

28, No 77

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Variación del Tamaño de la Semilla, la Germinación
y la Asignación de Energía, en Plántulas de
Brosimum alicastrum Swartz, en Veracruz, México.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

p r e s e n t a:

LAURO LOPEZ MATA

México, D.F.

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

El estudio genecológico de *Brosimum alicastrum* Sw., árbol dominante de las selvas tropicales de México y Centroamérica, fue realizado en parte de su rango. Se analizaron 9 procedencias de Veracruz, México a lo largo de un gradiente latitudinal. Las semillas se colectaron al azar de 5 a 10 individuos de cada localidad. La variación entre procedencias fue analizada con base en 6 caracteres, los cuales incluyeron el peso de la semilla (asociada con su diámetro), tasa de germinación, porcentaje de germinación, tasa de crecimiento y altura de las plántulas y la asignación de energía hacia los tejidos de la plántula con base en el peso seco de la raíz, tallo y hojas.

De acuerdo con el análisis de componentes principales los resultados encontrados permiten concluir la existencia de variación ecoclinal para el tamaño de la semilla (peso y diámetro) y para la asignación de energía hacia las raíces de las plántulas, los cuales están bien correlacionados con algunos factores climáticos. Se demostró también que el tamaño de la semilla determina el tamaño inicial de la plántula. El tamaño de la semilla y el tamaño relativo de la raíz se incrementan a medida que se acentúa el hábitat xérico de las localidades de procedencia, lo cual podría ser el resultado de una estrategia adaptativa de la especie en respuesta a prolongados períodos de sequía o deficientes suministros de agua durante la fase inicial de crecimiento y establecimiento *in situ* de las plántulas. Esto último fue particularmente evidenciado por la estratificación en 5 clases de tamaño de la semilla.

Finalmente, se recomienda realizar estudios sobre la ecología de la germinación bajo condiciones controladas, ya que los resultados obtenidos de su comportamiento no son concluyentes.

SUMMARY

A genecological study of *Brosimum alicastrum* Sw., a dominant tree of the tropical forests of Mexico and Central America, was conducted within a limited area at its natural range. Nine provenances located along a latitudinal gradient were analyzed from Veracruz, Mexico. Seeds were randomly collected from 5 to 10 individuals from each locality. The variation between provenances was analyzed based on six characters, i.e. seed weight (associated with seed diameter), germination rate and percent germination, growth rate and seedling height, and energy allocation to various seedling tissues based on the dry weight of roots, stems and leaves.

The results obtained by the use of a principal component analysis indicate the existence of ecoclinal variation in seed size (weight and diameter) and in energy allocation to the roots of the seedlings, both of which are well correlated with several climatic factors. It is also demonstrated that seed size strongly influences initial seedling size. Seed size and the relative size of seedling roots increased in response to the dryness of the habitat from each provenance, suggesting an adaptive strategy of the species in response to the prolonged dry seasons and water deficits which occur during the initial phase of seedling growth and establishment. The latter was particularly evident when the seeds were stratified into five size classes.

Finally, it is recommended that further studies on the ecology of germination be conducted under controlled conditions, as the results obtained from this study are not completely conclusive.

I N D I C E

Indice de Tablas	vi
Indice de Figuras	ix
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	3
Variación Clinal	7
Variación Ecotípica	11
OBJETIVO	16
MATERIAL Y METODO	17
Especie de Estudio: <i>Eragrostis alicastriana</i> Sw.	17
Taxonomía	17
Descripción	18
Distribución	20
Métodos de Estudio sobre la Variación de Plantas Leñosas	22
Localización Geográfica y Generalidades Climáticas de Los Sitios Colectados	22
Método de Colecta del Material	23
Análisis Global de la Población de Semillas	25
Análisis Estratificado de las Poblaciones de Semilla	26
Germinación de las Semillas	26
Trasplante y Crecimiento de las Plántulas bajo Condi- ciones Ambientales Uniformes	27
Cosecha	28
Análisis Estadísticos	29
Análisis de Varianza para un solo Factor	30
Análisis de Varianza entre Zonas Geográficas	30
Análisis de Varianza entre Clases de Tamaño	30
Análisis de Rango Múltiple (SNK)	31
Análisis de Componentes Principales	31
RESULTADOS Y DISCUSION	33
Análisis Global de las Poblaciones de Semillas de <i>Eragrostis alicastriana</i> Sw.	33
Tamaño de la Semilla	33
Comportamiento Germinativo	34
Asignación de Energía	36
Análisis de Componentes Principales	38
Matriz de Coeficientes de Correlación Lineal	38
Componentes Principales (Ejes)	39

Discusión	42
Análisis Estratificado del Tamaño de la Semilla	49
Análisis Estratificado	50
Tamaño de la Semilla: Clase 1	50
Comportamiento Germinativo	52
Asignación de Energía	52
Análisis de Componentes Principales	54
Matriz de Coeficientes de Correlación	54
Componentes Principales	56
Tamaño de la Semilla: Clase 2	57
Comportamiento Germinativo	58
Asignación de Energía	58
Análisis de Componentes Principales	60
Matriz de Coeficientes de Correlación	60
Componentes Principales	60
Tamaño de la Semilla: Clase 3	62
Comportamiento Germinativo	62
Asignación de Energía	63
Análisis de Componentes Principales	64
Matriz de Coeficientes de Correlación	64
Componentes Principales	66
Tamaño de la Semilla: Clase 4	67
Comportamiento Germinativo	67
Asignación de Energía	68
Análisis de Componentes Principales	69
Matriz de Coeficientes de Correlación	69
Componentes Principales	71
Tamaño de la Semilla: Clase 5	72
Comportamiento Germinativo	73
Asignación de Energía	73
Análisis de Componentes Principales	74
Matriz de Coeficientes de Correlación	74
Componentes Principales	77
Discusión	78
CONCLUSIONES	85
LITERATURA CITADA	88
APENDICE A	95

INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Expresión sexual de <i>Brosimum alicastrum</i> registrada por varios autores.	20
2	Localización geográfica y factores climáticos de cada una de las 9 localidades de procedencia de la semilla de <i>Brosimum alicastrum</i> .	23
3	Clave de identificación de las 22 variables incluidas para el análisis, interpretación y discusión de los resultados.	29
4	Variación del tamaño y contenido de humedad de la semilla de <i>Brosimum alicastrum</i> en el gradiente latitudinal estudiado.	33
5	Resumen del análisis de rango múltiple de DNK para el carácter tamaño de la semilla de <i>Brosimum alicastrum</i> de los 9 sitios estudiados.	35
6	Resultados del tiempo de germinación para los 4 niveles porcentuales para la población de <i>Brosimum alicastrum</i> en el gradiente estudiado.	35
7	Asignación de energía (g) hacia la raíz, el tallo y hojas en plántulas de <i>Brosimum alicastrum</i> de las 9 localidades de procedencia colectadas.	36
8	Resumen del análisis de rango múltiple de SNK para el carácter peso seco de la raíz, el tallo y las hojas de <i>Brosimum alicastrum</i> de los 9 sitios estudiados.	37
9	Coefficientes de correlación lineal entre el origen geográfico, las variables climáticas y las características de la progenie de <i>Brosimum alicastrum</i> , de las 9 localidades de procedencia de la semilla.	38
10	Resultados del análisis de componentes principales para las características de la progenie de <i>Brosimum alicastrum</i> , las variables climáticas y el origen geográfico.	40
11	Rango de clases de tamaño de la semilla de <i>Brosimum alicastrum</i> , incluidas en el gradiente latitudinal colectado.	49
12	Frecuencias relativas para las 5 clases de tamaño de la semilla de <i>Brosimum alicastrum</i> en cada localidad.	50
13	Resultados del comportamiento germinativo de la semilla de <i>Brosimum alicastrum</i> , clase 1, de cada localidad colectada.	52

Tabla		Página
14	Asignación de energía (g) hacia la raíz, el tallo y las hojas en plántulas de <i>Brosímum alicastrum</i> para la clase 1 de las 9 localidades de procedencia colectadas.	53
15	Resumen del análisis de rango múltiple de SNK para el carácter peso seco de la raíz y peso seco del tallo de las plántulas de la clase 1 de <i>Brosímum alicastrum</i> de los 9 sitios estudiados.	53
16	Coeficientes de correlación lineal entre el origen geográfico, los factores climáticos y las características de la progenie de la clase 1 de <i>Brosímum alicastrum</i> de las 9 localidades de procedencia estudiadas.	54
17	Resultado del análisis de componentes principales de las características de la progenie de la clase 1 de <i>Brosímum alicastrum</i> , las variables climáticas y el origen geográfico.	56
18	Resultado del comportamiento germinativo de la semilla de <i>Brosímum alicastrum</i> , clase 2, de cada localidad colectada.	58
19	Asignación de energía (g) hacia la raíz, el tallo y las hojas en plántulas de <i>Brosímum alicastrum</i> para la clase 2, de las 9 localidades de procedencia colectadas.	59
20	Resultado del análisis de rango múltiple de SNK para el carácter peso seco de la raíz y peso seco del tallo de las plántulas de la clase 2 de <i>Brosímum alicastrum</i> de los 9 sitios estudiados.	59
21	Coeficientes de correlación lineal entre el origen geográfico, los factores climáticos y las características de la progenie de la clase 2 de <i>Brosímum alicastrum</i> de las 9 localidades de procedencia estudiadas.	60
22	Resultado del análisis de componentes principales de las características de la progenie de la clase 2 de <i>Brosímum alicastrum</i> , las variables climáticas y el origen geográfico.	61
23	Resultados del comportamiento germinativo de la semilla de <i>Brosímum alicastrum</i> , clase 3, de cada localidad colectada.	63
24	Asignación de energía (g) hacia la raíz, el tallo y las hojas de plántulas de <i>Brosímum alicastrum</i> para la clase 3 de las 9 localidades de procedencia colectadas.	63
25	Resumen del análisis de rango múltiple de SNK para el carácter peso seco de la raíz y peso seco del tallo de las plántulas de la clase 3 de <i>Brosímum alicastrum</i> de los 9 sitios estudiados.	64

Tabla		Página
26	Coeficientes de correlación lineal entre el origen geográfico, los factores climáticos y las características de la progenie de la clase 3 de <i>Brosimum alicastrum</i> de las 9 localidades de procedencia estudiadas.	65
27	Resultado del análisis de componentes principales de las características de la progenie de la clase 3 de <i>Brosimum alicastrum</i> , las variables climáticas y el origen geográfico.	66
28	Resultado del comportamiento germinativo de la semilla de <i>Brosimum alicastrum</i> , clase 4, de cada localidad colectada.	68
29	Asignación de energía (g) hacia la raíz, el tallo y las hojas de plántulas de <i>Brosimum alicastrum</i> para la clase 4 de las 6 localidades de procedencia colectadas.	68
30	Análisis de rango múltiple de SNK para la variable peso seco de la raíz de la clase 4 de <i>Brosimum alicastrum</i> , de los 6 sitios estudiados.	69
31	Coeficientes de correlación lineal entre el origen geográfico, los factores climáticos y las características de la progenie de la clase 4 de <i>Brosimum alicastrum</i> de las 6 localidades de procedencia estudiadas.	70
32	Resultado del análisis de componentes principales de las características de la progenie de la clase 4 de <i>Brosimum alicastrum</i> , las variables climáticas y el origen geográfico.	72
33	Resultado del comportamiento germinativo de la semilla de <i>Brosimum alicastrum</i> , clase 5, de cada localidad colectada.	73
34	Asignación de energía (g) hacia la raíz, el tallo y las hojas en plántulas de <i>Brosimum alicastrum</i> para la clase 5 de las localidades de procedencia colectadas.	74
35	Análisis de rango múltiple de SNK para el carácter peso seco de la raíz para la clase 5 de <i>Brosimum alicastrum</i> de los sitios estudiados.	74
36	Coeficientes de correlación lineal entre el origen geográfico, los factores climáticos y las características de la progenie de la clase 5 de <i>Brosimum alicastrum</i> de las localidades de procedencia estudiadas.	75
37	Resultado del análisis de componentes principales de las características de la progenie de la clase 5 de <i>Brosimum alicastrum</i> , las variables climáticas y el origen geográfico.	77

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Distribución geográfica conocida de <i>Brosímon allicastrum</i> en México (Tomado de Rzedoski, 1978).	21
2	Origen geográfico de las poblaciones de semillas de <i>Brosímon allicastrum</i> procedentes de las 9 localidades estudiadas	24
3	Regresión lineal entre la variación del peso de la semilla de <i>Brosímon allicastrum</i> y la latitud.	34
4	Poligonos de distribución de frecuencias relativas del tamaño de la semilla de <i>Brosímon allicastrum</i> en cada una de las 9 localidades estudiadas.	51
5	Regresión lineal entre la latitud y el peso seco total de las plántulas de <i>Brosímon allicastrum</i> de las 9 localidades de procedencia de la semilla de la clase 1.	55
6	Regresión lineal entre la lluvia invernal y el tamaño relativo de la raíz de <i>Brosímon allicastrum</i> de las 9 localidades de procedencia de la semilla de la clase 1.	55
7	Variación latitudinal de la frecuencia de aparición de la clase 2 de tamaño de la semilla de <i>Brosímon allicastrum</i> dentro del gradiente estudiado.	57
8	Regresión lineal entre la latitud y el peso seco total de las plántulas de <i>Brosímon allicastrum</i> de las 9 localidades de procedencia de la semilla de la clase 2.	61
9	Regresión lineal entre la latitud y el tamaño relativo de la raíz de las plántulas de <i>Brosímon allicastrum</i> de las 9 localidades de procedencia de la semilla de la clase 3.	65
10	Regresión lineal entre el peso seco de la raíz y el peso seco total de las plántulas de <i>Brosímon allicastrum</i> de las 6 localidades de procedencia de la semilla de la clase 4.	71
11	Regresión lineal entre la latitud y el peso seco total de las plántulas de <i>Brosímon allicastrum</i> de las 5 localidades de procedencia de la semilla de la clase 5.	76
12	Regresión lineal entre la oscilación de la temperatura y el peso seco total de las plántulas de <i>Brosímon allicastrum</i> de las 5 localidades de procedencia de la semilla de la clase 5.	76
13	Climogramas de las 9 localidades de procedencia de la semilla de <i>Brosímon allicastrum</i> .	96

INTRODUCCION

Los individuos pertenecientes a la misma especie, difieren unos de otros en mayor o menor grado; esta afirmación ha permitido generar otra en el mismo sentido, pero de carácter más general, según la cual la variación orgánica es un fenómeno universal.

Los argumentos que presentó Darwin en su libro *El Origen de las Especies*, publicado en 1859, condujeron a abandonar la doctrina de la fijez de las especies en las ciencias biológicas. Darwin arguyó que aunque existían tipos de especies morfológicas, éstos se originaban por selección natural de entre los miembros variantes de las especies preexistentes. Es decir, que todas las formas de vida han descendido de otras, por medio de un proceso gradual de modificaciones a través de mecanismos naturales (Stansfield, 1977).

Por consiguiente el problema de la variación intraespecífica es esencialmente de tipo evolutivo y, de acuerdo con Gould & Johnston (1972), este problema se centra en tratar de elucidar, cómo esta variación se encuentra distribuida en el espacio, cuál es la causa de su distribución y finalmente, con qué variables ambientales está correlacionada; asumiendo que si gran parte de la variación es ordenada por la selección natural, entonces las correlaciones entre las variables morfológicas y ambientales serán elevadas y éstas deberán influir sobre la adaptación de los organismos.

Las especies, lejos de poseer un genotipo idealizado, presentan considerable variabilidad genética, tanto dentro de una población como entre

diferentes poblaciones de la misma especie; esta variabilidad genética, en general, varía directamente con la extensión del rango de distribución y con la diversidad de hábitats ocupados por ellas (Daubenmire, 1974; Gabriel, 1978).

Estos cambios genéticos, de los que las especies se benefician para adaptarse a sus ambientes, son básicamente los responsables del progreso evolutivo. Asimismo, la mayoría de las adaptaciones, se originan por la acción selectiva del ambiente, el cual opera como un tamíz sobre la variación genética de las especies. Sin embargo, no toda la variación está genéticamente fijada, distinguiéndose una de otra en que la variación ambientalmente inducida es reversible, mientras que las variaciones genéticamente fijadas son generalmente irreversibles y se originan por mutaciones o cambios en la estructura de los genes, por cambios cromosómicos o rearreglos de los genes en los cromosomas, por recombinación de genes en el curso de la reproducción sexual, por hibridación entre especies relacionadas si los híbridos son fértiles y finalmente, por la segregación defectuosa de los cromosomas durante el proceso de la mitosis o meiosis, lo cual produce cambios en el número de cromosomas por célula germinal.

ANTECEDENTES

A principios de la década de los 20's, el botánico sueco Göte Turesson logró demostrar que la habilidad de los organismos para ocupar un amplio rango de hábitats, depende no solo de su tolerancia ecológica a este rango de condiciones ambientales, sino también de la modificación genética a través de selección natural (Antonovics, 1971), es decir, modificaciones del tipo propuestas por Darwin.

Turesson (1923) acuñó el término genecología (del griego γενός, raza; οίκος, casa y λόγος, tratado), para referirse a estos estudios y diferenciarlos de los autoecológicos y sinecológicos. Los primeros enfocados hacia el estudio de las interrelaciones de los individuos y su ambiente y los segundos relacionados con la estructura, desarrollo, función y causas de la distribución de las comunidades de plantas.

Recientemente, el término genecología ha sido aplicado para denotar con él los experimentos relacionados con la variación de las plantas en respuesta a su ambiente y básicamente ha tenido dos concepciones diferentes. Una representada por Heslop-Harrison (1964) y Bennett (1964) y otra representada por Langlet (1971). Para los dos primeros, la genecología es una disciplina sintética. Para Bennett (1964) es una ciencia que reúne a la evolución, la ecología, fisiología y genética, y la define como el estudio de los mecanismos genéticos que operan dentro y entre los organismos y su ambiente, tanto a nivel de individuo como de población.

Para Heslop-Harrison (1964) la naturaleza sintética de la genecología se explica debido a que ésta, combina las ideas y métodos de la genética, la taxonomía y la fisiología de las plantas, a través de las cuales se intenta explicar la adaptación y diferenciación de las poblaciones.

En cambio para Langlet (1971) la genecología es la ecología de las razas y de las poblaciones. Su objetivo principal es el estudio de las propiedades adaptativas de la raza a cualquier nivel, en relación con su ambiente. "Es verdad que en la taxonomía y morfología experimental y biosistemática, se utilizan hasta cierto punto, los mismos métodos aplicados en genecología, como por ejemplo, el cultivo comparativo bajo condiciones externas similares, pero el objetivo primario de estos casos no es el estudio de las relaciones entre las poblaciones y sus factores ambientales por ellos mismos, sino la determinación de las afinidades taxonómicas y la evolución" (Langlet, 1971).

Aunque para Langlet (1971) es lícito y recomendable tratar de realizar una síntesis del tipo propuesta por Bennett (1964) y Heslop-Harrison (1964), ésta no se lleva a cabo bajo la disciplina genecológica, ya que en tal síntesis, dentro de la genecología podría también incluirse a la morfología, a la paleontología, a la geografía de plantas, a la sociología vegetal, etc.

Sin embargo, las ideas conceptuales de Turesson se fundamentan en el hecho de que las plantas que tienen un amplio rango de distribución natural, muestran variación espacial, tanto en las características morfológicas como fisiológicas por un lado, y por otro que gran parte de esta variación (intraespecífica) puede estar correlacionada con las diferencias de hábitat, y finalmente, que esta variación ecológicamente correlacionada se debe tanto a la respuesta plástica de la planta hacia el ambiente, como a la acción de la selección natural que moldea poblaciones localmente adaptadas, tomando como base el acervo de variación genética contenida en las especies (Heslop-Harrison, 1964).

Turesson (1922b) demostró con sus experimentos de trasplantes de poblaciones, que como resultado de la respuesta genotípica de éstas a diferentes tipos de hábitat se formaban unidades aisladas dentro de una misma especie; a éstas les llamó ecotipos y las definió como unidades ecológicas que engloban el producto originado como resultado de la respuesta genotípica de una ecoespecie (especie linneana) a un hábitat particular.

Por lo tanto, el trabajo genecológico de Turesson (1922a, b, 1923) mostró que las ecoespecies llegan a diferenciarse en distintos tipos hereditarios cuando se distribuyen sobre un área que presenta diferentes

hábitats. Así, el ecotipo fue propuesto para cubrir la subunidad ecológica - de la ecoespecie, originada como resultado de la diferenciación de las poblaciones-especie en respuesta a condiciones de hábitat particulares (Turesson, 1923).

De esta manera, el ambiente actúa como una fuerza selectiva sobre las poblaciones-especie hasta formar una población diferenciada en un ambiente dado. Y es evidente que solo aquellos genotipos mejor adecuados para sobrevivir a ese ambiente llegarán a establecerse filtrándose a través del tamiz ambiental. Por lo tanto, la diferenciación genecológica es mucho más común y probable que se desarrolle en aquellas especies cuyo rango de distribución natural es muy amplio, que en aquellas especies endémicas, raras o locales, ya que como Turesson (1922a) afirmó: "la rareza de ciertas especies se debe en gran medida a un poderoso decremento de respuesta genotípica a diferencias de hábitat, climáticas y edáficas, dentro de su área de distribución".

Sin embargo, recientemente, se ha puesto en evidencia el hecho de que la diferenciación de poblaciones no se debe exclusivamente a factores geográficos, sino también a factores de interrelación entre los individuos de varias especies, conduciendo a un tipo de diferenciación biótica dentro de áreas restringidas en respuesta a las presiones selectivas ejercidas por las especies vecinas (Turkington & Harper, 1979).

Turesson trató a la variación ecotípica como un tipo de variación discreta o discontinua, es decir, como un fenómeno regional, donde un ecotipo reemplaza a otro con determinados intervalos a través de gradientes ambientales (diferenciación en respuesta al clima por ejemplo), en cuyas regiones intermedias habitan poblaciones menos claramente definidas. De acuerdo con esto entonces, la diferenciación ecotípica en respuesta a un gradiente ambiental estaría directamente influenciada por las distancias geográficas entre poblaciones, de las cuales se obtuvo la muestra, "a mayor distancia mayor diferencia ecológica y consecuentemente más pronunciado el grado de diferenciación ecotípica" Gregor (1944), poniendo de manifiesto que el efecto del aislamiento es producir discontinuidades entre las poblaciones.

No obstante a medida que el conocimiento sobre la variación ecotípica fue enriqueciéndose con más datos y aplicando razonamientos estadísticos para cuantificar la variación de las poblaciones, Gregor (1936,

1938, 1939) y Davey & Lang (1939) (Citados en Bennett, 1964) trabajando con *Plantago marítima* L., lograron demostrar que las poblaciones estudiadas mostraban variación continua y que la diferenciación de la población podría ocurrir sin aislamiento espacial.

A partir de entonces se han ido acumulando más evidencias - que apoyan los fenómenos de variación continua. Huxley (1938) discutió el fenómeno de variación continua y propuso el término 'cline' para referirse a la variación gradual dentro de poblaciones o sistemas de poblaciones. Cline significa una gradación en caracteres medibles (Huxley, 1938) e implica, sencillamente, la existencia de un gradiente variacional (Heslop-Harrison, 1964).

Gregor (1944) cita además ciertos términos relacionados con la variación intraespecífica; entre ellos introdujo el término ecocline para referirse con él a un cline aparentemente correlacionado con un gradiente ecológico observable; o bien para denotar a una serie de poblaciones que presentan gradación genotípica relacionada con un gradiente ambiental particular. Otros términos definidos por Gregor y citados por Heslop-Harrison (1964) son:

- * Topocline, un cline siguiendo un gradiente geográfico
- * Ecotipo, un rango particular sobre un ecocline

De acuerdo con todo lo anterior, desde el punto de vista genecológico, se pueden distinguir dos tipos de variación de las especies. Uno relacionado con la variación continua de caracteres correlacionados con gradientes geográficos o ambientales (variación clinal) y otro relacionado con la variación discontinua o discreta, produciendo diferenciación de las poblaciones en respuesta a factores ambientales o bióticos (variación ecotípica).

Por consiguiente, los datos ecológicos y las observaciones del sistema genético de las especies representan el "sine qua non" de la genecología, y aunque de hecho, los trabajos genecológicos pueden revelar evidencias de significado taxonómico potencial, éstas no son la parte esencial de ella, sino más bien, su objetivo principal es determinar la variación genética intraespecífica y correlacionarla con el hábitat (Griffin, 1962; Yealman, 1967; Roche, 1969; Morgenstern, 1969; Langlet, 1971; Stern & Roche, 1974).

Variación clinal

Un cline, de acuerdo con Huxley (1938) es un gradiente de un carácter medible y fue Langlet el primero en descubrir la variación clinal de poblaciones extendiéndose sobre grandes áreas de distribución de las especies, la cual puede ser explicada como el producto de la selección para caracteres que varían continuamente a lo largo de gradientes geográficos (Stern & Roche, 1974).

En términos generales la variación clinal y más ampliamente la variación geográfica de las especies está caracterizada por diferencias en la frecuencia de sus genes (Endler, 1977); la gran mayoría de los ecoclines (clines desarrollados y mantenidos por selección natural) extendiéndose sobre grandes áreas geográficas son el resultado de un cambio sistemático en la frecuencia de genes, causado por distintos valores selectivos de los genes a lo largo de gradientes ecológicos paralelos (Stern & Roche, 1974).

La extensa literatura existente en la actualidad puede ser adicionada a las revisiones hechas, principalmente, por Heslop-Harrison (1964), Bennett (1964) y Langlet (1971). Mucha de ella se refiere a plantas herbáceas de considerable interés económico y no pocas de interés puramente biológico. Entre los principales exponentes de la investigación genecológica de plantas herbáceas destacan después de Turesson, Clausen, Keck & Hiesey (1940, 1972), quienes continuaron fundamentando las bases metodológicas propuestas por Turesson en 1922.

Sin embargo, para los fines aquí seguidos, se considera principalmente parte de la literatura genecológica de plantas leñosas.

Con las investigaciones llevadas a cabo por Langlet con plántulas de pino escocés de unos 600 orígenes geográficos en Suecia (Langlet, 1971) se dió un gran impulso a la investigación en la genética de árboles de zonas templadas.

Burley (1966a) estudió la variación de algunos caracteres de *Pinus taeda* L. y demostró la existencia de variación clinal para los caracteres elegidos, probablemente debidos a las tendencias de los factores geográficos del hábitat, principalmente precipitación pluvial, temperatura, y quizá fotoperíodo. Kriebel (1957) describió la variación clinal de *Acer saccharum* Marsh. en dos y tres dimensiones, tomando como variables ecológicas latitud, longitud y altitud (Citados en: Stern & Roche, 1974).

Squillace & Silen (1962) encontraron un fuerte gradiente de variación clinal en las diferencias de tasas de crecimiento de *Pinus ponderosa* Laws. Este gradiente se estableció en sentido este-oeste y aunque estuvo relacionado con la cantidad total de humedad caída en forma de lluvia en otoño, invierno y primavera, resultó estar más fuertemente correlacionado con la distribución estacional de la humedad. "Los árboles en localidades que reciben grandes cantidades de precipitación en otoño, invierno y primavera o en localidades donde la proporción relativa de lluvia total es alta, durante estos meses, son hereditariamente de crecimiento más rápido". También describen un moderado cline latitudinal en el crecimiento y aunque éste se puede deber a la adaptación a diferentes longitudes del día, los resultados siguieron un patrón íntimamente relacionado con la temperatura.

Squillace (1966a, b) describe un patrón de variación clinal para muchos caracteres de *Pinus elliotii* Engelm., los cuales tienden a variar continuamente, mostrando variación inversa o fluctuaciones, aparentemente como resultado de la adaptación a gradientes en los factores ambientales, de los cuales el origen de la semilla y el clima indicaron una fuerte influencia sobre la mayoría de los patrones de variación. El patrón de variación resultó ser un gradiente latitudinal en las temperaturas de invierno y en la distribución estacional de la lluvia; sin embargo, aunque se hizo énfasis sobre el clima para la explicación de los patrones de variación, otros factores ambientales "como las características topográficas y edáficas, podrían tener algún efecto" (Squillace, 1966b).

Morgenstern (1969) estudió la variación genética en plántulas de 148 individuos de *Picea mariana* (Mill.) BSP. pertenecientes a 9 regiones de procedencia de la semilla a lo largo de la distribución natural de la especie, y concluye con base en el análisis de componentes principales, partiendo de las correlaciones de todas las variables medidas, tanto de las características de las plántulas como del hábitat nativo, que la variación observada es, esencialmente, clinal en respuesta a factores ecológicos continuos, existiendo poca evidencia de variación ecotípica.

Burley (1966b) estudió la variación genética en la respuesta fotoperiódica de plántulas de *Picea sitchensis* (Bong) Carr. y encontró que el tiempo de formación de las yemas decrece significativamente con un incremento en la latitud de origen de la semilla más no con la altitud, lo cual indicó la existencia de diferenciación genética que relacionó cercana-

mente a la latitud con las plántulas de las fuentes del norte formando sus yemas antes que las procedentes del sur. Esto tiene especial importancia no solo con relación al crecimiento en la altura estacional, sino también con respecto al peligro que representan los probables daños de las heladas de otoño.

Además, en el análisis general de la variación de la duración de la estación de crecimiento, encontró diferencias estadísticamente significativas relacionadas con la latitud, demostrando además con un análisis detallado de las procedencias de las semillas, la existencia de ecotipos, los cuales se pudieron haber desarrollado en respuesta a condiciones ambientales locales y discontinuas. Por otro lado, demostró que pueden desarrollarse clines locales en una latitud, en respuesta a factores que varían continuamente, como la altitud.

Roche (1969) investigó la genealogía de 4 especies del género *Picea*; *P. sitchensis* (Bong) Carr., *P. mariana* (Mill.) BSP., *P. glauca* (Moench) Voss. subsp. *glauca* y *P. glauca* (Moench) Voss. subsp. *engelmannii* y con base en la morfología del cono demostró la existencia de variación clinal entre *P. glauca* subsp. *glauca* y *P. glauca* subsp. *engelmannii*, así como entre el complejo *P. sitchensis* y *P. glauca* subsp. *glauca* y concluye que el patrón de variación clinal encontrado entre estas especies es el resultado de su hibridación introgresiva, seguida por la selección y adaptación de fracciones de enjambres de híbridos.

Phillips & Reid (1980) demostraron la existencia de variación clinal entre morfos de hojas juveniles de *Eucalyptus viminalis* Labill. y *E. dalrympleana* Maiden en Tasmania. El cline en los caracteres juveniles de la hoja es paralelo a un cline en la amplitud de la cápsula, mientras que los caracteres de la hoja adulta, varían clinalmente en dos direcciones hacia un tamaño máximo en los sitios con mayor humedad relativa. Las diferencias entre los morfos de ambas especies en el sur de Tasmania están compuestas de una acumulación de varios caracteres que varían clinalmente, aunque fue posible correlacionar la variación observada con algunas variables ambientales, la razón del patrón de variación no fue determinada. El patrón de variación observada en varios caracteres adultos varía de población a población más bien que gradualmente a lo largo del transecto, lo cual sugiere que un gran componente de variación ecotípica pueda ocurrir también entre las poblaciones.

Gabriel (1978) estudió la variación genética en algunos caracteres de la semilla y el fruto de *Acer saccharum* Marsh. y demostró la existencia de un ecotipo en la zona noreste de su distribución, y dentro de éste la presencia de un cline en sentido norte-sur con base en el peso seco de la semilla. Dicha variación está fuertemente correlacionada con el gradiente en temperatura mínima, de modo que los pesos más altos de la semilla asociados con latitudes más altas son una respuesta adaptativa de la especie a los climas más fríos.

Donoso (1979a, b) estudió la variación y diferenciación genecológica en poblaciones de *Notophagus obliqua* (Mirb.) Oerst. en Chile, tomando como base el peso seco de la semilla (el cual está asociado con su tamaño), el número de estambres por flor masculina y la capacidad germinativa como respuesta a 3 diferentes períodos de estratificación (30, 60 y 90 días) a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura, y los resultados obtenidos mostraron la existencia de variación clinal para el tamaño de la semilla y el número de estambres por flor masculina, los cuales disminuyen con la latitud, variando gradualmente de norte a sur, lo que interpretó como el efecto ambiental reflejando el crecimiento mayor de las semillas y flores en el norte, ya que existe también variación clinal en relación con los factores climáticos a lo largo del gradiente latitudinal. Los factores relacionados fueron la precipitación media anual, la precipitación durante el período vegetativo y la temperatura media anual. Demostró también la existencia de variación clinal de estos mismos caracteres a lo largo de gradientes altitudinales ya que ambos, peso de semilla y número de estambres se incrementaron con un aumento en altitud. Asimismo, con respecto a la capacidad germinativa demostró la existencia de un patrón de variación clinal a lo largo de un gradiente altitudinal y sugiere además la existencia de un patrón ecotípico de diferenciación con respecto a la latitud, ya que la estratificación resultó ser efectiva incrementando la capacidad germinativa en las poblaciones del norte y una disminución en las poblaciones del sur.

Melzack & Watts (1982) investigaron las variaciones en el peso de la semilla, la germinación y el vigor en plántulas de *Taxus baccata* L. entre 6 procedencias de la semilla en Inglaterra y encontraron que existen diferencias estadísticamente significativas entre todos los caracteres, concluyendo que existen dos grupos, estadísticamente bien separados para el peso de la semilla, lo que indicó que las semillas más pesadas están locali

zadas en la parte sur y oeste del país y además dentro del lado oeste de su distribución, la semilla resultó ser más pesada, con diferencias estadísticamente significativas, que las de la parte este; existiendo por lo tanto evidencias de un patrón de variación clinal para el tamaño de la semilla, ya que al menos en la parte más húmeda del país (oeste) el tamaño de la semilla decrece de las zonas más calientes (sur) a las más frías (norte). Las relaciones entre los otros atributos de la especie no fueron claramente diferentes y ninguno proporciono evidencias de tendencias de variación clinal.

Variación Ecotípica

Las investigaciones de Turesson (1922a,b y 1923) condujeron a la delimitación y caracterización de la diferenciación genecológica de gran número de plantas. A dicha diferenciación debida a factores bióticos, edáficos, climáticos o de origen geográfico le llamó ecotipos, definiéndolos como "...una unidad ecológica que cubre el producto originado como resultado de la respuesta genotípica de una ecoespecie a un hábitat particular".

En esta definición Turesson emplea el término ecoespecie en el contexto equivalente a la especie Linneana. De hecho, la palabra genecología, de acuerdo con Langlet (1971), debe ser en sentido estricto un sinónimo de la ecología de la raza, ya que es en sí, un estudio de las propiedades adaptativas de ésta a cualquier nivel, en relación con su ambiente.

La diferenciación ecotípica es por lo tanto, la diferenciación hereditaria con respecto a atributos morfológicos y/o fisiológicos ocasionados por la acción selectiva del hábitat ambiental, al cual las plantas responden ya sea, local o regionalmente.

De acuerdo con Gregor (1944) la diferenciación ecotípica regional ocurre más o menos en aquellas especies con amplios rangos de distribución latitudinal y altitudinal, en las cuales al parecer el clima juega un papel determinante. Hiesey & Milner (1964) han revisado y discutido la naturaleza de la diferenciación ecotípica desde el punto de vista de las respuestas fisiológicas de las plantas al clima, las cuales han evolucionado en diferentes ambientes como resultado de selección de este factor ambiental.

Los resultados obtenidos por Clausen, Keck & Hiesey (1940) sostienen firmemente las ideas de Turesson, y hacen énfasis en la formación de ecotipos climáticos discretos, así como en su reconocimiento a través de

caracteres morfológicos; estos hechos les permitieron concluir que "en todos los complejos de especies que cubren áreas climáticamente diferentes, el fenómeno de diferenciación regional permanece como el principio fundamental".

A partir del trabajo de Kruckeberg (1951) sobre la variabilidad intraespecífica con respecto a suelos de serpentina, otras investigaciones han revelado la existencia de razas genéticamente diferenciadas dentro de una misma especie, las cuales pueden crecer a niveles muy bajos de nutrientes o bien tolerar niveles extremadamente elevados de elementos tóxicos.

Groves (1964, citado en Hiesey & Milner, 1964) estudió la asimilación de fósforo y nitrógeno en *Eucalyptus cladocalyx* del sur de Australia, e identificó 3 ecotipos sobre suelos con diferentes niveles de estos elementos, demostrando que las plántulas de cada ecotipo responden de manera distinta a las concentraciones de N y P, de modo que los ecotipos de suelos relativamente ricos con N mostraron una elevada capacidad para absorberlo.

Algunos de los estudios sobre la tolerancia de las plantas a metales pesados, altamente tóxicos (cobre, zinc, plomo), han sido reportados por Antonovics (1971) y Antonovics *et al.* (1971).

Existen actualmente muchas evidencias de ecotipos fotoperiódicos en árboles. Este fenómeno al parecer fue inicialmente registrado por Olmsted (1944, 1945, citado en Hiesey & Milner, 1964) sobre ecotipos de *Bouteloua curtipendula* distribuidos sobre 17 grados de latitud.

Vaartaja (1959) investigó la existencia de ecotipos fotoperiódicos en árboles con base en observaciones hechas en plántulas que crecieron de semillas colectadas de 38 especies pertenecientes a 19 géneros, encontrando diferencias en la elongación del tallo (latencia terminal) entre las fuentes de semillas bajo diferentes tratamientos y, diferencias en las proporciones de crecimiento de dos fuentes de semillas bajo diferentes tratamientos y concluye que al menos 15 especies de 8 géneros contienen ecotipos fotoperiódicos.

McMillan & Winstead (1976) demostraron con plántulas que crecieron de semillas del noreste de México y este de los Estados Unidos de América la diferenciación adaptativa de *Liquidambar styraciflua* L. correlacionada fenológicamente con la latitud del origen de procedencia de la

semilla. Las poblaciones de los Estados Unidos tienen propiedades que proporcionan a la especie adaptaciones a hábitats específicos en diferentes regiones. Las plantas de Nueva Jersey mostraron estrategia adaptativa para cortas estaciones de crecimiento y las de Florida para largas estaciones de crecimiento. Las plantas de México poseen respuestas que son de ventaja selectiva en su hábitat original.

Mergen (1963) estudió 8 poblaciones pertenecientes a un amplio rango de condiciones ambientales dentro de los límites de distribución de *Pinus strobus* L., para analizar factores relacionados con los requerimientos de estratificación de la semilla, variación en la morfología y anatomía de la hoja, variación en los requerimientos de frío y longitud del día sobre la ruptura de la latencia, el efecto de la intensidad de luz y temperatura nocturna sobre el crecimiento en altura y el efecto de la fuente de semillas sobre la sensibilidad o resistencia a las heladas.

Estos experimentos lograron establecer la existencia de diferencias genéticas para los análisis del requerimiento de estratificación entre las fuentes de semilla. Resultando que las semillas de las fuentes del norte germinaron más rápidamente que las del sur y la latencia se rompió por un período de estratificación más corto, lo que condujo a concluir que este comportamiento podría ser el resultado de la selección natural en la fuente del sur estudiada, ya que las semillas que sobrepasan el invierno antes de germinar tienen una mayor oportunidad para sobrevivir que las que germinan en el otoño durante un período caliente y corto de tiempo.

También se observaron diferencias en la anatomía de la hoja, ésta resultó ser la que tiene mayor variación, siendo las fuentes del sur las de mayor tamaño y el patrón de variación en el número de estomas se presentó en el mismo sentido. En cambio el número de serraciones y ductos de resina fue mayor en las fuentes del norte que en las del sur.

El tiempo promedio necesario para romper la latencia se vio fuertemente afectado, influenciado por el fotoperíodo bajo el que los árboles fueron colocados; en un período corto de luz (8 hr) casi se duplicó el tiempo necesario para romper la latencia, en comparación con los árboles colocados bajo un período largo de luz (16 hr). A las temperaturas usadas, las fuentes del norte rompieron la latencia en un período más corto que las fuentes del sur. También, las fuentes del sur mostraron una respuesta mayor a la longitud del día que las fuentes del norte.

Para la respuesta al crecimiento, las temperaturas de 80°F durante el día y de 60°F durante la noche fueron las más favorables que la temperatura uniforme de 80°F. Por otro lado, las fuentes de semillas del norte fueron más resistentes al daño por temperaturas inferiores, que las del sur. Todos estos resultados verificaron y establecieron la presencia de variación ecotípica de *Pinus strobus* y los árboles de la fuente del sur probablemente puedan ser clasificados como un ecotipo específico (Mergen, 1963).

Wells (1964a, b) trabajó sobre la variación geográfica en *Pinus ponderosa* Dougl., ex Laws. y señaló los límites geográficos de los ecotipos de esta especie con base en un análisis de caracteres múltiples incluyendo desde la germinación, germinación al 2º año, número de plántulas amarillentas al primer año, color del follaje a 3 períodos, color del tallo, porcentaje de árboles formando hojas secundarias y yemas terminales, longitud de la hoja, daño invernal, tipo de yemas terminales, número de yemas laterales, mortalidad al 1er. año, hojas primarias, crecimiento en altura y cantidad de acame.

Las observaciones generales, que de estos caracteres se hicieron, indicaron la presencia de un patrón de variación genética discontinua, tanto entre como dentro de las dos variedades de *P. ponderosa* en los Estados Unidos. Los resultados indicaron que las progenies estaban agrupadas en 5 ecotipos, los cuales fueron localizados geográficamente en California; en el noroeste de la costa del Pacífico; en el sur de Nuevo México y Arizona; en el norte de Nuevo México, Uta y Colorado, y en Back Hills, Nebraska y Montana. Finalmente Wells concluye que las asociaciones significativas entre los caracteres de las plántulas y los factores climáticos indican que las presiones de selección han sido la fuerza principal y responsable que caracteriza a los ecotipos.

Burley (1966b) también sugiere la existencia de un ecotipo con base en la diferenciación genética de la formación de yemas en respuesta a las presiones ambientales locales, pero sus resultados no son concluyentes debido a la carencia de información de las condiciones ambientales donde se presentaron estas diferencias. Sin embargo, de resultar un ecotipo verdadero, éste se encontraría situado dentro del patrón de variación climatical, previamente descrito.

Griffin (1962) estudió la variación intraespecífica en *Pinus sabiniana* Dougl. en California, a través del crecimiento inicial de plántulas procedentes de diferentes localidades. Evaluó la magnitud y el patrón de variación en caracteres observables del árbol y describe los diversos tipos de hábitat ocupados por esta especie; finalmente concluye con base en sus resultados que no existe una obvia diferenciación ecotípica de *P. sabiniana*, pero sin embargo existen algunas evidencias que sugieren alguna tendencia en la variación ecotípica. Estas tendencias se derivan del comportamiento fundamentalmente distinto en la respuesta a la germinación, así una germinación se asoció en algunos casos con semillas de procedencia de inviernos más fríos y estaciones cortas de crecimiento; mientras que la rápida germinación se asoció mejor con semillas procedentes de áreas climáticas templadas e inviernos más benignos. Observó también que las semillas colectadas en 1961 no confirmaron el comportamiento germinativo al compararlo con las colectadas en 1960, "si los cambios gruesos en la respuesta a la germinación ocurren de año a año en la misma población, entonces estas conclusiones pueden ser alteradas; cualquier cambio básico en el comportamiento germinativo podría afectar no solo a la germinación, sino también podría tener efectos profundos sobre el desarrollo inicial de la plántula" (Griffin, 1962). Por lo tanto, las conclusiones que deriven de este comportamiento deben tomarse con precaución ya que los resultados obtenidos son de naturaleza limitada.

Por otro lado, el análisis morfológico del crecimiento de las plántulas sobre suelos fértiles (control) y un suelo estéril (de serpentina) no estuvieron claramente relacionados con el tamaño de la semilla, sino fuertemente influenciados por la germinación y el vigor inicial de la plántula. Las plántulas de las colecciones del norte suspendieron su crecimiento antes que las del sur. Los patrones de diferenciación de la yema no se relacionaron con el clima.

Finalmente, en este estudio las poblaciones de las plántulas de suelos de serpentina no mostraron ninguna evidencia de diferenciación ecotípica, ya que éstas como las de suelos fértiles mostraron una elevada tolerancia a un rango de condiciones de suelo.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es analizar y evaluar la magnitud y el patrón de variación del tamaño de la semilla, la germinación y la asignación de energía en plántulas de *Brosimum alicastrum* Sw. en el Estado de Veracruz.

Este objetivo parte del hecho, de que las plantas con un amplio rango de distribución geográfica natural, presentan características altamente adaptables, lo que se manifiesta con una consecuente variación en su anatomía, morfología y fisiología, debido a que sobre ellas se ejercen presiones selectivas a las cuales sobreviven, mostrando con ello que el potencial de variabilidad intraespecífica es elevado (Gabriel, 1978, Kandya *et al.*, 1978; Burley, 1969).

Este análisis se basa en dos hipótesis relacionadas con el probable patrón de variación intraespecífica de *B. alicastrum*:

* Que la variación es de tipo clinal; con la cual la población "promedio", extendiéndose sobre grandes áreas, debe ser explicada como el producto de la selección de caracteres que varían continuamente a lo largo de gradientes geográficos (Huxley, 1938; Morgenstern, 1969; Langlet, 1963, 1971; Stern & Roche, 1974).

* Que la variación es de tipo ecotípico; la cual deberá explicarse en función de factores ecológicos discretos o discontinuos (Gregor, 1944; Clausen *et al.*, 1940; Langlet, 1971; Stern & Roche, 1974).

MATERIAL Y METODO

Especie de Estudio: *Brosimum alicastrum* Sw.

Brosimum alicastrum ha sido objeto de diversos estudios como son los antropológicos (Puleston, 1968); sobre plantaciones antiguas de la aristocracia Maya (Folan *et al.*, 1979); sobre su importancia en la subsistencia Maya (Puleston, 1982; en Flannery, 1982); sobre selección artificial (Barrera *et al.*, 1977); sobre su importancia económica (Sosa *et al.*, 1975); sobre las posibilidades del aprovechamiento de su semilla (Pardo y Sánchez, 1980); sobre la concentración de los aminoácidos esenciales de la semilla (Massieu *et al.*, 1950); sobre sus usos potenciales (Peters y Pardo, 1982); sobre la anatomía de su madera (De la Paz *et al.*, 1979; Barajas, 1979); sobre la latencia y viabilidad de su semilla (Moreno, 1973); del Amo (1979) lo incluye en su clave para identificar estadios juveniles de especies de una selva alta perennifolia; sobre su importancia como recurso alimenticio en poblaciones de primates (Coelho *et al.*, 1976a, b); observaciones sobre la dispersión de sus semillas (Vazquez-Yanez *et al.*, 1975); sobre relaciones ecológicas (Lambert & Arnason, 1982) y, actualmente en desarrollo un estudio completo sobre su autoecología (Peters, en preparación).

Taxonomía

El nombre genérico *Brosimum*, fue descrito por Swartz en las postrimerías del siglo XVIII, en el año de 1788; la descripción se basó en dos especies colectadas en Jamaica: *Brosimum alicastrum* y *Brosimum spurium*. Ambas especies habían sido ya descritas en 1756 por Browne, quien llamó a una de ellas, el "Breadnut" *Alicastrum* (Berg, 1972).

El género *Brosimum* ha sido considerado taxonómica y nomenclaturalmente problemático. Los géneros con los cuales ha sido confundido son: *Pseudolmedia*, *Caussapoa*, *Mayna* y *Piratínera*. Poepping & Endlicher, lo mismo que Trecul reconocieron a *Brosimum* y *Piratínera* como congénéricos, lo cual fue aceptado y seguido por algunos botánicos un siglo después de la descripción hecha por Swartz. Baillon por ejemplo, uso en 1877 el nombre genérico *Piratínera* en lugar de *Brosimum*.

Kuntze en 1891 aplicó el nombre de *Alicastrum* en lugar de *Brosimum*; pero tanto *Alicastrum* como los anteriores fueron rechazados a favor del género *Brosimum*, el cual fue hecho *nomen conservandum* por el Congreso Botánico reunido en Viena en 1905.

La complejidad taxonómica del género *Brosimum* se ve reflejada en que aún en la actualidad es imperfectamente conocido. Burger (1977) ha reportado 13 especies distribuidas desde México hasta el sureste de Brasil y las Antillas mayores. Woodson & Schery (1960) describen ocho especies para la Flora de Panamá. Berg (1970) contribuye con la descripción de nuevos taxa y combinaciones de este género. Posteriormente, Berg (1972) revisa la tribu Brosimeae dentro de la cual describe dos subgéneros, 13 especies, 14 subespecies y 3 sectas, aclarando en gran medida la complejidad del género.

Brosimum alicastrum, es miembro de la familia Moraceae, la cual agrupa a un conjunto de árboles y arbustos, raramente hierbas, en su mayoría de distribución pantropical.

Los miembros de esta familia se caracterizan por la presencia de látex, excepto en los géneros *Humulus* y *Cannabis* (Lawrence, 1951); hojas alternas, simples y estipuladas. Flores inconspicuas, monoicas o dioicas y carentes de pétalos (Porter, 1967). Agrupa aproximadamente unos 55 géneros y unas 2300 especies (Porter, 1967; Standley & Steyermark, 1946).

Descripción

Brosimum alicastrum es un árbol cuya altura llega a sobrepasar los 30 metros, en la mayoría de las zonas de su distribución en México; tiene un tronco recto con un d.a.p. frecuentemente mayor a un metro, con grandes contrafuertes y copa piramidal muy densa (Pennington y Sarukhán, 1968)

El color de la corteza externa es variable, pero básica--

mente gris. Su variación parece estar en función de la edad de los árboles, de modo que los viejos tienden a tener corteza escamosa y de color café obscuro, dispuesta en piezas grandes y regulares, comúnmente cubierta por líquenes; los más jóvenes la tienen lisa y de color amarillo oro (Puleston, 1968).

El tronco exuda abundante látex de color amarillo blanquecino o lechoso, de consistencia viscosa. Los contrafuertes, cuando están presentes pueden proyectarse desde dos metros de la base del fuste y extenderse protuberantemente sobre el nivel del suelo, adoptando generalmente una forma tabular y aplanada.

Las hojas son verde brillante en el haz y verde grisáceas y blanquecinas en el envés, de forma ovado-lanceoladas y simétricas, con margen entero o ligeramente ondulado y conspicuamente acuminadas en el ápice; raramente redondeadas en la base; con 10 a 20 pares de venas secundarias paralelas y conectadas entre sí cerca del margen; las láminas miden de 4 a 20 cm de largo y de 2 a 8 cm de ancho y de 1 a 2.5 mm de grosor (Burger, 1977)

La lámina de la hoja presenta, generalmente, agallas en el haz de unos 3 a 4 mm de largo. Se presentan estípulas pareadas de aproximadamente 3 a 15 mm de largo por 1 ó 2 mm de ancho en su base (Burger, 1977); las estípulas casi totalmente amplexicaules (Berg, 1972; Woodson & Schery, 1960) y cuando caen dejan una cicatriz anular.

El follaje de *B. allicastrum* es perenne en gran parte de su distribución en México, pero caducifolio en las partes donde las épocas de sequía son prolongadas, es decir en las zonas boreales límite de su distribución.

Las inflorescencias pueden ser una o dos, colocadas axilarmente, en forma de cabezuela globosa o subglobosa, que llegan a medir hasta un centímetro de diámetro, y sostenidas por un pedúnculo glabro y delgado de hasta 16 mm de largo. Las flores son numerosas y están distribuidas sobre la superficie de cada cabezuela.

La flor masculina consta de un perianto vestigial muy indefinido, rudimentario o ausente, con un solo estambre (cuyo filamento llega a medir hasta 1.6 mm de largo) y con la antera de color pardo y peltada (cuya longitud no pasa de 0.5 mm) con la teca fusionada y dehiscencia circumcísil (Burger, 1977; Woodson & Schery, 1960; Sosa, 1979). Las inflorescencias masculinas contienen usualmente una sola flor femenina central y no funcio-

cional (Burger, 1977; Sosa, 1979)

La flor femenina está hundida en la cabezuela, con el estilo exserto y con un perianto hinchado, unido con el ovario y rodeando al estilo, el cual se proyecta fuera del receptáculo terminando en dos lóbulos estigmáticos recurvados (Pennington y Sarukhán, 1968). Se pueden presentar una o dos flores femeninas funcionales sobre cada inflorescencia (Burger, 1977). La carencia de corola, sugiere que las flores son polinizadas por viento (Puleston, 1968; Sosa, 1975). Estudios recientes sobre su autoecología (Peters, en preparación) han revelado la existencia de ginodioecia, mientras otros autores lo han descrito como un árbol monoico y/o dioico (Tabla 1).

Tabla 1. Expresión sexual de *Brosimum alicastrum* registrada por varios autores

Fuente	Monoico	Dioico	Origen
Pennington y Sarukhán (1968)	*		México
Lundell (en Puleston, 1968)	*		Guatemala
Woodson & Schery (1960)	*	*	Panamá
Sosa <i>et al.</i> (1975)	*		México
Croat (1978)	*		Panamá
Sosa (1979)		*	México
Peters (en preparación)	(ginodioico)		México

Las infrutescencias de *B. alicastrum* son globosas y muy carnosas, localizadas también axilarmente; con un color que varía del verde al rojo, pasando por el amarillo, lo cual se debe, probablemente, a diferentes estadios de su desarrollo; llegan a medir hasta 2.5 cm de diámetro y tienen un olor agradable y sabor dulce.

Cada fruto contiene solo una semilla, de 1.5 a 2.0 cm de diámetro, cubierta por una testa papirácea de color amarillo, con cotiledones sobrepuestos uno sobre otro (Pennington y Sarukhán, 1968), los cuales al romperse exudan látex lechoso, viscoso y de sabor ligeramente amargo.

Distribución

Brosimum alicastrum es una especie arbórea que se localiza formando parte o como árbol dominante de las selvas alta perennifolia, me-

diana subperennifolia y subcaducifolia (Pennington y Sarukhán, 1968); así como protegido en las cañadas y valles húmedos dentro del ambiente de la selva baja caducifolia y la selva baja espinosa y representa una comunidad vegetal muy ampliamente extendida en las zonas cálidas húmedas de México (Rzedowski, 1978).

Su distribución natural en México está restringida a las planicies costeras del Golfo de México y del Océano Pacífico, a lo largo de las laderas este y oeste de las Sierras Madre Oriental y Occidental, respectivamente (Fig. 1). Se le localiza también en la Sierra Madre del Sur (Sarukhán, 1968), en la cuenca del Río Balsas (Miranda, 1947) y en la península de Yucatán (Miranda, 1958).

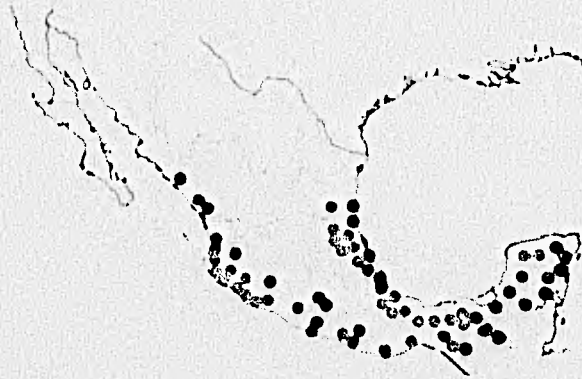


Fig. 1. Distribución geográfica conocida de *Brosimum alicastrum* en México (Tomado de Rzedowski, 1978).

Su rango de altitudinal va desde el nivel del mar hasta 800 metros en ambas vertientes; mientras que su límite latitudinal se ubica a los 22°30'N por la vertiente del Golfo y hasta los 24°30'N por la vertiente del Pacífico, en la región central del Estado de Sinaloa (Gentry, 1946).

En la vertiente del Golfo cubre los relieves accidentados, preferentemente sobre cerros de topografía cárstica de origen calizo (Pennington y Sarukhán, 1968; Puig, 1976), aunque no está restringido a este tipo de sustrato geológico. Los suelos donde se desarrolla son en general someros, con frecuencia pedregosos y con mucha roca aflorante. El drenaje es por lo general rápido o muy rápido (Rzedowski, 1978), debido principal-

mente a las fuertes pendientes de los terrenos donde se encuentra y a la naturaleza porosa de las rocas y el material calizo (Pennington y Sarukhán, 1968).

Debido a la gran tolerancia ecológica que *Brosimum alicastrum* tiene, Puig (1976) ha sugerido la posibilidad de que esta especie forme parte de ecotipos no reconocidos actualmente.

Métodos de Estudio sobre la Variación de Plantas Leñosas

Las investigaciones enfocadas hacia el estudio de la variación de plantas leñosas sobre el rango de su distribución es posible a través de las técnicas llamadas de trasplante recíprocos y de jardines experimentales, y son evaluadas con diseños estadísticos apropiados.

También, la contribución de la genética y el ambiente a la variación de las especies, puede ser estudiada y evaluada cultivando plántulas de varias fuentes de semillas bajo condiciones relativamente uniformes como cámaras de crecimiento, invernaderos o análisis de campo (Burley, 1969).

De acuerdo con Wilkins (1959) de las técnicas usadas para estudios genecológicos, los ensayos en jardines experimentales no solo son los más sencillos, sino los más importantes, ya que la condición más valiosa es que en ellos se realizan plantaciones de una gran cantidad de fuentes de semillas bajo las condiciones relativamente uniformes de éstos. Por tal motivo se decidió utilizar este método en el presente estudio.

Para la evaluación apropiada de la variación adaptativa dentro de una especie arbórea, Nienstaedt (1961) recomienda coleccionar semillas de 2 árboles por parcela con muchas repeticiones y de un número limitado de procedencias o de orígenes geográficos.

Localización Geográfica y Generalidades Climáticas de los Sitios Colectados

Los sitios para los muestreos fueron elegidos tomando en cuenta las fechas de colecta registradas en los herbarios Nacional (MEXU) y del INIREB (XAL), así como de observaciones personales anteriores de algunas localidades.

En la Fig. 2 se muestran los 9 sitios de procedencia de la semilla de *Brosimum alicastrum* y en la Tabla 2 se proporciona el nombre de las 9 localidades, así como su localización geográfica y las variables climáticas de cada una de ellas.

Tabla 2. Localización geográfica y factores climáticos de cada una de las 9 localidades de procedencia de la semilla de *Brosimum alicastrum*.

Localidad	LATI °N	LONG °O	ALTI msnm	PPLU mm	TEMA °C	IHUM	SERE	LLIN %	OSTE °C
1 Topila	22°07'	97°58'	25	945.3	24.3	38.901	12.33	5.45	9.4
2 Mamey	21°32'	97°38'	10	1565.8	23.6	66.347	6.90	6.09	9.4
3 Tuxpan	21°05'	97°35'	10	1347.8	24.9	54.128	17.44	7.80	8.5
4 Los Alpes	20°25'	97°15'	110	1283.9	24.3	52.835	17.42	12.78	9.4
5 La Florida	19°56'	96°37'	250	1158.2	24.3	47.663	5.23	11.84	6.5
6 El Viejón	19°42'	96°24'	20	1093.3	25.6	42.707	3.29	3.21	6.7
7 P. Escondida	18°36'	96°24'	60	2543.2	25.4	100.126	6.51	7.21	6.4
8 Sta Rosa	18°17'	95°08'	540	1627.8	24.7	65.903	3.09	5.79	5.8
9 Los Mangos	18°15'	95°08'	320	1627.8	24.7	65.903	3.09	5.79	5.8

LATI, latitud norte; LONG, longitud oeste; ALTI, altitud sobre el nivel del mar; PPLU, - precipitación total anual; TEMA, temperatura media anual; IHUM, índice de humedad; SERE, sequía relativa; LLIN, % de lluvia invernal; OSTE, oscilación de la temperatura.

Las coordenadas geográficas de cada sitio fueron estimadas de las cartas del Departamento Cartográfico Militar de la Secretaría de la Defensa Nacional y los registros climáticos fueron suministrados por el Banco de Datos del Proyecto Bioclimas del INIREB.

Para una descripción climática detallada y algunas generalidades sobre la fitosociología de cada uno de estos sitios consúltese el apéndice A, al final del trabajo.

Método de Colecta del Material

Las semillas fueron colectadas del 17 al 30 de mayo de 1981, excepto en la localidad de El Viejón, que fue colectada el 11 de ma-

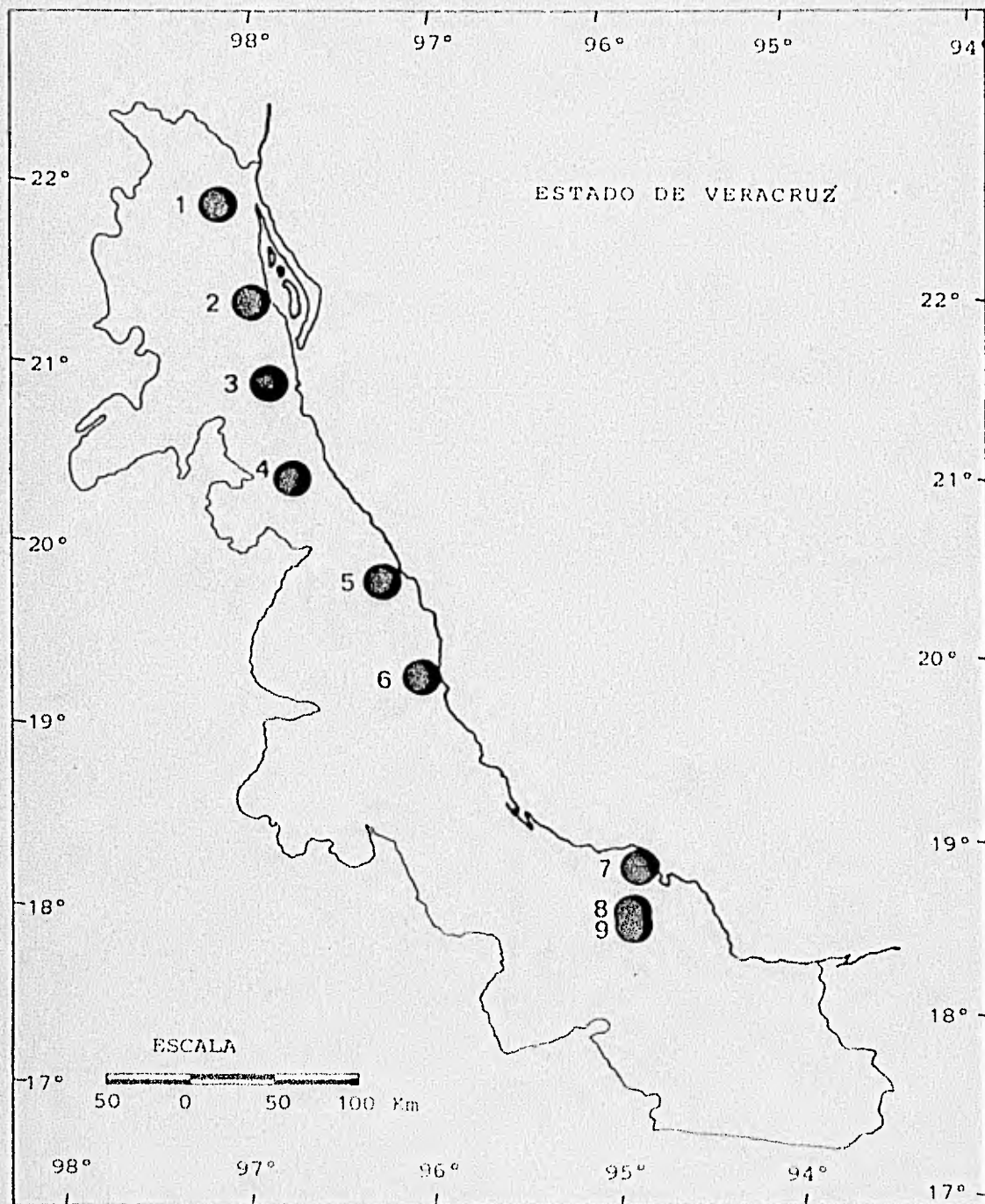


Fig. 2. Origen geográfico de las poblaciones de semillas de *Brosimum alicastrum* procedentes de las 9 localidades estudiadas.

yo de ese año. El área colectada se encuentra comprendida entre los 18° y - 22° de latitud norte y los 95° y 98° de longitud oeste. Las colectas se realizaron en 9 localidades e incluyeron a 72 árboles reproductivos.

En cada localidad las semillas fueron colectadas de árboles individuales, durante la época de fructificación. Estas se llevaron a cabo directamente del suelo y bajo la copa de cada árbol, teniendo especial cuidado en que las copas de los individuos no se traslaparan para evitar en lo posible colectar material procedente de dos árboles, esto ocurrió principalmente en los sitios donde las densidades de *Brosimum alicastrum* son elevadas.

Todas las colectas de semillas fueron debidamente etiquetadas con los siguientes datos: el número del árbol y su sitio de origen. A cada una de las semillas se le removió el pericarpio y extendió sobre papel para airearlas y evitar la proliferación de hongos sobre su superficie. Finalmente, se transportaron a Jalapa en bolsas de papel para su posterior análisis.

Análisis Global de las Poblaciones de Semillas

A 90 semillas elegidas al azar de cada individuo colectado de los sitios de origen, se le midió su diámetro con un vernier, registrándose éste al milímetro más cercano. Cada semilla fue cuidadosamente separada e inmediatamente se procedió a cuantificar su peso húmedo (g) en una balanza eléctrica, ambas medidas se tomaron como base para identificar indirectamente su tamaño.

Posteriormente se determinó la media aritmética, la desviación estandar y el coeficiente de variación de cada submuestra del individuo correspondiente. Las poblaciones de semillas fueron por lo tanto catalogadas con base al individuo de procedencia; y por otro lado, con base en estos datos, se cuantificó el tamaño medio de la semilla de cada localidad.

El número de semillas medidas de cada árbol progenitor siempre fue constante, pero el número de semillas de cada localidad varió debido a que no siempre se colectó el mismo número de árboles individuales, ya que éstos fueron los únicos que se localizaron. Con base en el tamaño medio de la semilla, previamente, determinado para cada uno de los individuos

colectados, se eligieron 15 semillas de cada uno de ellos para el análisis de la germinación y el subsecuente crecimiento de la plántula para el análisis de la asignación de energía en ella.

Análisis Estratificado de las Poblaciones de Semillas

El número total de semillas medidas de cada localidad fue estratificado, con base en su diámetro, en 5 clases de tamaño. El número de clases fue determinado de acuerdo con la ecuación $K = 1 + 3.3 \log n$ (Benjamin & Cornell, 1970). Donde n = rango de variación del diámetro de la semilla y K = número de clases de la población de semillas.

$$\text{Si } n_{\text{máx}} = 26 \text{ mm, } n_{\text{mín}} = 11 \text{ mm}$$

$$n = 15 \text{ mm, } \log 15 = 1.1761$$

$$\text{Por lo tanto } K = 4.88 \quad 5 \text{ clases}$$

Con base en estas clases de tamaño se determinó la distribución de frecuencias relativas para cada clase, de cada una de las localidades estudiadas.

Una vez cuantificado el porcentaje relativo de cada clase de semilla, las cuales fueron identificadas como 1,2,3,4, y 5, en orden ascendente de tamaño, se eligió un número de 30 semillas por clase para el experimento de germinación y el subsecuente desarrollo de la plántula para el análisis de la asignación de energía en cada una de ellas.

Germinación de las Semillas

Las semillas de ambos tratamientos fueron lavadas y esterilizadas en su superficie, en agitación continua, con una solución de hipoclorito de sodio al 40%, durante 10 minutos e inmediatamente después lavadas con agua destilada durante otros 10 minutos para evitar la proliferación de hongos (Koch, 1973).

La siembra de las semillas se llevó a cabo en platos de plástico conteniendo algodón, ambos previamente esterilizados con radiación de rayos UV durante 20 minutos. Se agregó agua destilada a cada pla--

to hasta el punto de saturación. Posteriormente, cada uno fue sellado con papel transparente para proteger al material de polvo y evitar, en lo posible, la evaporación del agua contenida dentro de ellos, facilitando a la vez el intercambio gaseoso producto del metabolismo de las semillas y la observación del material.

A las semillas colocadas en cada plato se les asignó un número progresivo. Terminado ésto se registró la fecha (día/mes) de siembra de las semillas.

A partir de este momento, todo el estudio se desarrolló en condiciones de laboratorio, cuya temperatura media fluctuó entre $30.5 \pm 1.6^\circ\text{C}$ como máxima y $26.9 \pm 1.8^\circ\text{C}$ como mínima.

Para ambos tratamientos se registró diariamente:

- a) El día y mes en que se observó la emergencia de la radícula, registrándose por lo tanto el tiempo (expresado en días) que demoró el presentarse el inicio de la germinación.
- b) El día y mes en que emergió el epicotilo, registrándose por lo tanto el tiempo (en días) en que se observó la emergencia del epicotilo a partir de la fecha de siembra.

La diferencia entre ambas emergencias significó el tiempo - que tarda la semilla en completar su germinación. Estos datos fueron registrados en tablas, en la siguiente forma:

- t_j = tiempo que tardó la semilla en completar su germinación.
 y_j = Número de semillas que terminaron su germinación en el tiempo t_j
 y_1 = % de semillas que terminaron su germinación en el tiempo t_j
 y_t = % acumulado de semillas que terminaron su germinación en el tiempo t_j

Por consiguiente, con estos registros se calculó la tasa de germinación y el porcentaje de germinación, tomando en cuenta que hubo semillas que murieron infectadas por hongos o que probablemente no fueron viables.

Trasplante y Crecimiento de las Plántulas Bajo Condiciones Ambientales Uniformes

Las semillas que completaron su germinación fueron

trasplantadas a macetas (vasos), teniendo como sustrato vermiculita del No. 3.

Cada maceta fue etiquetada con la leyenda correspondiente a la localidad, el individuo o clase de la cual procedía y el número de semilla correspondiente, según el orden previamente estipulado. Por ejemplo, un vaso con número de etiqueta IV-1-9, quiere decir que la semilla es la número nueve, de la clase uno (la más pequeña) de la localidad IV (Los Alpes).

A cada semilla tanto de las diferentes clases como de los árboles individuales, se les midieron (en mm) los siguientes parámetros a intervalos constantes de 4 días:

- a) Altura del tallo, con la cual se determinó su tasa de crecimiento
- b) Largo y ancho de cada hoja
- c) Longitud de su acuminación
- d) Altura total del tallo al tiempo de cosecha

Cosecha

El criterio para cosechar cada plántula se eligió tomando como base el desarrollo de la primera hoja de cada plántula, ya que al cabo de cierto tiempo el tamaño de ésta permaneció constante, lo cual ocurrió a los 28 días a partir de la fecha del trasplante. De este modo se tuvieron 2 criterios de cosecha uno temporal y otro fisiológico, los cuales presentaron correspondencia con el desarrollo de la plántula.

Después de la cosecha se procedió a cuantificar de cada plántula lo siguiente:

- * Area foliar y peso seco foliar total
- * Peso seco del tallo
- * Peso seco de la raíz
- * Peso seco total

Con los registros de estos datos fue posible realizar combinaciones de significado fisiológico como:

- * Proporción del peso seco entre la raíz y el tallo
- * Proporción del peso seco de la raíz con respecto al peso seco total

- * Proporción del peso seco del tallo con respecto al peso seco de total
- * Proporción entre el peso seco sumergido (raíz) y el aéreo (tallo más hojas).

Análisis Estadísticos

El número total de variables incluidas para el análisis, interpretación y discusión de los resultados fueron 22. A cada una de estas variables se le asignó un número (X_1, \dots, X_{22}), así como una clave de identificación y su significado para facilitar su lectura y uso posterior en los diferentes análisis estadísticos (Tabla 3).

Tabla 3. Clave de identificación de las 22 variables incluidas para el análisis, interpretación y discusión de los resultados obtenidos

Variable	Clave	Significado	
1 {	X ₁	LATI	Latitud (°N)
	X ₂	LONG	Longitud (°O)
	X ₃	ALTI	Altitud (m.s.n.m.)
	X ₄	PPLU	Precipitación total anual (mm)
	X ₅	TEMA	Temperatura media anual (°C)
	X ₆	INUM	Índice de humedad
	X ₇	SERE	Sequía relativa
	X ₈	LLIN	Lluvia invernal (A)
	X ₉	OSTE	Oscilación de la temperatura media anual (°C)
2 {	X ₁₀	PESE	Peso de la semilla (g)
	X ₁₁	DIAM	Diámetro de la semilla (cm)
	X ₁₂	TAGE	Tasa de germinación
	X ₁₃	POGE	Porcentaje de germinación total
	X ₁₄	TACR	Tasa de crecimiento
	X ₁₅	PESR	Peso seco de la raíz (g)
	X ₁₆	PEST	Peso seco del tallo (g)
	X ₁₇	PPRT	Proporción entre el peso seco de la raíz y el tallo
	X ₁₈	PSTC	Peso seco total de la plántula (g)
	X ₁₉	ALTO	Altura total de la plántula (mm)
	X ₂₀	PPSR	Proporción del peso seco de la raíz con respecto al peso seco total
	X ₂₁	PPST	Proporción del peso seco del tallo con respecto al peso seco total
	X ₂₂	PPSA	Proporción entre el peso seco sumergido y el peso seco aéreo

Las variables pueden agruparse claramente en dos grandes grupos:

- 1) Factores físicos. Estos incluyen las primeras 9 variables, de las cuales las 3 primeras están relacionadas con los

factores de localización geográfica y las 6 siguientes (X_4 a X_9) son las variables climáticas de los sitios de origen de cada localidad de procedencia de la semilla.

- 2) Factores de la progenie. Estos incluyen las variables del tamaño de la semilla (peso y diámetro), así como las variables del desarrollo de la plántula y de la asignación de energía hacia los tejidos de la plántula, en términos de peso seco de éstos y finalmente, algunas relaciones entre los pesos secos de los tejidos de significado fisiológico.

El análisis de estas variables se realizó a través de tres tipos de análisis estadísticos:

- * Análisis de varianza para un solo factor
- * Análisis de rango múltiple de Student-Newman-Keuls (SNK)
- * Análisis de factor: componentes principales

Análisis de Varianza para un solo Factor

Este tipo de análisis se realizó, básicamente, para detectar posibles diferencias estadísticamente significativas de cada una de las variables de la progenie observadas.

Análisis de Varianza entre Zonas Geográficas

Este análisis fue con el objeto de detectar la existencia de diferencias estadísticamente significativas, de cada una de las variables observadas de la progenie, entre las diferentes localidades geográficas.

Análisis de Varianza entre Clases de Tamaño

Este análisis consistió de dos fases, la primera fue con el objeto de determinar la existencia de diferencias entre las clases de tamaño de la progenie dentro de cada una de las localidades muestreadas; y la segunda para detectar diferencias de las variables de la progenie que proceden de una misma clase de tamaño de la semilla, pero de diferen

te origen geográfico. Es decir, se analizó la existencia de variaciones estadísticamente significativas entre las 5 clases pertenecientes a una localidad geográfica, por un lado y por otro se analizó la variación de una misma clase de tamaño para las 9 localidades colectadas.

Análisis de Rango Múltiple (SNK)

Este análisis se empleó para determinar, entre que variables promedio de la progenie existieron diferencias significativas.

Cabe señalar que los valores obtenidos del comportamiento germinativo, se transformaron a una ecuación de regresión lineal, tomando sencillamente el logaritmo en base 10 de ambas variables (t_j e y_t) y se analizaron las diferencias entre las pendientes de las ecuaciones; posteriormente se realizaron comparaciones múltiples entre pendientes.

Análisis de Componentes Principales

La interpretación de los resultados se analizó por correlación lineal y por análisis de componentes principales.

Los datos de las 22 variables (Tabla 3) se correlacionaron entre sí, obteniéndose una matriz de coeficientes de correlación lineal, de la que el análisis de componentes principales se originó.

La razón para utilizar el análisis de componentes principales se debe a que una de las características más sobresalientes de éste es su gran capacidad reductora de datos, de un sistema complejo de correlaciones a unas cuantas dimensiones; tal, que los datos pueden ser rearrreglados o reducidos a un conjunto más pequeño de componentes que pueden tomarse como variables originales y que explican las interrelaciones observadas en los datos (Nie *et al.*, 1974). Todas las variables son consideradas iguales examinándose únicamente las relaciones entre ellas, buscando reducir la dimensión de la variación y si es posible, proporciona elementos que ayudan a interpretar los componentes encontrados en términos de factores biológicos o físicos (Morgenstern, 1969).

Finalmente, de acuerdo con Morgenstern (1969) a los componentes principales calculados se les representó como Ejes; a los 4 factores de carga más elevados de cada eje se les señaló con el símbolo \blacktriangleleft , y de éstos se procedió a identificar el factor de interpretación de cada uno de ellos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis Global de las Poblaciones de Semillas de *Brosímum alicastrum*

Tamaño de la Semilla

En la Tabla 4 se muestra el tamaño de la semilla de *B. alicastrum* determinado para cada una de las 9 localidades estudiadas y en la

Tabla 4. Variación del tamaño y contenido de humedad de la semilla de *Brosímum alicastrum* en el gradiente latitudinal estudiado.

No.	Localidad	Latitud (°N)	Diámetro (cm)	Peso Hum. (g)	Peso Seco (g)	Cont. Humedad (%)
1	Topila	22°07'	1.956	3.432	0.905	26.37
2	Mamey	21°32'	1.909	3.285	0.857	26.09
3	Tuxpan	21°05'	1.811	2.751	0.802	29.16
4	Los Alpes	20°25'	1.836	2.917	0.795	27.24
5	La Florida	19°56'	1.945	3.500	0.937	26.76
6	El Viejón	19°42'	1.702	2.435	0.897	36.84
7	P. Escondida	18°36'	1.636	2.086	0.730	35.03
8	Sta. Rosa	18°17'	1.617	1.883	0.667	35.42
9	Los Mangos	18°15'	1.620	2.089	0.677	32.43

Fig. 3 se muestra la regresión lineal entre el peso de la semilla y el gradiente latitudinal; lo cual demuestra una fuerte tendencia de variación del tamaño de la semilla con respecto a la latitud de cada sitio de origen de

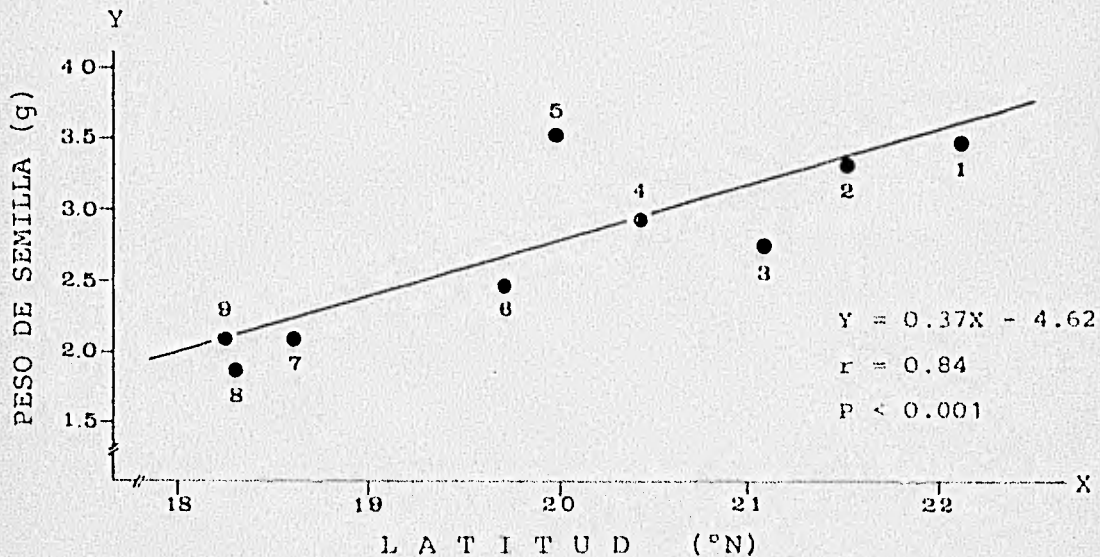


Fig. 3. Regresión lineal entre la variación del peso de la semilla de *Brosimum alicastrum* y la latitud.

De acuerdo con el análisis de varianza, la variación del tamaño de la semilla es altamente significativa ($P < 0.0005$) y el subsecuente análisis de rango múltiple (SNK) indicó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las localidades que se muestran en la Tabla 5.

Comportamiento germinativo

Por otro lado, el comportamiento germinativo de la semilla de cada localidad se muestra en la Tabla 6. En ella se presenta el tiempo, expresado en días, que demoró un determinado porcentaje de semillas de cada localidad, en completar su germinación.

Tabla 5. Resumen del análisis de rango múltiple de SNK para el carácter tamaño de la semilla de *Brosimum alicastrum*, de los 9 sitios estudiados.

Zonas estudiadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Topila			*			****	****	***	****
2 Mamey						***	***	***	****
3 Tuxpan					*				**
4 Los Alpes									**
5 La Florida						***	****	***	****
6 El Viejón									
7 P. Escondida									
8 Sta. Rosa									
9 Los Mangos									

Los asteriscos indican el nivel de significancia que existen entre los sitios comparados entre sí (* 5%; ** 2.5%; *** 0.5%; **** 0.1%)

El análisis de varianza practicado para los datos calculados del comportamiento germinativo de la semilla indicaron que las diferencias registradas no son estadísticamente significativas, lo cual indica que

Tabla 6. Resultados del tiempo de germinación para los 4 niveles porcentuales para las poblaciones de *Brosimum alicastrum* en el gradiente estudiado

Localidad	Germinación				
	25%	50%	75%	100%	
1 Topila	11.90	15.15	17.44	19.28	
2 Mamey	10.69	14.30	16.96	19.13	
3 Tuxpan	9.00	12.81	15.75	18.24	
4 Los Alpes	10.80	14.90	18.04	20.70	
5 La Florida	8.24	12.49	15.93	18.93	
6 El Viejón	14.05	18.94	22.55	25.52	
7 P. Escondida	8.42	12.54	15.83	18.68	
8 Sta. Rosa	7.53	11.10	13.93	16.38	
9 Los Mangos	7.24	10.33	12.72	14.74	
	X	9.76	13.62	16.57	19.07
	S	2.26	2.57	2.79	2.98

dicho comportamiento probablemente deba ser motivo de experimentación más fina y detallada.

Asignación de Energía

En la Tabla 7 se presentan los resultados de la asignación de energía hacia los tejidos de la plántula de cada una de las localidades estudiadas, y como se observa, existe una gran variación en dicha distribución.

Tabla 7. Asignación de energía (g) hacia la raíz, el tallo y las hojas en plántulas de *Brosimum alicastrum* de las 9 localidades de procedencia colectadas

Localidad	Peso Seco Promedio (g)			
	Total	Raíz	Tallo	Hojas
1 Topila	0.2656	0.0842	0.1126	0.0688
2 Mamey	0.2791	0.0856	0.1202	0.0733
3 Tuxpan	0.2569	0.0758	0.1059	0.1811
4 Los Alpes	0.2430	0.0710	0.1110	0.0610
5 La Florida	0.3139	0.0941	0.1317	0.0881
6 El Viejón	0.2348	0.7555	0.0924	0.0669
7 P. Escondida	0.1978	0.0592	0.0795	0.0591
8 Sta. Rosa	0.2223	0.0675	0.0874	0.0673
9 Los Mangos	0.2308	0.0739	0.0945	0.0624

Los análisis de varianza practicados para las variables - peso seco de raíz, peso seco de tallo y peso seco de hojas mostraron la existencia de variación altamente significativa de dichos caracteres ($P < 0.0005$) y el consecuente análisis de rango múltiple reveló diferencias significativas de estos caracteres entre las localidades que se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Resumen del análisis de rango múltiple de SNK para el carácter peso seco de la raíz, el tallo y las hojas de *Brosimum alicatum* de los 9 sitios estudiados.

RAIZ									
Zonas estudiadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Topila									
2 Mamey									
3 Tuxpan	*								
4 Los Alpes									
5 La Florida			**						
6 El Viejón					**				
7 P. Escondida	**	***	*		***	*			
8 Sta. Rosa									
9 Los Mangos					**		*		

TALLO									
Zonas estudiadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Topila									
2 Mamey									
3 Tuxpan	***								
4 Los Alpes									
5 La Florida	**		**						
6 El Viejón	**	***	*		***				
7 P. Escondida	**	***	**		***				
8 Sta. Rosa									
9 Los Mangos	***	***			***				

HOJAS									
Zonas estudiadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Topila									
2 Mamey									
3 Tuxpan									
4 Los Alpes									
5 La Florida	**	*	*						
6 El Viejón					**				
7 P. Escondida					**				
8 Sta. Rosa									
9 Los Mangos					***				

Los asteriscos indican el nivel de significancia que existen entre los sitios comparados entre sí (* 5%; ** 0.5%; *** 0.1%)

Análisis de Componentes Principales

Matriz de Coeficientes de Correlación Lineal

En la Tabla 9 se muestran los resultados del análisis de correlación practicado entre las 22 variables (ver Tabla 3), que incluyen a los factores físicos y a las variables de la progenie, de las localidades de procedencia de la semilla.

Tabla 9. Coeficientes de correlación lineal entre el origen geográfico, las variables climáticas y las características de la progenie de *Brosimum alicatum* de las nueve localidades de procedencia de la semilla.

Variables	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	
X ₁ LATI	1.00																						
X ₂ LONG	0.665*	1.00																					
X ₃ ALTI	-0.535*	-0.465*	1.00																				
X ₄ PPLU	0.507*	0.417*	0.312	1.00																			
X ₅ TMAA	-0.515*	-0.537*	-0.481	0.308*	1.00																		
X ₆ TEM	-0.515*	-0.425*	-0.312	0.308*	0.323	1.00																	
X ₇ URSE	0.235*	0.245*	0.255*	-0.265*	-0.275*	-0.285*	1.00																
X ₈ HHR	0.171	0.175*	0.171	-0.165	-0.165*	-0.165*	0.165*	1.00															
X ₉ SEVE	0.415*	0.305*	-0.245*	-0.405*	-0.315*	-0.265*	0.275*	0.235*	1.00														
X ₁₀ TASA	0.465*	0.355*	-0.285*	-0.435*	-0.345*	-0.295*	0.315*	0.275*	0.235*	1.00													
X ₁₁ LIMA	0.475*	0.365*	-0.295*	-0.445*	-0.355*	-0.305*	0.325*	0.285*	0.245*	0.205*	1.00												
X ₁₂ HAZE	0.235*	0.245*	0.255*	-0.245*	-0.255*	-0.265*	0.275*	0.235*	0.195*	0.155*	0.115*	1.00											
X ₁₃ HAGE	0.175*	0.175*	0.175*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	1.00										
X ₁₄ TASA	0.215*	0.175*	-0.145*	-0.145*	-0.145*	-0.145*	0.145*	0.145*	0.145*	0.145*	0.145*	0.145*	0.145*	1.00									
X ₁₅ HAGE	0.165*	0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	1.00								
X ₁₆ HAGE	-0.165*	-0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	1.00							
X ₁₇ HAGE	0.165*	0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	1.00						
X ₁₈ HAGE	0.165*	0.165*	0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	1.00					
X ₁₉ HAGE	0.165*	0.165*	0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	1.00				
X ₂₀ HAGE	0.165*	0.165*	0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	1.00			
X ₂₁ HAGE	0.165*	0.165*	0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	1.00		
X ₂₂ HAGE	0.165*	0.165*	0.165*	-0.165*	-0.165*	-0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	0.165*	1.00	

Las estrellas indican el nivel de probabilidad al que son significativas las correlaciones: * 0.05; ** 0.01; *** 0.001.

Dentro del gradiente latitudinal estudiado, y de acuerdo con esta matriz, existen correlaciones que son altamente significativas(*). Se puede ver que la latitud y la longitud están fuertemente asociadas, y que la altitud está negativamente correlacionada con ambas variables. También la precipitación total anual, la temperatura media anual y el índice de humedad se encuentran negativamente correlacionados con la latitud y lon

* Los coeficientes de correlación lineal de las primeras 9 variables permanecen constantes en este análisis y en el análisis estratificado de la semilla, correspondientes a las clases 1, 2 y 3, y por esta razón las correlaciones derivadas de las primeras 9 variables se mencionarán en esta sección por única ocasión.

gitud, mientras que la temperatura media anual está positivamente correlacionada con la precipitación total anual y con el índice de humedad; destacándose, la casi perfecta correlación entre la precipitación total anual y el índice de humedad de las localidades colectadas.

En cambio, la sequía relativa se incrementa en el mismo sentido que la latitud y longitud, mientras que disminuye con un aumento en altitud, tendiendo a seguir este mismo comportamiento con un incremento, tanto en la precipitación total anual, como en temperatura media anual e índice de humedad; sin embargo, la correlación con estas 3 últimas variables es muy baja. Por lo que respecta a la lluvia invernal, ésta tiende a disminuir con un aumento en la temperatura media anual, mientras que muestra estar positivamente asociada con la sequía relativa y la longitud.

Finalmente, la oscilación de la temperatura está fuertemente correlacionada con la latitud y longitud, incrementándose en el mismo sentido; en cambio, tiende a disminuir con un incremento en altitud, precipitación total anual, temperatura media anual e índice de humedad, pero se incrementa, estableciendo buena correlación con la sequía relativa y tiende a seguir el mismo comportamiento con la lluvia invernal, con la que establece una baja correlación.

Como puede apreciarse, en la Tabla 9, la mayoría de las correlaciones son altamente significativas, pero solo de algunas de ellas se puede derivar una relación causa-efecto; debido, a que la mayoría de estas correlaciones solo son una medida de la intensidad de asociación entre dos variables (Steel & Torrie, 1980).

Por esta razón, la interpretación y discusión de los resultados se basa en el análisis de componentes principales, el cual disminuye en gran medida la dimensionalidad de la variación registrada, extrayendo de todas las variables observadas, solo aquellos componentes que son más útiles, partiendo de las correlaciones lineales calculadas, simplificando con ello la interpretación de los resultados (Morgenstern, 1969).

Componentes Principales (Ejes)

De acuerdo con lo anterior, en la Tabla 10, se resumen los resultados del análisis de componentes principales, en cual redujo la dimen-

Tabla 10. Resultados del Análisis de Componentes Principales para las características de la progenie de *Brosimum aliciae-trium*, las variables climáticas y el origen geográfico.

Ejes		1	2	3	4	5
Raíz característica		11.210	4.490	2.440	1.340	1.020
% de variación		50.960	20.430	11.070	6.070	4.650
Variables		Factores de carga				
X ₁	LATI	0.904	0.172	0.308	-0.013	0.107
X ₂	LONG	0.940	0.121	0.259	-0.109	0.037
X ₃	ALTI	-0.409	-0.067	-0.628	-0.261	0.225
X ₄	PPLU	-0.676	-0.518	0.183	0.374	0.204
X ₅	TEMA	-0.697	0.132	0.299	-0.258	-0.537
X ₆	HMUM	-0.639	-0.234	0.162	0.433	0.258
X ₇	SEPE	0.605	-0.418	0.504	-0.365	-0.077
X ₈	LLIN	0.459	-0.783	-0.222	-0.027	-0.223
X ₉	OSTE	0.847	-0.088	0.490	0.051	0.168
X ₁₀	PESE	0.942	0.060	-0.166	0.157	-0.983
X ₁₁	DIAM	0.959	0.040	-0.174	0.084	-0.073
X ₁₂	TAGE	0.566	0.552	0.517	0.160	0.083
X ₁₃	PCGE	0.376	0.464	0.089	-0.395	0.510
X ₁₄	TACR	0.793	0.047	0.587	0.349	0.145
X ₁₅	PESE	0.731	0.347	-0.540	-0.094	-0.013
X ₁₆	PEST	0.884	-0.030	-0.443	0.075	-0.006
X ₁₇	PPRT	-0.635	0.754	-0.050	-0.008	-0.033
X ₁₈	PPSTO	0.788	0.116	-0.550	0.008	-0.004
X ₁₉	ALTO	0.846	0.079	0.046	-0.049	-0.371
X ₂₀	PPSR	-0.220	0.905	0.007	0.278	-0.061
X ₂₁	PPST	0.763	-0.415	0.099	0.211	-0.028
X ₂₂	PPSA	-0.218	0.906	0.013	0.276	-0.069
Factor de Interpretación	Tamaño de la Semilla	Tamaño Relativo de Raíz	Altitud	Vigor	Temperatura Media Anual	

sionalidad de la variación a solo 5 componentes (ejes) con los cuales se explica el 93.18% del total de la variación registrada en él. Este porcentaje está descompuesto en orden decreciente de magnitud, en 5 ejes, correspondiendo al primero de ellos, el máximo de la variación que puede ser explicada a través de sus factores de carga o "loadings".

Por lo tanto, de la Tabla 10 se deduce que los factores de carga de mayor importancia de cada uno de los ejes, están dados por:

Eje 1 : Diámetro de la semilla; peso de la semilla; longitud, latitud; peso seco del tallo; oscilación de la temperatura.

Eje 2 : Proporción del peso seco de la raíz; proporción entre el peso seco sumergido y aéreo; lluvia invernal; proporción entre el peso seco de la raíz y el tallo.

Eje 3 : Altitud; peso seco total; peso seco de la raíz; tasa de germinación.

Eje 4 : Porcentaje de germinación; índice de humedad; precipitación total anual; sequía relativa.

Eje : 5 Temperatura media anual; porcentaje de germinación; altura total y altitud.

Por consiguiente, los factores de interpretación derivados del análisis de componentes principales para cada uno de los ejes, fueron identificados como se indica en la Tabla 10, esto es:

Eje 1 : Tamaño de semilla

Eje 2 : Tamaño relativo de la raíz

Eje 3 : Altitud

Eje 4 : Vigor

Eje 5 : Temperatura media anual

Por otro lado, el análisis de correlación lineal entre los factores físico y las variables de la progenie de *Brosímum alicastrum* (Tabla 9) mostró que tanto el peso húmedo de la semilla como su diámetro se encuentran fuertemente asociados, y ambas variables incrementan sus dimensiones con un aumento en latitud y longitud, así como con un aumento en la oscilación de la temperatura. Asimismo el peso seco del tallo de la plántula se incrementa con un mayor tamaño de la semilla.

También la existencia de una casi perfecta correlación entre la proporción del peso seco de la raíz y la proporción entre el peso seco sumergido y aéreo, nos muestran la gran relevancia que tiene la raíz en el análisis y ambas variables decrecen en sus proporciones con un aumento en el porcentaje de lluvia invernal y por consiguiente la proporción entre el peso seco de la raíz y el tallo decrece también con un aumento en el porcentaje de lluvia invernal.

Además, tanto el peso seco total como el peso seco de la raíz, disminuyen con un aumento en la altitud. Sin embargo, este resultado no tiene tanta relevancia, ya que sus correlaciones con la altitud no son significativas; pero sí existe una elevada asociación entre el peso seco total y el peso seco de la raíz. En cambio la tasa de germinación sí disminuye con un incremento en la altitud.

Asimismo, el porcentaje de germinación decrece con un aumento en el índice de humedad y por consiguiente también con un incremento en la precipitación total anual y, en contraste se incrementa con un aumento en la sequía intraestival; sin embargo la correlación existente entre éstas no es significativa.

Finalmente, tanto el porcentaje de germinación como la altura total de la plántula decrecen a medida que se incrementa la temperatura media anual.

Discusión

De acuerdo con los resultados del análisis de correlación y de componentes principales, se pone en evidencia que el tamaño de la semilla determinado con base en su peso húmedo y diámetro, varía con respecto a los factores de localización geográfica y climáticos. A su vez, el tamaño de la semilla tiene una fuerte influencia sobre otros parámetros del desarrollo y asignación de energía de la plántula, como son: la tasa de crecimiento de la plántula, su altura total, su peso seco total y por consiguiente, también sobre el peso seco de la raíz y el tallo (Tabla 9).

Tanto el peso húmedo como el diámetro de la semilla tienen un rango de variación dentro de este gradiente latitudinal; debido a que ambas variables disminuyen sus dimensiones, más o menos, gradualmente de norte a sur dentro del gradiente estudiado (Tabla 4), y también a que el análisis de varianza mostró la existencia de diferencias significativas ($P < 0.005$) para el tamaño de la semilla, y a que el análisis de rango múltiple reveló que existen diferencias altamente significativas entre las zonas que se mostraron en la Tabla 5. Se deduce que la existencia de variación gradual del tamaño de la semilla a lo largo de este gradiente latitudinal, corresponde a una variación clinal en el sentido propuesto por Huxley (1938), esta aseveración se encuentra aún más reforzada por el hecho de que existe una elevada correlación entre la variación del tamaño de la semilla y la latitud según se mostró en la Tabla 9 y en la Fig. 3.

Sin embargo, de acuerdo con Gregor (1956), Langlet (1963, 1971), Morgenstern (1969), Stern & Roche (1974) y Donoso (1979a, b) existen evidencias que sugieren que esta variación es en realidad ecoclinal, debido a que con ella, se encuentran significativamente correlacionadas los factores climáticos de los sitios de procedencia de la semilla, según quedó evidenciado por el análisis de correlación (Tabla 9) y puntualizado por el de componentes principales (Tabla 10).

De esto, se deriva que la variación ecoclinal del tamaño de la semilla, puede ser explicada en términos de una estrategia

adaptativa que *Brosimum alicastrum* ha desarrollado, como respuesta a las fluctuaciones climáticas, dentro de este gradiente latitudinal, las cuales actúan como fuerzas selectivas a manera de filtros ecológicos y ya que los individuos de *B. alicastrum* habitan en condiciones ambientales muy variables, éstos tienden a responder adaptativamente a estas presiones selectivas a través de variaciones o cambios fenotípicos del tamaño de su semilla; sin descartar, de acuerdo con Heslop-Harrison (1964) y Jain (1979) otros cambios que pueden ser de tipo fisiológico o bioquímico.

Por lo tanto, las adaptaciones de índole fisiológico que se pueden sugerir en respuesta a las presiones selectivas del clima a lo largo de este gradiente latitudinal representan una explicación congruente, ya que la oscilación de la temperatura disminuye más o menos gradualmente también de norte a sur, lo mismo que el tamaño de la semilla; la precipitación total anual es menor en el límite norte estudiado que en el sur, es decir, que este factor y el tamaño de la semilla se encuentran negativamente asociados; es decir, que a medida que disminuye la cantidad de lluvia que se precipita el tamaño de la semilla tiende a incrementarse, lo cual puede representar parte de la estrategia adaptativa de *B. alicastrum* tendiente a producir plántulas de mayor tamaño que puedan resultar más competitivas que aquellas de un tamaño menor procedentes de semillas más pequeñas.

También la distribución de la precipitación pluvial a lo largo del año, tiende a ser más uniforme en el sur que en el norte, presentándose además un período prolongado de sequía que varía de 7 meses en el norte a 5 en el sur en los sitios estudiados (Ver Apéndice A), lo cual por supuesto implica períodos prolongados de sequía en el norte y menores en el sur. Además dentro de estos períodos, se encuentra ubicado el factor lluvia invernal, que como sabemos es el porcentaje de lluvia que se presenta durante los meses de enero, febrero y marzo con respecto a la total anual. El índice de humedad varía de muy bajo (38.9) en el norte hasta muy alto (100) en uno de los sitios del sur (Tabla 2).

Estas variaciones climáticas y la ocurrencia de las altamente significativas correlaciones entre éstas y los caracteres de la progenie permiten sugerir que la tendencia de *B. alicastrum* a incrementar el tamaño de sus semilla, a medida que se asciende latitudinalmente, es una respuesta de la especie tendiente a solucionar el problema de las condiciones adversas que la época de sequía le impone.

Esta sugerencia está de acuerdo con lo encontrado por Baker (1972) en California, "existe una clara tendencia para incrementar el peso de la semilla con un incremento en el riesgo de las plántulas a quedar expuestas a la sequía, después de la germinación", y lo expuesto por Salisbury (1942) y Stebbins (1950), al referirse al tamaño de las semillas como "una característica adaptativa que le confiere una ventaja de sobrevivencia a las especies bajo condiciones de sequía".

De acuerdo con todo ésto, y debido a que las semillas de mayor tamaño se localizan en el extremo norte de la distribución natural de *Brosimum alicastrum*, permite suponer que los recursos nutritivos de los cotiledones de la semilla, le confieren a la especie una estrategia adaptativa ventajosa, ya que la plántula que se desarrolle de ella tendrá mayores probabilidades teóricas de establecerse bajo condiciones adversas, como por ejemplo un deficiente suministro de agua.

Cabe señalar que el total de la variación explicada por el eje 1, del cual se extrajo el factor de interpretación 'tamaño de la semilla' corresponde al 50.96% del total de la variación registrada en el análisis.

Lo expuesto hasta aquí, parece estar firmemente apoyado por los resultados del análisis de componentes principales proporcionados por el factor de interpretación del eje 2, tamaño relativo de la raíz, el cual explica el 20.43% de la variación residual; por consiguiente, la varianza acumulada por los 2 ejes explica el 71.39% de la variación total registrada en el análisis (Tabla 10).

El análisis de correlación mostró que el peso seco de la raíz se incrementa con un aumento en el tamaño de la semilla, y por consiguiente con un incremento en latitud y en la oscilación de la temperatura. En cambio, el tamaño relativo de la raíz y las proporciones entre el peso seco sumergido y el peso seco aéreo, decrecen significativamente con un incremento de la lluvia invernal, la cual es mayor en las zonas estudiadas del sur.

Por lo tanto, la tendencia de las plántulas de *B. alicastrum* a incrementar su tamaño relativo de la raíz está fundamentalmente determinado por el incremento en el tamaño de la semilla, y debido a que el peso seco total de la plántula está fuertemente asociado con el tamaño de la semilla (Tabla 9), permite concluir que el tamaño de la semilla determi

na el tamaño inicial de la plántula; ya que, además de ésto, la tasa de crecimiento de las plántulas está fuertemente influenciada por el tamaño de las semillas (peso y diámetro), la cual a su vez, también influencia positivamente el tamaño de las raíces, del tallo y la altura de éste.

Po lo tanto, la distribución de energía hacia las raíces, tomada como la contribución directamente proporcional al tamaño de la semilla, permite explicar el hecho de que el incremento en el tamaño de la raíz es proporcional con el incremento en el hábitat xérico de las zonas estudiadas. Es decir, que el tamaño relativo de la raíz es un factor importante desde el punto de vista nutritivo y de sobrevivencia de las plántulas y responde incrementando sus proporciones a medida que se incrementan los períodos de sequía, y el problema que representan éstos para la sobrevivencia y establecimiento de las plántulas, lo resuelven, en parte desarrollando raíces de mayor tamaño.

El significado biológico de estos hechos puede sostener las afirmaciones expuestas anteriormente, según las cuales, las semillas de *Brosimum alicastrum* tienden a aumentar sus dimensiones en respuesta a las condiciones climáticas cada vez más secas, a medida que se asciende latitudinalmente; de manera tal que el incremento en el tamaño de la semilla, determina el aumento en tamaño de las raíces, del tallo y de la tasa de crecimiento e incrementando la asignación de energía hacia éstos latitudinalmente, la plántula resuelve, parcialmente, los peligros que representa el quedar eventualmente expuesta a períodos prolongados de sequía, después de que la semilla ha germinado y se ha fijado al sustrato.

Esta interpretación se ve apoyada por los análisis de varianza y de rango múltiple de SNK desarrollados para este carácter, los cuales revelaron la existencia de diferencias significativas entre las localidades que se mostraron en la Tabla 8.

Estos análisis indican, por lo tanto, que el peso seco de la raíz de las plántulas pertenecientes a Playa Escondida muestran claras diferencias con respecto al resto de los sitios estudiados, sugiriendo con ello que esta población se encuentra diferenciada de las demás para este factor, o al menos en proceso de diferenciación, hecho que sugiere que esta población se encuentre formando parte de un ecotipo o que en ella se esté llevando a cabo un probable proceso de diferenciación ecotípica.

Esto, probablemente tenga su explicación por el hecho de que en este sitio, la selva que contiene a *Brosimum alicastrum* presenta la más elevada precipitación total anual (2543.2 mm), el más alto índice de humedad (100.13) y un sustrato de origen volcánico; factores que al interactuar mantienen una relativa mayor "homeostasis ambiental", ya que la plántula no está sujeta a "stresses" hídricos, porque la humedad retenida en estos suelos es superior a la que se retiene en los de origen calcáreo y drenaje rápido, lo que seguramente eleva el contenido de humedad atmosférica dentro de la selva, creando un estado estacionario que sostiene la elevada diversidad de especies y la alta complejidad estructural de este tipo de vegetación.

Por otro lado, el factor de interpretación del eje 3, altitud, no parece afectar en gran medida al peso seco total de la plántula y al peso seco de la raíz, ya que sus correlaciones no son significativas. Sin embargo, la tasa de germinación disminuye significativamente con un aumento en la altitud, y por consiguiente se incrementa con un aumento en el tamaño de la semilla, pero debido a que no se encontraron diferencias significativas en su respuesta, los resultados no son concluyentes.

Sin embargo, a partir de que el factor de interpretación del eje 4 es el vigor y tomando como base el porcentaje de germinación, de él se desprende el siguiente comportamiento. El porcentaje de germinación se incrementa paralelamente con la latitud, pero disminuye con un aumento tanto en el índice de humedad como con la precipitación total anual, y a partir de que su correlación con el tamaño de la semilla y con la sequía relativa no es significativa, los factores asociados con su comportamiento son únicamente el índice de humedad y la precipitación total; y el hecho de que se asocien en sentidos opuestos puede sugerir la existencia de un factor de humedad óptimo para que la respuesta germinativa de la semilla logre un máximo en un lapso relativamente corto.

De acuerdo con los resultados obtenidos (Tabla 6) el tiempo medio que tardan las semillas en completar su germinación es de 19.07 ± 2.98 días; y el rango de duración de ésta es de 14.74 como mínimo hasta 25.52 días como máximo, representados por las poblaciones de Los Mangos y El Viejón, respectivamente. Este rango de tiempo de variación tan elevado, probablemente está determinado por los contenidos de humedad que las semillas tuvieron al sembrarse, ya que la pérdida de humedad ocasionada por las condiciones no

controladas del almacenamiento de la semilla, sumado al tiempo transcurrido desde la colecta hasta su siembra pudo haber afectado sustancialmente su tasa de germinación.

Sin embargo, a pesar de que se observan diferencias grandes con lo que respecta al rango de variación en el tiempo transcurrido para que la semilla de *Brosimum alicastrum* complete su germinación, éstas diferencias no son estadísticamente significativas, pero a pesar de ello, se pueden realizar algunas generalizaciones.

Por los resultados mostrados en la Tabla 7, se puede concluir que el tiempo necesario para que las semillas frescas de *B. alicastrum* completen su germinación en general es rápido, lo cual sostiene la evidencia conocida del comportamiento germinativo de las especies de las selvas tropicales lluviosas, según la cual las semillas de especies de estos hábitats tienden a germinar rápidamente, dentro de un período comprendido entre las primeras 12 semanas después de que han caído al suelo en condiciones naturales (Ng, 1973, 1978). Por lo tanto las semillas de *B. alicastrum* están comprendidas dentro de este lapso, ya que el período para completar su germinación no excede de 3 semanas, cayendo dentro de la categoría de germinación muy rápida según Ng (1980).

Varias alternativas pueden derivarse de este comportamiento, una de ellas es que quizá, ésto se deba a que dentro de las selvas de los trópicos cálido-húmedos, prácticamente no existen estaciones desfavorables para la germinación de semillas de las especies típicas; o bien, a que existen presiones de selección por agentes predadores dependientes de la densidad de semillas, las cuales podrían escapar de ellos desarrollando una tasa de germinación más rápida, de tal manera que de acuerdo con Vázquez-Yanes (1976) "esto podría explicar el porque las especies con semillas más grandes, con mayor cantidad de reservas, han sido favorecidas por la selección natural entre las plantas de la selva primaria y además, el porque las semillas tienden a germinar más rápidamente dando origen a plántulas metabólicamente más activas y que, por lo tanto corren menos peligro de desaparecer a causa de la depredación". Además, de acuerdo con las observaciones sobre la fenología de *B. alicastrum* (Peters, en preparación), la caída al suelo de los frutos que contienen la semilla madura se lleva a cabo a partir del mes de mayo (y quizá desde fines de abril), lo cual está muy bien sincronizado con el comienzo de la época de lluvias en el Estado de Vera-

cruz (Ver climogramas, Apéndice A), con lo que la semilla asegura también - las condiciones de humedad para que la germinación se dispare, y la futura plántula, durante los siguientes meses, logre obtener el agua necesaria para sus actividades metabólicas; pero al declararse la época de secas (noviembre -abril), el tamaño de la plántula y su vigor, seguramente jugarán un papel importante para su sobrevivencia.

Finalmente, el factor de interpretación del eje 5, temperatura media anual, disminuye con un aumento en latitud y se incrementa con la precipitación total anual, produciendo por consiguiente un aumento en el índice de humedad. También el porcentaje de germinación disminuye con un aumento en la temperatura media anual.

Sin embargo, a partir de que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las localidades estudiadas para la tasa de germinación de la semilla y por consiguiente para el período durante el cual la semilla completa su germinación, no pueden hacerse generalizaciones de ninguna índole, ya que cabe suponer que si el factor de temperatura influencia directamente la germinación de la semilla de *Brosimum alicastrum*, esta temperatura estará determinada por valores bajos extremos y no por valores medios anuales, ya que como podemos apreciar en la Tabla 2, las temperaturas medias anuales permanecen relativamente estables o con pequeñas fluctuaciones alrededor de una media relativamente constante de $24.64 \pm 0.61^{\circ}\text{C}$, de lo que se desprende la necesidad de experimentos bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa.

Sin embargo, cabe señalar que un factor ambiental importante que se ha sugerido afecta la distribución natural de las especies arbóreas típicas de las selvas altas o medianas perennifolias y/o subperennifolias, son las temperaturas mínimas extremas durante el invierno, las cuales actúan como filtros ambientales y determinan el límite natural de la distribución de muchas especies (Vovides & Gómez-Pompa, 1978; Gómez-Pompa, 1977). Este hecho sugiere que *B. alicastrum* es una especie con un rango de tolerancia, a las bajas temperaturas invernales y a períodos prolongados de sequía, mayor que otras especies típicas de las zonas cálido-húmedas del trópico mexicano. Estas evidencias parecen sostener, en parte, el hecho de que *B. alicastrum* mantenga sus más altas densidades de individuos reproductivos, precisamente, en el extremo norte de su distribución natural.

Análisis Estratificado del Tamaño de la Semilla

Debido a que el tamaño promedio de la semilla mostró la existencia de variación significativa entre las localidades (Tabla 5), se procedió a estratificar el rango de variación del tamaño de la semilla en clases de tamaño, con base en su diámetro. Esta estratificación se realizó con la finalidad de disminuir la influencia, que los diferentes tamaños de semillas tienen sobre el desarrollo inicial de las plántulas, proporcionando con ello una mayor uniformidad del tamaño del propágulo durante la fase de crecimiento inicial bajo las condiciones uniformes del experimento.

Como ya se mencionó anteriormente (pág. 26) el número de clases resultantes fue de 5; y con base en este número, los intervalos de clase se fijaron entre los valores que se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Rango de clases de tamaño de la semilla de *Brosimum alicostatum*, incluidas en el gradiente latitudinal colectado.

Clase	Intervalos de Clase (cm)
1	< 1.54
2	1.55 - 1.74
3	1.75 - 1.94
4	1.95 - 2.14
5	> 2.15

En la Tabla 12 se ilustran las frecuencias relativas de cada clase en las 9 localidades y en la Fig. 4 se muestran los histogramas de distribución de éstas. Como se puede observar, no todas las clases de tamaño se presentan en todas las localidades; las clases de tamaño comunes a todas las localidades están representadas por las clases 2 y 3, mientras que las clases más grandes (4 y 5) se encuentran ausentes o prácticamente ausentes en las localidades colectadas del sur; y viceversa, la clase de tamaño más pequeña (1) se encuentra probablemente representada en las primeras 5 localidades colectadas.

Tabla 12. Frecuencias relativas para las 5 clases de tamaño de la semilla de *Brosimum alicastum* en cada localidad.

No	Localidad	Clases de tamaño de semillas en porcentaje (%)					No. total de semillas
		1	2	3	4	5	
1	Topila	1.52	10.91	26.06	49.09	12.39	990
2	Mamey	4.01	17.39	34.11	32.78	11.71	897
3	Tuxpan	8.00	24.33	44.33	20.67	2.67	900
4	Los Alpes	4.69	18.13	45.94	28.89	2.22	319
5	La Florida	0.83	14.58	34.58	36.67	13.33	720
6	El Viejón	29.43	28.76	36.42	13.04	2.34	897
7	P. Escondida	25.33	55.33	18.67	0.67	---	450
8	Sta. Rosa	38.00	43.00	19.00	---	---	300
9	Los Mangos	34.33	41.33	20.00	4.33	---	900

Es evidente que el tamaño promedio de la semilla de cada localidad, está determinado por la mayor o menor presencia de alguna clase de tamaño; y por lo tanto, de acuerdo con la Tabla 12 y la Fig. 4, las frecuencias relativas de estas clases en cada localidad, tienen a desplazar unidireccionalmente, a lo largo de la latitud, el tamaño promedio de la semilla (Tabla 4).

Análisis Estratificado

Tamaño de la semilla:
Clase 1 -----

El tamaño de la semilla de la clase más pequeña (Tabla 11), se encuentra pobremente representado en las 5 primeras localidades (Tabla 12), las cuales corresponden a la zona centro-norte del Estado de Veracruz; mientras que hacia el sur del gradiente latitudinal estudiado, esta clase está muy bien representada.

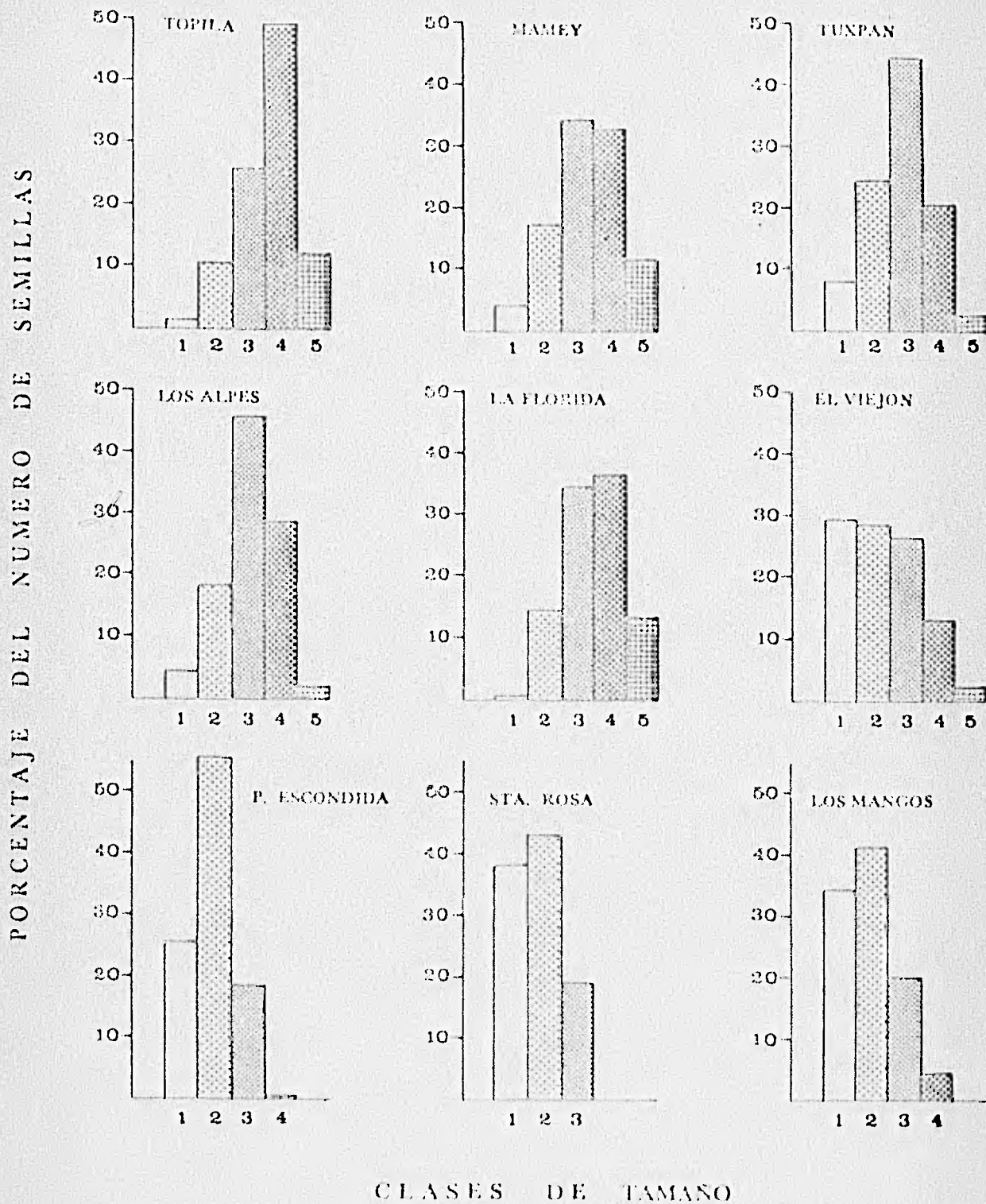


Fig. 4. Polígonos de distribución de frecuencias relativas del tamaño de la semilla de *Brosimum alicatum* en cada una de las 9 - localidades estudiadas.

Comportamiento Germinativo

El comportamiento germinativo de la semilla de esta clase se muestra en la Tabla 13; como se puede apreciar el rango de tiempo (días) que la semilla de la clase más pequeña tarda en completar su germinación se encuentra comprendido entre 10.46 y 21.00 días, lo que significa que el comportamiento germinativo de la semilla de *Brosimum alicastrum* de esta clase es muy variable; pero a pesar de ello, el análisis de varianza practicado no mostró

Tabla 13. Resultados del comportamiento germinativo de la semilla de *Brosimum alicastrum*, clase 1, de cada localidad colectada.

Localidad	25%	50%	75%	100%
Topila	7.55*	10.57	12.86	14.79
Mamey	6.83	8.45	9.57	10.46
Tuxpan	7.21	9.38	10.94	12.21
Los Alpes	8.72	13.53	17.50	21.00
La Florida	6.00	8.64	10.70	12.44
El Viejón	8.81	13.34	17.00	20.19
P. Escondida	7.06	10.79	13.83	16.49
Sta. Rosa	5.69	8.33	10.42	12.21
Los Mangos	8.12	10.41	12.05	13.35
X	7.33	10.38	12.76	14.79
S	1.09	1.96	2.86	3.71

*Estos valores indican el tiempo, en días, que tardó la semilla en completar su germinación.

diferencias significativas entre las localidades, lo cual sugiere que este comportamiento es similar entre todas las localidades estudiadas.

Asignación de Energía

En la Tabla 14 se muestra la asignación de energía hacia los tejidos de la plántula en términos del peso seco total distribuido a la raíz, el tallo y las hojas

El análisis de varianza practicado para las variables peso seco de raíz, tallo y hojas mostraron la existencia de variación altamente significativa ($P < 0.0005$) solo para las dos primeras variables y el consecuente análisis de rango múltiple reveló diferencias significativas de estos

Tabla 14. Asignación de energía (g) hacia la raíz, el tallo y las hojas en plántulas de *Eresómon alicastum* para la clase 1 de las 9 localidades de procedencia colectadas.

Localidad	Total	Peso Seco Promedio (g)		
		Raíz	Tallo	Hojas
Topila	0.1475	0.0402	0.0672	0.0401
Mamey	0.1127	0.0309	0.0457	0.0361
Tuxpan	0.1521	0.0448	0.0611	0.0462
Los Alpes	0.1502	0.0453	0.0648	0.0401
La Florida	0.1764	0.0581	0.0678	0.0505
El Viejón	0.1513	0.0471	0.0619	0.0423
P. Escondida	0.1666	0.0504	0.0737	0.0425
Sta. Rosa	0.1875	0.0493	0.0736	0.0646
Los Mangos	0.2049	0.0556	0.0738	0.0755

caracteres entre las localidades que se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Resumen del análisis de rango múltiple de SNK para el carácter peso seco de la raíz y peso seco del tallo de las plántulas de la clase 1 de *Eresómon alicastum* de los 9 sitios estudiados.

RAÍZ									
Zonas estudiadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Topila									
2 Mamey	*								
3 Tuxpan		**							
4 Los Alpes		***							
5 La Florida	****	*****	*						
6 El Viejón		****							
7 P. Escondida		****							
8 Sta. Rosa		****							
9 Los Mangos	***	****							

TALLO									
Zonas estudiadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Topila									
2 Mamey									
3 Tuxpan		****							
4 Los Alpes		****							
5 La Florida		****							
6 El Viejón		**							
7 P. Escondida		****							
8 Sta. Rosa		****							
9 Los Mangos		****							

Los asteriscos indican el nivel de significancia que existe entre los sitios comparados entre sí (* 5%; ** 2.5%; *** 1%; **** 0.5%, ***** 0.1%)

Análisis de Componentes Principales

Matriz de Coeficientes de Correlación

El análisis de correlación lineal (Tabla 16) revela que el peso seco total de la plántula, así como el peso seco de la raíz y el tallo se encuentran negativamente correlacionados con la latitud (Fig. 5), la longitud y con la oscilación de la temperatura. También, el tamaño relativo

Tabla 16. Coeficientes de correlación lineal entre el origen geográfico, los factores climáticos y las características de la progenie de la clase 1 de *Bresónum alicatatum* de las 9 localidades de procedencia estudiadas.

Variabla	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	
X ₁ 1871	1.00																						
X ₂ 1296	0.697*	1.00																					
X ₃ 1176	-0.137	-0.415*	1.00																				
X ₄ 1812	-0.741*	-0.447*	0.712*	1.00																			
X ₅ 1134	-0.375*	-0.219*	0.212	0.534*	1.00																		
X ₆ 1476	-0.517*	-0.431*	0.153	0.447*	-0.463*	1.00																	
X ₇ 1752	0.417*	0.255*	-0.167*	-0.241*	-0.231*	0.217*	1.00																
X ₈ 1116	-0.11	0.234*	0.031	-0.261*	-0.237*	-0.091	0.227*	1.00															
X ₉ 1697	0.311*	0.144*	-0.167*	-0.419*	-0.539*	-0.267*	0.179*	0.234*	1.00														
X ₁₀ 1422	0.407*	0.151*	-0.167*	-0.311*	-0.154	-0.147*	0.204	0.151*	0.247*	1.00													
X ₁₁ 1674	0.517*	0.427*	-0.111*	-0.191*	0.204	-0.211*	0.147*	0.144	0.147*	0.447*	1.00												
X ₁₂ 1812	0.117*	-0.297*	-0.191*	-0.191*	-0.191*	-0.191*	0.031	-0.211*	-0.211*	-0.211*	-0.211*	1.00											
X ₁₃ 1812	0.201*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	1.00										
X ₁₄ 1812	-0.417*	-0.144*	0.191*	-0.191*	-0.191*	-0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	1.00									
X ₁₅ 1812	-0.121*	-0.144*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	1.00								
X ₁₆ 1812	-0.201*	-0.144*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	1.00							
X ₁₇ 1812	-0.517*	-0.211*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	1.00						
X ₁₈ 1812	-0.417*	-0.144*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	1.00					
X ₁₉ 1812	-0.417*	-0.144*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	1.00				
X ₂₀ 1812	0.211*	0.211*	-0.191*	-0.191*	-0.191*	-0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	1.00			
X ₂₁ 1812	0.417*	0.417*	-0.191*	-0.191*	-0.191*	-0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	1.00		
X ₂₂ 1812	-0.011	0.011	-0.191*	-0.191*	-0.191*	-0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	0.191*	1.00	

Los asteriscos indican el nivel de probabilidad al que son significativas las correlaciones: * P < 0.05, ** P < 0.01, *** P < 0.001.

de la raíz tiene una estrecha correlación con la proporción entre el peso seco sumergido y aéreo, y a su vez ambas variables y la proporción del peso seco del tallo se encuentran positivamente correlacionadas con el peso de la semilla. Asimismo, el tamaño relativo de la raíz está también positivamente correlacionado con la lluvia invernal (Fig. 6).

Obviamente, las variables, altura de la plántula, tasa de crecimiento y peso seco del tallo se encuentran positivamente correlacionados. En cambio el porcentaje de germinación está negativamente asociado con el peso de la semilla, sin embargo, su coeficiente de correlación es muy bajo, con lo que sugiere que el tamaño de la semilla no afecta sustancialmente al porcentaje de germinación de esta clase.

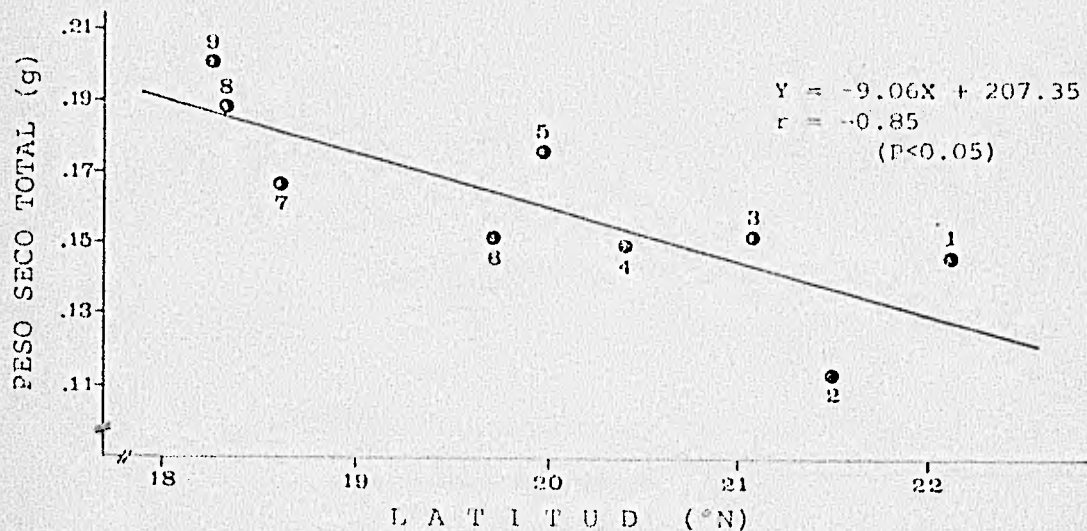


Fig. 5. Regresión lineal entre la latitud y el peso seco total de las plántulas de *Eriogonum alicastrum* de las 9 localidades de procedencia de la semilla de la clase 1.

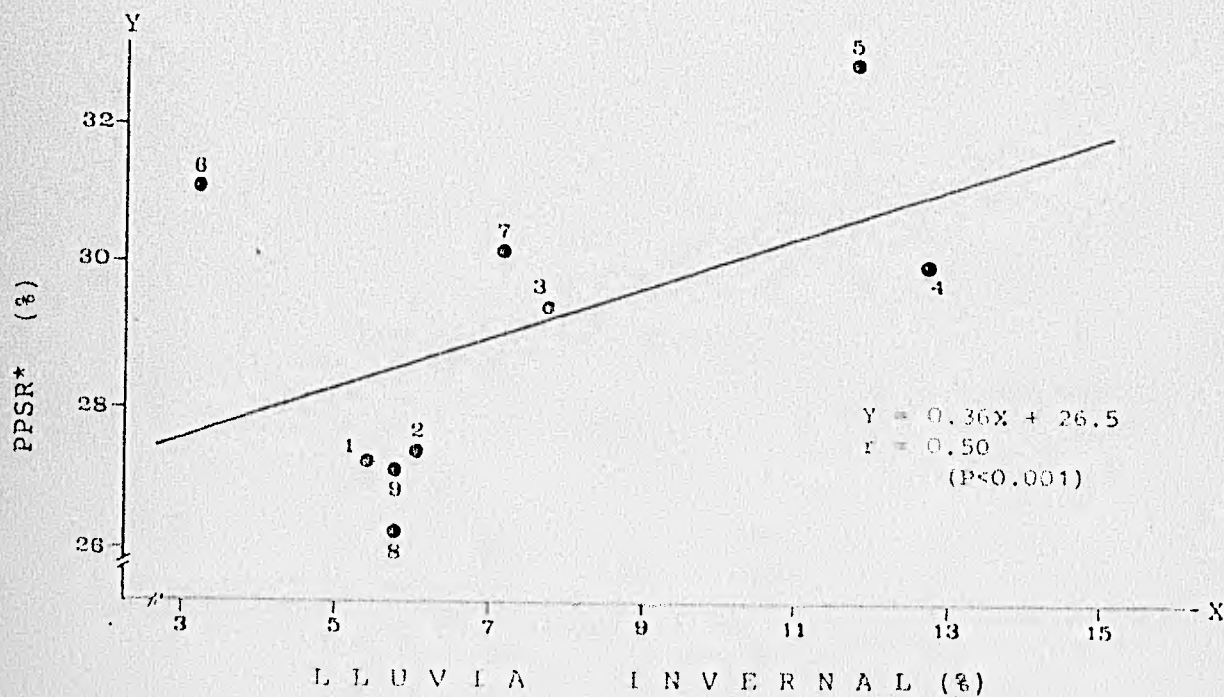


Fig. 6. Regresión lineal entre la lluvia invernal y el tamaño relativo de la raíz de *Eriogonum alicastrum* de las 9 localidades de procedencia de la semilla de la clase 1. (* Ver Tabla 3)

Componentes Principales

Por otro lado, los resultados del análisis de componentes principales que se muestran en la Tabla 17, indican que los factores de carga más importantes están dados por:

Tabla 17. Resultado del análisis de componentes principales de las características de la progenie de la clase 1 de *Brosimum all-castum*, las variables climáticas y el origen geográfico.

Ejes		1	2	3	4	5	6
Faiz característica		7.653	4.743	3.447	2.891	1.455	1.935
% de variación		34.790	19.290	15.670	13.140	7.520	4.797
Variables		Factores de carga					
X1	LATI	-0.973	0.027	0.078	0.162	-0.053	0.117
X2	LONG	-0.345	0.082	0.056	0.268	-0.042	-0.014
X3	ALTI	0.265	-0.351	0.250	0.351	0.052	-0.023
X4	PLAJ	0.450	-0.171	-0.231	-0.637	0.516	0.125
X5	TEMP	0.500	0.433	0.015	-0.487	-0.315	-0.137
X6	HUM	0.472	-0.219	-0.251	-0.410	0.545	0.130
X7	SEME	-0.638	0.174	0.342	0.123	0.415	-0.399
X8	DIAM	-0.064	0.479	0.066	0.585	0.731	-0.142
X9	OSTE	-0.952	-0.060	0.117	0.043	0.180	-0.183
X10	PESE	-0.341	0.740	0.310	-0.141	-0.145	0.351
X11	DIAM	-0.487	0.415	0.574	-0.289	-0.005	0.400
X12	TAGE	-0.295	-0.675	-0.396	0.230	-0.022	0.259
X13	POSE	-0.060	-0.434	0.235	0.344	0.552	0.485
X14	TACE	0.417	0.017	0.687	0.223	0.055	-0.413
X15	PESE	0.825	0.444	0.126	0.262	0.038	0.137
X16	FPST	0.789	0.221	0.583	-0.109	0.074	0.101
X17	FPST	0.487	0.481	-0.518	0.359	-0.044	0.084
X18	FPST	0.901	0.031	0.518	0.194	-0.023	0.098
X19	ALTO	0.046	-0.128	-0.930	0.174	-0.023	0.102
X20	FPST	0.020	0.919	-0.351	0.163	0.102	0.033
X21	FPST	-0.568	0.401	0.407	-0.592	0.156	-0.023
X22	FPST	0.035	0.800	-0.749	0.170	0.091	0.044
Factor de Interpretación	Origen Geográfico	Tamaño Relativo de Raíz	Altura Total	Precipitación Total Anual	Epoca de Secas	Porcentaje de Germinación	

Eje 1. Latitud-longitud, oscilación de la temperatura, peso seco total, peso seco de la raíz.

Eje 2. Tamaño relativo de la raíz, proporción entre el peso seco sumergido y el peso seco aéreo, peso de la semilla y tasa de germinación.

Eje 3. Altura, tasa de crecimiento, peso seco del tallo, diámetro de la semilla.

Eje 4. Precipitación, índice de humedad, proporción del peso seco del tallo y proporción entre el peso seco de la raíz y el tallo.

Eje 5. Lluvia invernal, índice de humedad, precipitación y sequía relativa.

Eje 6. Porcentaje de germinación, tasa de crecimiento, diámetro de la semilla y peso de la semilla.

Por lo tanto los factores de interpretación están dados por: el origen geográfico, el tamaño relativo de la raíz, la altura total de la plántula, la precipitación total anual, la sequía o época de secas y el porcentaje de germinación. El total de variación explicada por los 6 ejes es de 95.12% de la total registrada en el análisis.

Tamaño de la Semilla
Clase 2

El tamaño de la semilla de la clase 2 (Tabla 11), como se aprecia en la Tabla 12 se encuentra mejor distribuida en todas las localidades que la clase 1; sin embargo, a pesar de ello en las 3 últimas localidades es donde está mejor representada y como se observa en la Fig. 7, el porcentaje de su distribución a lo largo del gradiente latitudinal presenta una buena correlación negativa, esto es, que la intensidad de su representación varía también con el origen geográfico de la localidad de donde procede.

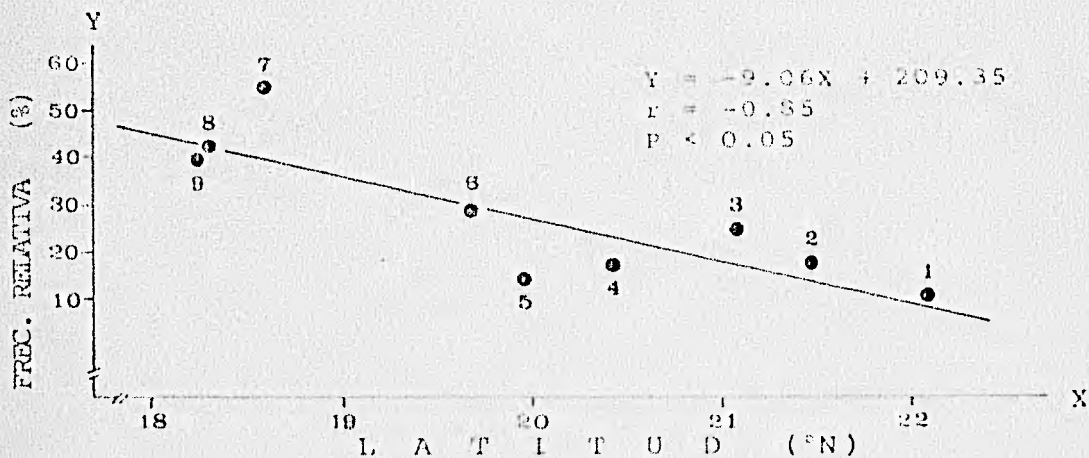


Fig. 7. Variación latitudinal de la frecuencia de aparición de la clase 2 de tamaño de la semilla de *Blosónun alí casón* dentro del gradiente estudiado.

Comportamiento Germinativo

En la Tabla 18 se presenta el comportamiento germinativo de esta clase de tamaño de semilla, cuyo rango de variación hasta completar su germinación fue de 9.38 a 23.43 días, lo que muestra que la semilla completa su germinación dentro de un rango amplio; sin embargo, el análisis de varianza

Tabla 18. Resultados del comportamiento germinativo de la semilla de *Brosómon alicastum*, clase 2, de cada localidad colectada.

Localidad	25%	50%	75%	100%	
Topila	9.44*	14.87	19.39	23.43	
Mamey	9.28	12.94	15.71	18.03	
Tuxpan	7.88	10.22	11.90	13.26	
Los Alpes	7.34	10.71	13.36	15.63	
La Florida	8.09	10.87	12.92	14.61	
El Viejón	7.00	10.60	13.52	16.06	
P. Escondida	5.32	7.42	9.02	10.36	
Sta. Rosa	9.85	14.93	19.04	22.63	
Los Mangos	4.55	6.53	8.07	9.38	
	X	7.64	11.01	13.66	15.93
	S	1.82	2.31	3.91	4.85

*Estos valores indican el tiempo en días, que tardó la semilla en completar su germinación

practicado entre las localidades no reveló diferencias estadísticamente significativas.

Asignación de Energía

En la Tabla 19 se muestran los resultados de la asignación de energía hacia la raíz, el tallo y las hojas de esta clase de tamaño de semilla.

El análisis de varianza practicado al peso seco de la raíz, tallo y hojas reveló la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.0025$ y $P < 0.005$) únicamente para las dos primeras variables respectivamente; y el consecuente análisis de rango múltiple mostró que existen diferencias entre las localidades que se muestran en la Tabla 20.

Tabla 19. Asignación de energía (g) hacia la raíz, el tallo y las hojas en plántulas de *Brosimum alicatum* para la clase 2 de las 9 localidades de procedencia colectadas.

Localidad	Total	Peso Seco Promedio (g)		
		Raíz	Tallo	Hojas
Topila	0.2119	0.0583	0.1116	0.0420
Mamey	0.1851	0.0475	0.0833	0.0543
Tuxpan	0.2196	0.0539	0.1055	0.0602
Los Alpes	0.1963	0.0596	0.0926	0.0441
La Florida	0.1974	0.0506	0.0896	0.0572
El Viejón	0.2394	0.0705	0.1021	0.0658
P. Escondida	0.2364	0.0514	0.1081	0.0769
Sta. Rosa	0.2480	0.0499	0.1134	0.0847
Los Mangos	0.2312	0.0565	0.1139	0.0608

Tabla 20. Resultado del análisis de rango múltiple de SNK para el carácter peso seco de la raíz y peso seco del tallo de las plántulas de la clase 2 de *Brosimum alicatum* de los 9 sitios estudiados.

RAÍZ									
Zonas estudiadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Topila									
2 Mamey									
3 Tuxpan									
4 Los Alpes									
5 La Florida									
6 El Viejón		***	***		**				
7 P. Escondida						**			
8 Sta. Rosa							***		
9 Los Mangos									

TALLO									
Zonas estudiadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Topila									
2 Mamey	*								
3 Tuxpan									
4 Los Alpes									
5 La Florida									
6 El Viejón									
7 P. Escondida									
8 Sta. Rosa		*							
9 Los Mangos		*							

Los asteriscos indican el nivel de significancia que existe entre los sitios comparados entre sí (* 5%; ** 2.5%; *** 1%).

Análisis de Componentes Principales

Matriz de Coeficientes de Correlación

En análisis de correlación lineal (Tabla 21) mostró que el tamaño relativo de la raíz se incrementa con un aumento en latitud y en la oscilación de la temperatura. La tasa de germinación se asocia positivamente

Tabla 21. Coeficientes correlación lineal entre el origen geográfico, los factores climáticos y las características de la progenie de la clase 2 de *Brosimum alicatum* de las 9 localidades de procedencia estudiadas.

Variable	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	
X ₁ LATI	1.00																						
X ₂ ALT	0.48	1.00																					
X ₃ ALT2	-0.19*	-0.24*	1.00																				
X ₄ PPL	-0.19*	-0.14*	0.32	1.00																			
X ₅ TPA	-0.13*	-0.13*	-0.22*	0.30*	1.00																		
X ₆ TPA2	-0.13*	-0.13*	0.33	0.33*	0.33*	1.00																	
X ₇ TPA3	0.45*	0.44*	-0.36*	-0.25*	-0.22*	-0.26*	1.00																
X ₈ TPA4	0.33	0.23*	0.33	-0.25*	-0.43*	-0.23	0.42*	1.00															
X ₉ TPA5	0.45*	0.36*	-0.42*	-0.42*	-0.33*	-0.36*	0.33*	0.33*	1.00														
X ₁₀ TPA6	0.45*	0.33*	-0.33*	-0.33*	-0.33*	-0.33*	0.40*	0.36*	0.36*	1.00													
X ₁₁ TPA7	0.45*	0.43*	-0.33	-0.33	-0.44*	-0.33	0.44*	0.33*	0.33*	0.33*	1.00												
X ₁₂ TPA8	0.32	0.34	-0.27	-0.27	-0.28	-0.28	0.31	0.31*	0.31*	0.34	0.34*	1.00											
X ₁₃ TPA9	-0.19*	-0.14*	0.33	0.33	0.33*	0.33*	0.33*	-0.29*	-0.29*	-0.12*	-0.12*	-0.12*	1.00										
X ₁₄ TPA10	0.42*	0.42*	-0.42*	-0.42*	-0.33*	-0.33*	0.42*	0.42*	0.42*	0.42*	0.42*	0.42*	0.42*	1.00									
X ₁₅ TPA11	0.34	0.34	-0.32*	-0.32*	-0.32*	-0.32*	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	1.00								
X ₁₆ TPA12	0.44*	0.44*	0.34*	0.34*	0.34*	0.34*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	1.00							
X ₁₇ TPA13	0.44*	0.44*	-0.33*	-0.33*	-0.33*	-0.33*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	1.00						
X ₁₈ TPA14	-0.13*	-0.13*	0.33	0.33	0.33*	0.33*	-0.13*	-0.13*	-0.13*	-0.13*	-0.13*	-0.13*	-0.13*	-0.13*	-0.13*	-0.13*	1.00						
X ₁₉ TPA15	0.44*	0.44*	-0.33*	-0.33*	-0.33*	-0.33*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	0.44*	1.00					
X ₂₀ TPA16	0.34*	0.34*	-0.33*	-0.33*	-0.33	-0.33	0.34*	0.34*	0.34*	0.34*	0.34*	0.34*	0.34*	0.34*	0.34*	0.34*	0.34*	0.34*	1.00				
X ₂₁ TPA17	0.33	0.33	-0.33	-0.33	-0.22	-0.22	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00			
X ₂₂ TPA18	0.33	0.33	-0.33*	-0.33*	-0.33	-0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00		

Los asteriscos indican el nivel de probabilidad al que son significativas las correlaciones: * 0.10; ** 0.05; *** 0.01.

con el peso de la semilla. También, la tasa de crecimiento está positivamente correlacionada con la latitud y con la oscilación de la temperatura; pero el peso seco total se correlaciona negativamente tanto con la latitud (Fig. 8) como con la lluvia invernal, la oscilación de la temperatura y con el peso de la semilla, pero en cambio se asocia positivamente con la temperatura media anual.

Componentes Principales

Por otro lado, los resultados del análisis de componentes principales (Tabla 22) mostró que los factores de carga más importantes están dados por:

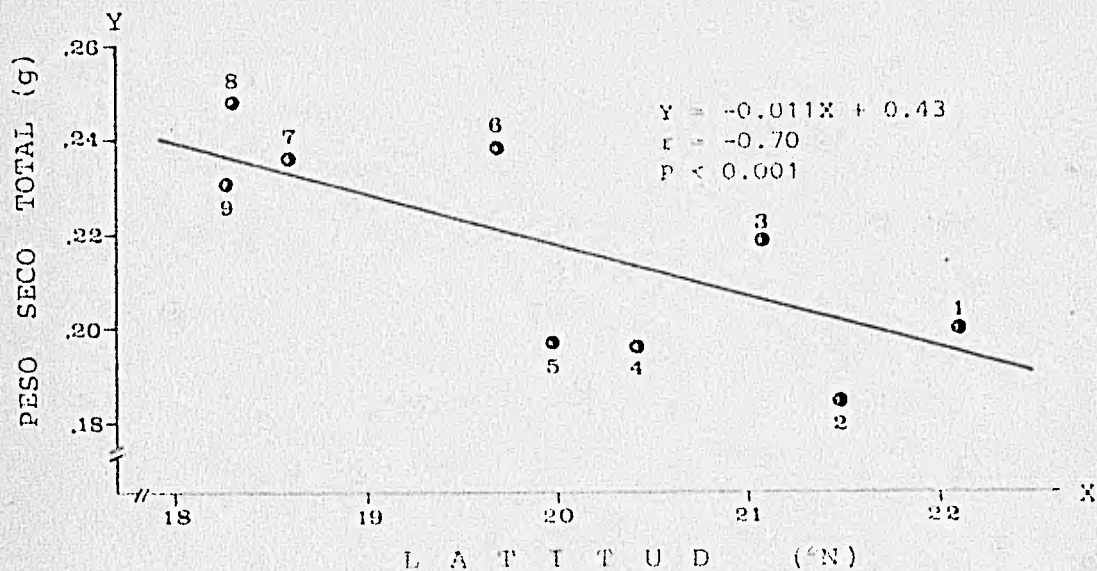


Fig. 8. Regresión lineal entre la latitud y el peso seco total de las plántulas de *Eucosmum allicastrum*, de las 9 localidades de procedencia de la semilla de la clase 2.

Tabla 22. Resultado del análisis de componentes principales de las características de la progenie de la clase 2 de *Eucosmum allicastrum*, las variables climáticas y el origen geográfico.

Eje	1	2	3	4	5	6
Raíz característica	9.335	4.438	2.572	1.900	1.530	1.120
% de variación	42.433	20.171	11.092	6.636	6.955	5.093

Variables		Factores de carga					
X ₁	LATI	0.842	-0.084	0.431	-0.157	0.615	-0.153
X ₂	LONG	0.916	-0.075	0.254	-0.071	0.042	-0.167
X ₃	ALTI	-0.638	-0.119	-0.074	0.476	-0.447	-0.129
X ₄	PFLU	-0.656	-0.377	-0.192	-0.463	0.160	0.379
X ₅	TEMA	-0.483	0.535	-0.265	-0.131	0.400	-0.080
X ₆	HEMN	-0.632	-0.425	-0.163	-0.471	0.107	0.356
X ₇	SERE	0.025	-0.290	0.409	-0.047	0.447	0.186
X ₈	LLIN	0.363	-0.587	-0.722	0.505	0.201	0.312
X ₉	OSTE	0.546	-0.119	0.290	-0.277	-0.035	0.148
X ₁₀	PESE	0.665	-0.462	-0.324	0.350	0.278	-0.050
X ₁₁	DIAM	0.455	-0.701	-0.242	0.136	0.049	-0.251
X ₁₂	TAGE	0.089	-0.613	-0.103	0.006	0.568	-0.256
X ₁₃	POGE	-0.667	0.111	0.333	0.355	0.388	-0.313
X ₁₄	TACR	0.561	-0.126	0.075	-0.164	-0.082	-0.377
X ₁₅	PIER	0.265	0.914	-0.169	0.061	0.728	0.065
X ₁₆	PEST	-0.695	0.435	0.905	0.061	0.185	0.023
X ₁₇	PFHT	0.727	0.439	-0.521	0.009	0.079	0.051
X ₁₈	PETO	-0.796	0.483	-0.003	-0.103	0.186	-0.169
X ₁₉	ALTO	0.762	0.576	-0.161	-0.113	-0.018	-0.090
X ₂₀	PIER	0.629	-0.464	-0.149	0.142	0.649	0.217
X ₂₁	PIST	0.652	0.040	0.907	0.272	0.044	0.307
X ₂₂	PPSA	0.825	0.476	-0.154	0.150	0.027	0.205

Factor de Interpretación	Origen Geográfico	Tamaño de la Raíz	Tamaño Relativo del Tallo	Tasa de Crecimiento	Temperatura Media Mensual	Índice de Humedad
--------------------------	-------------------	-------------------	---------------------------	---------------------	---------------------------	-------------------

- Eje 1. Longitud-latitud, oscilación de la temperatura y proporción del peso seco de la raíz.
- Eje 2. Peso seco de la raíz, diámetro de la semilla y tasa de germinación.
- Eje 3. Proporción del peso seco del tallo, proporción entre el peso seco de la raíz y el peso seco del tallo y peso seco del tallo.
- Eje 4. Tasa de crecimiento, lluvia invernal y altitud.
- Eje 5. Temperatura media anual, tasa de germinación y altitud.
- Eje 6. Índice de humedad, precipitación total anual y tasa de crecimiento.

Por consiguiente los factores de interpretación fueron identificados como: origen geográfico, tamaño de la raíz, tamaño relativo del tallo, tasa de crecimiento, temperatura media anual e índice de humedad. El conjunto de los 6 ejes explican el 94.98% del total de la variación registrada en él.

Tamaño de la Semilla Clase 3

El tamaño de la semilla de esta clase (Tabla 11), como se muestra en la Tabla 12 es junto con la clase 2 común a todas las localidades; pero aunque están presentes en un buen porcentaje en las 3 localidades del sur, su distribución de frecuencias (Fig 4) es sustancialmente menor que las dos clases anteriores.

Comportamiento Germinativo

En la Tabla 23 se muestran los resultados del comportamiento germinativo de esta clase; como se puede apreciar, el tiempo que esta clase de semilla tarda en completar su germinación fluctúa de 10.72 a 20.35 días, correspondiendo los extremos a Topila y a Playa Escondida respectivamente.

Sin embargo, a pesar del gran rango de variación de este comportamiento, el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las localidades, lo que sugiere que dicho comportamiento es similar entre todas ellas.

Tabla 23. Resultados del comportamiento germinativo de la semilla de *Brosimum alicastrum*, clase 3, de cada localidad colectada.

Localidad	25%	50%	75%	100%
Topila	7.87*	9.18	10.05	10.72
Mamey	7.59	9.95	11.66	13.05
Tuxpan	8.97	11.36	13.04	14.38
Los Alpes	11.90	14.80	16.81	18.40
La Florida	6.51	11.51	16.06	20.35
El Viejón	9.00	13.23	16.58	19.46
P. Escondida	11.07	16.35	20.54	24.15
Sta. Rosa	7.04	10.03	12.34	14.30
Los Mangos	12.30	15.69	18.09	20.01
X	9.14	12.46	15.02	17.20
S	2.14	2.66	3.42	4.30

*Estos valores indican el tiempo en días, que tardó la semilla en completar su germinación

Asignación de Energía

En la Tabla 24 se muestra la asignación de energía en términos del peso seco distribuido en las raíces, tallo y hojas.

El análisis de varianza practicado a estas variables mostro que hay diferencias significativas ($P < 0.0005$) de las variables peso

Tabla 24. Asignación de energía (g) hacia la raíz, el tallo y las hojas de plántulas de *Brosimum alicastrum* para la clase 3 de las 9 localidades de procedencia colectadas

Localidad	Total	Peso Seco Promedio (g)		
		Raíz	Tallo	Hoja
Topila	0.2806	0.0989	0.1211	0.0606
Mamey	0.2336	0.0744	0.0973	0.0619
Tuxpan	0.2464	0.0770	0.0996	0.0698
Los Alpes	0.2213	0.0624	0.1017	0.0572
La Florida	0.2776	0.0954	0.1098	0.0724
El Viejón	0.2197	0.0689	0.0979	0.0529
P. Escondida	0.2149	0.0435	0.1153	0.0561
Sta. Rosa	0.2423	0.0636	0.1063	0.0724
Los Mangos	0.3365	0.0996	0.1584	0.0785

seco de raíz y peso seco del tallo; mientras que el análisis de rango múltiple muestra que existen diferencias significativas entre las localidades que se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25. Resumen del análisis de rango múltiple de SNK para el carácter peso seco de la raíz y peso seco del tallo de las plántulas de la clase 3 de *Brosimum alicatum* de los 9 sitios estudiados

RAIZ									
Zonas estudiadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Topila									
2 Mamey									
3 Tuxpan									
4 Los Alpes	*								
5 La Florida									
6 El Viejón									
7 P. Escondida	**		**		**				
8 Sta. Rosa	*		*		*				
9 Los Mangos							**	*	

TALLO									
Zonas estudiadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Topila									
2 Mamey									
3 Tuxpan									
4 Los Alpes									
5 La Florida									
6 El Viejón									
7 P. Escondida									
8 Sta. Rosa									
9 Los Mangos	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Los asteriscos indican el nivel de significancia que existe entre los los sitios comparados entre sí (* 5%; ** 0.1%).

Análisis de Componentes Principales

Matriz de Coeficientes de Correlación

El análisis de correlación lineal (Tabla 26) mostró que el tamaño relativo de la raíz está positivamente correlacionado con la latitud (Fig. 9) y con el peso de la semilla. El peso seco total y el peso seco del tallo, tienden a incrementarse con un aumento en altitud y por otro lado,

Tabla 26. Coeficientes de correlación lineal entre el origen geográfico, los factores climáticos y las características de la progenie de la clase 3 de *Brosimum alicatum* de las 9 localidades de procedencia estudiadas.

Variables	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	
X ₁ LATI	1.00																						
X ₂ LUMI	0.98*	1.00																					
X ₃ ALTI	0.43*	-0.44*	1.00																				
X ₄ PREC	-0.58*	-0.66*	0.12	1.00																			
X ₅ HUM	-0.53*	-0.57*	0.03	0.32*	1.00																		
X ₆ VES	-0.25*	-0.41*	0.11	0.14*	0.22*	1.00																	
X ₇ HRE	0.43*	0.45*	-0.52*	-0.28*	-0.22*	-0.28*	1.00																
X ₈ ALTI	0.13	0.23*	0.02	0.05	-0.07*	-0.07*	0.48*	1.00															
X ₉ HRE	0.91*	0.91*	-0.61*	-0.61*	-0.52*	-0.54*	0.13*	0.27*	1.00														
X ₁₀ HRE	0.54*	0.54*	-0.33*	-0.33*	-0.33*	-0.33*	0.16*	0.12*	0.43*	1.00													
X ₁₁ LUM	0.86*	0.92*	-0.63*	-0.63*	-0.63*	-0.63*	0.20*	0.18*	0.76*	0.77*	1.00												
X ₁₂ PREC	0.40*	0.56*	-0.12*	-0.12*	-0.12*	-0.12*	0.66*	-0.10	0.44*	0.33*	0.44*	1.00											
X ₁₃ HUM	0.50*	0.57*	0.35	-0.30*	-0.31*	-0.32*	0.34	-0.11	0.37*	0.26*	0.26*	0.26*	1.00										
X ₁₄ VES	-0.11*	-0.49*	0.25*	-0.27*	-0.27*	-0.27*	-0.24*	-0.24*	-0.24*	-0.24*	-0.24*	-0.24*	0.17*	1.00									
X ₁₅ HRE	0.11*	0.22*	0.02	-0.04*	-0.04*	-0.04*	-0.04*	-0.04*	-0.04*	-0.04*	-0.04*	-0.04*	0.17*	0.40*	1.00								
X ₁₆ LUM	-0.42*	-0.44*	0.15*	0.16*	0.16*	0.16*	-0.12*	-0.12*	-0.12*	-0.12*	-0.12*	-0.12*	-0.12*	-0.12*	-0.12*	1.00							
X ₁₇ HRE	0.44*	0.51*	0.32*	0.33*	0.33*	0.33*	0.17*	0.16*	0.75*	0.75*	0.75*	0.75*	0.75*	0.75*	0.75*	1.00							
X ₁₈ PREC	-0.12	-0.16	0.17*	-0.21*	-0.21*	-0.21*	-0.19*	-0.19*	-0.19*	-0.19*	-0.19*	-0.19*	-0.19*	-0.19*	-0.19*	0.33*	1.00						
X ₁₉ HUM	0.34	0.36	0.22	-0.24*	-0.24*	-0.24*	0.30*	0.30*	0.30*	0.30*	0.30*	0.30*	0.30*	0.30*	0.30*	0.30*	1.00						
X ₂₀ VES	0.47*	0.51*	-0.21*	-0.24*	-0.24*	-0.24*	0.15*	0.15*	0.15*	0.15*	0.15*	0.15*	0.15*	0.15*	0.15*	0.15*	0.15*	1.00					
X ₂₁ HRE	-0.56*	-0.57*	-0.01	0.27*	0.27*	0.27*	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	0.33*	1.00				
X ₂₂ PREC	-0.44*	-0.50*	-0.21*	-0.26*	-0.26*	-0.26*	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.33*	1.00			

Los asteriscos indican el nivel de significación que son significativas las correlaciones: * 0.05, ** 0.01, *** 0.001.

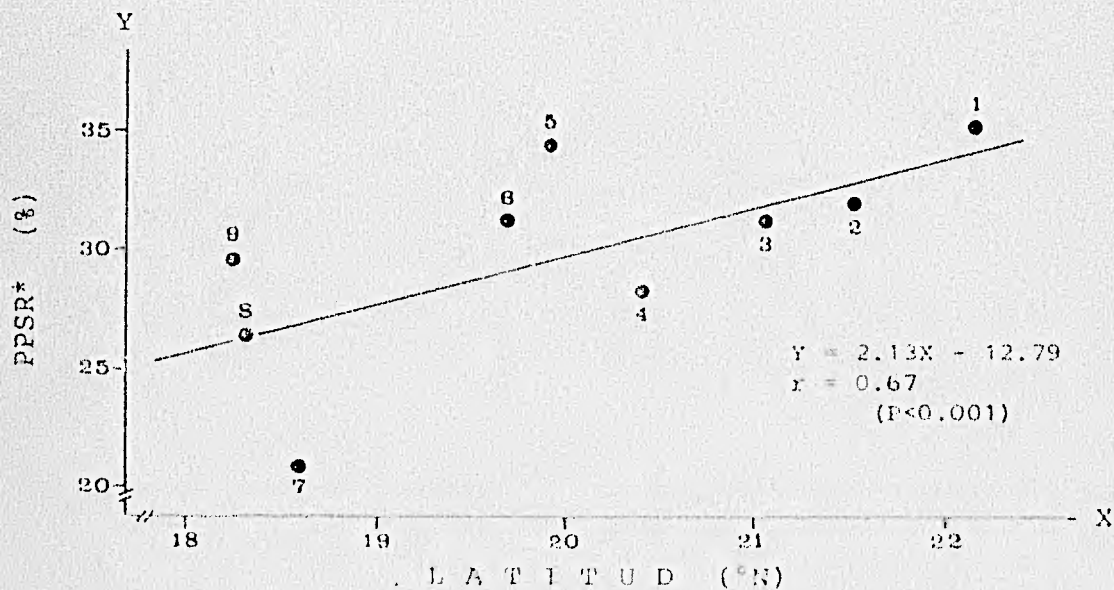


Fig. 9. Regresión lineal entre la latitud y el tamaño relativo de la raíz de las plántulas de *Brosimum alicatum* de las 9 localidades de procedencia de la semilla de la clase 3. (Ver Tabla 3)

el peso seco total se incrementa también con un aumento del peso seco de la raíz y del tallo. La tasa de crecimiento tiende a ser ligeramente más elevada con un aumento en altitud, pero está negativamente correlacionada con la sequía relativa y la lluvia invernal. En cambio, la tasa de germinación está positivamente correlacionada con la latitud, con la sequía relativa y con la oscilación de la temperatura y finalmente, la altura total de la plántula se correlaciona positivamente con el peso seco de la raíz, tallo y peso seco total, pero en cambio ésta tiende a disminuir con aumentos en la precipitación total anual e índice de humedad.

Componentes Principales

En la Tabla 27 se muestran los resultados del análisis de componentes principales, el cual extrajo para esta clase de tamaño de semilla 6 componentes o ejes, los cuales explican el 96.64% de la varianza total

Tabla 27. Resultado del análisis de componentes principales de las características de la progenie de la clase 3 de *Stylosanthes affinis*, las variables climáticas y el origen geográfico.

Ejes	1	2	3	4	5	6
Raíz característica	10.465	4.150	2.645	1.672	1.284	1.044
% de variación	47.570	18.867	12.025	7.609	5.833	4.748

Variables	Factores de carga					
X ₁ LATI	0.848	+0.448	0.164	-0.116	-0.068	-0.139
X ₂ LONG	0.880	-0.433	0.119	-0.022	-0.014	-0.069
X ₃ ALTI	-0.391	0.642	-0.309	0.410	-0.342	-0.148
X ₄ PFLU	-0.878	-0.700	0.192	0.033	0.225	-0.254
X ₅ TEMA	-0.591	-0.024	-0.149	-0.336	0.055	0.734
X ₆ IHEN	-0.855	-0.291	0.200	0.051	0.222	-0.374
X ₇ SERR	0.458	-0.548	0.413	0.373	-0.175	0.253
X ₈ LLIN	0.162	-0.190	0.138	0.892	0.258	0.076
X ₉ OSTE	0.673	-0.574	0.206	0.010	-0.171	-0.192
X ₁₀ FESA	0.642	0.111	0.395	-0.245	0.530	0.004
X ₁₁ DIAM	0.912	-0.264	0.102	-0.119	0.188	0.074
X ₁₂ TAGE	0.504	-0.912	0.700	-0.171	-0.428	-0.008
X ₁₃ POGE	0.785	0.210	-0.429	-0.072	-0.365	-0.020
X ₁₄ TACR	-0.473	-0.265	0.405	-0.374	-0.410	-0.194
X ₁₅ PESP	0.676	0.695	-0.104	-0.021	0.157	-0.052
X ₁₆ PEST	-0.210	0.794	0.538	-0.062	0.142	-0.014
X ₁₇ PPRF	0.921	0.190	-0.300	0.012	0.107	-0.063
X ₁₈ PSTO	0.230	-0.687	0.283	0.055	0.152	-0.083
X ₁₉ ALTO	0.344	0.557	0.533	0.367	-0.169	0.328
X ₂₀ PPSR	0.941	0.271	-0.155	-0.110	0.069	-0.013
X ₂₁ PPSI	-0.807	-0.106	0.490	-0.176	0.052	0.136
X ₂₂ PPSA	0.939	0.261	-0.142	-0.117	0.102	-0.010

Factor de Intercorrelación	Tamaño Relativo de la Raíz	Vigor	Tasa de Germinación	Ejeda de Secas	Tamaño de la Semilla	Temperatura Media Anual
----------------------------	----------------------------	-------	---------------------	----------------	----------------------	-------------------------

registrada en este análisis.

De acuerdo a los resultados de este análisis, los principales factores de carga están dados por:

- Eje 1. Proporción del peso seco de la raíz, proporción entre el peso seco sumergido y el peso seco aéreo, proporción del peso seco entre la raíz y el tallo y el diámetro de la semilla.
- Eje 2. Peso seco total de la plántula, peso seco del tallo, peso seco de la raíz, altitud y oscilación de la temperatura.
- Eje 3. Tasa de germinación, peso seco del tallo, altura total de la plántula y proporción del peso seco del tallo con relación al peso seco total.
- Eje 4. Lluvia invernal, altitud, sequía relativa y tasa de crecimiento.
- Eje 5. Peso de la semilla, tasa de germinación, tasa de crecimiento y porcentaje de germinación.
- Eje 6. Temperatura media anual, altura total de la plántula, índice de humedad y precipitación total anual.

Por lo tanto, los factores de interpretación identificados para cada eje fueron: tamaño relativo de la raíz, tamaño de la plántula (vigor), tasa de germinación, época de sequía, tamaño de la semilla y temperatura media anual, respectivamente.

Tamaño de la Semilla: Clase 4

El tamaño de la semilla de esta clase se encuentra entre 1.95 y 2.4 cm de diámetro, y como puede apreciarse en la Tabla 12 y Fig. 4, esta clase únicamente se encuentra representada en 6 de las localidades estudiadas, ya que está pobremente representada tanto en Playa Escondida como en Los Mangos; por esta razón, todos los análisis estadísticos y las correlaciones de la progenie con los factores físicos solo incluyeron a estas 6 localidades.

Comportamiento Germinativo

En la Tabla 28 se muestra el comportamiento germinativo de

Tabla 28. Resultados del comportamiento germinativo de la semilla de *Brosimum alicastrum*, clase 4, de cada localidad colectada.

Localidad	25%	50%	75%	100%
Topila	7.66*	9.57	10.91	11.96
Mamey	5.80	10.12	14.01	17.64
Tuxpan	7.04	9.56	11.43	12.37
Los Alpes	15.23	20.57	24.51	27.76
La Florida	9.68	12.99	15.43	17.44
El Viejón	8.74	12.59	15.36	17.62
	X	9.02	12.59	15.36
	S	3.32	4.20	4.92

*Estos valores indican el tiempo, en días, que tardó la semilla en completar su germinación.

la semilla de esta clase y de ella se aprecian que el tiempo necesario para que la semilla completará su germinación fluctuó entre 12.37 y 27.76 días; pero a pesar de este comportamiento manifiesta un amplio rango de variación, el análisis de varianza practicado no reveló diferencias estadísticamente significativas, lo cual sugiere que dicho comportamiento es similar entre las localidades estudiadas.

Asignación de Energía

En la Tabla 29 se muestran los resultados de la asignación

Tabla 29. Asignación de energía (g) hacia la raíz, el tallo y las hojas de plántulas de *Brosimum alicastrum* para la clase 4 de las 6 localidades de procedencia colectadas.

Localidad	Total	Peso Seco Promedio (g)		
		Raíz	Tallo	Hojas
Topila	0.2399	0.0726	0.1128	0.0545
Mamey	0.2882	0.0805	0.1252	0.0780
Tuxpan	0.2647	0.0771	0.1130	0.0745
Los Alpes	0.2862	0.0881	0.1296	0.0685
La Florida	0.2666	0.0743	0.1233	0.0690
El Viejón	0.3105	0.0964	0.1371	0.0770

de energía hacia la raíz, el tallo y la hoja de esta clase de tamaño de semilla.

El análisis de varianza practicado a estas 3 variables, únicamente reveló diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.005$) para la variable peso seco de la raíz, y el consecuente análisis de rango múltiple indicó que existen diferencias entre las localidades que se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30. Análisis de rango múltiple de SNK para la variable peso seco de la raíz de la clase 4 de *Rosinus africanus*, de los 6 sitios estudiados.

Raíz	1	2	3	4	5	6
Zonas estudiadas						
1 Topila						
2 Maney						
3 Tuxpan	*					
4 Los Alpes						
5 La Florida	*					
6 El Viejón	**					

Los asteriscos indican el nivel de probabilidad al que son significativos los sitios comparados entre sí (* 2.5%, ** 1%).

Análisis de Componentes Principales

Matriz de Coeficientes de Correlación

El análisis de correlación lineal (Tabla 31) mostró que el peso seco del tallo y el peso seco total de la plántula se incrementan con un aumento del peso seco de la raíz, al mismo tiempo que se incrementa la proporción del peso seco entre la raíz y el tallo.

La oscilación de la temperatura presenta ligeros aumentos con incrementos en la sequía intraestival, con la latitud y longitud; mientras que el peso de la semilla está negativamente asociada con un aumento en la oscilación de la temperatura y positivamente correlacionada con la altitud.

Asimismo, para este gradiente latitudinal de solo 6 sitios, el índice de humedad se incrementa con un aumento en la precipitación total pero disminuye con un aumento en la temperatura media anual. Mientras que

Tabla 31. Coeficientes de correlación lineal entre el origen geográfico, los factores climáticos y las características de la progenie de la clase 4 de *Brosimum alicatum* de las 6 localidades de procedencia estudiadas.

Variables	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	
X ₁ LATI	1.00																							
X ₂ LONG	0.96*	1.00																						
X ₃ ELEV	+0.52*	+0.55*	1.00																					
X ₄ PPLZ	0.05	0.19	-0.19	1.00																				
X ₅ TEMA	-0.11	-0.14	-0.14	-0.43*	1.00																			
X ₆ TAMB	0.14	0.24	-0.14	-0.33*	-0.11	1.00																		
X ₇ HUMI	0.32*	0.43*	-0.20	0.12	-0.12	-0.51*	1.00																	
X ₈ SEQU	+0.26	+0.24	0.19*	0.17	-0.16	0.22	-0.43*	1.00																
X ₉ DIFR	0.62*	0.72*	-0.50*	0.31	-0.14	0.14	0.24*	0.14	1.00															
X ₁₀ DIFR	+0.20	+0.15	-0.34*	-0.02	-0.19	0.14	-0.33*	0.05	-0.24*	1.00														
X ₁₁ DIFR	0.18	0.01	0.21	-0.25	-0.19	0.04	-0.14	0.02	-0.14	0.02	1.00													
X ₁₂ TAMB	0.10*	0.22*	0.21	-0.19	0.12	-0.14	-0.14	0.20	0.08	-0.24*	0.11	1.00												
X ₁₃ PPLZ	-0.14	-0.10*	-0.03	-0.14	-0.17*	-0.20	-0.18*	0.14	-0.04	-0.10*	-0.07	-0.10*	1.00											
X ₁₄ TEMA	-0.20	-0.15	-0.03	-0.19	-0.43*	-0.14	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11	1.00										
X ₁₅ HUMI	-0.14	-0.14*	-0.20	0.20	0.17*	0.14	-0.19*	-0.19*	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	1.00									
X ₁₆ SEQU	-0.14*	-0.14*	0.12	0.04	0.22*	0.24*	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	1.00								
X ₁₇ DIFR	-0.14	-0.14	-0.14	0.17*	0.17*	0.17*	0.17*	0.17*	0.17*	0.17*	0.17*	0.17*	0.17*	0.17*	0.17*	0.17*	1.00							
X ₁₈ DIFR	+0.44*	+0.44*	0.12	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	1.00						
X ₁₉ DIFR	+0.14	+0.14	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	1.00					
X ₂₀ TAMB	0.02	0.14	-0.14	-0.22	-0.19	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	1.00				
X ₂₁ TEMA	0.07	-0.07	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	1.00			
X ₂₂ HUMI	0.07	0.07	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	1.00		
X ₂₃ SEQU	0.07	0.07	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	1.00	

Los coeficientes indican el nivel de probabilidad al que son significativas las correlaciones. * 0.10; ** 0.05; *** 0.01.

la altura total de la plántula se incrementó sustancialmente con un decremento en el porcentaje de germinación, pero se incrementó con un aumento en el tamaño relativo del tallo y de la lluvia invernal. La tasa de germinación por otro lado, se incrementa con la latitud y con la sequía relativa; pero consecuentemente, disminuye con un aumento en la precipitación total anual y el índice de humedad, se correlaciona negativamente con el peso de la semilla. A su vez, la lluvia invernal y la sequía relativa se asocian positivamente y la tasa de crecimiento disminuye a medida que estas 2 variables se incrementan.

También, el peso seco de la raíz disminuye con un aumento en latitud y longitud, en la sequía relativa y en la lluvia invernal; pero se incrementa con un ligero aumento en el peso seco de la raíz (Fig. 10). Asimismo, el peso seco total, tomado como un índice de la tasa metabólica de la semilla, se incrementa con un aumento en la temperatura media anual, así como con el índice de humedad y con la precipitación total anual, lo que está de acuerdo con lo explicado anteriormente respecto a ella.

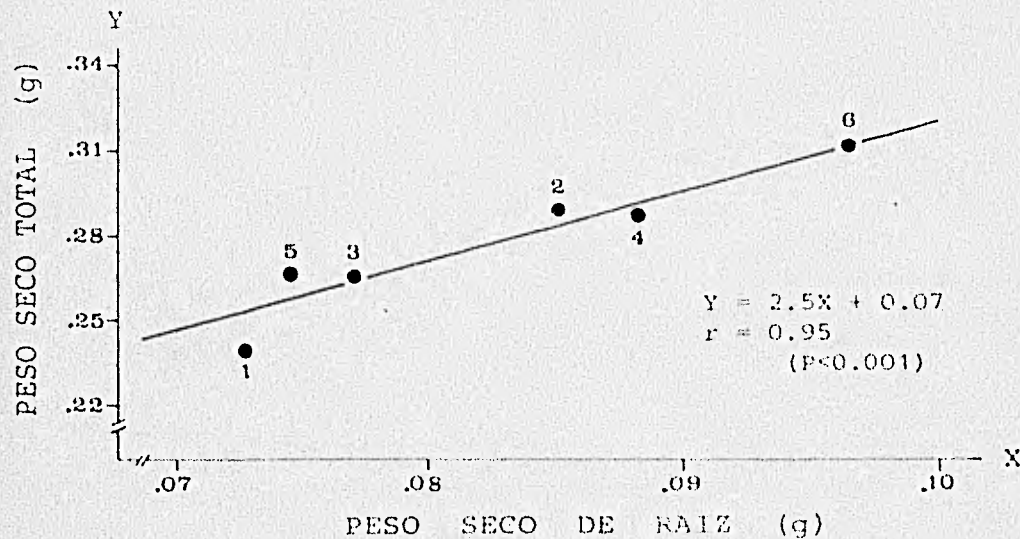


Fig. 10. Regresión lineal entre el peso seco de la raíz y el peso seco total de las plántulas de *Brosimum alicatum* de las 6 localidades de procedencia de la semilla de la clase 4.

Componentes Principales

Por otro lado, los resultados del análisis de componentes principales (Tabla 32) mostraron que en los 5 ejes o componentes extraídos, se puede explicar el 100% de la variación registrada en él.

Este análisis reveló que los factores de carga más importantes para cada eje están determinados por:

- Eje 1. Peso seco de la raíz, peso seco total, proporción del peso seco entre la raíz y el tallo y peso seco del tallo.
- Eje 2. Oscilación de la temperatura, longitud-latitud, sequía relativa, peso de la semilla y altitud.
- Eje 3. Índice de humedad, precipitación pluvial, temperatura media anual y tasa de germinación.
- Eje 4. Altura total de la plántula, porcentaje de germinación, lluvia invernal y proporción del peso seco del tallo.

Tabla 32. Resultado del análisis de componentes principales de las características de la progenie de la clase 4 de *Brosimum all-castrum*, las variables climáticas y el origen geográfico.

Ejes		1	2	3	4	5
Raíz característica		6.612	5.510	4.138	3.456	2.283
% de variación		30.055	25.044	18.811	15.711	10.179
Variables		Factores de Carga				
X ₁	LATI	-0.414	0.701 *	0.515	-0.303	0.434
X ₂	LONG	-0.368	0.637 *	0.240	-0.290	0.226
X ₃	ALTI	-0.486	-0.628	0.050	0.574	-0.104
X ₄	FFLO	0.281	0.114	0.884 *	-0.165	-0.202
X ₅	TEMP	0.477	-0.207	-0.780 *	-0.233	-0.157
X ₆	TRON	0.205	0.154	0.911 *	-0.122	-0.226
X ₇	CFRE	-0.191	0.835 *	-0.070	0.167	-0.481 *
X ₈	LLIN	-0.403	-0.047	0.221	0.653 *	-0.187 *
X ₉	OSTE	-0.050	-0.856 *	0.351	0.133	0.217
X ₁₀	PLSE	-0.789	-0.776	0.359	0.089	0.422
X ₁₁	DIAM	-0.656	-0.517	0.375	-0.025	0.477 *
X ₁₂	TAGE	-0.639	0.167	-0.690 *	0.209	0.018
X ₁₃	POJE	-0.118	-0.538	-0.209	-0.808 *	-0.039
X ₁₄	TACR	0.424	-0.185	0.556	0.435	0.504 *
X ₁₅	FESE	0.963 *	-0.131	0.001	0.200	0.059
X ₁₆	PEST	0.765 *	-0.476	0.016	0.415	0.087
X ₁₇	FEET	0.896 *	0.416	-0.021	-0.183	-0.034
X ₁₈	PEST	0.978 *	-0.539	0.176	0.128	-0.075
X ₁₉	ALFO	-0.123	0.511	0.058	0.927 *	-0.116
X ₂₀	FESE	0.682	0.445	-0.169	0.276	0.152
X ₂₁	PEST	0.592	-0.192	-0.370	0.555 *	0.427
X ₂₂	TPSA	0.683	0.434	-0.375	0.284	0.351
Factor de Interpretación		Tamaño de la Raíz	Oscilación de la Temperatura	Índice de Humedad	Altura Total	Época de Secas

Eje 5. Lluvia invernal, tasa de crecimiento, sequía relativa, diámetro de la semilla.

De donde, los factores de interpretación identificados para cada eje fueron respectivamente: tamaño de la raíz, oscilación de la temperatura, índice de humedad, altura final y época de secas.

Tamaño de la Semilla: Clase 5

Esta clase de tamaño representa la de mayor tamaño en este análisis (Tabla 11) y como puede apreciarse en la Tabla 12 y Fig. 4, esta clase de tamaño únicamente se encuentra en 6 de las localidades estudiadas, pero en 3 de ellas está pobremente representada.

Comportamiento Germinativo

En la Tabla 33 se muestra el comportamiento germinativo de la semilla de esta clase. Como se observa, el rango de tiempo que la semilla

Tabla 33. Resultados del comportamiento germinativo de la semilla de *Brosímum allicastrum*, clase 5, de cada localidad colectada.

Localidad	25%	50%	75%	100%
Topila	6.96*	10.43	13.21	15.62
Mamey	7.47	10.39	12.61	14.46
Tuxpan	8.10	10.78	12.74	14.35
Los Alpes	—	—	—	—
La Florida	10.73	14.13	16.60	18.61
El Viejón	7.08	9.87	11.99	13.76
\bar{X}	8.07	11.12	13.43	15.36
S	1.55	1.71	1.82	1.94

*Estos valores indican el tiempo, en días, que tardó la semilla en completar su germinación.

tarda en completar su germinación varía de 13.76 a 18.61 días, pero a pesar de ello, el análisis de varianza practicado no reveló diferencias estadísticamente significativas entre las localidades, lo que sugiere que dicho comportamiento es similar para las localidades estudiadas.

Asignación de Energía

En la Tabla 34 se proporcionan los resultados de la asignación de energía hacia la raíz, el tallo y las hojas de estas localidades, en términos del peso seco de cada variable.

El análisis de varianza practicado a las tres variables por separado, reveló la existencia de diferencias estadísticamente significativas únicamente para el peso seco de la raíz ($P < 0.0005$); y el consecuente análisis de rango múltiple mostró que las diferencias se presentan entre las localidades que se muestran en la Tabla 35.

Tabla 34. Asignación de energía (g) hacia la raíz, el tallo y las hojas en plántulas de *Brosimum alicastrum* para la clase 5 de las localidades de procedencia colectadas.

Localidad	Total	Peso Seco Promedio (g)		
		Raíz	Tallo	Hojas
Topila	0.2892	0.1000	0.1270	0.0622
Mamey	0.2705	0.0864	0.1244	0.0600
Tuxpan	0.3362	0.0959	0.1433	0.0970
La Florida	0.3272	0.1021	0.1537	0.0714
El Viejón	0.3269	0.1028	0.1545	0.0696

Tabla 35. Análisis de rango múltiple de SNK para el carácter peso seco de la raíz para la clase 5 de *Brosimum alicastrum* de los sitios estudiados.

RAIZ					
Zonas estudiadas	1	2	3	5 -	6
1 Topila					
2 Mamey					
3 Tuxpan		**		*	**
5 La Florida					
6 El Viejón					

Los asteriscos indican el nivel de probabilidad al que son significativos los sitios comparados entre sí (* 5%, ** 2.5%).

Análisis de Componentes Principales

Matriz de Coeficientes de Correlación

El análisis de correlación lineal (Tabla 36) mostró que la oscilación de la temperatura se incrementa positivamente con la latitud; también el peso seco total se incrementa con un aumento en el peso seco del tallo, pero ambos decrecen con un aumento en la oscilación de la temperatura y por consiguiente con la latitud.

El diámetro de la semilla se asocia significativamente con la precipitación total anual y por lo tanto con el índice de humedad, ya que entre estos dos últimos hay una casi perfecta correlación lineal. Asi-

Tabla 36. Coeficientes de correlación lineal entre el origen geográfico, los factores climáticos y las características de la progenie de la clase 5 de *Brassica albicastrum* de las localidades de procedencia estudiadas.

Variación	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	
Y ₁	1.000																						
Y ₂	0.992	1.000																					
Y ₃	-0.519	-0.511	1.000																				
Y ₄	0.132	0.139	-0.221	1.000																			
Y ₅	0.027	-0.043	0.014	-0.011	1.000																		
Y ₆	0.113	0.125	-0.117	0.117	-0.173	1.000																	
Y ₇	-0.427	-0.371	-0.391	0.101	-0.105	0.124	1.000																
Y ₈	-0.118	-0.132	0.147	0.111	-0.181	-0.141	0.119	1.000															
Y ₉	0.439	0.391	-0.443	0.111	-0.104	0.107	-0.227	0.126	1.000														
Y ₁₀	-0.311	-0.303	0.174	0.127	-0.177	-0.147	-0.161	-0.174	-0.283	1.000													
Y ₁₁	-0.071	0.128	0.117	0.154	-0.160	0.124	0.114	0.121	-0.021	-0.098	1.000												
Y ₁₂	-0.167	-0.166	0.164	0.174	0.155	0.134	-0.111	-0.117	-0.117	0.117	0.117	1.000											
Y ₁₃	-0.077	0.119	-0.107	0.155	0.138	0.113	0.119	-0.107	0.107	-0.107	-0.107	-0.107	1.000										
Y ₁₄	-0.149	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	1.000									
Y ₁₅	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	1.000								
Y ₁₆	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	-0.147	1.000							
Y ₁₇	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	1.000						
Y ₁₈	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	-0.147	1.000					
Y ₁₉	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	-0.147	-0.147	1.000				
Y ₂₀	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	-0.147	-0.147	-0.147	1.000			
Y ₂₁	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	-0.147	-0.147	-0.147	-0.147	1.000		
Y ₂₂	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	0.147	0.147	-0.147	-0.147	-0.147	-0.147	-0.147	-0.147	-0.147	1.000	

Los coeficientes indican el nivel de significación al que son significativas las correlaciones. * 0.10; ** 0.05; *** 0.01.

mismo, al igual que en las clases anteriores, el peso seco de la raíz decrece a medida que se incrementa la precipitación pluvial y el índice de humedad, y por lo tanto, los pesos secos total y de la raíz disminuyen con un aumento en latitud dentro de este gradiente (Fig. 11); así como con un incremento en la precipitación total anual, en el índice de humedad y en la oscilación de la temperatura (Fig. 12).

Sin embargo, la altura total de la plántula, aumentó con la latitud y con la altitud, y por consiguiente disminuyó con un incremento en la temperatura media anual. A su vez, el porcentaje de germinación disminuye fuertemente con un aumento en altitud y por lo tanto tiende a aumentar con un incremento en la temperatura media anual, a la vez que aumenta con la latitud y con la oscilación de la temperatura.

Finalmente, la proporción del peso seco del tallo disminuye con un aumento tanto en la sequía relativa como en la oscilación de la temperatura y por lo tanto con la latitud, pero aumenta con la altitud. En cambio, el peso seco total aumenta con un incremento en la lluvia invernal y disminuye con un aumento en la altura total de la plántula.

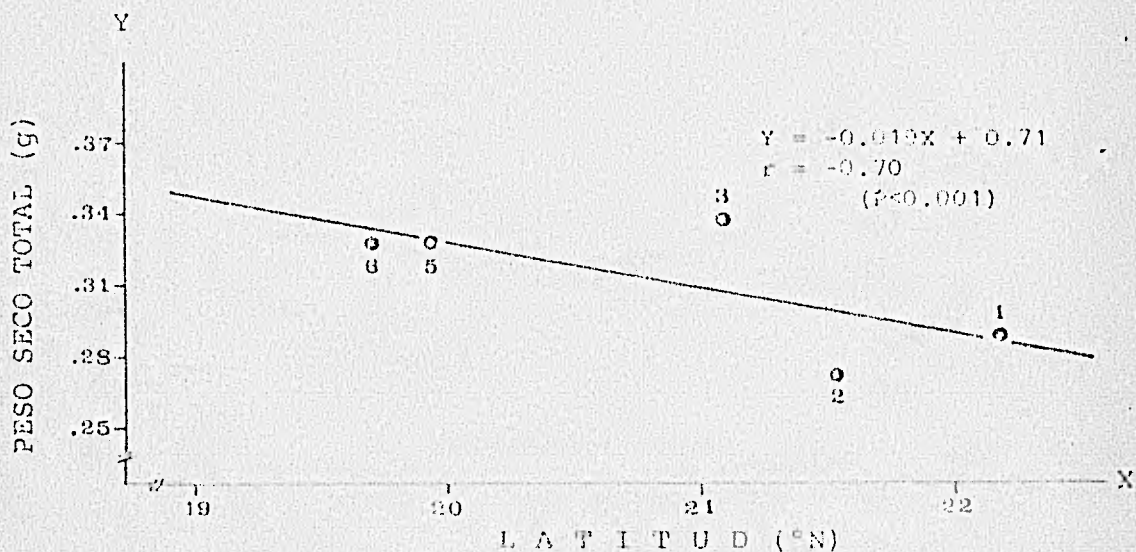


Fig. 11. Regresión lineal entre la latitud y el peso seco total de las plántulas de *Broméum alicatum* de las 5 localidades de procedencia de la semilla de la clase 5.

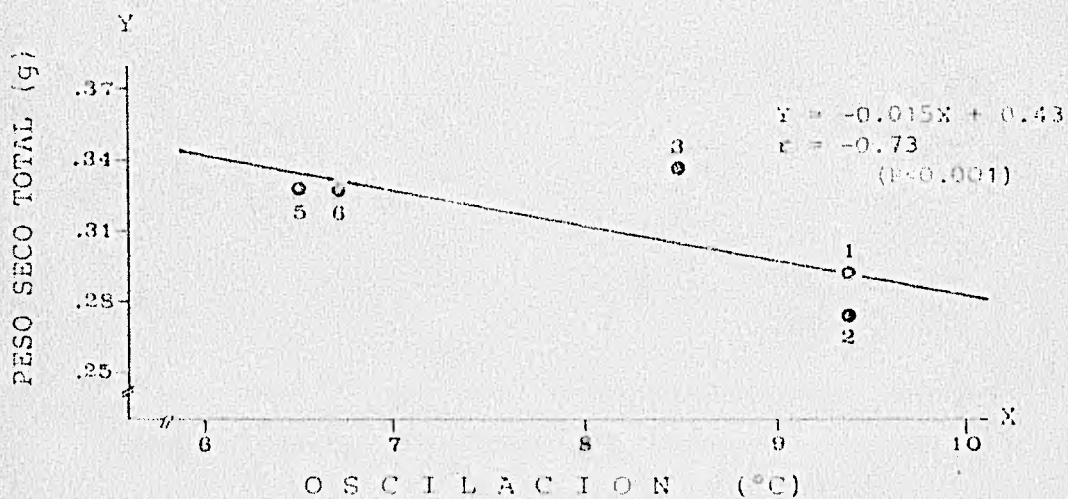


Fig. 12. Regresión lineal entre la oscilación de la temperatura y el peso seco total de las plántulas de *Broméum alicatum* de las 5 localidades de procedencia de la semilla de la clase 5.

Componentes Principales

Por otro lado, los resultados del análisis de componentes principales (Tabla 37) revelaron que con los 4 ejes o componentes extraídos por el análisis, se explica el 100% de la variación registrada en él.

Tabla 37. Resultado del análisis de componentes principales de las características de la progenie de la clase 5 de *Brosimum ali-catum*, las variables climáticas y el origen geográfico.

Ejes		1	2	3	4
Índice característica		8.893	5.099	4.485	7.822
% de variación		40.423	27.270	20.387	11.920

Variables		Factores de Carga			
X ₁	LATI	-0.942	0.093	0.514	0.142
X ₂	LONG	-0.904	0.204	0.142	0.147
X ₃	ALTI	0.727	-0.063	0.670	0.151
X ₄	TELO	-0.148	0.928	-0.076	-0.136
X ₅	TEMA	0.452	-0.443	-0.761	0.131
X ₆	TRUM	-0.195	0.915	0.036	-0.150
X ₇	HUME	-0.475	0.276	-0.233	0.802
X ₈	DIAM	0.342	0.422	0.619	0.342
X ₉	ORTE	-0.966	0.226	0.078	0.094
X ₁₀	HISE	0.563	0.538	0.610	-0.147
X ₁₁	DIAM	0.750	0.793	0.516	0.205
X ₁₂	TAGE	0.756	0.617	-0.004	0.217
X ₁₃	HASE	-0.733	-0.058	-0.661	-0.147
X ₁₄	TAGE	0.498	-0.713	0.342	0.049
X ₁₅	HIER	0.671	-0.742	-0.016	0.344
X ₁₆	HESI	0.847	-0.195	-0.175	0.093
X ₁₇	HERT	-0.756	-0.521	0.328	0.214
X ₁₈	PSNO	0.759	-0.054	-0.436	0.480
X ₁₉	ALNO	-0.128	-0.321	0.887	0.304
X ₂₀	HISE	-0.464	-0.482	0.506	-0.250
X ₂₁	HIST	0.566	-0.210	0.254	-0.759
X ₂₂	HISA	-0.481	-0.685	0.499	-0.273

Factores de Interpretación	Oscilación de la Temperatura	Precipitación Total Anual	Altura Total	Cosecha
----------------------------	------------------------------	---------------------------	--------------	---------

De acuerdo con éste, los factores de carga más importantes para cada eje o componente vienen dados por:

- Eje 1. Oscilación de la temperatura, peso seco del tallo, latitud-longitud y peso seco total.
- Eje 2. Precipitación total anual, índice de humedad, diámetro de la semilla y peso seco de la raíz.
- Eje 3. Altura total de la plántula, temperatura media anual, altitud y porcentaje de germinación.

Eje 4. Sequía relativa, proporción del peso seco del tallo, peso seco total y lluvia invernal.

De donde, los factores de interpretación extraídos fueron identificados como: oscilación de la temperatura, precipitación total anual, altura total y canícula.

Discusión

De acuerdo con los resultados del análisis de correlación y componentes principales de la clase 1, el origen geográfico de procedencia de la semilla y la oscilación de la temperatura explican la variación que se encuentra en el peso seco total de la plántula, el cual presenta correlación negativa con la latitud, estableciéndose un patrón gradual de variación de asignación de energía, lo que probablemente indique que las plántulas desarrolladas de la clase de semilla más pequeña posean tasas metabólicas más activas, asociadas con los factores de localización geográfica y de oscilación de temperatura. Por consiguiente, la biomasa es superior en las semillas de las localidades del sur y desciende gradualmente a medida que se incrementa la latitud y por consiguiente disminuye con un aumento en la oscilación de la temperatura, lo cual ocurre también con un incremento en latitud. Esto podría sugerir que el tamaño de la semilla representa el resultado de una estrategia fisiológica de la planta en respuesta (parcialmente) a las fluctuaciones climáticas de este gradiente latitudinal, ya que como se mostró en la Tabla 12 y en la Fig. 4, la clase de semillas más pequeña se encuentra mejor representada a medida que se desciende en latitud; y en los límites naturales de distribución boreal de *Strobilium alicastrum* está pobremente representada.

Por lo tanto, el peso seco total de la plántula de esta clase (Tabla 14) es la expresión fenotípica del proceso metabólico íntimamente ligado a los factores ambientales de su procedencia, indicando por consiguiente un patrón de variación ecoclinal a lo largo del gradiente geográfico estudiado.

Esta evidencia es apoyada por el hecho de que el peso seco de la raíz se incrementa significativamente con un decremento en la latitud y por lo tanto con la oscilación de la temperatura. Asimismo, tanto la

tasa de crecimiento como el peso seco del tallo, decrecen con un aumento en latitud, lo que apoya la discusión anterior (Fig. 5).

Dado los bajos coeficientes de correlación lineal, la precipitación total y el índice de humedad parecen influir tan sólo ligeramente sobre el peso de la semilla de esta clase y sobre el peso seco de su tallo. Sin embargo, la lluvia invernal parece influenciar más directamente las dimensiones del tamaño relativo de la raíz, el cual aumenta su tamaño paralelamente, a un incremento de ésta (Tabla 16), lo que sugiere que la planta responde asignando una mayor proporción de recursos hacia las raíces en respuesta a la presión ejercida sobre las plantas durante la época de sequía en cada sitio de origen (Fig. 6). En este caso responde positivamente a la época de secas (dentro de la que se ubica la lluvia invernal), distribuyendo mayores proporciones de su energía total hacia las raíces, aumentando el tamaño de éstas a medida que la disponibilidad de agua se hace menos probable; lo que sugiere que las plántulas, probablemente resuelven estos problemas produciendo raíces de mayor tamaño para disminuir con ello las posibilidades de morir por escasez eventual de agua, lo cual aumenta con un ascenso en latitud (Véase Fig. 13, Apéndice A).

Estas aseveraciones se ven reforzadas por el análisis de varianza para el peso seco de la raíz y el tallo; mientras que el análisis de rango múltiple reveló que existen diferencias para estos caracteres entre los sitios mostrados en la Tabla 15; indicando que la zona de Mamey se encuentra separada del resto de las zonas, formando un grupo aparte estadísticamente significativo para los caracteres peso seco de raíz y tallo, lo que sugiere que esta zona se encuentra diferenciada del resto o que está en proceso de diferenciación y probablemente se trate de un ecotipo localmente adaptado, ubicado dentro de un patrón general de variación asociada con el origen geográfico y con los factores climáticos antes discutidos, lo que sugiere una comprobación de la variación ecoclinal mostrada en la primera parte de los resultados de este trabajo.

Asimismo, si observamos detenidamente los factores de carga tanto para la clase 2 como para la clase 1 (Tablas 22 y 17), nos percatamos de que en ambos casos, los factores más importantes involucran a las

mismas variables, por lo que la discusión debe estar dirigida, más o menos, en el mismo sentido para ambas clases, solo que para esta última, los dos primeros ejes explican el 62.60% de la variación total registrada, mientras que en la clase anterior explicaron el 54.08%.

Por lo tanto para la clase 2, debido a que la proporción del peso seco del tallo y la proporción del peso seco entre la raíz y el tallo tienden a incrementarse con la latitud y el hecho de que el peso seco del tallo tiende a disminuir con la misma y que el peso seco total de la plántula también decrece con un aumento en latitud (Fig 8), pone de manifiesto que las tasas metabólicas de esta clase de semilla tienden a ser superiores en el sur de las zonas estudiadas, variando a lo largo de este gradiente geográfico de menor a mayor, en sentido norte-sur, respectivamente.

La proporción de energía asignada al tallo tiende a aumentar de acuerdo con la latitud, pero el peso seco absoluto de éste manifiesta un decremento con un aumento en latitud, lo cual comprueba que la tasa de asignación de energía está mejor asociada a las condiciones menos cambiantes del clima, principalmente la oscilación de la temperatura y la lluvia invernal -época de secas- (Tabla 2), lo que nuevamente sugiere que las clases más pequeñas de semilla de *Brosimum alicastrum* pueden representar el resultado de una estrategia fisiológica de la especie en respuesta a las condiciones climáticas fluctuantes de su lugar de origen. De acuerdo con lo anterior, estas fluctuaciones podrían sugerir la naturaleza causal de porque estas clases son más abundantes en el sur que en el norte (Tabla 12).

Por otro lado, esta clase muestra variación en el carácter tasa de crecimiento, la cual está asociada positivamente con la latitud, la sequía relativa y con la oscilación de la temperatura y negativamente con la altitud, lo cual podría también sugerir evidencias de variación en dos dimensiones, latitudinal y altitudinal, pero a partir de que el análisis de varianza no reveló diferencias significativas de este carácter entre los sitios estudiados, las interpretaciones que se hagan al respecto no son concluyentes. Debido a las mismas razones, los resultados obtenidos para el carácter tasa de germinación, son igualmente no concluyentes.

Sin embargo, para la clase 3 de acuerdo con los resultados del análisis de correlación y de componentes principales (Tablas 26 y 27) no existe una clara evidencia que pueda explicar la variación en cualquier

característica de la progenie en términos de los factores físicos, ya que los factores de carga más importantes asociados relacionan únicamente caracteres de la propia planta entre sí (ejes 1,2,3 y 5) y cuando relaciona los caracteres de la planta con algunos de los factores climáticos (ejes 4 y 6), la correlación (al menos en el eje 6) con el factor de interpretación no es significativa o no son tan buenas. Esto indica el porque, el eje explica tan solo el 4.75% de la variación residual registrada (Tabla 27).

Tomando en cuenta lo anterior, se puede sugerir una interpretación lógica y congruente con estos resultados. En primer lugar, las interpretaciones derivadas de las clases anteriores son válidas también para esta clase, ya que de acuerdo con el análisis de correlación, hay elevados niveles de significancia en los coeficientes de correlación lineal (Tabla 26) entre las asociaciones de los factores de interpretación con los factores de localización geográfica y los climáticos, ya que el tamaño relativo de la raíz tiende a incrementarse con la latitud (Fig.9) y por consiguiente con la oscilación de la temperatura; a su vez se asocia negativamente con un incremento tanto en la precipitación, así como con el índice de humedad y con la temperatura media anual, lo cual está de acuerdo en términos generales con lo discutido anteriormente sobre las plántulas de las clases anteriores -más pequeñas- en respuesta a las condiciones de sequía más fuertes en el norte de la distribución de *Brosimum alicastrum*.

Por otro lado, la tasa de crecimiento aclara también estos hechos, ya que ésta disminuye con un incremento en el valor relativo de la lluvia invernal, es decir con un incremento en la época de sequía y también con un aumento en la sequía relativa (intraestival), las que tienden a ser más drásticas a medida que la latitud se incrementa. Esto quizá tenga su explicación debido a que las proporciones de los pesos secos entre la raíz y el tallo se incrementan en el mismo sentido latitudinal, lo cual se explica porque la asignación proporcional de energía hacia las raíces (tamaño relativo de la raíz) se incrementa a medida que se aumenta el hábitat xérico, comprendido en este gradiente latitudinal, lo que está de acuerdo con las anteriores discusiones.

Pero quizá el hecho más sobresaliente es que esta clase es precisamente la que mejor está representada para todos los sitios estudiados, es decir que su distribución de frecuencias (Tabla 12) a lo largo de

la latitud contiene una mayor homogeneidad si los comparamos con la distribución de frecuencias de las otras clases de tamaño. Por lo tanto, esta relativa "homeostasis" de distribución de esta clase de tamaño de semilla a lo largo del gradiente latitudinal, podría estar teóricamente, 'mejor adaptada' a cualquier condición ambiental dentro de este gradiente. Sugiriendo con ello que probablemente esta clase de tamaño de semilla pueda funcionar como 'generalista' y que posiblemente éste sea el tamaño básico de la semilla de *Brosimum alicastrum* a partir del cual las otras clases de tamaños se han desarrollado.

Con base en el peso seco total de la plántula, los factores ambientales que se asocian significativamente con él, son la oscilación de la temperatura y la altitud, sugiriendo con ello que la variación ecoclinal se puede establecer también en sentido altitudinal, probablemente en respuesta a las fluctuaciones de la temperatura media anual, la que, de acuerdo con García (1970) establece un gradiente térmico, cuya variación fluctúa entre 0.5 y 0.4°C por cada 100 metros de aumento en latitud al norte y al sur del paralelo 20°N, respectivamente en el Estado de Veracruz, sin embargo esto último no es concluyente.

Para la clase 4, nuevamente se manifiesta la tendencia del tamaño de la raíz y de la tasa metabólica, a variar clinalmente a lo largo de este gradiente latitudinal (Fig. 10), lo que puede representar una estrategia clave que le permite adaptarse a las condiciones fluctuantes del ambiente, sugiriendo con ello que la estrategia para producir raíces de un determinado tamaño, es una respuesta de la plántula a diferentes factores climáticos.

La evidencia de variación ecoclinal del carácter peso seco de la raíz, está sostenida por el hecho de que el análisis de varianza para este factor reveló la existencia de variación estadísticamente significativa ($P < 0.005$) y el consecuente análisis de rango múltiple de SNK indicó que existen diferencias entre los sitios (Tabla 30).

Este último análisis podría explicar en parte que el sitio de El Viejón, es donde se presentan las condiciones climáticas más adversas (Tabla 2) de los 6 sitios analizados y por lo tanto, la plántula responde a éstas asignando una mayor cantidad de energía hacia sus raíces (Tabla 29) que le permite incrementar su tamaño, sosteniendo con ello la evidencia propuesta en párrafos anteriores.

En la clase 5 se reafirma nuevamente la tendencia del comportamiento de la progenie procedente de esta clase de semilla a variar de acuerdo con las tendencias del patrón climático comprendido en este gradiente.

Al igual que la clase 4, también incrementa sus tasas metabólicas a medida que se desciende en la latitud (Fig. 11) y por consiguiente con un incremento en la temperatura. Además, el peso seco de la raíz y el tallo, también se incrementan en el mismo sentido, con lo cual se demuestra nuevamente la existencia de variación ecoclinal para la asignación de energía correlacionada con algunos factores climáticos; es decir, que las pequeñas variaciones observadas en la asignación de energía hacia los tejidos de la plántula, se asocian paralelamente con el patrón de variación climática que se presenta en este pequeño gradiente latitudinal; y por consiguiente, la estrategia adaptativa seguida por la plántula está evidenciada en todas las clases de poblaciones de semillas, lo cual sugiere que puede estar dirigida por selección natural.

Nuevamente, ésto se comprueba por las correlaciones existentes entre el peso seco de la raíz y la precipitación total anual y el índice de humedad, factores climáticos con los cuales se asocia negativamente. Es decir, que donde se presenta una relativa mayor cantidad de lluvia, dentro del gradiente estudiado, la tendencia del tamaño de la raíz es disminuir y por el contrario a menor precipitación mayor tamaño de la raíz, con lo cual se sostiene y comprueba que la variación ecoclinal observada es una tendencia general de la plántula, quien soluciona de este modo los problemas que el ambiente le plantea, y al ser esta una estrategia general es por lo tanto adaptativa y conducida por la selección natural. Esta misma afirmación es válida para el peso seco total de la plántula según quedó demostrado por el análisis de correlación lineal y por el subsiguiente análisis de factor desarrollado (Tablas 36 y 37).

Por otro lado, estas evidencias son sostenidas aún más fuertemente por el análisis de varianza para el factor peso seco de la raíz, el cual demostró la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0.0005$) y por el análisis de rango múltiple de SNK, el que reveló que las diferencias estadísticamente significativas se establecen entre los sitios mostrados en la Tabla 35.

Finalmente, los análisis de varianza desarrollados para la tasa de germinación, tasa de crecimiento y altura total de la plántula, no revelaron diferencias estadísticamente significativas, por lo que ninguna interpretación sobre su variación puede ser genecológicamente concluyente, excepto que su comportamiento es similar para los sitios que contienen a esta clase de tamaño de semilla.

CONCLUSIONES

Como se puede apreciar por los resultados y las discusiones - presentadas anteriormente, el análisis sobre la variación de *Brosimum alicastrum* se estudió por un lado, carácter por carácter de una manera univariada; y por otro, de una forma multivariada en la que se consideró la variación de todos los caracteres simultáneamente. El enfoque multivariado es en general más útil y de mayor validez, ya que la variación de *B. alicastrum* como de cualquier otra especie, generalmente, es el resultado de la acción compleja de una serie de factores ambientales y genéticos actuando sobre la totalidad del genotipo. En cambio, el enfoque univariado proporciona información útil sobre la naturaleza de la variación de caracteres individuales y por tal razón, es un prerequisite de análisis cuando se usan métodos multivariados.

Por lo tanto, de acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que:

El tamaño promedio de la semilla de *Brosimum alicastrum* Sw. - tiende a variar clinalmente a lo largo del gradiente latitudinal estudiado; dicha variación se manifiesta tanto en el peso húmedo como en el diámetro de la semilla, los cuales aumentan significativamente sus dimensiones con un incremento en la latitud de origen de la semilla.

La tendencia clinal de variación en este gradiente, también - mostró evidencias de estar significativamente correlacionada con las variables climáticas de su lugar de origen, proporcionando por lo tanto, evidencias de variación ecoclinal.

Esta tendencia variacional se mantiene en el mismo sentido para los caracteres de la progenie, de los cuales, de acuerdo con el análisis de componentes principales, el tamaño de la semilla, el tamaño relativo de la raíz

y el vigor de la semilla son las variables más importantes. Demostrándose además que el tamaño de la semilla determina el tamaño inicial de la plántula, lo cual está de acuerdo con lo encontrado por Griffin (1962), Yeatman (1967), Morgenstern (1969) y Melzack & Watts (1982).

Estos resultados permiten sugerir que el tamaño relativo de la raíz se incrementa a medida que se acentúa el hábitat xérico de las localidades estudiadas, lo que desde el punto de vista nutritivo y de sobrevivencia de las plántulas podría ser un factor muy importante, ya que las plántulas de *Brosimum alicastrum* podrían resolver los problemas que representan las prolongadas sequías, desarrollando raíces de mayor tamaño, con lo que se aseguraría potencialmente una mayor probabilidad de sobrevivencia. Este hecho puede representar el resultado de una estrategia ventajosa y muy probable de ocurrir en condiciones naturales, debido a que el tamaño relativo de las raíces es una expresión directa del tamaño de la semilla, de la cual se desarrolló la plántula y de acuerdo con Werner (1979) entre mayor tamaño de semilla, mayor probabilidad de germinación y de sobrevivencia de las plántulas.

Por otro lado, la tasa de germinación está afectada directamente por el peso de la semilla de cada sitio de procedencia, ésta tiende a aumentar con el peso de la semilla, lo que ocurre también con un incremento en latitud, pero debido a que ésta no mostró diferencias significativas entre cada sitio de estudio, los resultados derivados de este análisis no permiten hacer interpretaciones sobre un posible patrón de su comportamiento y por consiguiente su explicación no es concluyente, por lo que es recomendable realizar estudios en este sentido bajo condiciones experimentales controladas de humedad y temperatura.

En términos generales, la variación estudiada de la progenie de *Brosimum alicastrum* está ecológica y significativamente correlacionada tanto en los factores climáticos como con el gradiente latitudinal de las localidades de procedencia, lo cual viene a enriquecer las proposiciones de Langlet (1971), quien postuló por primera vez que la variación clinal de características morfológicas y/o fisiológicas en plantas leñosas se presenta a lo largo del rango de ellas, resultando estar latitudinal y ecológicamente correlacionada; y las de Stern & Roche (1974) quienes proponen que en la mayoría de los ecoclinas los factores climáticos son las principales fuentes de correlación con la variación clinal.

Asimismo, los resultados obtenidos parecen estar de acuerdo con lo encontrado por Baker (1972) en California "existe una clara tendencia a incrementar el peso de la semilla con un incremento en la probabilidad de que las plántulas queden expuestas a la sequía después de la germinación". y con lo demostrado por Kandya *et al.*, (1978), Donoso (1979a, b), Gabriel (1978), Kuser & Ching (1981) y Melzack & Watts (1982).

Con respecto a los resultados del análisis estratificado de la semilla, se manifiesta una tendencia generalizada de la tasa metabólica de las semillas, tomada ésta como una función directa del peso seco total de la plántula en cada localidad.

Todas las clases de tamaño, excepto la 3, mostraron una tendencia a variar sus tasas metabólicas a lo largo de la latitud, de tal manera que se descende latitudinalmente, lo que sugiere que este comportamiento sea el resultado de una estrategia fisiológica de *Brosímum alicastrum* en respuesta a las condiciones climáticas fluctuantes de su lugar de origen, entre las que destacan: la oscilación de la temperatura y lluvia invernal, variables que correlacionadas con el tamaño relativo de la raíz y/o tamaño de raíz, sugieren que estas dos últimas variables podrían representar una mayor posibilidad potencial de sobrevivencia, una vez que la semilla ha germinado y la plántula se ha fijado al sustrato.

Se sugiere también la posibilidad de que la semilla de la clase 3 funcione como un tipo de semilla 'generalista' y que probablemente éste sea el tamaño básico de la semilla de *Brosímum alicastrum*, a partir del cual las otras clases de tamaño se han desarrollado. Por consiguiente, lo encontrado para el análisis estratificado de la semilla pone de manifiesto más claramente lo encontrado para el análisis global de la semilla, en el sentido de lo que representa el tamaño relativo de la raíz, ya que esta variable, también resultó ser uno de los componentes más importantes, con lo que se sugiere nuevamente que la asignación de energía por parte de la semilla hacia las raíces es proporcional y se incrementa a medida que se aumenta el hábitat xérico comprendido dentro de este gradiente latitudinal, lo cual está de acuerdo con las anteriores discusiones.

Finalmente, la explicación de la variación ecoclinal encontrada para el tamaño de la semilla y la asignación de energía las plántulas de B.

alicastrum parece estar lejos de ser un fenómeno excepcional, y más bien confirma la generalizada opinión de que la variación clinal de las especies a nivel fenotípico, en respuesta a factores ambientales principalmente climáticos, representa más bien un patrón adaptativo en su comportamiento, lo cual es generalmente cierto y aún, más evidente, en aquellas especies que presentan un amplio rango de distribución natural.

LITERATURA CITADA

- Amo, S. Del. 1978. Crecimiento y regeneración de especies primarias de selva alta perennifolia. Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias, UNAM.
- _____ 1979. Clave para plántulas y estados juveniles de especies primarias de una selva alta perennifolia en Veracruz, México. *BIOTICA* 4(2):59-108.
- Antonovics, J., A.D. Bradshaw & R.G. Turner. 1971. Heavy metal tolerance in plants. *Adv. Ecol. Rev.* Vol. 7.
- _____ 1971. The effects of heterogenous environment on the genetics of natural populations. *Amer. Scientist* 59:593-599.
- Baker, H.G. 1972. Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology* 53:997-1010.
- Barajas, J. 1979. Descripciones y clave para identificación de maderas comerciales comunes. En Barajas, J., R. Echenique-Manrique y T. F. Carmona (Ed). *La Madera y su Uso en la Construcción* No. 3. Estructura e Identificación. INIREB-LACITEMA.
- Barrera, A., A. Gómez-Pompa y C. Vázquez-Yanez. 1977. El manejo de las selvas por los mayas: sus implicaciones silvícolas y agrícolas. *BIOTICA* 2(2):47-61.
- Benjamin, J.R. & A. Cornell. 1970. Probability, statistics, and decision for civil engineering. McGraw-Hill Book Company.
- Bennett, E. 1964. Historical perspectives in geneecology. *Scottish Plant Breeding Station Report* 1964.
- Berg, C. 1970. New taxa and combination in the genus *Brosimum* (Moraceae). *Acta Bot. Neerl.* 19(3):326-328.
- _____ 1972. Flora Neotropica. Monograph No. 7. *Obolodicae, Brosimaceae (Moraceae)*. Hafner Publishing Co. N. Y.
- Burger, W. 1977. Fieldiana Botany: Flora Costarricensis. *Field Museum of Natural History* Vol. 40:112-119.
- Burley, J. 1966a. Review of variation in slash pine (*Pinus taeda* L.) in relation to provenance research. *Com. For. Rev.* 45:322-338.
- _____ 1966b. Genetic variation in seedling development of Sitka Spruce, *Picea sitchensis* (Bong).Carr. *Forestry* 39:68-94.

- Burley, J. 1969. Methodology for provenance trials in the tropics. *Urasylea* 23:24-28.
- Clausen, J., D.D. Keck & W.M. Hiesey. 1940. Experimental studies on the nature of species I. Effect of varied environments on western North American plants. *Publ. Carnegie Inst.* No. 520. Washington, D. C.
- _____. 1972. Experimental studies on the nature of species II. Environmental responses on climatic races of *Achillea*. *Carnegie Inst.* Washington, Publ. 581.
- Coelho, A.M., C.A. Bramblett, L.B. Quick & S.S. Bramblett. 1976a. Resource availability and population density in primates: a socio-bioenergetic analysis of the energy budgets of Guatemalan Howler and Spider Monkey in Tikal, Guatemala. *Primates* 17 (1):63-80.
- _____, L.S. Coelho, C.A. Bramblett, S.S. Bramblett & L.B. Quick. 1976b. Ecology, population characteristics and sympatric association in primates: a socio-bioenergetic analysis of Howler and Spider Monkey in Tikal, Guatemala. *Yearbook of Physical Anthropology* Vol. 20:96-135.
- Croat, T.B. 1978. *Flora of the Barro Colorado Island*. Smithsonian Institution.
- Darwin, C. 1858. *El origen de las especies por la selección natural*. Reimpreso. Editora Nacional. México.
- Daubenmire, R.F. 1974. *Plants and environment*. A textbook of plant autecology. Third Edition. Wiley International Ed. pp. 442.
- Davey, V.McM. & J.M.S. Lang. 1939. Experimental taxonomy III. Correlation of characters within a population. *New Phytol.* 38:32-61.
- De la Paz, O.C., T.F. Carmona y M.A. Rogel. 1980. Estudio anatómico de la madera de 43 especies de angiospermas. *So.Tec. Inst. Nac. Invest. For.* México.
- Donoso, C. 1979a. Geneecological differentiation in *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. in Chile. *Forest Ecology and Management* 2:53-66.
- _____. 1979b. Variación y tipos de diferenciación en poblaciones de roble *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. *Bosques* (3)1:1-14.
- Endler, J.A. 1977. Geographic variation, speciation and clines. *Monographs in population biology* No. 10, Princeton Univ. Press.
- Evans, G.C. 1972. The quantitative analysis of plant growth. *Studies in Ecology*. Vol. 1. Univ. of California Press. pp. 734.
- Folan, W.J., L.A. Fletcher & E.R. Kintz. 1979. Fruit, fiber, bark, and resin: social organization of a maya urban center. *Science* 204(4394):697-701.
- Gabriel, W.J. 1978. Genetic variation in seed and fruit variation characters in Sugar Maple. *Forest Service Research Paper NE-404*.
- García, E. 1970. Los climas del estado de Veracruz. *Anales Inst. Biol., Ser. Bot.* 41(1):3-42, UNAM.

- Gentry, H.S. 1946. Sierra Tacuichamona -a Sinaloan plant locale. *Bull. Torrey Bot. Club* 73(4):356-367.
- Gómez-Pompa, A. 1977. *Ecología de la vegetación del Estado de Veracruz*. CEC-SA, México, D. F. 91 pág.
- Gould, S.J. & R.F. Johnston. 1972. Geographic variation. *Ann. Rev. Ecol. & Syst.* Vol. 3:457-498.
- Gregor, J.W. 1938. Experimental taxonomy II. Initial population differentiation in *Plantago maritima* L. of Britain. *New Phytol.* 37:15-49.
- _____ 1939. Experimental taxonomy IV. Population differentiation in N. American and European sea plantations allied to *Plantago maritima*. *New Phytol.* 38:293-322.
- _____ 1944. The ecotype. *Biol. Rev.* 19:20-30.
- _____ 1956. Adaptation and ecotypic components. *Proc. Royal Soc. (Serie B)* 145:333-337.
- Griffin, J.R. 1962. Intraspecific variation in *Pinus sabiniana* Compl. Ph.D. Thesis. Univ. of California, Berkeley. pp: 223.
- Groves, R.H. 1964. Experimental studies on Heath vegetation. Ph.D. Thesis, Univ. Melbourne, Australia (In: Hiesey, W. & H.W. Milner. 1964. Physiology of ecological races and species. *Ann. Rev. Plant Physiol.* Vol. 16:203-216).
- Heslop-Harrison, J. 1964. Forty years of genecology. *Advances in Ecology Research*. Vol.2:159-247.
- Hiesey, W.M. & H.W. Milner. 1964. Physiology of ecological races and species. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 16:203-216.
- Huxley, J. 1938. Clines, an auxiliary taxonomic principle. *Nature (London)* - 142:219-220.
- Jain, S. 1979. Adaptive strategies: polymorphism, plasticity, and homeostasis. In Solbrig, O.J., S. Jain, G. Johnson & P.H. Raven (Eds) *Topics in plant population biology*. New York, Columbia Univ. Press.
- Kandya, A.K., C.R. Venator & E.F. Brunig. 1978. Seed and seedling characteristics in *Pinus caribaea* Mor. as geographical variation parameters: A view point. *Tropical Ecology* 19(1):65-69.
- Koch, W.J. 1973. *Plants in the laboratory: a manual text for studies of culture, development, reproduction, cytology, genetics, collection and identification of the major plant groups*. MacMillan Co. pp. 407.
- Kriebel, H.B. 1957. Patterns of genetic variation in sugar maple. Ohio Agr. Exp. Sta. Wooster, Ohio, Res. Bull. No. 79:1-47. (In: Stern, K. & L. Roche. 1974. Genetics of forest ecosystems. *Ecological Studies* 6. Springer-Verlag Heidelberg, New York.
- Kruckeberg, A.R. 1951. Intraspecific variability in the response of certain native species to serpentine soil. *Amer. Jour. Bot.* 38: 408-419.

- Kuser, J.E. & K.K. Ching. 1981. Provenance variation in seed wight, cotyledon number, and growth rate of Western Hemlock seedlings. *Can. J. For. Res.* 11:662-670.
- Lambert, J.D.H. & J.T. Arnason. 1982. Ramón and Maya ruins: an ecological, - not an economic relation. *Science* 216:298-299.
- Langlet, O. 1963. Patterns and terms in intra-specific ecological variability. *Nature* 200(4904):347-348.
- _____ 1971. Two hundred years geneecology. *Taxon* 20(5/6):653-722.
- Lawrence, J. 1951. *Taxonomy of flowering plants*. McMillan Book Co. pp. 823.
- Lot-Helgueras, A. 1976. La Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, pasado, presente y futuro. En: A. Gómez-Pompa, C. Vázquez-Yanes, S. del Amo y A. Butanda. 1976. *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. CEC-SA-INIREB.
- Massieu, G., J. Guzmán, R. Cravioto y J. Calvo. 1950. Contenido en aminoácidos indispensables en algunas semillas mexicanas. *Ciencia* Vol. 10(5/6):142-144.
- McMillan, C. & J.E. Winstead. 1976. Adaptive differentiation in *Liquidambar styraciflua* L. from eastern United States and Northeastern Mexico under uniform environmental conditions. *Bot. Gaz.* 137(4):361-367.
- Melzack, R.W. & D. Watts. 1982. Variation in seed wight, germination and -- seedling vigour in the yaw (*Taxus baccata* L.) in England. *Journal of Biogeography* 9:55-63.
- Miranda, F. 1947. Estudios sobre la vegetación de México V. Rasgos de la vegetación en la cuenca del río de las Balsas. *Rev. Soc. Mex. Híst. Nat.* 8:95-114.
- _____ 1958. *La vegetación de la Península de Yucatán*. Reimpreso por el Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- _____ y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bot. Soc. Bot. Mex.* 28:29-179.
- Mosiño, A.P. y E. García. 1966. Evaluación de la sequía intraestival en la - república mexicana. Unión geográfica internacional. Conferencia regional latinoamericana. Ed. Soc. Mex. Geogr. Estadíst. 3:500-516.
- Morgenstern, E.K. 1969. Genetic variation in seedlings of *Picea mariana* (Mill.) BSP. I. Correlation with ecological factors. II. Variation patterns. *Silvae Genética* 18:151-161, 161-167.
- Moreno, P. 1973. Latencia y viabilidad de semillas de la vegetación primaria Tesis Profesional, Fac. de Ciencias, UNAM.
- Ng, F.S.P. 1973. Germination of fresh seeds of Malaysian trees. *The Malay--sian Forester* 36(2):54-65.
- _____ 1978. Strategies of establishment in Malaysian forest trees. In: P.B. Tomlinson & M. Zimmermann, Eds. *Tropical trees as living systems*. Cambridge Univ. Press.

- Ng, F.S.P. 1980. Germination ecology of Malaysian woody plants. *The Malaysian Forester* 43(4):406-437.
- Nie, N.H., C.H. Hull, J.G. Jenkins, K. Steinbrenner & D.H. Bent. 1974. *Statistical package for the social sciences*. Second Edition. McGraw Hill Book Co.
- Nienstaedt, H. 1961. The ecotype concept and forest tree genetics. *U.S. Lake States For. Exp. St. St. Paul, Minn. No. 81:14-24*.
- Olmsted, C.E. 1944. *Bot. Gaz.*, Vol. 106:46-74. In: Hiesey, W. & H.W. Milner, 1964. Physiology of ecological races and species. *Ann. Rev. Plant Physiol.* Vol. 16:203-216.
- Pardo, E. y C. Sánchez. 1980. *Brosimum alicastrum* (ramón, capomo, ojite, ojo che) recurso silvestre tropical desaprovechado. *Cuaderno de divulgación del INIREB*, 31 pág.
- Pennington, R.D. y J. Sarukhán. 1968. *Arboles tropicales de México*. Inst. Invest. For. México, D. F., 413 pág.
- Peters, Ch. & E. Pardo. 1992. *Brosimum alicastrum* (Moraceae): uses and potential in Mexico. *Economic Botany* 36(2):166-175.
- _____ (en preparación). Regeneration and growth strategies of *Brosimum alicastrum* Swartz. in the moist tropical forest of Mexico. Ph.D. Thesis. Yale University.
- Phillips, R.D. & J.D. Reid. 1980. Clinal variation between *Eucalyptus viminalis* Labill. and *E. dalrympleana* Maiden. *Aust. J. Bot.* 28: 329-342.
- Porter, D. 1967. *Taxonomy of flowering plants*. W.H. Freeman & Co. pp. 452.
- Puig, H. 1976. Vegetation de la Huasteca Mexique. Etude phytogéographique et écologique. *Atudes Mesoamericanes*, ol. V. Mission Archeologique et ethnologique Française au Mexique. pp. 531.
- Puleston, D.E. 1968. *Brosimum alicastrum* Swartz. as a subsistence alternative for the classic maya of the central southern lowlands. Master of Arts. Thesis. Univ. of Pennsylvania. pp. 141.
- _____ 1982. The role of ramón in maya subsistence. In: Flannery, K. V. 1982. *Studies in Archaeology, Maya subsistence: studies in Memory of Dennis E. Puleston*.
- Roche, L. 1969. Geneecological study of the genus *Picea* in British Columbia. *New Phytol.* 68:505-554.
- Rzedowski, J. 1978. *La vegetación de México*. Limusa-Wiley. 432 pág.
- Salisbury, E.J. 1942. *The reproductive capacity of plants*. Bell. London. pp. 244.
- _____ 1974. Seed size and mass in relation to environment. *Proc. Royal Soc. London Ser. B*. Vol. 186:83-88.
- Sarukhán, J. 1968. Análisis sinecológico de las selvas de *Terminalia litoralis* en la planicie costera del Golfo de México. Tesis Maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

- Sosa, V., A. Gómez-Pompa y A. Barrera. 1975. Un árbol tropical de importancia económica: el ramón *Brosimum alicastrum*. Mecanografiado 6 pág.
- _____ (en preparación). Moraceae. *Fascículos Flora de Veracruz*. INIREB.
- Squillace, A.E. & R.R. Silen. 1962. Racial variation in Ponderos Pine. *For. Science Monograph No. 2*.
- _____ 1966a. Racial variation in slash pine as affected by climatic factors. USDA Forest Service. Research Paper SE-21, pp. 10.
- _____ 1966b. Geographic variation in slash pine. *Forest Science Monograph No. 10*.
- Standley, P.C. & J. Steyermark. 1946. Flora de Guatemala IV. Fieldiana Botany. *Field Museum of Natural History Vol. 24(4):13-16*.
- Standfield, W.D. 1977. *The Science of Evolution*. MacMillan Pub. Co. pp. 613
- Stebbins, G.L. 1950. *Variation and evolution in plants*. Columbia University Press.
- Steel, R.G.D. & J.H. Torrie. 1980. *Principles and procedures of statistics. A biometrical approach*. Second Edition. McGraw-Hill Co.
- Stern, K. & L. Roche. 1974. Genetics of forest ecosystems. *Ecological Studies 6*. Springer-Verlag Heidelberg, New York. pp. 330.
- Turesson, G. 1922a. The species and the variety as ecological units. *Hereditas 3:100-113*.
- _____ 1922b. The species and the variety as ecological units. *Hereditas 3:341-350*.
- _____ 1923. The scope and import of genecology. *Hereditas 4:171-176*.
- Turkington, R. & J.L. Harper. 1979. The growth distribution and neighbour-relationships of *Trifolium repens* in a permanente pasture. IV. Fine-scale differentiation. *Journal of Ecology 67: 245-254*.
- Vaartaja, O. 1959. Evidence of photoperiodic ecotypes in trees. *Ecological Monographs Vol. 29(2):91-111*.
- Vázquez-Yanez, C., A. Orozco, G. Fracois & L. Trejo. 1975. Observations on seed dispersal by bats in a tropical humid region in Veracruz, México. *Biotropica 7(2):73-76*.
- _____ 1976. Estudios sobre la ecofisiología de la germinación en una zona cálido-húmeda de México. Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias, UNAM. En: *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. A. Gómez-Pompa, S. del Amo, C. Vázquez-Yanez y A. Butanda (Eds.). CECSA-INIREB.
- Vovides, A. & A. Gómez-Pompa. 1978. The problems of threatened and endangered plants species of México. In: *Extinction is forever: The status of threatened and endangered plants of the Americas*. The New York Botanical Garden.

- Wells, O.O. 1964a. Geographic variation in Ponderosa Pine. I. The ecotypes - and their distribution. *Silvae Genetica* 13:89-103.
- _____ 1964b. Geographic variation in Ponderosa Pine. II. Correlation between progeny performance and characteristics of the native habitat. *Silvae Genetica* 13:125-132.
- Werner, P.A. 1979. Niche differentiation and coexistence in plants. The role of seeds and seedlings. In: Solbrig, O.T., S. Jain, G. Johnson & P.H. Raven (Eds.). *Topics in plant population biology* New York, Columbia Univ. Press.
- Willkins, D.A. 1959. Sampling for geneecology. *Rep. Scottish Plant Breeding Stat.* 92-96.
- Woodson, R.E. & R.W. Schery. 1960. Flora de Panamá. Part. IV. Fascicle 2. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Vol. XLVII(2):114.
- Yeatman, C.W. 1967. Geographic variation in Jack Pine (*Pinus banksiana* Lamb.) seedlings. Yale University. Ph.D. Dissertation.

APENDICE A

Descripción de las 9 Localidades de Colecta del Material

Localidad 1: Topila

Esta zona corresponde al norte del Estado de Veracruz y se localiza en los 22°07' de latitud norte y 97°58' de longitud oeste y a 25 msnm sobre la serranía de Topila, aproximadamente a 15 km en línea recta de la población de Pánuco (Fig. 2), estación en la cual se basa la caracterización climática (Tabla 2).

En esta zona la temperatura media anual es de 24.3°C, las temperaturas media del mes más frío y más caliente son respectivamente, enero con 18.8°C y junio con 28.2°C (Fig. 13). Determinando con ello que la oscilación de la temperatura sea de 9.4°C, es decir de tipo extremoso (e). Las temperaturas máxima y mínima extremas alcanzan valores de 36.1°C en el mes de junio y de 6.4°C en enero, respectivamente.

Con una precipitación total anual de 945.3 mm y una distribución de la precipitación a lo largo del año dividida en un período lluvioso de 5 meses de duración, que comprende los meses de junio a octubre y otro período seco con una duración de 7 meses; lo que hace que el 80.5% del total de la precipitación se presente de junio a octubre y el resto, 19.5% de la lluvia se distribuya en los meses restantes.

Además durante la época de lluvias existe un período de sequía intraestival, en el mes de agosto (Fig. 13) y cuyo valor se calculó de acuerdo con Mosiño *et al.* (1966) en 12.33. Por otro lado, el índice de humedad calculado equivale a 38.9 y el porcentaje de la lluvia invernal a 5.45%.

El tipo de vegetación de acuerdo con Miranda y Hernández X. (1963) es la selva mediana subperennifolia, dominada por *Brosimum allicastrum*. La composición florística es relativamente sencilla ya que las espe--

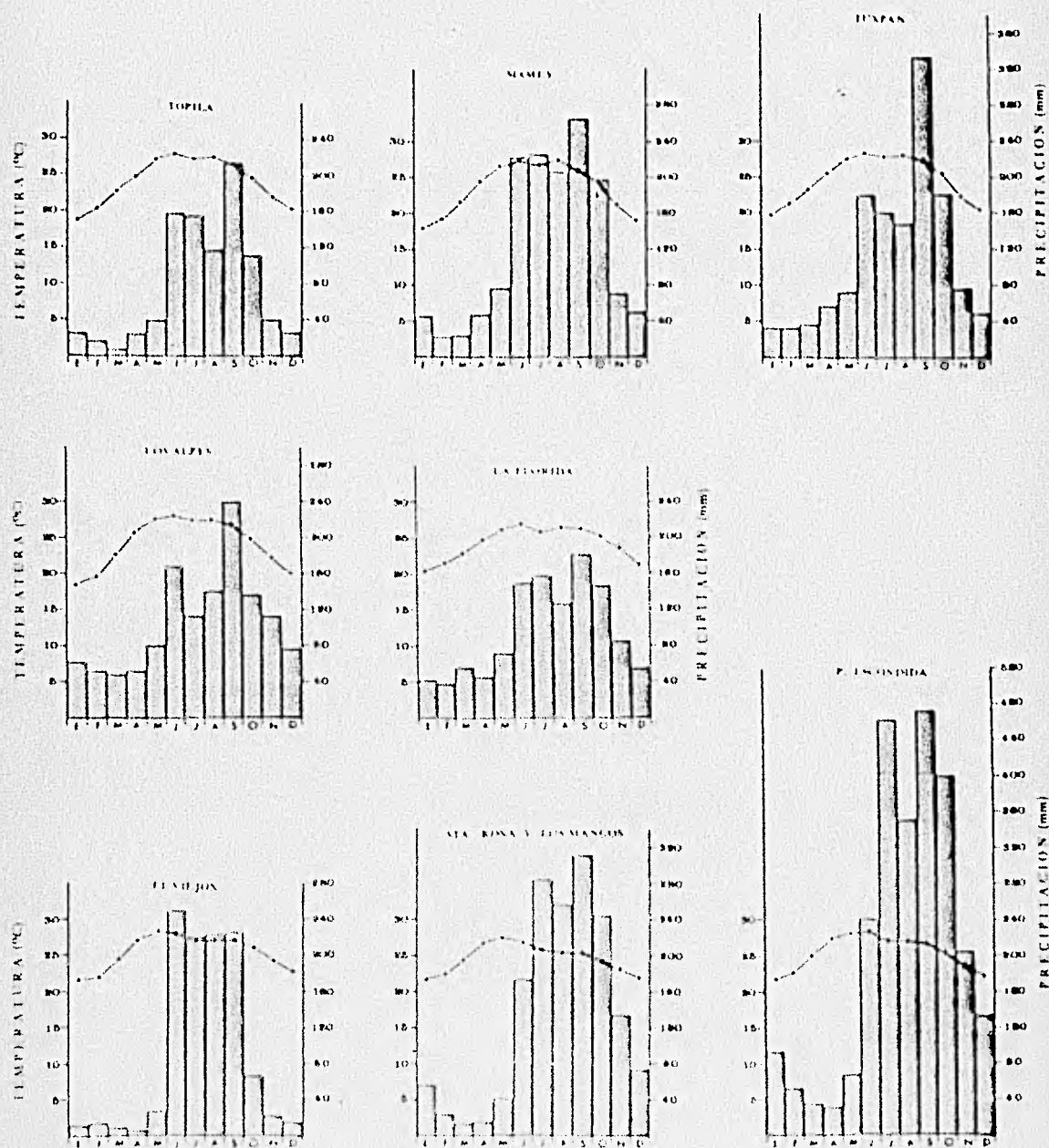


Fig. 13. Climogramas de las 9 localidades de procedencia de la semilla de *Erosimum alienastrum*

cies leñosas asociadas son principalmente *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Manilkara zapota* (L.) v. Royen, *Pithecellobium arboreum* (L.) Urban y *P. flexicaule* (Benth.) Coulter. Este tipo de vegetación alcanza como máximo una altura de 20 metros, y la especie dominante *Brosimum alicastrum* se encuentra en las más altas densidades registradas para cualquier zona de México, abarcando un área restringida a los lomeríos de la sierra de Topila, la que se extiende sobre una franja de 60 km de largo por dos de ancho (Pardo y Sánchez, 1980).

La densidad de *B. alicastrum*, en lo que se puede considerar parte de su extremo boreal de distribución por la vertiente del Golfo, fue estimada en 338 árboles reproductivos por hectárea, con un DAP que fluctuó entre 7.5 cm como mínimo y 83 cm como máximo y una distancia media entre ellos de 4.7 metros.

Localidad 2: Mamey

Se encuentra ubicada en los 21°32' latitud norte y 97°37' longitud oeste, a 10 msnm y recibe el nombre de Mamey (Fig. 2). La estación de donde se extrajeron los datos para definir el clima (Tabla 2), corresponde a Ozuluama y es la más cercana a la zona donde se colectó el material para el estudio.

Como se muestra en el climograma (Fig. 13) la temperatura media anual es de 23.6°C y las medias de los meses más frío y más caliente corresponde a enero con 18°C y agosto con 27.4°C, respectivamente; por lo que la oscilación de la temperatura es también de 9.4°C y por lo tanto de tipo extremo. Las temperaturas máxima y mínima extrema se presentan en los meses de abril-mayo con 35.2°C y en enero con 7.0°C, respectivamente.

Ozuluama registra una precipitación total anual de 1565.8 mm, con una distribución de la lluvia a lo largo del año en un período lluvioso y otro seco; el primero tiene una duración de 5 meses y comprende de junio a octubre (Fig. 13), época en la que se precipita el 78% del total anual. El período de secas tiene, por consiguiente, una duración de 7 meses, durante la que llueve el 22% del total registrado, abarcando desde noviembre hasta mayo.

Durante la época lluviosa del año, se presenta un período de sequía intraestival en el mes de agosto (Fig. 13), cuyo valor corresponde a 6.9. El índice de humedad, por otro lado, fue estimado en 66.35 y el porcentaje de lluvia invernal en 6.09.

El tipo de vegetación en esta zona es la selva mediana subperennifolia (Miranda y Hernández X., 1963) dominada también por *Brosimum alicastrum*, que llega a adquirir hasta unos 20 metros de altura como máximo, con contrafuertes grandes sobre una topografía plana y vegetación fuertemente perturbada, rodeada de grandes potreros destinados a la ganadería extensiva.

Algunas de las especies arbóreas asociadas a *B. alicastrum*, en lo que queda de esta selva, son *Bursera simaruba*, *Protium copal* (Schlecht. & Cham.)Engl., *Licaria capitata* (Cham. & Schecht.)Kosterm. y *Huicilbara zapota*, principalmente.

La densidad de árboles reproductivos de *B. alicastrum* en este sitio fue de 125 individuos/ha, con un DAP que fluctuó entre 34.8 y 96 cm y una distancia media entre ellos de 8.8 m.

Localidad 3: Tuxpan

Se encuentra localizada a 21°05' de latitud norte y a 97°35' de longitud oeste y a 10 msnm (Fig. 2). Aproximadamente a 25 km de distancia del puerto de Tuxpan, estación de la que se tomaron los registros climatológicos que definen su clima (Tabla 2).

La estación climatológica de Tuxpan ha registrado una temperatura media anual de 24.9°C, una temperatura media del mes más frío de 19.9°C, correspondiente al mes de enero y la del mes más caliente perteneciente a junio de 28.4°C (Fig. 13), produciendo por lo tanto una oscilación de temperatura de 8.5°C, es decir, de tipo extremo. Las temperaturas máxima y mínima extremas se presentan en los meses de junio y enero con valores de 35.5°C y 8.5°C, respectivamente.

La precipitación total anual registrada es de 1347.8 mm. Al igual que las dos estaciones anteriores, también se distinguen dos períodos, claramente divididos, en cuanto a la distribución de la lluvia a lo largo del año. La época lluviosa del año tiene una duración de 5 meses y se declara en junio y termina en octubre (Fig. 13), en esta época se presenta el 73% de la precipitación total anual y el mes de septiembre se distingue por ser el mes en el que mayor precipitación se registra, contribuyendo éste con el 23.4% del total de la lluvia anual y con el 32% al total de la época lluviosa del año. La época de secas tiene una duración de 7 meses y abarca de no-

viembre a mayo. La cantidad de lluvia que se presenta en este período representa el 27% del total de la lluvia anual.

Existe un período de sequía intraestival con una duración de 2 meses durante la época de lluvias y su valor se estimó en 17.44; por otra parte, el índice de humedad calculado equivale a 54.1 y el porcentaje de lluvia invernal a 7.8.

En esta zona se localiza una selva mediana subperennifolia (Miranda y Hernández X., 1963) de *Brosíman alicastrum* como dominante y como especies asociadas se encuentran, principalmente, *Mouillera zapota*, *Protium copa* y *Bursera simaruba*. En este tipo de vegetación *B. alicastrum* alcanza una altura máxima de 25 metros y se localiza dentro de las zonas que aún no han sido desmontadas, sobre cerros que no pasan de los 80 metros de altitud, con pendientes desde ligeras hasta muy pronunciadas y abruptas; con gran cantidad de materia orgánica sobre el piso y protegido en pequeñas cañadas.

La densidad de árboles reproductivos de *B. alicastrum* se estimó en 138 individuos/ha, con la corteza externa, generalmente, lisa y la interna de color blanca y látex lechoso y viscoso y con una distancia media entre ellos de 6.38 metros.

Localidad 4: Los Alpes

Los Alpes se localiza en los 20°25' de latitud norte y 97°15' de longitud oeste, a 110 msnm (Fig. 2) y aproximadamente a 18 km de Papantla. La estación elegida para caracterizar los factores climáticos fueron tomados de la estación que la Comisión Federal de Electricidad montó en la vecindad del puente El Remolino, ya que ésta se encuentra contigua a este sitio.

La temperatura media anual registrada por la estación es de 24.3°C, las temperaturas medias de los meses más frío y más caliente son respectivamente de 18.6°C para enero y 28°C para junio (Fig. 13). Por lo tanto, la oscilación de la temperatura es de 9.4°C y corresponde al tipo extremoso. Los valores de las temperaturas máxima y mínima extremas se presentan en los meses de mayo con 37.2°C y en enero con 7.6°C, respectivamente.

La precipitación total anual es de 1283.9 mm y la distribución de la lluvia en el transcurso del año señala claramente 2 períodos

característicos, la época lluviosa que comienza en junio y termina en noviembre (Fig. 13), teniendo por consiguiente una duración de 6 meses, durante los cuales se presenta el 71% del total de la lluvia anual. Septiembre es el mes más lluvioso y contribuye con el 19% del total anual y con el 26% del total de la época lluviosa del año.

El período de secas con una duración de igual magnitud se presenta desde diciembre hasta mayo, y durante él se presenta el 29% del total de la precipitación anual.

Al igual que en las zonas anteriores, también se presenta un período de sequía intraestival de consideración (Fig. 13), estimado en 17.42 y tiene su ocurrencia durante junio y agosto. El índice de humedad y el porcentaje de lluvia invernal correspondiente a esta zona se estimó en 52.84 y 12.78%, respectivamente.

De acuerdo con Miranda y Hernández X. (1963) el tipo de vegetación es la selva mediana subperennifolia, ya que la altura de los árboles no excede los 25 metros de altura y aproximadamente del 20-30% de las especies pierden sus hojas durante la época seca del año. Nuevamente *Brosimum alicastrum* es la especie dominante y ocupa sitios con pendientes muy pronunciadas y se desarrolla sobre un sustrato derivado de materiales calizos y con cantidades importantes de roca aflorante, principalmente caliza, el drenaje de este suelo es muy rápido, debido principalmente a la fuerte pendiente del terreno y a la naturaleza porosa de estas rocas y el material calizo.

Las especies arbóreas asociadas a *B. alicastrum* están representadas por *Ficus* sp., *Manilkara zapota*, *Protium copal*, *Bursera simaruba*, *Pithecellobium arboreum* y *Mirandaceltis monoica* (Hemsl.) Sharp. La densidad de árboles reproductivos fue estimada en 65 individuos/ha (Peters, com.per.).

Localidad 5: La Florida

La Florida se encuentra localizada sobre los 19°56' de latitud norte y 96°37' de longitud oeste, a 250 msnm, sobre las faldas y entre los valles húmedos que forma la Sierra de Chiconquiaco (Fig. 2). La estación climatológica más cercana a este sitio es la de Vega de Alatorre y de ella se extrajo la siguiente información.

En esta zona la temperatura media anual es de 24.3°C, con una temperatura media del mes más frío de 20.5°C correspondiente a enero y la del mes más caliente de 27°C en junio (Fig. 13), lo cual califica a esta zona como "con poca oscilación, (i')". Las temperaturas máxima y mínima extremas se presentan en los meses de junio y enero, con 33.8°C y 11.5°C, respectivamente.

La precipitación total anual registrada es de 1158.2 mm y la distribución de la lluvia, lo mismo que en las zonas anteriores está dividida claramente en dos partes. Por un lado, la época lluviosa tiene una duración muy corta de 5 meses, abarcando de junio a octubre solamente (Fig. 13) y durante ella, se precipita el 66% de la lluvia total anual y en septiembre su mes más lluvioso, contribuye con el 24% de la lluvia de este período y con el 16% del total anual.

Por otro lado, la época de sequía es prolongada y tiene una duración de 7 meses (Fig. 13), la que comienza en noviembre y termina en mayo. La precipitación pluvial durante este período equivale al 34% de la total anual.

También durante la época lluviosa del año, en esta zona se presenta un período de sequía intraestival que tiene lugar en agosto (Fig. 13) y fue estimado en 5.23. También se calculó el índice de humedad y el porcentaje de lluvia invernal, los cuales son 47.66 y 11.84%, respectivamente.

El tipo de vegetación detectada es también la selva mediana subperennifolia. Se encuentra fuertemente perturbada y los terrenos donde aún se conserva parte de este tipo de vegetación, están parcialmente destinados al cultivo del café y se usan los árboles de la vegetación original como sombra.

En este sitio *Brosimum alicastrum* es una de las especies arbóreas que aún quedan en pie, otras son *Manilkara zapota* y *Protium copal*. La densidad estimada de *B. alicastrum* es de 100 árboles reproductivos/ha, con una distancia media entre ellos de 6 metros. Sin embargo, debido al grado de perturbación de la vegetación en este sitio se suelen encontrar más bien individuos aislados.

Los suelos donde se encuentra *B. alicastrum*, en este sitio, son derivados de materiales calcáreos, quizá se les pueda definir como suelos de rendzira, debido a que en su superficie se encuentran gran cantidad

de arcillas y son de color café oscuro y a juzgar por la roca aflorante y - por algunos cortes naturales, la roca madre calcárea, se encuentra inmediatamente bajo la superficie.

Localidad 6: El Viejón

El Viejón está ubicado sobre los 19°42' de latitud norte y los 96°24' de longitud oeste y a 20 msnm (Fig. 2); la estación de la que se tomaron los registros climatológicos es Mozomboá, situada en las coordenadas 19°30' y 96°27'.

En esta estación se tiene registrada una temperatura media anual de 25.6°C, la temperatura media del mes más frío es de 21.8°C y corresponde a enero, y la del mes más caliente es de 28.5°C y corresponde a mayo (Fig. 13). Por consiguiente, la oscilación de la temperatura es de 6.7°C y pertenece a las del tipo i' (con poca oscilación). Aunque esta estación no tiene registros de las temperaturas máxima y mínima extremas, por otras estaciones cercanas y con características similares, se les puede ubicar en los meses de abril-mayo y enero, respectivamente; siendo sus valores para Actopan (19°31' y 96°36') de 38.2°C en abril y de 10.3°C en enero; y para Zempoala (19°26' y 96°24') de 37.8°C en mayo y 11.6°C en enero.

La precipitación total anual es de 1093.3 mm y la distribución de la lluvia está perfectamente limitada, como las anteriores, por dos períodos, uno de ellos es la época de lluvias que se manifiesta abruptamente durante el mes de junio (Fig. 13), disminuyendo ligeramente su cantidad en los meses siguientes y terminar, tan abruptamente como cuando comenzó, en el mes de septiembre; por lo tanto durante los 4 meses que tiene de duración esta época "húmeda" se precipita el 84% del total de la lluvia anual.

La época seca, tiene una duración de 8 meses, la más prolongada de todos los sitios colectados; la contribución de este período al total de la precipitación anual es de 16%, el más bajo de todos. Esta intensa y prolongada época de secas se debe al efecto de sombra pluviométrica que provoca la prominente elevación de la sierra del Chiconquiaco, y que afecta una vasta zona hacia el sur de la misma, formando una zona árida al sur del paralelo de los 20° de latitud norte (Gómez-Pompa, 1977; Pennington y Sarukhán, 1968).

Por otro lado, la existencia de un período de sequía intra

estival a la mitad de la época lluviosa del año, es casi imperceptible debido a que su valor es bajo y equivale a 3.29. Asimismo el índice de humedad y el porcentaje de lluvia invernal evaluados fueron de 42.71 y 6.7%, respectivamente.

En esta zona se localiza, sin embargo un manchón de selva mediana subperennifolia de *Brosimum alicastrum*, de aproximadamente 2.5 hectáreas de superficie, extremadamente perturbada, sin regeneración natural debido a que durante la prolongada época de secas, dentro de ella pastorea ganado bovino y porcino. Sin embargo, la existencia de árboles viejos de *B. alicastrum* indican que en el pasado este tipo de selva tuvo una zona más extensa de distribución de la que ahora tiene. La densidad de *B. alicastrum* en esta área es de 237 árboles reproductivos/ha, con una distancia promedio entre ellos de 6 metros.

También en este sitio a *B. alicastrum* le encontramos sobre un sustrato derivado de materiales calcáreos, con un horizonte superficial de color oscuro y cantidades relativamente bajas de hojarasca, de rápido drenaje y superficie sin ondulaciones importantes.

Localidad 7: Playa Escondida

Playa Escondida se localiza a los 18°36' de latitud norte, 95°04' de longitud oeste y a 60 msnm (Fig. 2). Ubicada en la vecindad de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas de la UNAM. La estación climatológica más cercana y que mejor corresponde a esta área se encuentra localizada a 18°38' de latitud norte y a 95°22' de longitud oeste y a 5 msnm, y corresponde a Sinapa Bajo, situada aproximadamente a 15 km en línea recta de la Estación de Biología.

En esta estación (Fig. 13) se tiene registrada una temperatura media anual de 25.4°C. Con temperatura media del mes más frío correspondiente a enero de 21.8°C y la del mes más cálido de 28.2°C, correspondiente a los meses de mayo y junio, y por consiguiente una oscilación de la temperatura de 6.4, es decir del tipo (i') con poca oscilación. Las temperaturas máxima y mínima extremas, se sitúan en abril y en febrero, con 39.2°C y 12°C, respectivamente.

La precipitación total anual es de 2543.2 mm y la distribución de la lluvia se encuentra dividida en dos partes, como en todas las ante

riores. La estación lluviosa del año con duración de 7 meses, abarca de junio a diciembre; durante esta época se registra el 89% de la precipitación pluvial total anual. Se distinguen julio, agosto, septiembre y octubre como los meses en los que mayor cantidad de precipitación se registra, contribuyendo éstos con el 66% del total de la precipitación anual y con el 74% del total registrado durante la época lluviosa del año.

La época seca tiene por consiguiente una duración de 5 meses y abarca de enero a mayo (Fig. 13), y la cantidad de lluvia que se precipita en este período representa el 11% del total anual registrado.

Existe en el mes de agosto un período de sequía intraestival cuyo valor se estimó en 6.51. También, el valor calculado para el índice de humedad equivale a 100.13 y el porcentaje de lluvia invernal a 7.2%.

En esta región se localiza la selva alta perennifolia y a diferencia de las zonas anteriores, *Brosimum alicastrum* suele estar representado por individuos espaciados, y no en carácter de dominante, lo que es consecuencia inequívoca de la mayor complejidad estructural de esta selva y de la enorme diversidad de especies que la forman. Entre las especies reconocidas se cuentan *Nectandra ambigens* (Blake) C.K. Allen, *Peulsenia armata* (Miq.) Standl., *Pseudobmedia oxyphyllaria* Donn. Smith y *Ficus* sp. En esta zona *B. alicastrum* alcanza alturas superiores a los 30 metros, con un DAP entre 60 y 210 cm, de corteza externa lisa e interna color blanco, con látex viscoso y de color cremoso.

De acuerdo con Ríos MacBeth (citado en Lot-Helgueras, 1976) la región de Los Tuxtlas está casi totalmente cubierta por depósitos piroclásticos y derrames de lava; los suelos son por lo tanto de origen volcánico.

Localidad 8 y 9
Sta. Rosa y Los Mangos

En esta zona se ubican dos sitios estudiados, Sta Rosa ubicada a los 18°17' de latitud norte y 95°08' de longitud oeste, a 540 msnm y aproximadamente 15 km de Catemaco y Los Mangos situada 10 km al sur de Sta. Rosa, con coordenadas 18°15' de latitud norte y 95°08' de longitud y a 320 msnm (Fig. 2).

Debido a la distancia que las separa, así como a que solo existe una estación climatológica que ha registrado los datos para una de ellas (Los Mangos), se describirán los parámetros climáticos de la estación Los Mangos (Tabla 2), para las condiciones climáticas básicas de ambas zonas, suponiendo que estos factores varía solo en pequeña proporción.

Esta estación ha registrado una temperatura media anual de 24.7°C; una temperatura media del mes más frío correspondiente a enero de 21.7°C y la del mes más caliente de 27.5°C en mayo, y consecuentemente una oscilación de la temperatura de 5.8°C, de tipo (i') con poca oscilación. Las temperaturas máxima y mínima extremas registradas se ubican en mayo y enero (Fig. 13) y corresponden a 38°C y 12.9°C, respectivamente.

Por lo que respecta a la precipitación total anual, ésta es de 1627.8 mm, y al igual que las estaciones anteriormente descritas, la distribución de la lluvia en el año muestra claramente la presencia de un período húmedo y otro seco. El primero tiene una duración de 6 meses y comprende los meses de junio a noviembre (Fig. 13) y durante él se presenta el 86% del total anual registrado. Julio, agosto, septiembre y octubre son los meses que mayor precipitación presentan, y éstos aportan el 67% del total anual y el 78% del total que se presenta durante la época lluviosa del año.

El período seco del año tiene por lo tanto una duración de 6 meses y abarca de diciembre a mayo, y la cantidad de lluvia que se presenta durante este período equivale al 14% del total de la precipitación.

Al igual que en todas las estaciones anteriores, se presenta un período de sequía intraestival en el mes de agosto (Fig. 13) y su valor se estimó en 3.09. Por otra parte, el índice de humedad calculado equivale a 65.9 y el porcentaje de lluvia invernal es de 5.79%.

En estos sitios se localiza una selva alta perennifolia y se describirá globalmente. Los árboles de *Brosimum alicastrum* se encuentran como individuos aislados (Sta. Rosa) o en pequeñas agrupaciones (Los Mangos) con una distancia media entre ellos de 7.8 metros. Algunas de las plantas asociadas son: *Pseudolmedia oxiphyllaria*, *Ficus* sp. y *Astrocaryum mexicanum* Liebm. *B. alicastrum* llega a alcanzar alturas superiores a los 30 metros y las densidades estimadas para cada sitio son de 100 y 112 árboles reproductivos/ha para Sta. Rosa y Los Mangos, respectivamente.

En ambos sitios los suelos derivados de cenizas volcánicas con rocas aflorantes superficiales, con un horizonte A de color café oscuro

y gran cantidad de materia orgánica.

Como puede apreciarse por las anteriores descripciones, -- existen algunos parámetros climáticos importantes que tratados globalmente demuestran gradientes en este transecto estudiado; así como otros que muestran una constancia relativa.

Podemos observar (Fig. 13) que la temperatura media anual permanece dentro de los límites que definen a los climas cálidos en México; es decir, con una temperatura media anual entre 22 y 26°C, la que se encuentra generalmente a lo largo de la planicie costera del Golfo de México, limitada altitudinalmente hasta aproximadamente la cota 500 en el norte y 800 en el sur del estado (García, 1970), definiendo con ello, al menos térmicamente a todas las zonas estudiadas.

La temperatura mínima del mes más frío de todas las zonas estudiadas se ubica en enero, hecho debido a la incidencia de los "nortes" en esta época del año (García, 1970), coincidiendo que al norte del paralelo 20°N, esta temperatura sea menor de 20°C y mayor de 18°C, mientras que al sur de dicho paralelo se encuentre entre 20 y 22°C.

La temperatura media del mes más caliente, a lo largo del gradiente latitudinal, corresponde a junio en todas las zonas estudiadas al norte de la zona 6, excepto Ozuluama; sin embargo, la diferencia de solo 0.1°C entre junio y agosto puede ser considerada insignificante para la anterior aceveración. En cambio, las situadas al sur de ésta presentan su máximo en el mes de mayo, por lo que en estas zonas la marcha de la temperatura es de tipo ganges. Esto es, cuando el máximo de la temperatura se presenta antes de la estación lluviosa y del solsticio de verano (García, 1970).

Por lo que a la oscilación anual de las temperaturas medias se refiere, las 9 zonas estudiadas en este gradiente se agrupan naturalmente en dos tipos, aquellas situadas al norte del paralelo 20°N y las situadas al sur del mismo. Las situadas al norte tienden a ser extremosas (e), con oscilaciones anuales entre 7 y 14°C, mientras que las situadas al sur tienden a ser de poca oscilación (i'), la cual se encuentra entre 5 y 7°C. Esto se debe, de acuerdo con García (1970) "a que las zonas al norte del paralelo 20° se encuentran más directamente expuestas a la influencia de los "nortes", mientras que las situadas directamente al sur del mismo, se encuentran protegidas por el espolón (Sierra de Chiconquiaco) que en este paralelo forma la Sierra Madre Oriental, ocurriendo lo mismo en las zonas

situadas al sur y sureste de la Sierra de Los Tuxtlas.

Los vientos alisios y la gran diversidad orográfica del Estado de Veracruz determinan la cantidad y la distribución de la lluvia a lo largo del año. En la planicie costera del Golfo dentro de la que se sitúan las 9 zonas estudiadas, existen 3 sitios en los cuales la precipitación total anual es menor de 1200 mm. Estos sitios están localizados en la zona de Pánuco (Topila) al norte del estado y La Florida y El Viejón en el centro. En el primer caso la escasa precipitación total se debe, principalmente, a la influencia de la Sierra de Tamaulipas, produciendo un efecto de sombra orográfica (sombra pluviométrica) que impide el paso directo de los vientos del mar y a la naturaleza divergente del aire que domina sobre esta zona (García, 1970). Asimismo, los efectos de la Sierra de Chiconquiaco se manifiestan directamente al sur del paralelo 20°N, y abarca una amplia zona de la llanura costera del Golfo, dominada en gran parte por la selva baja caducifolia, la cual también en parte debe su existencia a la naturaleza divergente de los vientos, que después de ascender por las laderas nororientales de la Sierra de Chiconquiaco, descienden por las sudorientales (García, 1970). Este fenómeno de sombra orográfica ocasiona que se produzca un efecto de sombra pluviométrica similar en la región situada al sur y al oeste de la Sierra de Los Tuxtlas.

De acuerdo con García (1970) los vientos alisios del noreste son los responsables de las lluvias en el verano, las cuales se ven claramente influenciadas aumentando sus cantidades por la presencia de los ciclones, los cuales se presentan, en términos generales, más frecuentemente a fines del verano y principios del otoño, provocando con ello un aumento sustancial en la cantidad de lluvia que se registra generalmente en septiembre, precipitación que varía dependiendo del grado de exposición a ellos.

Asimismo, durante el invierno estos vientos disminuyen de intensidad y altura provocando una merma considerable en la cantidad de lluvia precipitada, sin embargo, durante la época invernal se presentan invasiones de aire polar "nortes" que al recoger humedad del Golfo de México aumentan la cantidad de lluvia invernal, variando también de acuerdo con el grado de exposición a éstos.