de las partes bajas de las montañas de la costa, donde los incendios son frecuentes (Farjon y Styles, 1997).

Distribución: México: Baja California Norte, en pequeños rodales en las montañas costeras cerca de Ensenada, al oeste del Cerro Miracielo, en la cañada Doña Petra, Rancho de la Cruz y Cañón Arce, al norte de Ensenada. En Estados Unidos, es más común en regiones costeras de la Alta California y Oregón, y las montañas de Santa Ana (Minnich, 1987; Farjon y Styles, 1997).

VI. CONSERVACION

El principal propósito de la conservación de la naturaleza es preservar la biodiversidad, tanto riqueza de especies como de hábitats (Villaseñor y Elias, 1989). El constante deterioro del ambiente, que conlleva el riesgo de la desaparición de ecosistemas y/o especies, así como la pérdida de recursos genéticos potencialmente valiosos, son algunos factores fundamentales que llevan a considerar el importante papel de la conservación.

Para cualquier país, la diversidad biológica es su más grande riqueza, la cual debe tener un carácter permanente (Anaya *et al.*, 1992), ya que es la base para satisfacer necesidades humanas como producción de alimentos, salud y el desarrollo económico; así, los pinos mexicanos son de gran importancia económica (Styles, 1993). Contrario a esto, la pérdida de los recursos genéticos forestales en México esta avanzando a gran velocidad (Ledig, 1997), ocupando el tercer sitio en las tasas actuales de deforestación en el mundo (Massera *et al.*, 1992; citado en Toledo, 1994).

La necesidad de conservar el material genético de los árboles forestales es evidente; como en el caso de los pinos de cono cerrado, donde se ha mostrado un notable interés por silvicultores, genetistas y botánicos. Critchfield (1967), afirmó que este grupo incluye una de las combinaciones de especies que se hibridizan más fácilmente hasta ahora encontradas entre los pinos. Por su parte, Millar (1986) señaló que las tres especies de pinos en el norte de Baja California o islas cercanas a esta costa (*Pinus radiata*, *P. muricata*, *P. attenuata*), forman un grupo más intrincado que las otras especies, presentándose como poblaciones aisladas, algo escasas y discontinuas.

A nivel de biología molecular, se han realizado análisis de aloenzimas, ADN de cloroplastos y polimorfismo mitocondrial de ADN en poblaciones de *P. attenuata*, *P. muricata* y *P. radiata*, en programas de conservación en California (Anónimo, 2000).

Tanto las poblaciones de pinos de cono cerrado de California como de México, están amenazadas por presiones humanas (Dvorak y Donahue, 1993) (Foto 10). En nuestro país *P. attenuata* y *P. muricata* se presentan en forma de pequeños manchones, esto es tienden a distribuirse de forma fragmentada. Por su limitada distribución, la conservación del "pool" genético es de gran importancia ya que representa una fuente en la selección de características para el mejoramiento genético forestal y su utilización en las necesidades futuras, además del gran interés científico como poblaciones relictas.

Una alternativa de conservación y restauración ecológica de los recursos vegetales es realizar acciones que abarquen desde los legislativos y políticos hasta los estrictamente biológicos. En el aspecto legislativo, estas especies han sido ubicadas en México dentro de la NOM-059-ECOL-1994, con la categoría de protección especial y en peligro de extinción. En el político, la tenencia de la tierra (ejido o pequeña propiedad), representa un problema difícil de resolver para los estudios ó propuestas de conservación. Así por ejemplo, en el Rancho Ulloa que es propiedad privada, se dificulta el acceso a las poblaciones de *P. attenuata*. En cuanto a las localidades de Eréndira y San Vicente estas se encuentran dentro de una zona ejidal. Cabe señalar, que ninguna de las poblaciones de *Pinus attenuata* y *P. muricata* en México, tienen sus hábitats en áreas naturales protegidas decretadas.

En la parte biológica, la conservación sigue dos formas generales: *in situ* y *ex situ*. En el primer caso significa la conservación de árboles y rodales en poblaciones naturales; mientras que

ex situ, se refiere a la conservación de genes o complejos génicos en condiciones artificiales o cuando menos no en sus rodales nativos (Zobel y Talbert, 1988). Las estrategias de conservación para estas especies puede lograrse mediante la combinación de ambos procedimientos.

Para la conservación *in situ*, se recomienda un manejo adecuado del rodal para mantener la estructura genética deseada, considerando los siguientes puntos: a) un sistema silvícola de saneamiento en el caso de los árboles que han sido atacados por plagas (ej. *P. attenuata*); b) programas permanentes de limpia de árboles caídos; c) protección al fuego de las poblaciones en períodos de incendios de la vegetación de chaparral, mediante la apertura de líneas de fuego; d) vigilar posibles desmontes no autorizados, así como la tala ilegal (Foto 11), y e) proponer y establecer áreas naturales protegidas en la zona de distribución de estos bosques relictos.

En la conservación *ex situ* es importante realizar colecta de semillas para fomentar la creación de bancos de germoplasma, y así ayudar a conservar el recurso genético de estas especies. Es importante resaltar que los estudios de variación morfológica actualmente son de gran importancia para implementar programas de conservación de recursos genéticos en el manejo forestal, partiendo de que la diversidad genética es el elemento básico de todos los recursos renovables (Ledig, 1997).

El conocimiento de los caracteres morfológicos poco presentes (raros) en una población, representan un criterio de selección muy importante para conocer y comprender de forma precisa la variación morfológica en especies a promover y manejar programas que impliquen la recuperación de poblaciones de especies arbóreas en riesgo, por ejemplo de *P. attenuata* o *P. muricata* en nuestro caso. También, es necesario conocer cual es su patrón de variación

morfológica a través de su área de distribución, con el propósito de fomentar el establecimiento de aquellos individuos que morfológicamente están poco presentes en una población.

Actualmente, el Programa Nacional de Reforestación (PRONARE), la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) y el Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) implementan un programa para la propagación masiva de las especies utilizando semillas de las poblaciones de *P. attenuata* y *P. muricata*, con el fin de repoblar las áreas con recursos genéticos nativos (Com. per. Sepulveda 2000).



Foto 10. Carretera a Ejido Erendira que “corta” una población de *Pinus muricata*.



Foto 11. Area quemada de *Pinus muricata* y posteriormente talada, Ejido Erendira, Baja California.

VII. CONCLUSIONES

1. Los análisis estadísticos empleados mostraron ser eficientes para separar especies y en menor escala a nivel poblacional.
2. Se determinó que existen diferencias fenotípicas entre poblaciones y aún entre individuos de la misma población.
3. La mayoría de los árboles de *P. muricata* comparten características semejantes, por lo que es difícil distinguirse en el análisis su procedencia, sin embargo algunos individuos tienen características morfológicas que los hacen diferenciarse en las poblaciones.
4. Los análisis estadísticos utilizados, al igual que las técnicas de Biología Molecular, son ideales para la solución de problemas de variación morfológica inter e intra poblacional solo que más económicas.
5. Las variables seleccionadas que acumularon mayor variación, están relacionadas con estructuras evolutivas (C4, E2, C1, C2, A3, A2).
6. Se considera a los catáfilos como las características importantes para determinar variaciones morfológicas, no conociéndose reportes previos en estudios de variación morfológica.
7. Las variables anatómicas no resultaron importantes en el logro de los objetivos de este estudio.
8. Las variables morfológicas más importantes para separar especies fueron el número de acículas por fascículo y las dimensiones del cono.

9. Se deduce que las características seleccionadas por componentes principales (C4 y E2) no están correlacionadas, es decir no están determinadas por el mismo gen, ya que en el análisis estadístico empleado, una variable es excluida por estar correlacionada con la variable seleccionada.
10. El traslape encontrado por las características morfológicas semejantes entre árboles de las dos poblaciones de *P. muricata*, concuerda con su origen común.
11. Las diferencias morfológicas encontradas en los árboles de *P. muricata* y su tendencia a agruparse por localidades sugieren que debido al aislamiento geográfico en el que se encuentran, se esta forzando a presentarse un proceso incipiente de especiación.
12. *Pinus muricata*, presenta distribución dispersa rodeada de vegetación de tipo chaparral, estando fuertemente amenazadas sus poblaciones por el peligro latente a los incendios.
13. Si la deriva genética puede diversificar un conjunto de poblaciones inicialmente idénticas desde el punto de vista genético, pero aisladas geográficamente, se puede inferir a esta como la principal fuerza evolutiva que pudiera actuar sobre las poblaciones de *P. muricata*, aunque este proceso al azar es lento en términos de tiempo geológico, contribuye al cambio. La variable principal la constituye el tamaño de la población, que al ser pequeña dará lugar a que los cambios en las frecuencias génicas sean más evidentes y finalmente llevará a la fijación de variantes génicas.
14. Si estas poblaciones desaparecen en Baja California, y por lo tanto del país, habría una reducción del potencial genético ya que estas especies representan el límite más sureño, en condiciones climáticas y edáficas diferentes a las de California.

15. Se sugiere establecer un manejo de estas poblaciones para su conservación, siendo el principal interés conservar esas comunidades como potenciales bancos de germoplasma.
16. Dada la variabilidad morfológica encontrada en las poblaciones de *Pinus attenuata* y *P. muricata*, y siendo la estructura genética de la población un conocimiento básico para implementar un programa de mejoramiento genético forestal a largo plazo, se recomienda un manejo de los mismos destacando la importancia del germoplasma para los programas de conservación.
17. Finalmente, es necesario implementar campañas de concientización ambiental para la conservación de estas poblaciones de pinares, principalmente en aquellas comunidades cercanas o dentro de estos bosques.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aguirre, R. y D. G. Johnson. 1981. Situación Actual de los Recursos Naturales en el Noroeste de México. Reunión de Necesidades de Investigación sobre Fauna Silvestre y de Pastizales en el Norte de México Suroeste de los Estados Unidos. Arizona. COTECOCA-SARH. México. 26-29 pp.
- Anaya, A. L., J. Arévalo, E. M. Hentschel, J. J. Consejo y D. Gutiérrez. 1992. Las Areas Naturales Protegidas como alternativa de conservación: bosquejo histórico y problemática en México. En: A. L. Anaya (Ed.), *Las Areas Naturales Protegidas de México*. SEDUE. México. 15-37 pp.
- Anónimo, 1981. Carta de Vegetación. Escala 1: 250 000. INEGI. México.
- Anónimo, 2000. CRB: Mitochondrial DNA polymorphism in plant populations: analysis of subdivision and development of generalized PCR methodology. Oregon State University. <http://www.best.com/~workline/d/83/000d.htm>.
- Arteaga, M. B. 1988. *Pinus radiata* En México y el Mundo. Colegio de Postgraduados Chapingo, México. 88 pp.
- Axelrod, D. I. 1958. Evolution of the Madro-Tertiary geoflora. *Bot. Rev.* 24: 433-509.
- Axelrod, D. I. 1967. Evolution of the California Close-Cone Pine Forest. En: R. N. Philbrick (Ed.); *Symposium on the Biology of the California Islands*. Santa Barbara Bot. Gard. 93-149 pp.

- Axelrod, D. I. 1980. *History of the Maritime Closed-Cone Pines, Alta y Baja California*.
Universtiy of California. Vol. 20. 143 pp.
- Beltrán, E. 1982. *Introducción a la Estrategía Mundial para la Conservación*. UICN. 26
pp.
- Brown, D. 1982. Relict Conifer Forest and Woodlands. Biotic Communities of the
American Southwest-United States and México. *Desert Plants* 4(1-4):70-71.
- Crisci, J. V. y M. F. López. 1983. *Introducción a la Teoría y práctica de la Taxonomía
Numérica*. Cátedra de Introducción a la Taxonomía, Facultad de Ciencias Naturales
Universidad Nacional de la Plata. La Plata, Argentina. 132 pp.
- Critchfield, W. B., & E. L. Little Jr. 1966. *Geographic Distribution of the Pines of the
World*. U.S. Department of Agriculture. For. Serv. Misc. Pub. 991. Washington,
D.C. 97 pp.
- Critchfield, W. B. (1967). Crossability and relationships of the California closed-cone
pines. *Silvae Genet.* 16: 89-97.
- Cuanalo de la C., H. E. Ojeda T., A. Santos O. y C. A. Ortiz S. 1989. *Provincias,
Regiones y Subregiones Terrestres de México*. Colegio de Postgraduados Chapingo,
México. 624 pp.
- Delgadillo, J. 1988. Los Recursos Vegetales de Baja California: su conservación y
protección. Universidad Autónoma de Baja California. *Travesía* (12): 25-31.

- Delgadillo, J. 1998. *Florística y Ecología del Norte de Baja California*. 2da. ed., Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali B.C., México. 405 pp.
- Diario Oficial de la Federación. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de Flora y Fauna Silvestres, Terrestres y Acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección. Diario Oficial de la Federación. Tomo CDXXXVIII 10 (1): 1-60.
- Dvorak, W. S. y J. K. Donahue. 1993. La Cooperativa de Recursos de Coníferas de Centroamérica y México. CAMCORE Reseña de Investigaciones 1980-1992. Colegio de Recursos Forestales, Universidad Estatal de Carolina del Norte, Raleigh, NC. 94 pp.
- Eguiluz, P. T. 1985a. Origen y evolución del género *Pinus*: con referencia especial en los pinos mexicanos. *Dasonomía Mexicana*. 6(3):5-31.
- Eguiluz, P. T. 1985b. *Descripción Botánica de los Pinos Mexicanos*. IX Congreso Forestal Mundial. México. Julio 1-10. 45 pp.
- Farjon, A. 1984. *Pines: drawings and descriptions of the genus Pinus*. E. J. Brill, Leiden. 220 pp.
- Farjon, A. & B. Styles. 1997. *Pinus (Pinaceae) Flora Neotrópica*, Monograph 75. The New York Botanical Garden. New York. 271 pp.

- Farjon A., J. Pérez de la Rosa, B. Styles, 1997. *Guía de campo de los Pinos de México y América Central*. Royal Botanic Gardens, Kew. Instituto Forestal de Oxford, Universidad de Oxford, Bélgica. 151 pp.
- Favela L. S. 1988. *Taxonomy of some Mexican Pinus*. Tesis de Maestría. Oxford University, Inglaterra. 164 pp.
- Grant, V. 1989. *Especiación Vegetal*. Traducción de la 2da. ed. en Inglés por Edgar Crabtree Herre. Limusa. 587 pp.
- Griffin, J. & W. Critchfiel. 1972. *The Distribution of Forest Trees in California*. Berkeley, Calif. Pacific SW. Forest & Range Exp. Stn. 114 pp.
- Hickman, C. J. 1993. *The Jepson Manual* University of California Press., Beakeley and Los Angeles , Calif. USA. 1400 pp.
- James, F. C. y Ch. E. McCulloch. 1990. Multivariate Analysis in Ecology and Systematics: Panacea or Pandora's box? *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 21: 129-166.
- Jones, S. B. 1988. *Sistemática Vegetal*. 2a. ed., Edit. McGraw-Hill, México. 536 pp.
- Keeley, J. E. & P. H. Zedler. 1998. Evolution of life histories in *Pinus*. 219-251 pp. En: D. M. Richardson (Ed.). *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press. U. K.
- Kral, R. 1993. *Pinus*. En: Flora of North America. Editorial Committee (Ed.). Vol. 2 *Pteridophytes and Gymnosperms*. Oxford University Press. New York. 373-398 pp.

- Ledig, F. 1997. Conservación y Manejo de Recursos Genéticos Forestales. En: J.J. Vargas H., B. Bermejo V. y F.T. Ledig (Eds.). *Manejo de Recursos Genéticos Forestales*. Colegio de Postgraduados y Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 1-21 pp.
- Little, E. L. Jr. 1978. *Important Forest Trees of the United States*. U.S. Dep. Agric. Handb. 519, 70 pp. illus.
- Little, E. L. & W. Critchfield. 1969. *Subdivisions of the genus Pinus (pines)*. U.S. Department Agriculture. For. Serv. Misc. Pub.1144. Washington, D.C. 51 pp.
- Marín, O. J., I. Venegas y A. González. 1985. *Ecología I*. Edit. Patria, México. 179 pp.
- Martín, P. & B. E. Harrel. 1957. The Pleistocene history of temperate biotas in México and eastern United States. *Ecology* 38(3): 468-480.
- Martínez, M. 1948. *Los Pinos Mexicanos*. 2da. ed., Edit. Botas, México. 361 pp.
- Millar, C. I. 1986. The Californian closed cone pines (Subsection *Oocarpae*: Little and Critchfield, 1979): A taxonomic history and review. *Taxon* 35: 657-670.
- Millar, C. I. Strauss, H. S. Conkle, T. M. y Westfall, D. R. 1987. Allozyme differentiation and biosystematics of the californian closed-cone pines (subsection-*Oocarpae* Little and Critchfield). Mimeógrafo. 40 pp.
- Minnich, R. A. 1987. The Distribution of Forest Trees in Northern Baja California, México. *Madroño* 34(2): 98-127.
- Mirov, N. T. 1967. *The Genus Pinus*. Ronald Press Co. New York. 602 pp.

- Niembro, A. N., 1986 *Mecanismo de Reproducción Sexual en Pinos*. Edit. Limusa, México. 130 pp.
- Oberbauer, T. A. 1999. La Vegetación del Noroeste de Baja California. *Fremontia*. Edición Especial. 16-22.
- Peinado, M., F. Alcaráz, J. Delgadillo y I. Aguado. 1994. Fitogeografía de la Península de Baja California. México. *Anales Jard. Bot. Madrid* 51(2):255-277.
- Pérez de la Rosa J. A. 1993. *Taxonomía de Pinus ayacahuite y Pinus strobiformis*. Tesis de Maestría, Colegio de postgraduados. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas Centro de Botánica Montecillo, México. 100 pp.
- Pérez, O. F. 1984. *Proyecto: Protección forestal. subproyecto: especies amenazadas*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales del Noroeste. Centro experimental Forestal Ensenada B. C. 32 pp.
- Perry, J. P. Jr. 1991. *The Pines of México and Central America*. Timber Press, Portland, Oregon. 231pp.
- Pilger, R. 1926. *Genus Pinus*. En: Die Natürlichen Pflanz en familien. Vol. XIII. Gymnospermae. 331-342 pp. Engler and Pratl. (eds.); Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- Pla, L.E. 1986. *Análisis Multivariado: método de componentes principales*. Departamento de Producción Vegetal Area de Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda Coro, Falcón,

- Venezuela, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
Washington, D. C.
- Price, R. A., A. Liston, & S. H. Strauss. 1998. *Phylogeny and systematics of Pinus*. En: D. M. Richardson (ed.). *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press. U. K. 49-68 pp.
- Rico, C. J. 1997. *Variación Morfológica en Pinus radiata var. binata (Engelm.) Lemmon y Pinus radiata var. cedrosensis (Howell) Axelrod, de Isla Guadalupe e Isla Cedros, B.C.N. México*. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 105 pp.
- Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México*. Edit. Limusa, México. 432 pp.
- SAS Institute Inc. 1983. *Guía introductoria al SAS*: Edición revisada. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA 104 pp.
- SAS Institute Inc. 1988. *SAS/STAT User's Guide*. Release 6.03 Edition. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA 957 pp.
- Shaw, G. R. 1914. *The Genus Pinus*. Publ. Arnold Arb. 1. Cambridge, Mass. 96 pp.
- Sneath, P. H. A., & R. R. Sokal. 1973. *Numerical Taxonomy: the principles and practice of numerical classification*. Freeman and company. San Francisco. 573 pp.
- Sokal, R. R. & C. D. Michener. 1967. The effects of different numerical techniques on the phenetic classification of bees of the *Hoplitis* complex (Megachilidae). *Proc. Linn. Soc. Lond.* 178, 59

- Stuessy, T. F., 1990. *Plant Taxonomy the Systematic Evaluation of comparative data*.
Columbia University Press New York. 514 pp.
- Styles, B. T. 1993. *Genus Pinus: a mexican purview*. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A.
Lot & J. Fa (Eds.) *Biological Diversity of México: origin and distribution*. Oxford
University Press. New York. 397-420 pp.
- Thieret, J. W. 1993. Pinaceae Lindley Pine Family. In: *Flora of North America*. 1993.
Vol. II. Pteridophytes and Gymnosperms. Oxford University Press. New York. 475
pp.
- Toledo, V., J. Carabias, C. Toledo y C. González-Pacheco. 1989. *La producción rural en
México: alternativas ecológicas*. Edit. Fundación Universo 21, México. 402 pp.
- Toledo, V. M. 1994. La Diversidad Biológica de México. Nuevos retos para la
investigación en los noventas. *Ciencia* 34: 43-59 pp.
- Van der Burgh, 1984. Phylogeny and biogeography of the genus *Pinus*. In: A. Farjon
(ed.). *Pines: drawings and descriptions of the genus Pinus*. E. J. Brill/ Dr. W.
Backhuys. Leiden, Netherlands. pp. 199-206.
- Vidakovic, M. 1991. *Conifers: morphology and variation*. Graficki Zavod Hrvatske.
Zagreb. 754 pp.
- Villaseñor, J. L. y T. S. Elias. 1989. Endemism and Conservation in Baja California,
México. Presentado en el Primer Simposio sobre Recursos Vegetales. Esc. Sup. de

- Ciencias. UABC y Rancho Sta. Ana Botanical Garden. Ensenada B. C. México. 1-29 pp.
- Went, F. 1980. *Las Plantas*. 2da. ed. CECSA, México. 194 pp.
- Wiggins, I. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press. Stanford California. 1,025 pp.
- Zobel, B. y J. Talbert. 1988. *Técnicas de Mejoramiento Genético de árboles Forestales*. Ed. Limusa, México. 515 pp.

APENDICE

APENDICE 1. Matriz de Datos

Las columnas con dos letras, corresponden a la localidad y número de árbol.

Las columnas con letra y número corresponde a los caracteres medidos.

Local	A1	A2	A3	A5	A6	A8	A10	A16	A17	C1	C2	C4	C5	E2	E3	E4	S1	S2	M1	M2	M4
AA	3	0.9	0.3	11.8	0.2	1	14	0	4	0	0	13.5	4.8	4.1	1.2	1.65	0.71	0.5	1.39	0.42	8
AB	3	1.2	0.3	9.9	0.3	1	14	0	5	0	0	12.5	4	4.2	1.2	1.5	0.6	0.4	1.89	0.49	8
AC	3	0.6	0.35	11.6	0.2	0.7	15	0	7	0	0	12	5.5	4.3	1.28	2	0.7	0.55	1.51	0.5	8
AD	3	0.6	0.4	15.8	0.2	0.5	14	0	8	0	0	9.5	5.2	4	1.1	1.7	0.8	0.5			
AE	3	0.7	0.3	11	0.2	0.7	14	0	5	0	0	11.5	5	4.4	1.3	1.9	0.7	0.4			
AF	3	0.63	0.21	13.52	0.2	0.7	17	0	14	0	0	9.3	4.9	4.2	1	1.31	0.76	0.39	1.51	0.41	8
AG	4	0.8	0.28	16.15	0.2	0.7	15	0	14	0	0	10.3	4.3	3.6	1.01	1.38	0.62	0.39	1.51	0.48	8
AH	4	1.1	0.26	9.5	0.2	0.9	18	0	10	0	0	11.7	4.5	3.3	0.9	1.21	0.62	0.32	1.32	0.5	8
AI	3	0.66	0.28	12.1	0.2	0.6	16	2	8	0	0	8.2	4.4	3.5	0.75	1.23	0.62	0.29	1.4	0.4	8
AJ	3	0.77	0.29	10.32	0.2	0.49	15	0	4	0	0	10.3	4.2	3.6	0.95	1.29	0.65	0.31	1.48	0.5	7
AK	3	0.55	0.2	13.9	0.2	0.59	14	0	4	0	0	9.7	3.9	4.2	1.12	1.51	0.65	0.4	1.22	0.4	8
AL	3	0.83	0.3	14.4	0.2	0.6	18	0	4	0	0	10.2	4.5	4.6	1.32	1.7	0.61	0.42	1.8	0.5	8
AM	3	0.44	0.2	10.2	0.2	0.3	19	0	10	0	0	12.7	5.1	4	1.05	1.58	0.8	0.41	1.45	0.5	8
AN	3	1.11	0.21	12.41	0.2	0.7	10	1	8	0	0	10.8	4.7	4.4	1.12	1.4	0.72	0.4	1.27	0.49	8
AO	3	0.58	0.2	16.2	0.2	0.65	12	0	5	0	0	10.5	5.42	4.3	1.3	1.52	0.61	0.37	1.56	0.5	6
AP	4	0.64	0.21	13.8	0.2	0.6	14	9	3	0	0	9.5	4.6	4.3	1.11	1.61	0.71	0.42	2	0.6	8
AQ	3	0.81	0.24	15.7	0.2	0.5	14	0	7	0	0	11.8	4.7	4.9	1.19	1.62	0.82	0.43	1.3	0.49	9
AR	3	0.96	0.29	12.91	0.2	0.61	17	3	5	0	0	8.3	3.6	3.9	1.02	1.51	0.61	0.33	1.7	0.46	9
AS	3	1.17	0.38	14	0.2	0.9	15	2	8	0	0	10.3	4.3	4	0.9	1.5	0.7	0.36	1.91	0.53	10
AT	4	0.82	0.24	12.5	0.2	0.4	17	0	5	0	0	8.3	4.4	2.6	0.83	1.34	0.55	0.34	0.8	0.4	8
AU	3	0.8	0.28	17.32	0.2	0.69	14	0	10	0	0	10.4	4.3	4	1.2	1.59	0.84	0.37	0.8	0.45	8
AV	3	0.79	0.21	10.11	0.2	0.5	16	0	11	0	0	12	4.9	4.5	1.18	1.76	0.64	0.38	1.13	0.46	8
AW	3	0.99	0.3	18	0.2	0.7	13	0	13	1.3	1	10.3	4.2	3.4	0.99	1.5	0.68	0.33	1.15	0.5	9
AX	3	1.13	0.3	14.7	0.2	0.68	12	3	11	0	0	13.6	5.3	4.3	1.1	2.1	0.76	0.43	1.56	0.58	12
AY	3	0.7	0.29	15.50	0.2	0.5	14	5	6	0	0	11.9	4.9	4.2	1.19	1.8	0.8	0.37	1.46	0.47	8
AZ	3	0.78	0.22	14.02	0.2	0.69	16	0	3	0.9	0.9	8.6	4	3.9	1.09	1.4	0.74	0.3	1.45	0.4	8
BA	2	0.7	0.25	12.00	0.1	0.4	15	0	2	0	0	5.2	3.6	2.3	0.8	2.2	0.66	0.31	0.92	0.29	6
BB	2	0.42	0.3	14.70	0.2	0.4	18	0	3	0	0	4	3.2	1.7	1.1	0.8	0.51	0.3	0.83	0.32	8
BC	2	1	0.3	14.50	0.2	0.9	20	4	4	0	0	6.5	3.8	2.4	0.8	1.3	0.7	0.4	1.34	0.38	6
BD	2	0.9	0.3	14.10	0.3	0.8	21	5	3	0	0	4.9	4.4	2.3	0.7	1.4	0.6	0.4	0.8	0.3	8
BE	2	0.8	0.3	11.90	0.2	0.5	22	0	11	0	0	6.3	4.6	2.3	0.7	1.2	0.7	0.4	1	0.3	8

Local	A1	A2	A3	A5	A6	A8	A10	A16	A17	C1	C2	C4	C5	E2	E3	E4	S1	S2	M1	M2	M4
BF	2	0.5	0.2	11.40	0.2	0.6	17	4	6	0	0	4.9	3.6	2	0.7	1.4	0.6	0.4	0.97	0.33	8
BG	2	0.6	0.3	10.10	0.2	0.7	16	3	5	0	0	6.5	3.7	2.2	0.7	1.2	0.66	0.35	0.96	0.32	8
BH	2	0.6	0.2	13.70	0.3	1	16	0	8	0	0	5.8	3.5	2	0.7	1.1	0.6	0.4	0.95	0.32	8
BI	2	0.8	0.38	13.60	0.2	0.7	18	1	7	0	0	7.4	3.4	2.5	0.9	1.5	0.68	0.35	1.12	0.38	7
BJ	2	0.8	0.35	13.90	0.3	0.7	21	5	7	0	0	7	3.7	2.9	1	1.4	0.7	0.4	1.3	0.39	8
BK	2	0.8	0.3	12.70	0.3	0.6	20	0	10	0	0	8.3	4.1	2.7	0.8	1.5	0.7	0.35	1.37	0.39	6
BL	2	1.3	0.39	13.40	0.2	0.69	19	3	6	0	0	5.7	4	2.6	1.35	1.29	0.7	0.33	1.8	0.32	6
BM	2	1.1	0.3	12.70	0.2	0.5	23	2	2	0	0	6.8	3.8	2.7	1.1	1.4	0.58	0.32	1.3	0.38	6
BN	2	1.1	0.4	12.69	0.2	0.7	24	0	9	0	0	6.1	3.7	2.2	1.4	1	0.55	0.33	0.85	0.3	7
BO	2	0.8	0.25	16.40	0.2	0.52	18	1	2	0	0	7.4	4.35	3.3	1.25	1.51	0.8	0.4	0.8	0.29	6
BP	2	0.9	0.3	13.30	0.2	0.75	27	2	8	0	0	6.7	4.4	2.9	1.5	1.24	0.68	0.35	0.95	0.31	6
BQ	2	1.1	0.35	15.30	0.3	0.6	25	4	7	0	0	6.9	4.1	1.9	0.58	0.94	0.58	0.31	0.66	0.29	5
BR	2	1	0.25	13.50	0.2	0.41	25	0	11	0	0	6	3.25	2.7	1.2	1.15	0.61	0.32	0.69	0.31	6
BS	3	0.71	0.3	14.00	0.2	0.5	23	0	10	0	0	5.1	3.3	1.9	0.92	1	0.53	0.28	0.9	0.31	8
BT	2	0.75	0.24	14.4	0.2	0.3	18	4	2	0	0	6.6	3.48	2.8	1	1.34	0.75	0.32	0.56	0.33	8
BU	2	1.4	0.41	14.1	0.2	0.42	26	4	2	0	0	4.9	3	2.4	0.84	0.95	0.65	0.3	1.1	0.39	7
BV	2	1.3	0.37	12.9	0.2	0.41	21	6	3	0	0	6	3.43	2.5	1.2	1.2	0.64	0.36	1.2	0.38	7
3W	2	1.2	0.3	15.92	0.2	0.75	24	4	4	0	0	6.9	4.8	2.5	0.71	1.3	0.7	0.3	1.4	0.42	5
BX	2	0.92	0.22	13.9	0.1	0.29	24	0	2	0	0	4.16	3	2.2	1	0.9	0.51	0.23	0.78	0.3	8
BY	2	1.2	0.34	16.7	0.2	0.6	19	3	4	0	0	6.3	3.9	2.8	1.1	1.45	0.59	0.31	1	0.29	7
BZ	3	1.16	0.3	16.51	0.2	0.51	19	4	6	0	0	7.45	4.59	3	1.44	1.3	0.86	0.4	0.79	0.31	5
CA	2	0.89	0.22	9.8	0.2	0.7	18	2	10	0	0	5.18	2.18	2	0.75	0.96	0.42	0.28	0.86	0.36	6
CB	2	0.94	0.3	15.3	0.2	0.6	25	3	8	0	0	6.4	3.4	2.8	0.71	1.3	0.64	0.38	1.24	0.49	5
CC	2	0.79	0.21	9.9	0.2	0.41	15	4	2	0	0	6.1	3.22	2.5	0.69	1.1	0.6	0.35	0.98	0.21	6
CD	2	0.92	0.3	9.48	0.2	0.44	28	1	9	0	0	7.8	3.58	3.9	1.1	1.4	0.62	0.33	1.24	0.38	6
CE	3	1.05	0.35	13.2	0.2	0.4	22	3	5	0	0	7.1	3.7	3.4	1	1.42	0.68	0.31	0.76	0.4	6
CF	2	0.99	0.39	13.7	0.2	0.3	24	3	3	0	0	7.1	3.38	2.5	1.28	0.9	0.62	0.3	0.77	0.3	6
CG	2	0.96	0.21	12.59	0.2	0.3	22	3	4	0	0	5.9	3.11	2.7	1.07	1.12	0.67	0.38	0.86	0.32	6
CH	2	0.51	0.2	9.1	0.2	0.5	22	4	2	0	0	4.71	2.5	2.2	0.84	0.79	0.54	0.3	0.78	0.36	8
CI	2	0.82	0.21	11.76	0.2	0.35	21	5	5	0	0	6.2	3.23	2.6	0.94	1.19	0.62	0.38	0.97	0.41	5
CJ	2	0.45	0.2	11.48	0.2	0.32	22	3	7	0	0	7.21	3.42	3.2	0.89	1.19	0.62	0.32	1.1	0.36	6
CK	2	0.8	0.34	13.1	0.2	0.5	25	4	5	0	0	5.9	2.9	2.5	0.68	0.95	0.59	0.32	0.84	0.41	6
CL	2	0.71	0.29	9.9	0.2	0.42	21	3	2	0	0	6.72	3.2	2.8	0.9	1.21	0.62	0.38	0.92	0.4	6
CM	2	0.6	0.22	11.85	0.2	0.4	21	2	2	0	0	6.2	3.3	2.1	1.2	0.7	0.6	0.3	0.82	0.3	6
CN	2	0.99	0.39	12	0.3	0.5	21	0	10	0	0	6	2.9	2.7	0.95	1.15	0.65	0.39	1.1	0.37	6
CO	2	0.58	0.21	12.8	0.2	0.32	20	2	4	0	0	6.63	3.19	3.1	0.94	1.2	0.59	0.31	0.78	0.39	6

Local	A1	A2	A3	A5	A6	A8	A10	A16	A17	C1	C2	C4	C5	E2	E3	E4	S1	S2	M1	M2	M4
CP	2	2.03	0.28	15.99	0.2	0.5	18	0	7	0	0	7.42	3.5	2.6	0.89	1.38	0.67	0.34			
CQ	2	0.64	0.28	11.9	0.2	0.4	25	3	7	0	0	7.1	3.58	2.9	0.82	1.29	0.63	0.35	0.82	0.38	9
CR	2	0.51	0.22	14.21	0.2	0.4	23	4	7	0	0	5.6	3.31	2.3	0.69	1	0.65	0.33	1	0.39	8
CS	2	0.7	0.28	12.3	0.2	0.48	22	0	10	0	0	7.37	3.64	2.8	1.29	1.6	0.7	0.38	0.97	0.43	8
CT	2	1.1	0.29	11.25	0.2	0.4	27	2	8	0.7	1	6.25	3.21	2.6	0.92	1.36	0.62	0.35	1.29	0.45	8
CU	2	0.7	0.24	9.9	0.2	0.4	24	5	3	0	0	6.43	2.82	2	0.73	1.15	0.63	0.3	1.24	0.39	8
CV	2	0.83	0.24	10.4	0.2	0.7	25	1	4	0	0	6.15	3.3	3.4	0.9	1.14	0.63	0.32	1.1	0.42	6
CW	2	1.2	0.33	10.1	0.2	0.6	26	4	4	0	0	5.71	2.89	2.9	0.7	1.3	0.56	0.29	1.29	0.48	5
CX	2	0.69	0.28	12.5	0.2	0.5	25	3	5	0	0	7.47	3.2	2.8	1	1.39	0.67	0.39	1.32	0.42	6
CY	2	0.52	0.29	12.9	0.2	0.5	23	2	8	0	0	6.31	3.06	2.6	0.99	1.3	0.62	0.32	1.1	0.39	6