

---

---

*Universidad de Guadalajara*

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS



EVIDENCIAS DE DEPRESION POR ENDOGAMIA EN ORQUIDEA  
(*Bahuinia variegata* L.) PRIMAVERAL.

---

---

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGIA  
P R E S E N T A

ALEJANDRO MUÑOZ URIAS

---

---

GUADALAJARA, JAL. FEBRERO DE 1990

---

---

EVIDENCIAS DE DEPRESION POR ENDOGAMIA EN ORQUIDEA

(Bahinia variegata L.) PRIMAVERAL.

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Anatomía y Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Guadalajara bajo la dirección del Dr. Eulogio Pimienta Barrios.

## DEDICATORIA

Á mi Madre, Hermanos, Maestros y Amigos.

Que de alguna manera han contribuido en mi educación profesional y moral.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se hizo posible gracias a la contribucion de:

El Dr. Eulogio Pimienta Barrios que con su paciencia y asesoria se llevo a la terminacion de este trabajo.

Francisco Vera Soria que con su apoyo pudimos realizar parte del analisis estadistico.

A ellos el mas sincero Agradecimiento.

## RESUMEN

La expresión de características morfológicas y fisiológicas florales, que separan en tiempo y en espacio las funciones masculinas y femeninas (e. g. dicogamia, incompatibilidad sexual, dioecia, monoecia y heterostilia), se han interpretado como mecanismos que evitan la interacción polen estigma. Se sugiere que esta evaluación tiene dos fines: a) reducir la depresión por endogamia causada por la autopolinización b) reducir interferencia mutuas en funciones reproductivas, como es el caso de la autopolinización de plantas con autoincompatibilidad sexual, debido a que el polen incompatible interfiere con la depositación y comportamiento del polen compatible. En este trabajo se evaluó el efecto de cuatro tratamientos de polinización en *B. variegata*, cuyas flores presentan heterostilia tipo longistilia o Fin. Los tratamientos que se evaluaron son: 1) polinización natural (FN); 2) densidad baja de autopolinización (DBAP); 3) densidad alta de autopolinización (DAAP) y 4) Polinización cruzada (PC). Se utilizaron árboles adultos que se encuentran alrededor a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guadalajara. Se registraron las siguientes variables: a) número de asentamiento de frutos; b) peso del fruto; c) peso del pericarpio; d) porcentaje de asentamiento de semillas f) peso de semillas; g) número de óvulos abortivos; h) porcentaje de plantas albinas; i) longitud del tallo de las plantulas; j) peso total de las plantula; k) peso de las hoja; l) peso del tallo; m) peso de los cotiledones de las hojas; n) peso de las raíz de las plantulas. El número más alto

del asentamiento de frutos (58.4) se registró en el tratamiento FC y el menor 27 con el tratamiento PN. El peso promedio menor del fruto, pericarpio y semilla se encontró en el tratamiento de DAAF. También el porcentaje de asentamiento de semillas fue menor 44.6 con el tratamiento DAAF, lo cual se atribuye al hecho de que en este tratamiento se registró el mayor número de óvulos abortivos por vaina (1.36). Además se encontró un mayor peso tallo de las Plantulas en el tratamiento FC con 0.064 g. mientras que el menor fue el tratamiento DBAF con 0.04 g. y en el peso total de las plantulas se encontró que el tratamiento de FC tubo 0.157 g y el menor fue el tratamiento DBAF solo 0.114 g. Se concluye que la autopolinización con densidades altas de polen afecta las funciones reproductivas en *B. variegata* debido a que con este tratamiento se registró reducción del peso de los frutos, pericarpio y semillas y el porcentaje de asentamiento de semillas y plantulas; además también se encontró un mayor número de plantas albinas. menor peso del tallo así como también menor peso total de las plántulas que fueron autopolinizadas. Lo anterior esta demostrando evidencias de depresión por endogamia.

## CONTENIDO

	Página
1 INTRODUCCION	1
2 OBJETIVOS	3
3 HIPOTESIS	4
4 REVISION DE LITERATURA	5
4.1 Descripción del Género <u>Bahúinia</u>	5
4.2 Depresión por Endogamia	6
4.3 Importancia de la Reproducción Sexual	8
4.4 Sistemas de Cruzamiento	10
4.4.1 Implicaciones Adaptativas de la Autogamia	11
4.4.1.1 Garantía Reproductiva	11
4.4.1.2 Aislamiento Reproductivo	12
4.4.1.3 Substitución alélica	12
4.4.1.4 Selección Automática	13
4.4.1.5 Costo reproductivo	13
4.4.2 Implicaciones Adaptativas de la Alogamia	14
4.5 Mecanismos que Facilitan el Flujo Genético	17
4.5.1 Dicogamia	17
4.5.2 Auto Incompatibilidad Sexual	18
4.5.3 Incongruencia	21
4.5.4 Heterostilia	21
4.5.5 Hercogamia	23
4.5.6 Andromonoecia y Gimomonoecia	24
4.6 Redundancia de Gametos	24
4.7 Abscisión de Frutos y Ovulos	27



5 MATERIALES Y METODOS	29
5.1 Tratamientos de Polinización	31
5.2 Toma de Datos	31
5.2.1 Crecimiento del Fruto	32
5.2.2 Abscisión o caída de flores y Frutos	32
5.2.3 Peso y Número de los Componentes del Fruto	32
5.2.4 Desarrollo de las Plántulas	33
5.3 Análisis Estadístico	33
6 RESULTADOS	34
6.1 Crecimiento de Vainas	34
6.2 Tasa de Supervivencia Total	40
6.3 Porcentaje de Abscisión de Flores y Frutos a Diferentes Intervalos de Tiempo Después de la Polinización.	42
6.4 Germinación de los Granos de Polinización	45
6.5 Efecto de la Autopolinización y Polinización Cruzada en el Peso de la Vaina y sus Componentes	45
6.6 Efecto de la Autopolinización y Polinización Cruzada en el asentamiento de vainas	47
6.7 Efecto de la Autopolinización y Polinización Cruzada en el Porcentaje de Plantas Albinas	
6.8 Correlación entre los Componentes del Fruto	48
6.9 Efecto del Desarrollo de las Plántulas, sus Componentes y Tasa de Transpiración Derivadas de Semillas Colectadas de los Tratamientos de Polinización	53
7 DISCUSION	55
8 CONCLUSIONES	60
9 BIBLIOGRAFIA	61

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Crecimiento Axial de las Vainas de <u>B. variegata</u> en Respuesta a los Tratamientos de Polinización	35
2 Crecimiento del Ancho de las Vainas de <u>B. variegata</u> en Respuesta a los Tratamientos de Polinización	37
3 Crecimiento en Grosor de las Vainas de <u>B. variegata</u> en Respuesta a los Tratamientos de Polinización	39
4 Porcentaje de Abscisión de Flores y Frutos de <u>B. variegata</u> en Respuesta a los Tratamientos de Polinización	41
5 Porcentaje de Abscisión de Flores y Frutos de <u>B. variegata</u> en Intervalos de Tiempo en Respuesta a los Tratamientos de Polinización	44

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Efecto de Autopolinización y Polinización Cruzada en el Peso de la Vaina y sus Componentes	46
2	Efecto de Autopolinización y Polinización Cruzada en el Asentamiento de Vainas y Semillas	47
3	Efecto de Autopolinización y Polinización Cruzada en el Porcentaje de Plantas Albinas	48
4	Análisis de Correlación Simple entre los Componentes de las vainas maduras en el tratamiento de Polinización Natural	49
5	Análisis de Correlación Simple entre los Componentes de las vainas maduras en el tratamiento de Densidad Baja de Polinización	50
6	Análisis de Correlación Simple entre los Componentes de las vainas maduras en el tratamiento de Densidad Alta de Polinización	51
7	Análisis de Correlación Simple entre los Componentes de las vainas maduras en el tratamiento de Polinización Cruzada	52
8	Peso Seco de Plántulas y sus componentes. Área Foliar y Tasa de Transpiración Derivadas de Semillas Colectadas en Diferentes Tratamientos de Polinización.	54

## 1 INTRODUCCION

Algunas angiospermas poseen mecanismos reproductivos que causan la separación en tiempo y espacio de las funciones masculinas y femeninas (Bertin y Sullivan, 1988). Estos mecanismos xenogámicos que ocurren en la monoecia juegan un papel importante en la sobrevivencia de las poblaciones naturales (Winsor, 1987) que de alguna manera evitan la autopolinización y previenen el control sobre la calidad de la progenie (Winsor, 1987; Schlitching *et al.*, 1987). Los principales mecanismos xenogámicos son: Dicogamia, Hecogamia, autoincompatibilidad sexual, heterostilia.

La dicogamia involucra una separación temporal de las funciones masculinas y femeninas: es decir primero se presenta la dehiscencia del polen y después la receptividad del estigma o viceversa. Este es uno de los mecanismos más extendidos y efectivos para prevenir la autopolinización (Wyatt, 1983; Fimienta, 1987). La hecogamia es uno de los mecanismos donde existen dispositivos especiales que impiden la autogamia como acontece en la familia de las aristoloquias y en muchas orquídeas (Font Quer, 1979). La autoincompatibilidad sexual es definida como la inhabilidad de una planta que produce gametos funcionales, de formar semillas cuando se autopoliniza (Brewbaker, citado por Fimienta, 1987). Y la heterostilia es un fenómeno en el cual ciertas especies de plantas poseen dos o tres clases de individuos, cuyos estilos tienen diferente longitud, al grado que varia

también la de los estambres o la altura de inserción de los mismos (Font-Quer, 1985).

Los mecanismos antes descritos tienen aparentemente la función de evitar la autopolinización, en plantas donde la depresión por endogamia baja la calidad de la progenie en el campo (Bertin y Sullivan, 1988). Castillo (1986) en su revisión sobre la expresión de efectos fenotípicos de la depresión por endogamia concluye, que los síntomas que con más frecuencia se expresan son: menor producción de semilla, menor germinación, viabilidad, sobrevivencia, menor peso de semillas, menor crecimiento, o capacidad competitiva entre las plantas, también se puede presentar el albinismo, disminución de la longevidad y disminución de la producción de flores (del Castillo, 1986).

En este estudio se pretende evaluar el efecto de la autopolinización y polinización cruzada y la densidad de polinización en algunos de los componentes del rendimiento sexual en orquídea (E. variegata) primaveral, ya que las flores en esta especie presentan heterostilia del tipo "Pin", por lo que es de esperarse que la autopolinización cause efectos depresivos por endogamia y la polinización cruzada reduzca su expresión.

## 2 OBJETIVOS

### General:

Evaluar el efecto de la polinización cruzada (PC) y autopolinización (AP) en los componentes reproductivos y el desarrollo de las plántulas, con el fin de detectar evidencias de depresión por endogamia.

### Particulares:

Evaluar el efecto de la densidad de autopolinización (PC) y la polinización cruzada en las siguientes características reproductivas.

- 1 Dinámica del desarrollo del fruto y sus componentes.
- 2 Dinámica de abscisión de flores y frutos.
- 3 Peso del fruto y sus componentes.
- 4 Desarrollo de plántulas.

### 3 HIPOTESIS

Si la heterostilia del tipo "Pin" en Bahinia variegata, es un mecanismo xenogámico, cabe esperar que la autofecundación de como resultado depresión por endogamia, y la fecundación cruzada reduzca la expresión de esta depresión.

## 4 REVISION DE LITERATURA

### 4.1 Descripción del Género Bahuinia

Bahuinia es un género de la familia de las leguminosas con más de 200 especies en todo el mundo. En los trópicos de América, en especial en la región occidental existen ocho especies, generalmente son árboles o arbustos. que en algún tiempo presentaron espinas. Sus hojas son bilobadas deciduas; sus flores son de color blanco a lila y están ubicadas en las partes terminales de las ramas, u opuestas a las hojas o aparentemente axilares, hipantio corto o elongado, presentan 5 pétalos ligeramente iguales erectos o esparcidos imbricados. Presenta 10 o menos estambres libres algunos reducidos o completamente supresos; ovario con estipite largo subsésil, estilo filiforme o corto, estigma pequeño, vaina con 2 o más semillas. oblongas o lineares, con 2 bracteadas curvas o elásticas de consistencia membranosa a coriácea; semillas compresadas orbiculares u ovaladas. (Mc Vaugh 1987).

Alrededor de la mitad de las especies de Bahuinia de Norteamérica, sus flores en un sentido amplio presentan de 5 a 10 estambres fértiles, en el resto de las especies tienen un solo estambre. En algunas de nuestras especies la progresión hacia flores unisexuales es fuerte. En B. cokii se conocen especímenes o que son funcionalmente estaminados o funcionalmente pistilados. En B. subrotundifolia se producen flores perfectas solo que esporádicamente tienen muchas flores funcionalmente estaminadas.



E. variegata es una planta nativa de los trópicos del viejo mundo (Del tipo que se encuentra en la India del Este) y se cultiva en los trópicos de América por lo vistoso de sus flores (Mc Vaugh 1987).

En Guadalajara es común encontrar este Arbol en las calles al igual que en Autlán, Coacomán, Purucho, y solo se ha observado esta planta en condición cultivada sin embargo Hilton ha observado que algunos de estos escapan del cultivo. El periodo de floración de estas plantas ocurre durante los meses de invierno. (Mc Vaugh 1987).

Son árboles de más de 10 metros, presentan hojas bilobadas de 12 cm. de largo, sus flores son desde blancas a rosas, pétalos de 2.5 cm. de largo y 1.5 cm. de ancho, estambres de 2.5 cm. de largo, y 1.5 cm de ancho, estambres de 2.5 cm. de largo, cinco de ellos son fértiles y presentan de 2 a 4 estambres vestigiales, en los estambres fértiles las anteras son de 2.5 a 3.7 mm de longitud. ovario elongado, piloso, el estipite es de 1.5 a 2.5 cm. de longitud y sus estilos son de 5 a 8 mm. (Mc Vaugh 1987).

#### 4.2 Depresión por Endogamia

Muchas de las especies vegetales son hermafroditas y además son capaces de autopolinizarse, de forma, que la reproducción unipaterna por autogamia constituye un método normal de reproducción (Dobzchanski, et al 1983 ). En estas plantas que se repro-

ducen normalmente por autofecundación, la depresión por endogamia o consanguinidad no ocurre en estas plantas porque la selección natural conserva los alelos recesivos deletéreos en frecuencias mucho más bajas, que en poblaciones que se aparean aleatoriamente. En organismos normalmente autofecundados, la homocigosis es muy alta; los alelos recesivos deletéreos son eliminados por la selección natural cuando se hacen homocigotos. Sin embargo, la depresión por consanguinidad de animales y plantas que normalmente no son consanguíneos, se debe porque los alelos deletéreos recesivos presentes principalmente en los loci heterocigotos se hacen homocigotos (Ayala y Kiger, 1984).

El fenómeno de depresión por endogamia es conocido en pocas plantas como el maíz y otros granos donde la viabilidad declina drásticamente (Futuyma, 1986)

Del Castillo 1986, menciona que la progenie de estas plantas tienen genes homocigotos recesivos para rasgos letales o deletéreos evitando los efectos de depresión causada por la endogamia, efectos que pueden variar y manifestarse de numerosas maneras como: menor producción de semilla, menor germinación, viabilidad, sobrevivencia, menor peso de semilla, menor crecimiento o capacidad competitiva entre las plantas con la endogamia también pueden presentarse el albinismo, disminución de la longevidad o disminución de la producción de flores (del Castillo 1986). Además (Ayala y Kiger, 1984) agregan que esta depresión usualmente conduce a la reducción de la eficiencia biológica, que acarrea

la deteiorización de los atributos importantes tales como fertilidad, el vigor y la resistencia a las enfermedades.

#### 4.3 Importancia de la Reproducción sexual.

La reproducción constituye la función primordial e indispensable de todo organismo vivo (Dobzhansky, et al 1983). Esta implica dos tipos básicos de multiplicación que son: la reproducción sexual y asexual (Hartmann y Kester, 1987).

La reproducción asexual implica un modo de multiplicación donde la conservación de las características propias de una planta o de un grupo de plantas depende de la transmisión de una generación a la siguiente de una combinación específica de genes presentes en los cromosomas de las células. El conjunto de estos genes constituye el genotipo de la planta. El genotipo, en combinación con el ambiente producen una planta de una apariencia externa determinada (el fenotipo). La función de este tipo de reproducción en las plantas es conservar un genotipo o una población de genotipos específicos, que reproduzcan la clase de planta que en particular se desea. Este método de propagación se utiliza principalmente en horticultura y fruticultura donde el aprovechamiento de una sola planta "con genotipo único" para tener uniformidad en sus cosechas (Hartmann, Kester 1987).

La ventaja principal de la reproducción sexual se debe a que con está, se encuentra involucrada la singamia y la meiosis que

actúan formando un sistema que permite la obtención de poblaciones heterocigóticas, es decir, poblaciones constituidas por individuos genéticamente diferentes, desde el punto de vista biológico.

A corto plazo estas poblaciones tienen más probabilidad de sobrevivir, que las poblaciones uniformes ya que cualquier crisis o cambio ambiental, pondrá de manifiesto que en general, no todos los individuos de una misma especie responden exactamente, ya que algunos morirán y otros sobrevivirán, debido a que existe una más rápida incorporación y distribución de mutaciones en las poblaciones vía meiosis. Esto asegura que en cada generación sea diferente a sus progenitores, respondiendo positivamente a cambios ambientales que ocurran en periodos cortos de tiempo, promoviendo una rápida producción de diversos genotipos que pueden o no ser resistentes o superiores a factores bióticos o abióticos adversos a estas poblaciones (Ornduff 1983).

La mayor parte de los animales superiores son unisexuales, mientras que las plantas superiores en su mayoría son bisexuales. Esto significa que en las plantas existe una posibilidad inherente para la autofecundación, lo cual, desde el punto de vista biológico es indeseable, debido que tiende a producir poblaciones homocigóticas. Así, no es sorprendente encontrar en las plantas que, por obra de la selección natural, ha aparecido una tendencia evolutiva claramente definida a evitar la autofecundación. Las especies que se reproducen por fecundación cruzada tienen una mayor ventaja genética. En el transcurso de la evolución del

reino vegetal, se ha desarrollado dispositivos ingeniosos orientados al logro de la fecundación cruzada. (Ornduff, 1983). Este conjunto de estrategias reproductivas que se conocen como sistemas de cruzamiento (Wyatt 1983).

#### 4.4 Sistemas de Cruzamiento.

Levin y Kerster (1974), citado por Wyatt (1983) mencionaron que el potencial para incrementar el flujo genético actúa según las características de las plantas así como su sistema reproductivo.

Entre la diversidad de sistemas de cruzamiento una de las variaciones más importantes es la presentación de ambos sexos funcionales en un solo individuo (cosexualidad) o en individuos diferentes (dioecia). En angiospermas los taxa cosexuales, particularmente los hermafroditas (monoecia) son los más comunes y el hermafroditismo probablemente es la condición ancestral (Bawa 1980 citado por del Castillo 1986).

La dioecia involucra una estricta separación de plantas masculinas y femeninas. obviamente esto involucra la fecundación cruzada o xenogamia (Wyatt 1983). El porcentaje de especies dioicas varía. los rangos más altos son de alrededor del 27% en Hawaii y los que tienen el porcentaje más bajo son en las floras

continentales con tan solo 2 a 4% (Ordnuff, 1983; Heslop-Harrison, 1983). Y la monoecia que involucra la presencia de ambos sexos en una sola planta implica sistemas de cruzamiento tanto endogámicos como xenogámicos (Delevoryas, 1981; Wyatt, 1983).

#### 4.4.1 Implicaciones Adaptativas de la Autogamia.

Existen varias hipótesis sobre las posibles ventajas que tienen las plantas que siguen este mecanismo reproductivo que han sido estudiados por diferentes autores. Jain en 1976 (citado por Del Castillo, 1986), propuso cuatro alternativas que explican las posibles ventajas que acarrea la autogamia:

- 1 Garantía reproductiva.
- 2 Aislamiento reproductivo.
- 3 Selección automática.
- 4 Despliegamiento rápido de alelos favorables.
- 5 Costo reproductivo.

##### 4.4.1.1 Garantía Reproductiva.

La autogamia permite la producción de semilla, aun cuando las probabilidades de que ocurra fecundación cruzada sea baja ya que este método es más seguro al no estar sujeto a los azares de las brisas o insectos voladores (Cronquist, 1984). Por ejemplo cuando hay escasez de polinizadores o baja densidad de plantas. (Lloyd 1980 citado por del Castillo 1986), como es en el caso de las zonas climáticas del norte de el Pacífico, donde la humedad

excesiva limita la actividad de los insectos (Wyatt 1983). Cruden et al. 1976 encontró en poblaciones de Calliandra que los polinios de estas plantas se encontraban más cerca del estigma cuando se incrementaba la altitud donde se encuentran estas plantas y además la actividad de los insectos polinizadores disminuía por efecto de la temperatura.

#### 4.4.1.2 Aislamiento Reproductivo.

Un incremento en los niveles de autogamia ocurre a expensas de una reducción de la xenogamia, por lo tanto la autogamia puede considerarse como un mecanismo de aislamiento reproductivo entre las plantas (Grant 1958 citado por Del Castillo 1986). Además la autogamia es un mecanismo que restringe el flujo genético entre especies simpátricas promoviendo la proliferación de microespecies (Wyatt 1983). Desde el punto de vista genético, la autogamia se ha originado en poblaciones aisladas como un mecanismo que incrementa la homocigosis. La autogamia es rara en plantas perennes y frecuente en poblaciones aisladas y plantas anuales (Linskens, 1983).

#### 4.4.1.3 Substitución Alélica.

Una de las ventajas de la autogamia es fijar genes recesivos benéficos de una manera rápida y efectiva (Wyatt 1983, Grant 1958 citado por Del Castillo 1986).

#### 4.4.1.4 Selección Automática.

Jain (1976) y Lloyd (1979) citado por Del Castillo (1986); y Futuyama (1986) coinciden en que es una ventaja directa de la autogamia de que el alelo que produzca un efecto favorable tiene el doble de probabilidades de replicarse en una progenie autógena, que en una progenie xenógena. Además mediante la autofecundación la producción de un conjunto de semillas y una constancia génica que permite que un genotipo bien adaptado ocupe rápidamente todos los habitats similares a aquel en el que se originó (Dobzhansky et al., 1983).

#### 4.4.1.5 Costo Reproductivo.

La autogamia generalmente es menos costosa que la fecundación cruzada. Las plantas polinizadas por animales gastan cantidades considerables de recursos en la atracción de polinizadores (Lloyd 1982). Las plantas usualmente acumulan recursos para crecimiento y reproducción. En las plantas hermafroditas los recursos destinados a la reproducción son además divididos entre la formación del polen, óvulos y maduración de frutos al igual que su desarrollo. Adicionalmente los recursos localizados dentro de las funciones femeninas son divididos entre el número de semillas y el peso de los frutos; mientras que en las especies dioicas este costo reproductivo es compartido por cada uno de los sexos. Es decir las plantas masculinas únicamente utilizan sus recursos para la formación de los granos de polen y las femeninas utilizan



sus recursos para la formación y maduración de óvulos y frutos. (Stephenson, 1981).

#### 4.4.2 Implicaciones Adapativas de la Alogamia.

Muchas especies de plantas tienen mecanismos especiales que evitan o restringen la autopolinización (Cronquist, 1984). En formas hermafroditas o apareamientos entre parientes próximos. En otras formas la autofecundación constituye sin embargo un método frecuente, o incluso el único, de reproducción. Además las plantas difieren mucho entre sí en cuanto a la especificidad de los mecanismos para incrementar la fecundación cruzada. Por ejemplo la polinización menos específica es la anemofila ya que el polen es producido en grandes masas, esparcido en forma aleatoria exceptuando el aislamiento que supone presenta la distancia. Muchas especies polinizadas por el viento sobre todo las gramíneas, son autoincompatibles, lo que fuerza la fecundación cruzada. En otras especies, como en la mayoría de las especies arbóreas de climas templados, las flores son unisexuales y están separadas ya sea en ramas distintas o en árboles distintos- (Dobzhansky, et. al. 1983; Faegri y Vander Pijl, 1979) mencionan que la alogamia es el segundo camino que promueve la interacción de las células sexuales masculinas y femeninas que pertenecen a la misma especie. Linskens (1983) agrega que existen 2 tipos de alogamia: la geitonogamia y la xenogamia. La geitonogamia ocurre cuando 2 flores de una planta participan en una fertilización alogámica que genéticamente equivale a la endogamia (Ordnuff,

1983): y xenogamia si la polinización ocurre entre flores de diferentes individuos (Pilar-Rosas, 1984; Font-Quer, 1979). En estos mecanismos reproductivos ocurre la fecundación cruzada a la cual se le atribuyen las siguientes ventajas.

Los síntomas característicos de depresión por endogamia han sido registrados en un número reducido de especies vegetales, entre los cuales destaca el maíz (Futuyma, 1983; Marquez, 1989).

La polinización cruzada por medio de la singamia y la meiosis disminuye la probabilidad de producir alelos homocigotos que puedan presentar genes recesivos. También estos mecanismos evitan la interferencia del polen de la misma planta debido a que los tubos de autopolinización fecundan los óvulos, pero frecuentemente no producen frutos vigorosos. Esto puede ser debido a que la autopolinización produce cigotos con baja probabilidad de sobrevivencia. El alto número de óvulos sin fertilizar, cigotos muertos o débiles en el ovario pueden causar una menor fuerza de demanda de recursos maternos, aumentando la probabilidad de que mueran por lo cual algunos de los embriones pueden abortar (Bertin, 1982).

Las ventajas de la xenogamia fueron originalmente reconocidas por Darwin, el cual aprecia la función y significancia de los mecanismos de polinización cruzada en angiospermas, demostrando que la progenie que proviene de polinización cruzada es usualmente más vigorosa que los producidos por autopolinización (Wyatt

1983; Ornduff 1983; Del Castillo 1986).

Además los miembros de las progenies de fecundación cruzada también son más diversos en cuanto a expresión fenotípica, existiendo así mayor probabilidad de que por los distintos mecanismos de dispersión de las semillas encuentren un microecosistema apropiado para crecer y reproducirse (Nakamura 1988).

Con base a lo anterior se ha supuesto que la selección de los mecanismos xenogámicos que ocurren en la monoecia juegan un papel importante en la sobrevivencia de las poblaciones.

En estos mecanismos que evitan la autopolinización se observa que estas plantas proveen, algún control sobre la calidad de la progenie (Winsor 1987, Schllichting et. al. 1987).

La importancia de esta selección de mecanismos que evitan la interferencia polen estigma en la evolución de la monoecia y la dioecia han sido notados por muchos autores que han sugerido que esta reducción de la interferencia del polen como un factor importante en la evolución de la heterostilia. Más recientemente Lloyd y Webb (1986) y Webb y Lloyd (1986), citados por Bertin y Sullivan (1988), han sugerido que el rol central de la interferencia polen-estigma en la evolución de la dicogamia y la hercogamia.

#### 4.5 Mecanismos que Facilitan el Flujo Genético.

Las plantas monoicas para incrementar el flujo genético pueden seguir diferentes estrategias como:

Dicogamia.

Autoincompatibilidad.

Heterostilia.

Incongruencia.

Hercoгамia.

Andromonoecia.

Gimnomonoecia.

De estos mecanismos la dioecia es el que ocurre con menor frecuencia. La incompatibilidad sexual, es el principal mecanismo que favorece la polinización cruzada en angiospermas (Heslop-Harrison, 1983)

##### 4.5.1 Dicogamia.

La dicogamia involucra una separación temporal de las funciones masculinas y femeninas (estambres y pistilos). Este mecanismo fue descrito por Koelneuter en 1761-1765, y Sprengel en 1793 independientemente descubre este fenómeno y menciona que existen dos tipos de dicogamia. La dicogamia andrógina donde primero ocurre la dehiscencia de las anteras y luego la receptividad del estigma y la dicogamia ginandra donde las flores tienen primero un comportamiento femenino y después masculino. La dicogamia es

uno de los mecanismos más extendidos y efectivos para prevenir la autopolinización (Delevoryas 1981; Wyatt 1983; Cronquist 1984 ). Este fenómeno es común en aguacate, nogal y algunas variedades de manzano (Martínez-Zaporta, 1964; Griggs, 1970).

Nirody (1922), citado por Pimienta (1987), observó que las flores de aguacate abren dos veces, comportándose como femeninas en la primera abertura y masculinas en la segunda abertura (Osuna et al. 1985; Pimienta 1987).

#### 4.5.2 Auto Incompatibilidad Sexual.

Es definida como la inhabilidad de una planta que produce gametos funcionales de formar semillas cuando se autopoliniza (Brewbaker, 1957). En plantas superiores por medio del sistema de autoincompatibilidad el estigma y el estilo crean barreras que evitan la invasión de polen extraño contribuyendo al aislamiento de las especies, o dentro especies, de esta manera se controla la hibridación (Heslop-Harrison 1978). La incompatibilidad sexual es común en algunas especies frutales cultivadas como con manzano donde la mayoría de las variedades cultivadas presentan incompatibilidad sexual motivando a los agricultores tener en sus huertos una variedad de importancia comercial y una variedad utilizada como polinizadora, ya que por ejemplo, en la variedad "Starking delicious" se ha mostrado claramente que en el estilo ocurre la inhibición o rechazo de los gametofitos masculinos incompati-

bles. La zona de rechazo fue la porción media del estilo. El rechazo de estos tubos fue acompañado por la presencia de tapones largos de calosa y abultamiento de los ápices, síntomas similares observados por Stoot (1972) en polinizaciones incompatibles de manzano (Luis y Pimienta 1985).

Existen dos tipos de incompatibilidad sexual: la incompatibilidad esporofítica en la que el comportamiento del grano de polen es determinado por el genotipo del esporofito y la reacción de rechazo de los granos de polen ocurre en la superficie del estigma evitando la germinación y el crecimiento de los tubos polínicos. El otro tipo de incompatibilidad se denomina gametofítica y en este caso el comportamiento de los granos de polen está determinado por su mismo genotipo y la inhibición del gametofito masculino ocurre en el tejido estilar, con síntomas similares a los que ocurren en polinizaciones incompatibles de manzano (Nettancourt, 1977; Heslop-Harrison, 1978; Linskens, 1982).

Las reacciones de reconocimiento en ambos sistemas de incompatibilidad son el resultado de las interacciones de proteínas localizadas en el grano de polen (gametofito) y el tejido del estilo (esporofito) (Heslop-Harrison, 1978; Linskens, 1983).

Los genes que gobiernan la autoincompatibilidad comúnmente actúan influyendo en la velocidad del crecimiento del tubo polínico. En cruzamientos compatibles el tubo polínico crece con rapidez, pero en cruzamientos incompatibles lo hacen tan lenta-

mente que no alcanzan al saco embrionario, antes de que en este ocurra senescencia, y la oosfera halla cesado de ser receptiva. (Cronquist, 1984).

Observaciones sobre el desarrollo de los tubos polínicos in vivo e in vitro demuestran que otro factor de vital importancia en la velocidad de crecimiento de los tubos polínicos es la temperatura. En almendro se encontró que los tubos polínicos crecen más rápido cuando las plantas estaban en el invernadero, que cuando las plantas que se encuentran en el campo (Pimienta, Polito y Kester: 1983). El crecimiento de tubos polínicos in vitro demuestran también similar grado de sensibilidad a la temperatura. Observaciones sobre el desarrollo de tubos polínicos en granos de polen en olivo demostraron que la tasa de crecimiento de los tubos polínicos es mayor a temperaturas que fluctúan entre los 25 y 30 °C y cesan su actividad a los 35 °C. (Fernandez Escobar et al., 1983).

Sabemos que la incompatibilidad es compleja en muchas plantas debido a que pueden involucrar locis múltiples, interacciones de genes o locis como competición, dominancia o epistasia existiendo total o parcial autoincompatibilidad y cambios temporales de incompatibilidad entre poblaciones. Estas interacciones pueden aumentar la aborción de frutos en muchas plantas (Futuyma, 1983)

Stucky y Beckmann (1982) encontraron que Ipomea pandurata es predominantemente autopolinizada, sin embargo también ocurre la polinización cruzada. Esta planta presenta en algunas poblaciones poca formación de semilla o la esterilidad de estas. Observaciones realizadas en el estilo y estigma indican que no germinan los granos de polen que proceden de autopolinización, además la relación polen/óvulo (p/o), morfología floral, producción de néctar y patrones de forrajeo de los insectos, sugieren que I. pandurata es una especie obligada para realizar la polinización cruzada (Stucky y Beckmann, 1982).

#### 4.5.3 Incongruencia

La incongruencia es una barrera de fertilización entre individuos que están menos relacionados, como en el caso que estos pertenezcan a especies o géneros biológicos diferentes esta previene que las mezclas interespecíficas por medio de mecanismos fisiológicos.

Las bases genéticas y fisiológicas de la incongruencia no son completamente entendidas. Estudios preliminares han revelado que no es necesaria la síntesis de ARN y proteínas en el pistilo para crear la barrera de incongruencia (Linskens 1963).

#### 4.5.4 Heterostilia

La heterostilia es un fenómeno en el cual ciertas especies de plantas poseen dos o tres clases de individuos cuyos estilos



tienen diferente longitud al grado que varía también la de los estambres o la altura de inserción de los mismos (Delevoryas, 1981; Cronquist, 1984; Font-Quer, 1979). Su frecuencia es baja y ocurre en el 10% de las familias de plantas. En algunas familias se presentan de manera continua, como las familias que habitan en los trópicos (Wyatt, 1983).

Darwin (1877) postuló que el hermafroditismo floral de las plantas con este mecanismo promueven la polinización cruzada entre dos o tres formas de especies con heterostilia (Ornduff 1983).

Existen dos tipos de heterostilia: distilia y tristilia. En taxas distilios, una forma tiene estilos largos y estambres cortos (heterostilia tipo Pin), mientras las otras flores tienen una posición inversa esto es estilos cortos y estambres largos (Heterostilia tipo Thrum), donde como Darwin lo había postulado solo se realizan cruces compatibles entre estas dos formas (Wyatt 1983; Ayala y Kiger 1984). En Primula vulgaris presenta heterostilia de tipo distilia donde las flores tipo "Pin" (con estilos largos y anteras cortas) es heredado por un gen recesivo y la forma "thrum" que tienen el estilo corto y anteras grandes es producto de un gen dominante. La disposición de los estilos y estambres de las flores tipo "Pin" y "Thrum" facilitan la polinización. (Futuyma 1983)

#### 4.5.5 Hercogamia

Existen otros mecanismos que facilitan el flujo genético entre individuos, pero por ocurrir con poca frecuencia en la naturaleza han sido poco estudiados. Un caso de estos ocurre en Salvia nodosa donde, la morfología floral dificulta la transferencia del polen de las anteras al estigma de la misma flor, debido a que cuando el estigma es receptivo los estambres están reflexos, después los pistilos se hacen menos accesibles y los estambres son expuestos. (Futuyma, 1983).

El término de Hercogamia fue acuñado por Axel y más tarde Delpino estableció cuatro grados de hercogamia: hercogamia absoluta, cuando es absolutamente imposible la autopolinización de la flor. En este caso son los animales los que acarrean polen de otras flores o de otras plantas. Hercogamia accidental o fortuita, es también necesaria la intervención de los animales para la polinización, pero sin excluir la posibilidad de que accidentalmente se produzca la autogamia. Hemihercogamia que presupone un estadio floral primario con hercogamia absoluta, y un estado secundario en que si por falta de visitantes no se realizó la polinización, se facilita la autogamia por el desarrollo ulterior de los estambres. Criptohercogamia es cuando los insectos visitantes u otros animales pueden llevar el polen al estigma de la propia flor o a otra (Font-Quer, 1985).

#### 4.5.6 Andromonoecia y Gimnomonoecia

La andromonoecia ocurre cuando en un mismo individuo vegetal se presentan flores hermafroditas y flores unisexuales masculinas como en el caso de Bahuinia unguolata que es una planta considerada como andromicética (cuando un mismo individuo vegetal presenta flores hermafroditas y flores masculinas). En este caso las flores masculinas son flores que presentan un ovario vestigial por lo cual se consideran funcionalmente masculinas donde los resultados de autopolinización y polinización cruzada indican que las flores con pistilo corto nunca producen frutos y el asentamiento de frutos es mayor cuando están involucradas en la polinización las dos formas florales (Ramírez et al. 1984).

La gimnomonoecia es un fenómeno similar a la andromonoecia, solo que en este caso podemos encontrar flores femeninas y flores hermafroditas en una misma planta (Font-Quer, 1979).

#### 4.6 Redundancia de Gametos.

Redundancia de gametos o la producción de mas espermias que los que pueden ser utilizados en la fecundación de células sexuales femeninas, es un fenómeno común en plantas y animales (Cohen, 1975). En angiospermas, la producción de gametofitos masculinos es relativamente alta. En los últimos diez años ha surgido una corriente de investigación, en la cual se ha pretendido explicar el significado biológico y evolutivo de la redun-

dancia de microgametofitos en angiospermas. Los fundamentos de estas ideas fueron desarrollados en la década de los 40 por Ter-Avanensian. Posteriormente, durante la década de los 70, David Mulcahy de la Universidad de Massachusetts, a través de sus resultados de investigación estimuló el desarrollo de líneas de investigación en esta área, lo cual motivó una serie de publicaciones, en las que se demuestra el efecto de la densidad de polinización en la calidad de la progenie (e.g. Mulcahy, 1975; Mulcahy, 1979; Stephenson y Bertin, 1983), y también hipótesis en las que se postula que la maduración de frutos es regulada por la competencia de los gametofitos (Lee, 1984).

La idea fundamental para estos trabajos parte del hecho de que la estructura morfológica del gineceo de angiospermas, acoplada con mecanismos eficientes de polinización, favorecen la depositación de densidades altas de polen en el estigma, los cuales al germinar y desarrollar tubos polínicos en el estilo, da como resultado competencia, que supuestamente es la base para establecer un tamizado o selección de gametofitos masculinos, que van a fecundar los óvulos, de tal manera que los tubos polínicos que crecen más rápido, son los que tienen más probabilidad de fecundar el óvulo(s). Se argumenta que los embriones que se forman a partir de óvulos fecundados por los tubos polínicos más rápidos, son más vigorosos y con mayor adaptabilidad al ambiente. (Mulcahy, 1979; Lee, 1984). Mulcahy (1979), postula que la fecundación selectiva de óvulos en las angiospermas que resulta de la

competencia de microgametofitos, condiciona a que haya un menor desperdicio de recursos maternos en los procesos reproductivos sexuales, lo cual puede parcialmente explicar la dominancia de angiospermas en la flora mundial. Estas ideas se han reafirmado por evidencias de que flores polinizadas con altas cantidades de polen, dan origen a progenies que son superiores en diferentes aspectos a progenies de flores polinizadas con cantidades bajas de polen (Winsor et al. 1987).

Como resultado de las aportaciones de diferentes investigaciones orientadas al entendimiento del significado biológico de la redundancia de gametos, se han combinado cuatro evidencias que fundamentan la importancia y relevancia de la selección de microgametofitos en angiospermas. La primera, se apoya en evidencias que han demostrado que una gran porción del genoma del microgametofito se expresa durante la germinación del grano de polen y el desarrollo del tubo polínico (Willing y Mascarenhas, 1984). Segundo, el genotipo del microgametofito determina, en parte la velocidad de germinación, y la tasa de crecimiento del tubo polínico (Sari-Gorla et al. 1975). Tercero, 60-80% de los genes expresados en el microgametofito, son también expresados en el ciclo de vida del esporofito (Tansley, et al. 1981; Willing y Mascarenhas, 1984). Finalmente, bajo condiciones de niveles altos de depositación de polen en los estigmas, se reduce la fecundación al azar de los óvulos, debido a que se incrementa la probabilidad de los óvulos sean fecundados por tubos polínicos con mayor vigor o tasa de crecimiento (Marshall y Ellstrand, 1986).

#### 4.7 Abscisión de Frutos y Ovíulos.

El término de abscisión se refiere a la separación de los estratos o disepimento que mantenía unidas 2 células o 2 porciones orgánicas (Font-Quer 1979). esta es muy común en órganos vegetativos y reproductivos en plantas superiores y en el caso de las flores y frutos obedece a una gran cantidad de factores bióticos o abióticos.

Entre los factores abióticos se encuentra la temperatura. que. Por ejemplo, cuando se presentan heladas tardías durante la primavera o temperaturas altas causan la abscisión de un gran número de flores y frutos. sin embargo el daño por heladas es la causa principal que ocasiona mayor abscisión de flores y frutos. (Stephenson 1981. Nakamura. 1986).

Dentro de los factores bióticos mas importantes que causan la abscisión de flores y frutos se encuentran: Los factores bióticos externos a la planta. como el daño producido por la depredación de los insectos y otros animales herbívoros a los frutos (pericarpio y/o semillas) que causa la abscisión de frutos o la infección de los frutos con hongos u otros patógenos. que después ocasionarán la abscisión de estos frutos (Stephenson 1981. Nakamura 1986) y los factores bióticos que son inherentes a la planta como la cantidad de flores polinizadas. Sin embargo el incremento de la eficiencia de la polinización de flores no siempre se refleja en un porcentaje más alto de frutos que alcan-

zan la maduración. Una evidencia de esto son los resultados registrados en Prunus cerasus en que se encontraron flores caídas en la mayoría de estas (82 al 100% ) presentaban tubos polínicos en el estilo. Además se comprobó en una gran cantidad de plantas que fueron polinizadas manualmente se incrementó el número de flores que "amarraron" pero posteriormente estas presentaron abscisión. Estas observaciones, revelan que además de la eficiencia de la polinización los recursos disponibles que tenga la planta para nutrir a las flores y frutos en desarrollo durante ejercen un efecto notable en la abscisión de órganos reproductivos (Stephenson 1981, Nakamura 1986, Lee 1984)

Esto ha conducido a diversos investigadores a manipular técnicas que incrementen el recurso materno. Una de estas es la adición de nitrógeno u otros nutrientes inorgánicos a las plantas. En manzano y chicharo, se encontró que estas técnicas incrementaron la cantidad de frutos que llegaron a su madurez fisiológica.

Quando el recurso materno es limitante para el desarrollo de frutos, como sucede en algunas especies vegetales, se establece competencia entre flores y frutos por estos recursos. lo cual se refleja en la manifestación de abscisión de flores y frutos en diferentes estadios de desarrollo. Sin embargo, la sensibilidad o resistencia a la abscisión puede estar bajo control genético, ya que en el caso de genotipos mal adaptados, en que se manifiestan genes deletereos en estado homocigoto en condiciones de autopoli-

nización. es común que ocurra muerte de cigotos o embriones con lo que se incrementa la probabilidad de abscisión (Stephenson 1981, Bertin 1982, Nakamura 1986 y 1988). Además como último factor que promueve la abscisión son las polinizaciones autoincompatibles donde los tubos polínicos no alcanzan al óvulo porque son retenidos en el estigma o en el estilo, y cuando estos tubos polínicos llegan a los óvulos muchas veces estos ya han sufrido senescencia (Nakamura 1986).



## 5 MATERIALES Y METODOS.

Se utilizarón plantas adultas de Orquidea (Bahuinia variegata, L.) primaveral de aproximadamente 30 años de edad que se encuentran en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guadalajara y plantas de la misma especie que se encuentran creciendo en condición natural en la Barranca de Colimilla, que se encuentra en el municipio de Ixtlahuacan, Jalisco.

En las plantas de los jardines de la Facultad de Ciencias Químicas se llevaron a cabo los experimentos de polinización que se evaluarán en este experimento, y de las plantas de la Barranca de Colimilla se colectó únicamente polen que se utilizó en uno de los tratamientos de polinización.

En los árboles que se encuentran en la Facultad de Ciencias Químicas se llevo a cabo la selección de ramas que presentaron un número relativamente alto de flores cercanas a la apertura, con el fin de aplicar los tratamientos en una población floral en el que se tenga la mayor uniformidad posible en desarrollo fisiológico de los botones florales.

Previo a la aplicación de los tratamientos de polinización se colectó polen para determinar su viabilidad utilizando el método de la gota suspendida, usando diferentes concentraciones de sacarosa y ácido bórico, que se combinaron por medio de un arreglo factorial de tratamientos. Las concentraciones de sacarosa fueron: 0, 5, 10, 15 y 20%, y de ácido bórico: 0, 100, 200 ppm.

## 5.1 Tratamientos de Polinización.

Se evaluaron los siguientes tratamientos de polinización:

1 Polinización abierta (PN): Se permitio la polinización natural de 100 flores seleccionadas previamente en el estadio de boton floral cercano a la apertura.

2 Autopolinización con densidad baja de polen (DABP). Los botones florales se emascularon y se autopolinizaron manualmente con su propio polen hasta que el estigma quedo ligeramente amarillo.

3 Autopolinización con densidad alta de polen (DAAP). Los botones florales se emascularon y se polinizaron manualmente con su propio polen hasta que el estigma quedo totalmente amarillo y tambien se noto el abultamiento de polen depositado sobre el estigma.

4 Polinización cruzada (PC). Los botones florales se emascularon y se polinizaron manualmente con polen de plantas provenientes de la barranca de Colimilla, utilizando una varilla de vidrio, hasta que el estigma quedo completamente amarillo y se noto el abultamiento de polen en el.

## 5.2 Toma de Datos.

Después de la aplicación de los tratamientos de polinización se registraron los siguientes datos:

### 5.2.1 Crecimiento del Fruto

Se registró el crecimiento del fruto a través de la medición del largo, ancho y grosor del pericarpio. Estas mediciones se llevaron a cabo cada tercer día, desde el momento de la floración hasta que los frutos alcanzaron la madurez fisiológica. Para realizar estas mediciones se utilizó un vernier metálico.

### 5.2.2 Abscisión o Caída de Flores y Frutos.

Cada tercer día se registró el número de flores y frutos que se desprendieron de la planta que previeron de los botones florales que fueron seleccionados para cada uno de los tratamientos de polinización.

### 5.2.3 Peso y Número de los componentes del Fruto.

Los frutos (vainas) que alcanzaron la madurez fisiológica, se cosecharon antes de que ocurriera su dehiscencia y se llevaron al laboratorio, donde se registró las variables que se alistan a continuación:

- a) Peso de vaina.
- b) Peso de pericarpio.
- c) Peso de semillas.
- d) Número de semillas.

#### 5.2.4 Desarrollo de las Plántulas.

Las semillas de cada uno de los tratamientos de polinización se colocaron en frascos vial, en medio líquido, el desarrollo de las plántulas, hasta que se notó visualmente que se agotaron las reservas de los cotiledones.

Después de haber llegado este estadio se cosecharon las plántulas y se disectaron sus componentes para registrar las siguientes variables.

- a) Peso seco y fresco del tallo.
- b) Peso fresco y seco de hojas.
- c) Peso fresco y seco de cotiledones.
- d) Peso fresco y seco de raíces.
- e) Area foliar.
- f) Longitud del tallo.

El peso de los componentes se registró con una balanza analítica marca "Sartorius".

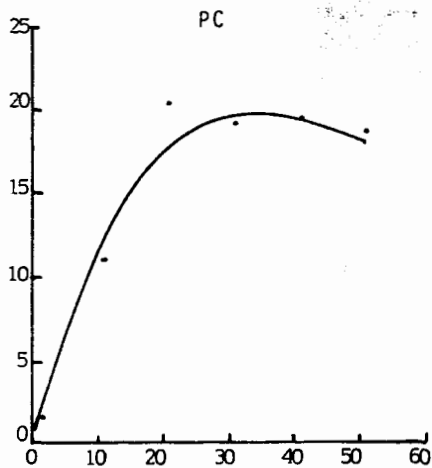
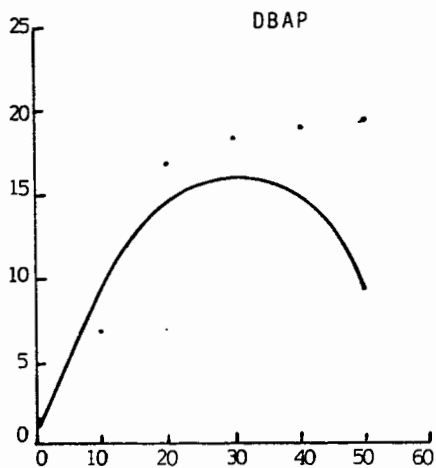
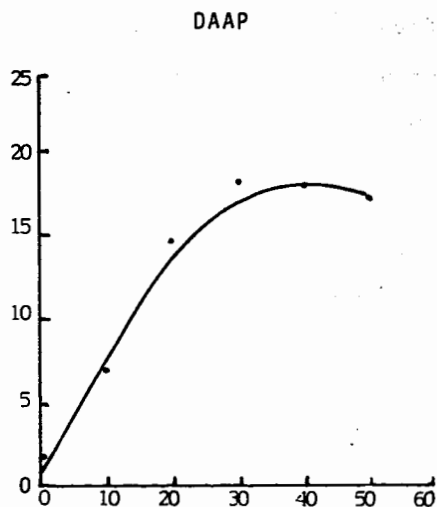
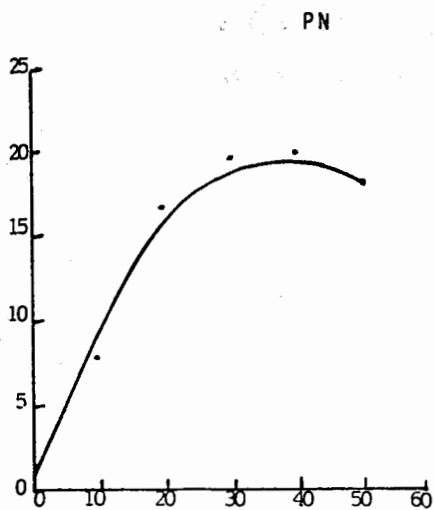
#### 5.3 Analisis Estadístico.

En el experimento de polinización se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar. La unidad experimental fue de una flor. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza y cuando se encontro diferencia estadística se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey usando métodos estadísticos descritos por Chou (1975), Reyes (1983) y Little y Hills (1987).

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Crecimiento de las vainas.

Después de polinizar las flores se procedió a medir el crecimiento axial, grosor y en ancho de las vainas hasta que estas alcanzaron la maduración fisiológica. El tiempo en que las vainas alcanzaron el crecimiento máximo axial vario, entre cada uno de los tratamientos que se realizaron. Así, tenemos que, el tratamiento de DAAP alcanzó su crecimiento máximo a los 40 días después de la fecha de polinización, con un total de 18.96 cm. Mientras que el tratamiento PC alcanzó su máximo crecimiento en longitud a los 30 días, con un crecimiento de 20.11 cm, este mismo comportamiento se observó en la tasa de crecimiento por día debido a que el tratamiento de PC presentó una tasa de crecimiento de 0.629 cm, mientras que DAAP tuvo una tasa de crecimiento de 0.44 cm. Sin embargo la longitud máxima fue alcanzada en el tratamiento de FN con un crecimiento de 20.98 cm seguido por el tratamiento de PC con 20.11 cm. Las vainas que obtuvieron menor crecimiento fueron DAAP con 18.96 cm. (Figura 1).

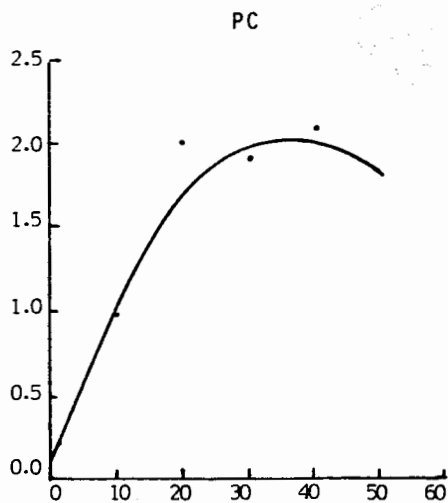
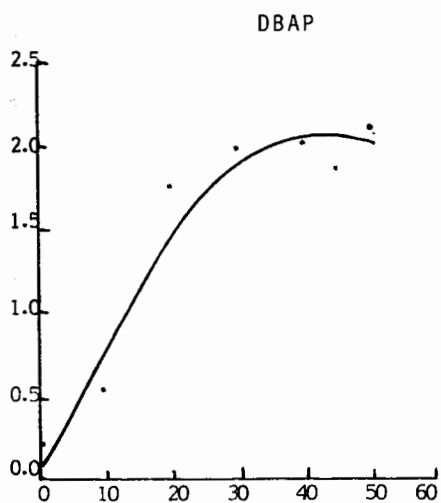
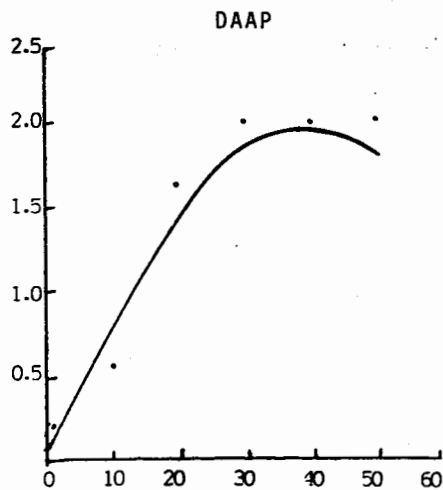
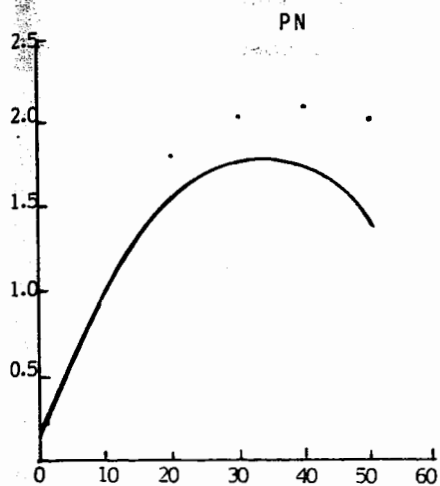


DIAS DESPUES DE ANTESIS

Figura 1. Crecimiento axial de vainas de *Bahuinia variegata* en respuesta a tratamientos de polinización.

Por otro lado el crecimiento en el ancho tuvo una respuesta que se puede representar con una ecuación polinómica de tercer grado, al igual que el crecimiento axial de las vainas. Aquí también se encontraron diferencias entre los distintos tratamientos.

El crecimiento máximo se encontró en el tratamiento DBAP a los 41 días con un grosor de 2.14 cm, mientras que el tratamiento que tuvo el crecimiento más bajo fue el tratamiento de FN, que a los 10 días presentó un grosor de 1.81 cm. Sin embargo el tratamiento que tuvo un periodo de crecimiento en grosor más largo fue DBAP con 41 días, mientras que el tratamiento de FC solo creció en grosor hasta los 35 días; además este tratamiento es el que presenta la tasa de crecimiento mayor debido a que registró 0.054 cm, por día, y el tratamiento de FN fue en el que registró la menor tasa de crecimiento, registrándose tan solo 0.047 cm, por día (Figura 2).

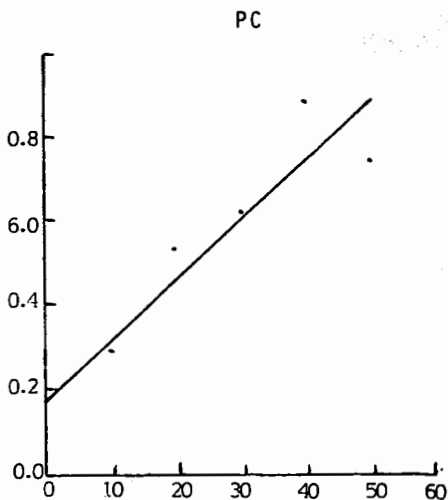
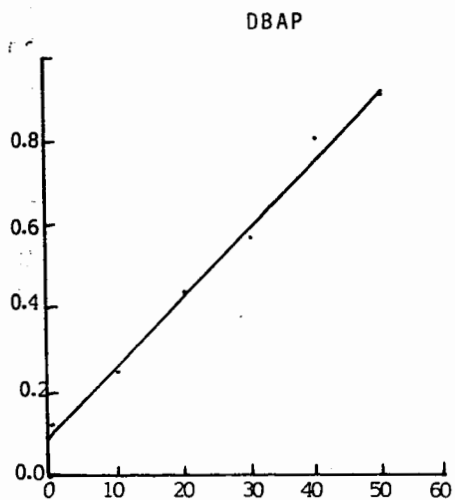
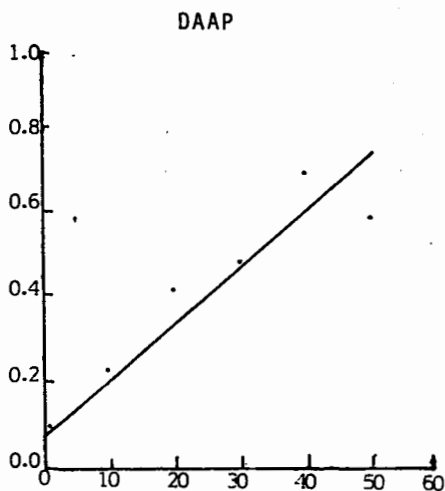
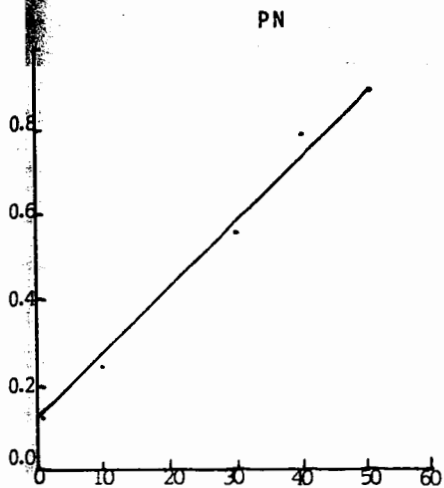


DIAS DESPUES DE ANTESIS

Gráfica 2. Crecimiento en ancho de las vainas de Bahuinia variegata en respuesta a tratamientos de polinización.







DIAS DESPUES DE ANTESIS

Gráfica 3. Crecimiento del grosor de las vainas de Bahuinia variegata en respuesta a tratamientos de polinización.

## 6.2 Tasa de Supervivencia Total.

Durante el periodo de maduración de las vainas también se tomó en cuenta el número total de flores y frutos que presentaron abscisión durante todo el periodo, notándose que la abscisión de órganos reproductivos es mayor durante los primeros 20 días, a partir del cuarto periodo esta se estabilizó en todos los tratamientos. El tratamiento que presentó mayor abscisión de flores y frutos fue el tratamiento de FN con un total de 70% de flores, el número más bajo de flores y frutos que presentaron abscisión fue en el tratamiento de PC, con 40% de abscisión. Estas dos diferencias en abscisión de órganos reproductivos fueron estadísticamente diferentes. Los tratamientos de DAAP y DBAP presentaron valores de abscisión intermedios entre los registrados en los tratamientos de PC y FN, y fueron estadísticamente iguales al tratamiento de FN, en que se registraron los números más altos de abscisión (Figura 4).

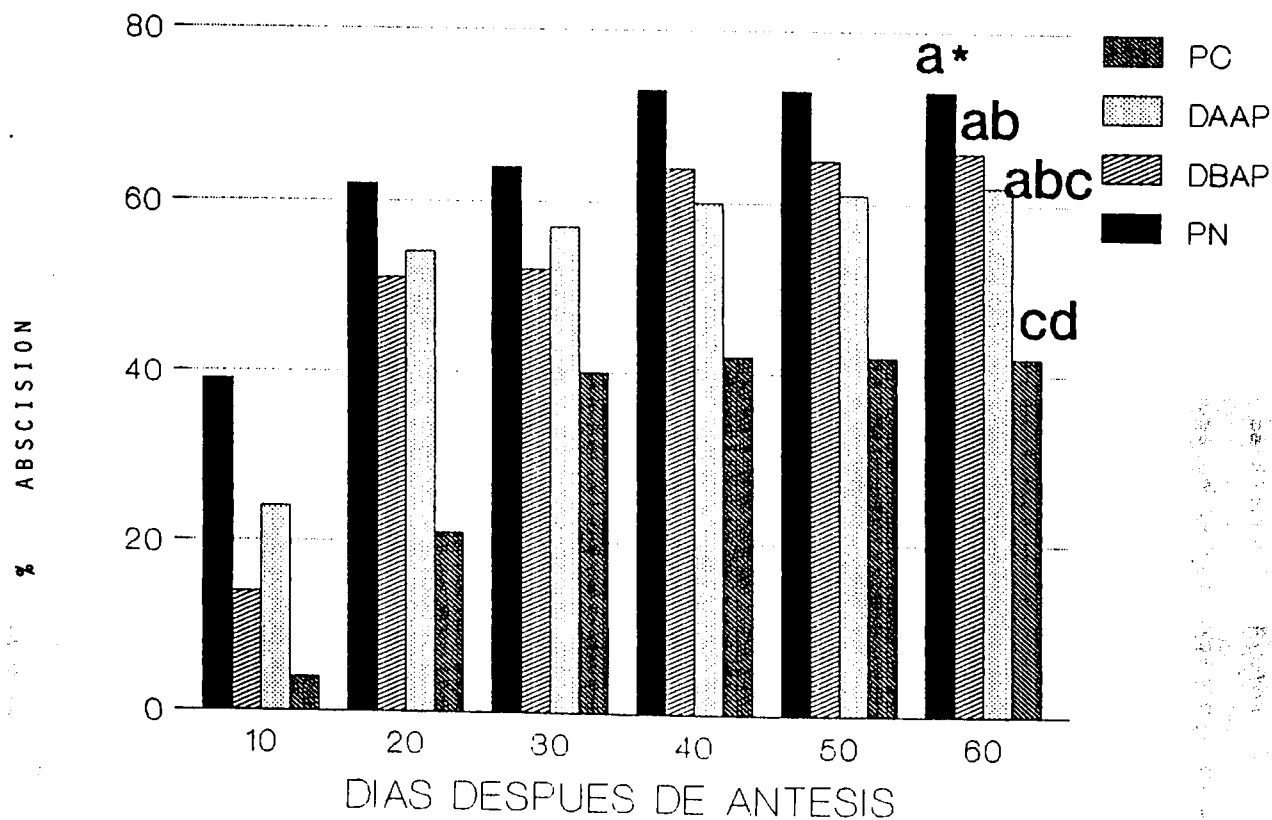


FIGURA 4. Porcentaje de abscisión de flores de *B. Variegata* en respuesta a tratamientos de polinización. Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente. Prueba de Tukey (  $P = 0.05$  ).

### 6.3 Porcentaje de Abscisión de Flores y Frutos a Diferentes Intervalos de Tiempo Después de la Polinización, en Diferentes Tratamientos de Polinización.

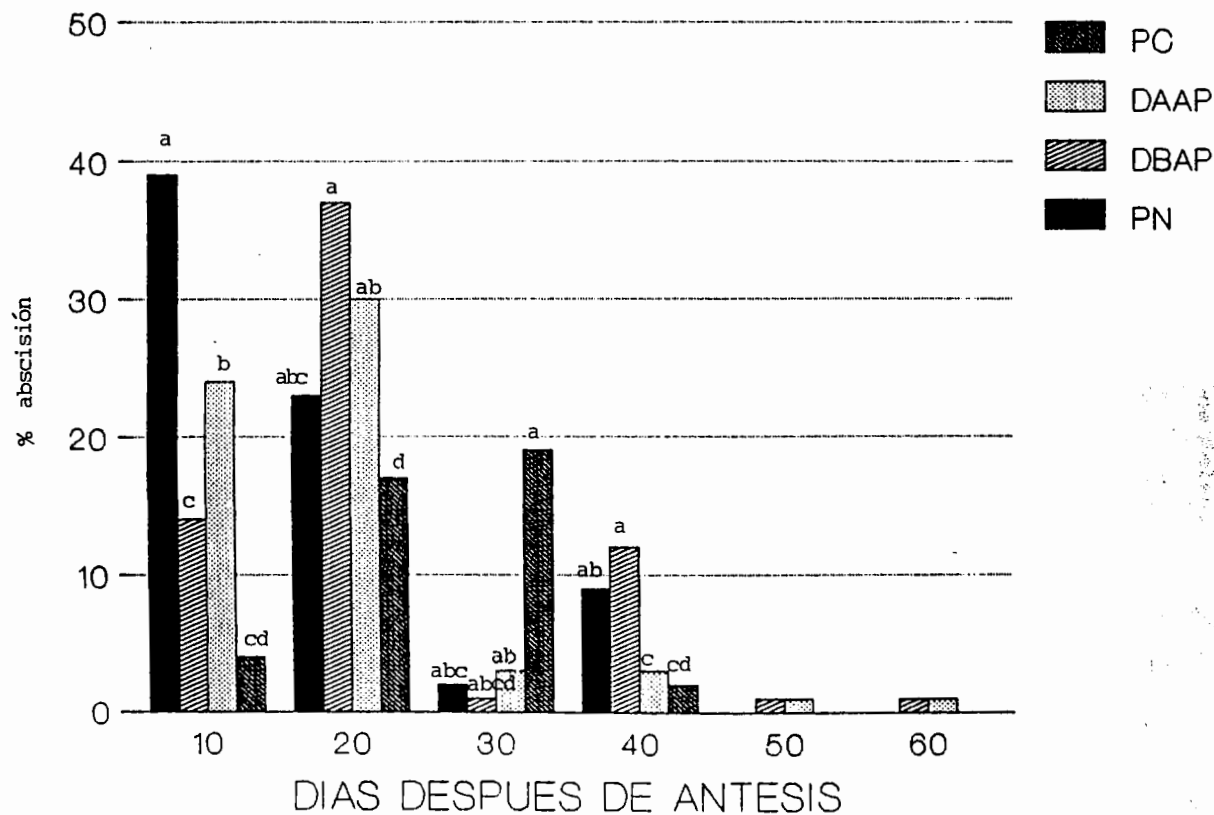
Durante el desarrollo del experimento se registro el número de flores y frutos que se desprendieron a intervalos de frecuencia de 10 días desde el momento de floración hasta que ocurrió la maduración de frutos (Figura 5). Estudios recientes sobre el desarrollo de tubos polínicos en el estilo a diferentes intervalos de tiempo después de la polinización revelaron, que durante los primeros 10 días después de la polinización se presentó abscisión de flores que no habían sido fecundadas. Durante este primer período el número más alto de flores que presentaron abscisión, se registró en el tratamiento de (PN) con 39 flores, y el menor fue en (FC) con 4 flores; en los dos restantes se registraron números intermedios. En base al uso de la prueba de independencia estadística de  $\chi^2$  se encontró que en los primeros 20 días la abscisión de frutos fue mayor que en los otros 40 días. En el primer período se observa que en el tratamiento registra un número de flores que sufrieron abscisión estadísticamente mayor (39) que en los demás tratamientos siendo el tratamiento de densidad baja de autopolinización (14) y polinización cruzada (4) los tratamientos más bajos. Estos dos últimos tratamientos son estadísticamente similares.

En el segundo período la abscisión es alta en los tratamientos de PN (23) DBAP (37) no existen diferencias estadísticas solo

en el tratamiento de PC (17) que es estadísticamente inferior a los otros tratamientos.

En el tercer periodo la abscisión empieza a disminuir notablemente en este periodo y al igual que en los periodos quinto y sexto no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos.

En el cuarto periodo la abscisión fue mayor en los tratamientos FN (9) y DBAP (12). Sin embargo estos no demuestran entre si diferencias estadísticas mientras que DAAP (3) y PC (2) son los los más bajos y estadísticamente similares entre ambos.



**Figura 5.** Porcentaje de abscisión de flores y frutos de *B. variegata* en respuesta a tratamientos de polinización. Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente. Prueba  $\chi^2$ .

#### 6.4 Germinación de los Granos de Polen.

No se registró germinación de granos de polen en ninguno de los medios de germinación en que se combinaron las diferentes concentraciones de sacarosa y ácido bórico. Se observó, que en la mayoría de los tratamientos los granos de polen presentaban hinchazón y algunos de ellos se reventaron, vaciando su contenido citoplasmático.

#### 6.5 Efecto de la Autopolinización y Polinización Cruzada en el Peso de la Vaina y sus Componentes.

Al momento en que las vainas de cada tratamiento alcanzaron su madurez fisiológica se colectaron para evaluar el peso de estas y sus componentes. El peso más alto se registró con el tratamiento de FN (8.7), el cual fue estadísticamente igual a los tratamientos de DBAP, y PC y superior al de DAAP. Tendencia similar se observó para el número promedio de semillas por vaina, peso de semillas por vaina, y peso promedio de semillas. En contraste en el caso del porcentaje de óvulos abortivos, se encontró que este porcentaje es mayor en el tratamiento de DAAP y menor en el de FN (Cuadro 1).



Cuadro 1. Efecto de la Autopolinización y Polinización Cruzada en el Peso de la Vaina de Orquidea Primavera ( *Bahuinia variegata* ) y sus Componentes.

tratamiento	peso vaina (g)	número promedio semillas por vaina	peso semillas por vaina (g)	peso promedio de semillas (g)	porcentaje ovulos abortivos
PN	8.7 a*	7.6 a	2.7 a	0.37 ab	0 d
DBAP	8.3 ab	7.0 ab	2.8 ab	0.39 a	4 c
DAAP	4.5 c	5.8 c	1.2 c	0.20 c	15 a
PC	5.9 bc	6.7 abc	1.9 abc	0.19 bc	5 bc

\*Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente.

Prueba de Tukey (P=0.05).

### 6.6 Efecto de la Autopolinización y Polinización Cruzada en el Asentamiento de Semillas y Vainas.

El porcentaje de asentamiento de semillas fue menor en el tratamiento de DAAP (44.6%); el porcentaje más alto se registro en los tratamientos de PN y PC (58% en ambos). Con respecto el porcentaje de asentamiento de vainas se encontro que el porcentaje mas alto se registro en el tratamiento de PC y el menor en el tratamiento de PN (Cuadro 2)

Cuadro 2 Efecto de la autopolinización y polinización cruzada en el asentamiento de semillas y vainas.

Tratamiento	asentamiento de semillas (%)	asentamiento de vainas (%)
Polinización Natursi (PN)	58	27
Densidad baja de autopolinización (DBAP)	54	44
Densidad alta de autopolinización (DAAP)	44.6	48
Polinización cruzada (PC)	58	58.4

### 6.7 Efecto de Autopolinización y Polinización Cruzada en el Porcentaje de Plantas Albinas en Bahuinia variegata.

Al registrar la germinación y desarrollo de las plántulas a partir de las semillas colectadas para cada uno de los tratamientos, se encontró que algunas de las plántulas presentaban fenoti-

po típico de albinismo, por lo que se procedió a evaluar el porcentaje de ocurrencia para cada uno de los tratamientos. Esta evaluación reveló que el porcentaje más alto de plantas albinas se encontró en el tratamiento de DAAF (20%), seguido por el de DBAP (13%). El porcentaje menor se registró en el tratamiento FC (3%) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la Autopolinización y Polinización Cruzada en el Porcentaje de Plantas Albinas en Bahúinia variegata.

Tratamiento	Plantas albinas (%)
Polinización Natural (PN)	10c*
Densidad baja de autopolinización (DBAP)	13ab
Densidad alta de autopolinización (DAAF)	20a
Polinización cruzada (FC)	3d

\* Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente. Prueba de Tukey ( $P=0.05$ )

#### 6.8 Correlación Entre los Componentes del Fruto.

##### Polinización Natural.

El análisis de correlación entre los componentes del fruto en el tratamiento de polinización natural (PN), reveló que el largo de la vaina presentó valores de correlación positiva directa significativa ( $P>0.001$ ) con el peso del pericarpio y el número de semillas. También presentó correlación positiva con el peso

fresco de las semillas, pero con menor nivel de significancia. El peso de vaina únicamente presentó correlación positiva con el peso fresco de las semillas. El peso del pericarpio presentó correlación positiva con alto valor de significancia con el número y peso fresco de las semillas. Finalmente el número de semillas no presentó correlación estadística significativa con su peso (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de Correlación simple entre los componentes de las vainas maduras en el tratamiento de Polinización Natural.

	Peso fresco de vaina	Peso fresco de pericarpio	Número de semillas	Peso fresco de semillas
Largo de vaina.	0.4 ns	0.8***	0.95***	0.5*
Peso fresco de vaina.		0.45ns	0.42 ns	0.76***
Peso fresco del pericarpio.			0.79***	0.57*
Número de semillas.				0.44ns

\* Significativo al 0.05.

\*\* Significativo al 0.01.

\*\*\* Significativo al 0.001.

N.S. No significativo.

#### Densidad Baja de Autopolinización.

El análisis de correlación entre los componentes del fruto en el tratamiento de DBAF, reveló que el largo de la vaina pre-

sentó valores de correlación positiva con el peso de la vaina ( $P > 0.01$ ). Además el largo de la vaina también presentó niveles de correlación positiva pero con menor significancia ( $P > 0.05$ ) con el peso del pericarpio y el número y peso de semillas. El peso de la vaina presentó niveles de correlación positiva entre el peso del pericarpio y el número de semillas ( $P > 0.001$ ). El peso del pericarpio presentó correlación positiva con el número de semillas. Además el número de semillas también presentó correlación positiva ( $P > 0.05$ ) con su peso (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de Correlación simple entre los componentes de las vainas maduras en el tratamiento de Densidad Baja de Autopolinización

	Peso fresco de vaina	Peso fresco de pericarpio	Número de semillas	Peso fresco de semillas
Largo de vaina.	0.63**	0.59*	0.59*	0.5*
Peso fresco de vaina.		0.99***	0.83***	0.05ns
Peso fresco del pericarpio.			0.81***	0.01ns
Número de semillas.				0.5*

\* Significativo al 0.05.

\*\*\* Significativo al 0.001.

\*\* Significativo al 0.01.

N.S. No significativo.

Densidad Alta de Autopolinización.

En el análisis de correlación entre los componentes del

fruto en el tratamiento de Densidad Alta de Autopolinización (DAAP) reveló que el largo de la vaina presentó niveles de correlación positivos ( $P > 0.001$ ) con el número de semillas, peso de la vaina y pericarpio. Además, el peso de la vaina presentó valores de correlación positiva ( $P > 0.001$ ) con el peso del pericarpio y número de semillas. También, el peso del pericarpio presentó correlación positiva similar a los anteriores niveles de correlación con el número de semillas y. Finalmente, el número de semillas no presentó correlación estadística significativa con su peso (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de Correlación simple entre los componentes de las vainas maduras en el tratamiento de Densidad Alta de Autopolinización

	Peso fresco de vaina	Peso fresco de pericarpio	Número de semillas	Peso fresco de semillas
Largo de vaina.	0.85***	0.74***	0.83***	3.6x10 <sup>-3</sup> ns
Peso fresco de vaina.		0.96***	0.87***	0.15 ns
Peso fresco del pericarpio.			0.76***	0.01 ns
Número de semillas.				0.02 ns

\* Significativo al 0.05.

\*\* Significativo al 0.01.

\*\*\* Significativo al 0.001.

N.S. No significativo.

### Polinización Cruzada.

El análisis de correlación entre los componentes del fruto del tratamiento de (PC) reveló que el largo de la vaina presentó valores de correlación positiva con su peso al igual que con el número de semillas ( $P > 0.001$ ) y también presentó correlación con el peso del pericarpio, aunque con menor nivel de significancia ( $P > 0.05$ ) con el peso del pericarpio. El peso de la vaina presentó un nivel de correlación de ( $P > 0.01$ ) con el número de semillas. Además el peso del pericarpio se presentó niveles significativos de correlación con el número y peso de semillas. Y por último, el número de semillas presentó correlación significativa al nivel de ( $P > 0.001$ ) con su propio peso (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de Correlación simple entre los componentes de las vainas maduras en el tratamiento de Polinización Cruzada.

	Peso fresco de vaina	Peso fresco de pericarpio	Número de semillas	Peso fresco de semillas
Largo de vaina.	0.79***	0.5*	0.91***	-3 3.8x10 ns
Peso fresco de vaina.		0.07ns	0.66**	0.15 ns
Peso fresco del pericarpio.			0.41ns	0.12 ns
Número de semillas.				0.97***

c\* Significativo al 0.05.

\*\*\* Significativo al 0.001.

\*\* Significativo al 0.01.

N.S. No significativo.

#### 6.9 Efecto del Desarrollo de las Plántulas, sus Componentes y la Tasa de Transpiración Derivadas de las Semillas Colectadas de los Tratamientos de Polinización.

En esta evaluación se registró el peso final de las plántulas y sus componentes, así como la tasa de transpiración. Estas plántulas provienen de semillas colectadas de cada uno de los tratamientos de polinización que se realizaron en este trabajo. Esto tiene como objetivo principal registrar si los efectos depresivos por endogamia se manifiestan en los estadios iniciales del desarrollo del esporofito, en que la principal fuente de recursos para su desarrollo proviene de las reservas disponibles en los cotiledones de las semillas, ya que estas semillas germinan y posteriormente desarrollan plántulas en frascos vial en que únicamente se adicionó agua destilada. El peso seco más alto de la planta completa se registró en los tratamientos de PC y PN, los cuales fueron estadísticamente similares y superiores a los tratamientos de autopolinización (DBAP y DAAP). En relación al peso seco de los componentes de la planta (tallo, hoja, raíz) se encontró tendencia similar de respuesta, ya que los tratamientos de autopolinización fueron estadísticamente inferiores a los de PN y PC. El área foliar aunque presentó diferencias, estas no fueron estadísticamente diferentes. En el caso de la tasa de transpiración esta presentó una menor tasa en el tratamiento de DBAP y mayor en los de PN y PC.



Cuadro 8. Peso Seco de Plántulas y sus Componentes, Area Foliar y Tasa de Transpiración Derivadas de Semillas Colectadas en Diferentes Tratamientos de Polinización Evaluados.

tratamiento	peso seco total (g)	peso seco del tallo (g)	peso seco de la raíz (g)	peso seco de cotiledones (g)	peso seco de hojas (g)	área foliar (mm <sup>2</sup> )	tasa de transpiración (g H <sub>2</sub> O/30ías)
FN	0.154 a*b	0.06 ab	0.018 a	0.0315 a	0.046 ab	378.26 ab	1.34 ab
DEAP	0.114 cd	0.04 cd	0.013 c	0.0243abcd	0.035 c	272.96abcd	0.95 d
DAAP	0.122 c	0.047 c	0.011 cd	0.0279 ab	0.033 cd	286.11 abc	1.23 abc
FC	0.157 a	0.064 a	0.018 ab	0.0257 abc	0.049 a	392.18 a	1.4 a

\*Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente.

Prueba de Tukey (P=0.05).

## 7 DISCUSION

Desde los tiempos de Darwin (1859), se demostró que la descendencia obtenida por autofecundación es menos vigorosa que la derivada de fecundación cruzada (Grant, 1975). Esta disminución en vigor que se observa en la descendencia de plantas que se autopolinizan se conoce como depresión por consanguinidad. Sin embargo, en la naturaleza, muchas plantas se reproducen normalmente por autofecundación y no ocurre en estas depresión por consanguinidad, porque la selección natural conserva los alelos recesivos deletéreos a frecuencias mucho más bajas que las poblaciones que se aparean aleatoriamente.

En plantas superiores la manifestación de la depresión por endogamia es variable, y se manifiesta de diferentes maneras, entre las cuales destacan las siguientes: reducción en el número y peso de semillas, menor germinación y sobrevivencia, menor crecimiento o capacidad competitiva de plantas. Con la endogamia, también puede presentarse el albinismo, reducirse la longevidad o disminuir la producción de flores (Del Castillo, 1986).

Cabe esperar que en aquellas plantas en que es muy alta la manifestación de depresión por endogamia, la evolución de mecanismos fisiológicos (e.g. dicogamia, incompatibilidad) y morfológicos (e.g. heterostilia, hercogamia) tengan como fin principal evitar que los alelos deletéreos recesivos presentes en los loci heterocigotos se hagan homocigotos, cuando ocurre la autofecunda-

ción (Ayala y Kiger, 1984; Futuyama, 1986; Bertin y Sullivan 1988).

Dentro de estos mecanismos uno de los más frecuentes es la heterostilia, que en la mayoría de los casos se complementa con la incompatibilidad sexual (Nettancourt, 1977). En este trabajo se presentan evidencias de que la presencia de heterostilia del tipo "Fin", en flores de Bauhinia variegata, que se caracterizan por presentar estilos en la porción superior de las anteras tienen como fin principal, evitar la autopolinización natural ya que nuestros resultados revelan que esta induce depresión por endogamia, al menos en los componentes reproductivos.

En este trabajo se evaluaron y contrastaron diferentes tratamientos de polinización en los que artificialmente se generó un gradiente de intensidad de autopolinización, que se contrasta con un tratamiento de polinización cruzada. Es importante hacer notar que el peso fresco de los frutos (vainas) y sus componentes (peso del pericarpio, número y peso de semillas) se redujeron en el tratamiento de polinización en el que se aplicaron densidades altas de polen, y fue mayor en el tratamiento de polinización cruzada. Valores intermedios del peso de frutos y sus componentes se registraron en el tratamiento de densidad baja de autopolinización y en el de polinización natural. En este último los estigmas fueron cubiertos en forma natural por cantidades variables de polen, que se derivó tanto de la autopolinización como de la polinización cruzada.

Otros síntomas reproductivos que pueden estar relacionados con la expresión del fenómeno de depresión por endogamia, y que se incrementan en el tratamiento de densidad alta y baja de autopolinización son: abortado de óvulos y semillas. Además, las semillas que provienen de estos tratamientos se registró que las plántulas derivadas de estas, presentaron una menor acumulación de materia seca en la planta y sus componentes (tallo, hoja, raíz) en comparación con los tratamientos de polinización cruzada y natural.

Por otro lado, llama la atención el hecho de que la autopolinización con densidad alta incrementó el número de flores que se transformaron en frutos o el porcentaje de asentamiento de los frutos, en comparación con el resto de los tratamientos. Lo cual avala la observación de Allard (1960), en el sentido de que no siempre la depresión por endogamia se manifiesta con efectos negativos.

Previamente se menciona que la heterostilia comúnmente se asocia con la incompatibilidad sexual, y que ambos mecanismos tienen como principal función estimular la xenogamia. En este caso se encontraron evidencias de cierto grado de rechazo del gametofito masculino en los estigmas de flores de Bahúnia varieta, ya que se registraron porcentajes bajos de germinación de granos de polen, lo cual en parte refleja que un porcentaje relativamente alto de flores presentan abscisión. Estas observaciones coinciden con los resultados reportados por Ramírez y

colaboradores (1984) en Bahinia benthamiana. ya que estos autores al autopolinizar las flores de esta especie que presenta heterostilia de tipo "Pin" encontraron un menor porcentaje de amarre o asentamiento de frutos (13-18 %) que en flores sometidas a polinización cruzada (51-64 %). Estas diferencias también se reflejan en el asentamiento de semillas que fue mayor en el tratamiento de polinización cruzada que en el de autopolinización. Estos resultados apoyaron a estos autores a confirmar que esta especie es genéticamente autoincompatible lo cual aparentemente y de acuerdo a los resultados también se manifiesta cierto grado de autoincompatibilidad sexual en B. variegata.

Este trabajo nos conduce también a razonar sobre el concepto reciente que sobre redundancia de gametos ha sido desarrollado por David Mulcahy en la Universidad de Massachusetts que parten del supuesto que la depositación de densidades altas de polen en el estigma, estimulan la competencia de los tubos polínicos que crecen más rápido, son los que tienen más probabilidad de fecundar el óvulo(s). Se argumenta que los embriones que se forman a partir de óvulos fecundados por los tubos polínicos más rápidos, son los más vigorosos y con mayor adaptabilidad al ambiente (Mulcahy, 1979; Lee, 1984). Estas ideas se han reafirmado por resultados experimentales que han demostrado que flores polinizadas con densidades altas de polen, dan origen a progenies que son superiores en diferentes aspectos a progenies de flores polinizadas con cantidades bajas de polen (Winsor et al. 1987). Estas

suposiciones se han generalizado para las plantas de flor, y no se ha tenido la precaución de delimitar estos efectos de la redundancia de gametos. En este trabajo se esta demostrando que al menos la autopolinización de las flores de Bahuinia variegata con densidades altas de polen, no se manifiestan en ventajas reproductivas en la progenie, como ha sido invocado por Mulcahy y sus seguidores.

## 8 CONCLUSIONES.

- 1 La presencia de heterostilia del tipo "Pin" en B. variegata es un mecanismo que evita la autopolinización, debido a que cuando se autopolinizan sus flores de manera artificial se presenta depresión por endogamia en los componentes reproductivos y en las plántulas.
- 2 Apparently en las flores de B. variegata se combinan mecanismos morfológicos (heterostilia) y fisiológicos (incompatibilidad sexual) para evitar la autofecundación, ya que fue evidente que un número relativamente alto de flores que sufrieron abscisión presentaron germinación baja de granos de polen.
- 3 La heterostilia al menos en B. variegata, no únicamente es un mecanismo que favorece la xenogamia, sino que además es un mecanismo que evita la expresión de los efectos depresivos de la endogamia.
- 4 Los síntomas más comunes de la depresión por endogamia que se registraron en Bahuvia variegata son: menor tamaño de vainas, menor número y peso de las semillas, mayor abscisión de flores y frutos que fueron autopolinizados, genotipos albinos y menor acumulación de biomasa en las plántulas derivadas de autopolinización.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 Allard. R. W. 1960 Principles of plant breeding. John Wiley and son Inc.. New York
- 2 Allison A. Snow and S. J. Mazer. 1988 Gametophytic selection in Raphanis raphanistrum a test fot heritable variation in pollen competitive ability. Evolution 45(2) 1065-1075.
- 3 Ayala F. J. y Kiger J. A. 1984. Genetica moderna Editorial Fondo Educativo Interamericano. Barcelona, Espana 836 p.
- 4 Bertin R. I. 1982. Paternity and fruit production in Trumpet creeper (Campsis radicans) The American Naturalist vol 119(5) 694-708.
- 5 Bertin R. I. and Sullivan 1988. Pollen interference and criptic self-fertility in Campsis radicans. Amer. J. Bot. 75(8) pp 1140-1147.
- 6 Brewbaker. J. L. 1957 Pollen cytology and incompatibility systems in plants. J. Hered. 48: 271-277.
- 7 Castillo R. F. 1986. La seleccion natural de sistemas de entrecruzamiento en Oputia robusta. Tesis de maestria Colegio de Postgrado Chapingo Mexico pp 1-21.
- 8 Charlesworth D. 1988. Evidence for pollen competition in plants and its relationship to progeny fitness: a comment. Am. Nat. Vol 132 298-302.
- 9 Chou, Y. L. 1987. Analisis Estadistico. Editorial Interamericana. Octava reimpresion Mexico 808 p.



- 10 Cohen, J. 1975. Gamete redundancy wastage or selection. In: gamete competition in plant and animals. D. L. Mulcahy (ed.). North-Holland Amsterdam, pp 99-111.
- 11 Cronquist A. 1984 Introduccion a la botánica. Segunda Edicion. Editorial CECSA. México. D.F. 848 p.
- 12 Cruden R. W., Tockhouse S. and Y. B. Linnhart 1976. Pollination. Fecundity and the distribution of moth-flowered plant. *Biotropica*. 8(3): 204-210.
- 13 Davis L.E., Stephenson A.G., J. A. Winsor 1988. Pollen competition improves performance and reproductive output of the common zucchini squash under field conditions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112(4):712-716
- 14 Delevoryas T. 1981 Diversificación Vegetal. Segunda Edicion. Ed. CECSA. México. D.F. 204 p.
- 15 Dobzhansky T., Ayala J., Stebbins G. L. y Valentine J. W. 1983. *Evolution* Editorial Omega. Barcelona España 166 p.
- 16 Faegri, K., and L. Vander Pijl. 1979. *The Principles of Pollination Ecology*. 3rd. Ed. Pergamon Press. Oxford.
- 17 Fernandez-Escobar R., Gomez -Valledor G. and L. Rallo. 1983. Influence of pistil extract and temperature on in vitro pollen germination and pollen tube growth of olive cultivars. *J. Hort. Sci.* 58(2): 219-225
- 18 Font Quer 1979. *Diccionario de Botanica*. Editorial Labor S. A. 571 p.

- 19 Griggs, W. H. 1970. The status of deciduous fruit pollination, the indispensable pollinators: a Report of the 9th pollination conference. Hot Spring, Arkansas. pp. 185-210.
- 20 Futuyma D. J. 1986. Evolutionary Biology. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts. 600 p.
- 21 Grant V. 1975. Genetics of flowering plants. Columbia University Press. New York. 514 p.
- 27 Hartmann H. T., y Kester D. E. 1987 H. Propagación de Plantas Principios y prácticas. Tercera Edición en Español. Editorial CECSA. Mexico 760 p.
- 28 Heslop-Harrison 1978. Genetics and physiology of angiosperms incompatibility systems Proc. Roy. Soc. London B. 202:73-92.
- 29 Heslop-Harrison 1983. The reproductive versatility of flowering plants and overview. In Strategies of plant reproduction BARC. Symposium, 6. W. J Meudt. (Ed.) Allanheld Osmund Publisher. Granada pp 3-18.
- 30 Lee, D.T. 1984. Patterns of fruit maturation: A gametophyte competition hypothesis. The American Naturalist. 123 (3): 327-432.
- 31 Linskens, H. F. 1983. Pollination processes: understanding fertilization and limits to hibridization. In: Strategies of plant reproduction. W. J. Meudt (ed). Beltsville Symposia in Agricultural Research. Allanheld. Osmun Publishers. Granada. pp 35-49.

- 32 Little T. M. y F. J. Hills. 1987. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Séptima reimpresión. Editorial Trillas, México. pp. 270.
- 33 Lloyd, D. G. and J. M. A. Yates 1982. Ultrastructural selection and the segregation of pollen and stigmas in hermaphrodite plants, exemplified by Wahlenbergia albomarginata (Campanulaceae) Evolution 36:903-913.
- 34 Luis A. A. y E. B. Pimienta 1985. Desarrollo de Tubos Polínicos, tubo floral y viabilidad de ovulos en polinizaciones compatibles e incompatibles de manzano (Malus pumila Mill). Agrociencia 62 pp 41-50.
- 35 Martínez-Zaporta, F. 1964 Fruticultura. Instituto Nacional de Investigaciones agronomicas. Madrid, España Marquez S.F. 1989. La endogamia como criterio de recobramiento en retrocruza de maiz. Ciencia. 40. 93-102.
- 36 Marshall, D. L., and N. C. Ellstrand. 1985. Proximal causes of multiple paternity in wild radish Raphanus sativus. Am. Nat. 126: 595-605.
- 37 Mc-Vaugh 1987. Flora Novo Galiciana. A descriptive account of the vascular plants of western Mexico vol 5 Leguminosae.
- 38 Mulcahy, D. L., G.B. Mulcahy and Ottaviano. 1975 Seroopnytic expression of gametophytic competition in Fetunia hybrida. In: Gamete competition in plants and animals D. L. Mulcahy (ed.) North-Holland, Amsterdam. pp. 227-232.
- 39 Mulcahy, D. L. 1979. The rise of the angiosperms: A geneecological factor. Science 206:20-23.

- 40 Nakamura, R. R. 1986 Maternal investment and fruit abortion in Phaseolus vulgaris. Am. J. Bot. 73: 1049-1057.
- 41 Nakamura, R. R. 1988. Seed Abortion and size variation within fruits of Phaseolus vulgaris pollen donor and resource limitation effects. Amer. J. Bot. 75(5): 1003-1010.
- 42 Nettancourt D de. 1977. Incompatibility in Angiosperms. Monographs on theoretical and applied Genetics 3. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 230p.
- 43 Ornduff R. 1983. Interpretations of sex in higher plants. Strategies of plant reproduction. (Bard Symposium number 6-Wenwer J. Meudt ed.) Granada pp 21-32.
- 44 Osuna E. T., García V. A. y E. B. Pimienta 1985. Expresion de la dicoogamia en la variedad de aguacate (Persea americana Mill.) en la region de Atlixco Puebla. Agrociencia 62 pp 66-77.
- 45 Pimienta E. B., Folito V. S., D. E. Kester 1983. Pollen tube growth in cross and self pollinated "Nonpareil" Almond. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(4) pp 643-647.
- 46 Pimienta E. B. 1986. Fase progamica en angiospermas. III Seminario. Maximino Martinez. La aplicacion de la citogenetica en el conocimiento biologico de los recursos vegetales en México pp. 55-64.
- 47 Pimienta E. 1987. Polinizacion y fecundacion en frutales perenes. Tema didactico numero 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, SARH. Mexico 27 p.

- 48 Ramirez N., Sobrevila C., Enrech N. and T. Ruiz-Zapata 1984. Floral biology and breeding system of Bahuinia benthamiana Taub. (Leguminose) a bat-pollinated tree in Venezuelan "llanos". Amer. J. Bot. 71(2): 273-285.
- 49 Rosas. C. M. del P. 1984. Polinización y Fase Progamica en Opuntia spp. Tesis de Licenciatura en Biología Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo pp.76.
- 50 Feyes-Castañeda. Pedro. 1983. Bioestadística aplicada Editorial Trillas Segunda Reimpresion. México D. F. 216.
- 51 Sari-Gorla. M. E. Ottaviano. and D. Faini. 1975. Genetic variability of gametophytic growth rate in maize. Theor. Appl. Genet. 46: 289-294.
- 52 Stephenson A. G. 1981. Flower and fruit abortion: Proximate causes and ultimate functions. Ann. Rev. Ecol. Syst. vol 12 pp 253-279.
- 53 Stephenson. A. G. and R. I. Bertin 1983. Male competition, female choice, and sexual selection in plants p 109-149. In L. Real, ed Pollination biology. Academic Press, Orlando, Fla.
- 54 Stephenson A. G. Johnson R. S. and J A Winsor 1987. Effects of competition on the growth of Lotus corniculatus L. seedlings produced by pandom and natural patterns of fruit abortion. The American Midland Naturalist vol 120(1) 102-107.
- 55 Stoot. J. G. 1972. Pollen germination and pollen tube characteristics in a ranger of apple cultivars. J. Hort. Sci. (47) 2:191-198.

- 56 Stucky J. M. and R. L. Beckmann. 1982. Pollination Biology, self-incompatibility and self-fertility in Ipomea pandurata (L.) G. F. W. Meyer (Convolvulaceae) Amer. J. Bot. Vol 69(6) 1022-1031.
- 57 Schlichting D. C., Stephenson G. A., J. A. Winsor. 1987. Pollen competition and offspring variance. Evolutionary trends in plants. Vol 1(1) 1987.
- 58 Willing, F. P., and J. P. Mascarenhas. 1984 Analysis of the complexity and diversity of mRNAs from pollen and shoots of Ipodescandia. Plant Physiol. 75: 865-868.
- 59 Winsor J. A., Davis L. E. and A. G. Stephenson 1987. The relationship between pollen load and fruit maturation and the effect of pollen load on offspring vigor in Cucurbita pepo. The American Naturalist 129(5) pp 643-656.
- 60 Wyatt R. 1983. Pollinator-plant interactions and the evolution breeding systems. In: Pollination Biology Edited by Leslie Academic Press, Inc. Orlando, Florida. pp.51-96.

## APÉNDICE I.

### GLOSARIO

- Alogamia.** Fenómeno que tiene como efecto cuando el polen llega al estigma procedente de otra flor, tanto si esta pertenece al mismo u otro individuo de la misma especie.
- Anemofilo (polinización).** Tipo de polinización que por medio del viento, se trasporta el polen de una planta a otra o a la misma planta.
- Antesis.** Momento en el cual se abre el capullo floral.
- Autofecundación.** Sin. de autogamia. La unión de gametos masculinos y femeninos producidos por un mismo individuo.
- Autopolinización.** Polinización por medio del polen de la propia flor tanto si se produce espontáneamente como si intervienen factores externos.
- Bracteadas.** Cualquier órgano foliáceo situado en la proximidad de las flores y distinto por su forma, tamaño, consistencia, color, etc.
- Calosa.** Polihosodio ( $C_6H_{10O_5}$ )<sub>n</sub>, que está formado solamente por moléculas de glucosa y que se encuentran en algunas células vegetales se diferencia de la celulosa porque forma paredes temporales de la planta que pueden removerse fácilmente.

Dehiscencia. Fenómeno en el cual un órgano cualquiera se abre espontáneamente llegando su oportunidad

Endogamia. Cuando la fecundación ocurre con gametos que proceden de un tronco común o de un mismo individuo.

Esporofito. En las plantas con alternancia de generaciones, la generación que tiene  $2n$  cromosomas y produce esporas como cuerpos reproductores.

Estipite. Cualquier estructura parecida a un tallo en el cual nace alguna otra estructura.

Floema. Tejido característico conductor de alimentos de las plantas superiores.

Gametofito. La generación que tienen cromosomas y produce gametos como cuerpos reproductores.

Geitonogamia. Aplicase a la planta o a la polinización alogama cuando el polen procede de una flor del mismo individuo.

Hipantio. Parte axial de una flor soldada al ovario de la misma.

Meiosis. Dos divisiones sucesivas de un núcleo que sigue de una sola replicación cromosómica, de tal forma que los cuatro núcleos resultantes son haploides.

Oosfera. sinonimo de óvulo.

Polinio. masa de granos de polen que comprende la totalidad de los de cada teca.

Senescencia. Acción o efecto de envejecer.



Simpátrico. Aplicase a las especies muy afines cuando ocupan la misma área geográfica; o cuyas áreas coinciden en una buena extensión.

Singamia. Unión de gametos para la formación de un cigoto.

Xenogamia. Fecundación de gametos de origen diferente dentro de la misma especie.

Xilema. Tejido característico conductor de agua de las plantas superiores.

APENDICE II

ANALISIS DE VARIANZA DE LAS VAINAS Y SUS COMPONENTES.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO DE LA VAINA.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. C.
Total	43	498.28		
Tratamiento	3	132.10	44.03	3.97
Error	33	366.18	11.09	

$\bar{x} = 5.85$

C. V. = 25.23%

PR > F = 0.05

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DE LA LONGITUD DE LA VAINA.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. C.
Total	43	913.36		
Tratamiento	3	215.72	71.90	3.4
Error	33	697.64	21.14	

$\bar{x} = 17.99$

C. V. = 12.23%

PR > F = 0.05

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO DEL PERICARPIO

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. C.
Total	43	163.45		
Tratamiento	3	41.390	13.79	3.83
Error	33	122.06	3.69	

$\bar{x} = 4.5$

C. V. = 21.82%

PR > F = 0.05

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DEL NUMERO DE SEMILLAS POR VAINA

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. C.
Total	43	186		
Tratamiento	3	19.28	6.43	1.58
Error	33	133.72	4.52	

$\bar{x} = 6.775$

C. V. = 9.58 %

PR < F = n. s.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO PROMEDIO DE SEMILLAS FRESCAS

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. C.
Total	43	.75		
Tratamiento	3	.24	0.08	8
Error	33	.50	0.01	

$\bar{x} = 0.31$                       C. V. = 24.46%              PR>F=0.01

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DEL NUMERO DE OVULOS ABORTIVOS

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. C.
Total	43	69.91		
Tratamiento	3	15.91	5.30	3.31
Error	33	54	1.6	

$\bar{x} = 0.56$                       C. V. = 87.50%              PR>F=0.05

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DEL TALLO DE LAS PLANTULAS.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. C.
Total	63	0.04		
			-3	-3
Tratamiento	3	6.125X10 <sup>-4</sup>	2.041X10 <sup>-4</sup>	3.619
			-4	
Error	60	0.0338	5.6X10 <sup>-4</sup>	
<hr/>				
$\bar{r} = 0.052$		C. V. = 18.34%		FR>F=0.05

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DE LA RAIZ DE LAS PLANTULAS.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. C.
Total	63	0.173		
			-4	-4
Tratamiento	3	5.75X10 <sup>-4</sup>	1.916X10 <sup>-4</sup>	0.066
			-4	
Error	60	0.1724	2.87X10 <sup>-4</sup>	
<hr/>				
$\bar{r} = 0.15$		C. V. = 20.50%		FR>F=N.S.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DE LOS COTILEDONES DE LAS PLANTULAS.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. C.
Total	63	0.0149		
			-4	-4
Tratamiento	3	5.25X10	1.75X10	0.7322
				-4
Error	60	0.0143	2.39X10	

$\bar{x} = 0.027$

C. V. = 9.93%

PR>F=N.S.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DE LAS HOJAS DE LAS PLANTULAS.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. C.
Total	63	0.0276		
			-3	-3
Tratamiento	3	3.0625X10	1.028X10	2.47
				-4
Error	60	0.024	4.12X10	

$\bar{x} = 0.04$

C. V. = 16.85%

PR>F=N.S.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO TOTAL DE LAS PLANTULAS.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. C.
Total	63	0.02325		
Tratamiento	3	0.02325	0.0775	25.58 -3
Error	60	0.01817	3.029X10 <sup>-4</sup>	

$\bar{x} = 0.136$                       C. V. = 13.88%                      PR>F=0.01

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DE LA TASA DE TRANSPIRACION DE LAS PLANTULAS.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. C.
Total	27	8.4717		
Tratamiento	3	0.8993	0.299	0.94
Error	24	7.572	0.315	

$\bar{x} = 1.184$                       C. V. = 13.57%                      PR>F=N.S.



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
FACULTAD DE CIENCIAS

Expediente .....

Número 1449/89 .....

SR. ALEJANDRO MUÑOZ URIAS  
P R E S E N T E . -

Manifestamos a usted que con esta fecha ha sido aprobado el -  
tema de Tesis "EVIDENCIAS DE DEPRESION POR ENDOGAMIA EN ORQUIDEA [Bahui  
nia variegata] PRIMAVERAL" para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos a usted que ha sido aceptado -  
como Director de dicha Tesis el Dr. Eulogio Pimienta Barrios.

ATENTAMENTE  
"PIENSA Y TRABAJA"

Guadalajara, Jal., Noviembre 13 de 1989

EL DIRECTOR

ING. ADOLFO ESPINOSA DE LOS MONTEROS CARDENAS



FACULTAD DE CIENCIAS

EL SECRETARIO

M. EN C. ROBERTO MIRANDA MEDRANO

c.c.p. El Dr. Eulogio Pimienta Barrios, Director de Tesis-Pte.  
c.c.p. El expediente del alumno.



Ing. Adolfo Espinoza de los Monteros Cárdenas.

Director.

Facultad de Ciencias.

Universidad de Guadalajara.

Sr. Director.

Por medio de la presente me dirijo a usted para informarle que el tema de tesis titulado Evidencias de depresión por endogamia en Orquidea (Bahuinia variegata L.) primaveral, desarrollado por el pasante Alejandro Muñoz Urias, ha sido concluido. Por lo anterior solicito se le permita continuar con los tramites correspondientes para la obtencion de su Titulo.

Sin mas por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un afectuoso saludo.

ATENTAMENTE



Dr. Eulogio Pimenta Barrios.

Director de tesis.