



00345
2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL DESARROLLO DE
SEMILLAS Y DE ALGUNOS PARÁMETROS DE
GERMINACIÓN EN *Phaseolus vulgaris*
SILVESTRES Y CULTIVADOS DE MESOAMÉRICA Y
SUDAMÉRICA.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN CIENCIAS (BIOLOGÍA VEGETAL)
PRESENTA
NOEMÍ SUSANA CAJAL GUTIÉRREZ

DIRECTORA DE TESIS: DRA. GUADALUPE JUDITH MÁRQUEZ GUZMÁN.

MÉXICO, DF

DICIEMBRE-2003

A

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Noemí Susana Lafel

FECHA: 25/1/03

FIRMA: NSB

DEDICATORIA

A mi abuela María Violeta Poma Poma
por su ejemplo de vida como fuente constante de
inspiración hacia la superación y aceptarme como soy.

M.en C. Francisco Basurto Peña
por ser *mi ángel - amigo*.
Gracias! Franc.

Al Dr. Alfonso Delgado Salinas
por su integridad, profesionalismo y sobre todo
su humanidad y sensibilidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en el laboratorio Desarrollo en Plantas de la Facultad de Ciencias UNAM, bajo la dirección de la Dra. Judith Márquez Guzmán. El Jardín botánico y laboratorios de Microscopía electrónica de Ciencias del Mar e Instituto de Biología de la UNAM. El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA-Cerrillo (Salta) Argentina. Con beca otorgada por Ministerio de Cultura y Educación del gobierno Argentino a través del Vicepresidente de la Honorable Cámara de Diputados de la Nación Sr. Marcelo López Arias.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Judith Márquez Guzmán por su compromiso y apoyo brindado en la realización de este estudio.

A la Dra. Alicia Brechú Franco por su participación en el Comité Tutorial y ayuda en la concreción de este trabajo.

Al Dr. Alfonso Delgado Salinas quien hizo posible durante la dirección de esta tesis con su interés y preocupación constante en mi aprendizaje, sus palabras -consejos oportunos, enseñanzas que enriquecieron con sus valiosas observaciones y sugerencias el crisol de este sueño.

M. en C. Patricia Pérez Herrera y M. en C. Marisa Osuna Fernández por la revisión y críticas valiosas aportadas al analizar el trabajo realizado como miembros integrantes del jurado.

Al Jardín Botánico del Instituto de Biología por las facilidades para el uso de sus instalaciones en la construcción de la casa de sombra y el material de estudio recolectado por el M. en C. Francisco Basurto Peña su gran amistad, asesoría, ayuda y apoyo constante durante el desarrollo de este trabajo. Como así también la invaluable aportación en el área de computo del Biólogo Jorge Saldivar Sandoval y Susana Zaldivar en el procesamiento de imágenes, formato y diseño de tesis.

Al campo experimental 'El Horno' Chapingo, gto. del INIFAP por el material biológico proporcionado por el Ingeniero fitomejorador Jorge Acosta Gallego, sus observaciones y sugerencias puntuales con respecto a esta investigación.

Cátedra de Agro-ecología en su proyecto de conservación que proporcionó el material silvestre sudamericano por medio del viaje de recolección guiado por el Ingeniero Agrónomo Roberto Neuman. INTA Cerrillo (Salta) Argentina.

Dra. H. Reyna Osuna Fernández por su amistad, participación activa, observaciones, sugerencias y trabajo conjunto en la sección fisiológica y caracterización del material estudiando en ésta investigación.

Dra. Clara Esquivel Huesca por su amistad y compartir su gran experiencia - conocimientos de ultraestructura.

M. en C. Lourdes López Curto por su colaboración generosa, grata amistad y asesoría en conocimientos de ultraestructura.

M. en C. Yolanda Ornellas por su amistad, valiosas observaciones y sugerencias en el procesamiento y obtención de microfografías electrónicas del material estudiado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

M. en C. Alejandro Martínez Mena, los Biólogos Alfredo Gamboa y Ana I. Bieler, por su apoyo con el material fotográfico en el laboratorio de Microcine de la Fac. de Cs. UNAM.

Sr. José Roldán por su asesoramiento y ayuda en el rastreo bibliográfico.

M. en C. M. Verenit Mendoza Garfía por la obtención de microfografías electrónicas de polen y gineceo en los ejemplares sudamericanos y mesoamericanos estudiados.

Agradezco muy especialmente a las familias que durante el tiempo transcurrido me brindaron el afecto y amor tan necesario, para mantener el equilibrio y claro mi objetivo:

Basurto - Peña, Zicarelli - Cornudet, Parada - Ponce, Osuna - Fernández, Sáenz - Esquivé, Vidal - Parada, García - Corral, Herce - Huraga, Gonzáles - Sánchez y Cajal - Gauffin. A mis compañeros del laboratorio Desarrollo en Plantas, Jardín Botánico e Instituto de Biología. M. en C. Abigail y Miguel Martínez Alfaro, Lic. Emilio Guerra Abud y colegas del Centro de Estudios Gante. Lic. Alejandro Rojas, Lic. Laura Lirola Robles, M. en C. Susana Maldonado, Física Silvia Vázquez Islas y Sra. Gloria Tovar Salazar.

Ingeniero Carlos A. Vidal Parada por su afecto, nobleza, solidaridad, confianza, entusiasmo y ayuda con los implementos necesarios para concretar este trabajo.

A mis padres y hermanos que me brindaron, aún en el tiempo y de la distancia, su apoyo, confianza y afecto.

INDICE	PÁGINA
1.0 Resumen.	1
2.0 Introducción.	2
3.0 Antecedentes	4
3.1 Domesticación y origen.	4
3.2 Distribución y taxonomía de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	5
4.0 Hipótesis.	16
4.1 Objetivo General.	16
4.2 Objetivos Particulares.	16
5.0 Material y método.	17
5.1 Procedencia del material biológico.	17
5.2 Características de las semillas colectadas.	20
5.3 Respuestas fisiológicas.	21
5.4 Diseño estadístico.	25
5.5 Estructuras Reproductivas.	26
6.0 Resultados y discusión.	30
6.1 Características de las semillas.	30
6.2 Estudio Micromorfológico de la semilla	36
6.3 Respuestas fisiológicas.	42
6.3.1 Vigor.	42
6.3.2 Respuestas germinativas de semillas escarificadas y no escarificadas a 25°C expresado en porcentajes transformados.	43
6.3.3 Respuestas germinativas de semillas no escarificadas a temperatura fluctuante de 8-26°C y 15-30°C expresado en porcentajes transformados.	46

6.3.4 Respuestas germinativas de semillas no escarificadas bajo cuatro calidades de luz 15-30°C.	48
6.3.5 Respuestas germinativas de semillas escarificadas y no escarificadas bajo cuatro calidades de luz a temperatura fluctuante de 15-30°C de las variedades silvestre sudamericana y silvestre mesoamericana.	50
6.4 Estructuras reproductivas.	52
6.4.1 Microscopia electrónica de barrido (MEB).	66
6.4.2 Color de las flores.	72
7.0 Discusión general y conclusiones.	74
8.0 Bibliografía.	76
9.0 Apéndice.	81
9.1 Cuadros de ANOVA y pruebas de rango múltiples.	81

INDICE DE FIGURAS

PÁGINA

1.-Estructura floral y semilla de <i>P. vulgaris</i> silvestre sudamericana.	9
2-Distribución de <i>P. vulgaris</i> silvestre sudamericano en la República Argentina.	10
3-Estructura floral y semilla de <i>P.vulgaris</i> silvestre mesoamericano.	12
4-Distribución de <i>P. vulgaris</i> silvestre mesoamericana en la República Mexicana.	13
5-Diagrama del proceso metodológico general.	17
6-Infraestructura construida para el cultivo de <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados en el Jardín Botánico, UNAM.	19
7-Método seguido para determinar las características de las semillas en <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados.	20
8-Método seguido para determinar la germinación bajo cuatro calidades de luz de las semillas en <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados.	23
9-Método seguido para determinar la recolección de flores y frutos en <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados, cortes en JB4.	26
10-Esquema: óvulo campilótropo, ángulo de curvatura de la nucela.	29
11-Peso, humedad y vigor de <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados.	34
12-Color de las semillas en <i>P. vulgaris</i> silvestre sudamericano (A);silvestre mesoamericano, (B); cv 'Carioca' (C) y cv. 'Bayomex' (D).	35
13-Micrografía electrónica de barrido mostrando: lentilla (l), hilo (h), lengüeta hilar (Lh), surco hilar (sh) y (m) micrópilo en <i>P. vulgaris</i> silvestre sudamericano (A); silvestre mesoamericano (B), cv. 'Carioca' (C) y cv. 'Bayomex' (D).	37
14-Micrografía electrónica del micrópilo en <i>P. vulgaris</i> silvestre sudamericano (A); silvestre mesoamericano (B), cv. 'Carioca' (C) y cv. 'Bayomex' (D).	38

15-Micrografía electrónica del hilo en corte transversal de <i>P. vulgaris</i> var. <i>sudamericano</i> (A) y silvestre mesoamericano (B).	39
16-Micrografía electrónica de la textura de la testa en <i>P. vulgaris</i> var. <i>sudamericano</i> (A), silvestre mesoamericano (B), cv. 'Carioca' (C) y cv. 'Bayomex' (D).	41.
17-Porcentaje de germinación de semillas escarificadas y no escarificadas a 25°C de <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados.	45
18-Porcentaje de germinación de semillas no escarificadas a temperatura fluctuante 8-26 y 15-30 °C en <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados.	47
19-Porcentaje de germinación de semillas no escarificadas bajo cuatro calidades de luz a 15-30°C en <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados.	49
20-Porcentaje de germinación de semillas escarificadas y no escarificadas bajo cuatro calidades de luz, a 15-30°C en <i>P. vulgaris</i> silvestres sudamericano y mesoamericano.	51
21-Corte mediano de óvulo de <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados.	54
22-Estratos del tegumento externo e interno.	55
23-Cortes longitudinales de las vainas de <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados, donde se observan los diferentes tipos de tricomas.	56
24-Corte longitudinal de vaina en <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados.	58
25-Corte transversal de fruto joven en <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados donde se observa la distribución de taninos.	60
26-Micromorfología electrónica de estigma y brocha polínica en <i>P. vulgaris</i> silvestre sudamericano y silvestre mesoamericano.	61
27-Cortes longitudinales de estigmas en <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados.	62
28-Cortes transversales de anteras en <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados.	65
29-Micrografía electrónica en la que se observa la forma de los granos de polen tricolpados con detalles de las ornamentaciones: silvestre sudamericano (A y B) y silvestre mesoamericano (C y D).	67
30-Micrografía electrónica en la que se observa la forma de los granos de polen tricolpados con detalles de las ornamentaciones cv. "Carioca" (A y B) y cv. "Bayomex" (C y D).	68

31-Micrografía electrónica en la que se observa el colpo (A y C) y margo (B y D) en silvestre mesoamericano (A y B) y cv. 'Carioca' (C y D). 69

32-Granos de polen acetolizados silvestres y cultivados. 70

33-Micrografía electrónica en la que se observa la apertura del grano de polen en *P. vulgaris* silvestres y cultivados. 71

34-Color de las flores en *P. vulgaris* silvestres y cultivados 73

INDICE DE CUADROS

PÁGINA

1-Comparaciones morfológicas, fisiológicas y ecológicas entre *P. vulgaris* silvestre mesoamericano y silvestre sudamericano. 14

2-Resultados del peso fresco en las semillas de *P. vulgaris* silvestres y cultivados. 31

3-Resultados del tamaño de las semillas en *P. vulgaris* silvestres y cultivados. 31

4-Color de las semillas de *P. vulgaris* silvestres y cultivados. 32

5-Resultados del contenido de humedad en las semillas de *P. vulgaris* 33

6-Resultados del vigor en las semillas de *P. vulgaris* silvestres y cultivados. 42

7-Porcentajes de germinación a 25°C en semillas escarificadas y no escarificadas en *P. vulgaris* silvestres y cultivados, expresado en porcentajes transformados. 43

8-Porcentajes de germinación a 8-26° y 15-30°C en semillas no escarificadas en *P. vulgaris* silvestres y cultivados expresado en porcentajes transformados. 46

9-Porcentajes de germinación bajo cuatro calidades de luz a 15-30°C, en semillas no escarificadas en *P. vulgaris* silvestres y cultivados. 48

10-Porcentajes de germinación a 15-30°C, en semillas escarificadas y no escarificadas bajo cuatro calidades de luz, en *P. vulgaris* silvestres 'mesoamericano' y 'sudamericano'. 50

11-Relación semilla/fruto, óvulo/flor y eficacia en la fecundación de <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados.	52
12-Medición de los ángulos de calaza en los óvulos de <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados.	53
13-Espesor de la pared opuesta y placentar en polen en <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados.	59
14-Longitud de las anteras.	63
15-Color de las flores en <i>P. vulgaris</i> silvestres y cultivados	72

APENDICE

PÁGINA

Anovas: cuadros 1 al 31.	81-88
32- Formas del polen por Erdtman (1952).	89
33- Polen en <i>P. vulgaris</i> silvestre sudamericano.	89
34- Polen en <i>P. vulgaris</i> silvestre meosamericano.	89
35- Polen en <i>P. vulgaris</i> cv. 'Carioca'.	90
36- Polen en <i>P. vulgaris</i> cv. 'Bayomex'	90
37- Resumen de resultados.	91

ABREVIATURAS

α	Ángulo de la calaza
B	Luz blanca.
b.p.	Brocha polínica.
CF	Con filtro para luz roja lejana.
Cv	Cultivar.
CPAll	Cámara de presión chamber.
DE	Desviación estándar.
F	Funículo.
e	Estigma.
E.M.	Estigma con mucílago.
ESC	Escarificadas
F!	Fecundación.
FAA	Formaldehído.
GI	Grados de libertad
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
L	Lentilla.
Lh	Lengueta hilar.
M	Micrópilo.
ME	Microscopio electrónico.
ML	Microscopio de luz.
MO	Microscopio óptico.
No ESC	No escarificadas
Ns	Nivel de significancia.

MEB	Microscopio electrónico de barrido.
O	Obscuridad.
o	Ovulos.
P	Pericarpio.
R	Luz roja.
RHSUK	Royal Horticultural Society U.K.
P	Pericarpio.
r.p.m.	Revoluciones por minutos.
S	Semilla.
Sh	Surco hilar.
SEM	Semillas.
SF	Sin filtro o luz natural.
SNP	Sierra Norte de Puebla.
S.P.	Sutura placentar.
T	Taninos.
Te	Tegumento externo.
Ti	Tegumento interno.
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México.
UNSA	Universidad Nacional de Salta.
MEXU	Herbario Nacional de México.
var.	Variedad.

1.0 RESUMEN

En el género *Phaseolus* se incluyen los distintos tipos de "frijoles" comestibles de enorme importancia alimenticia, principalmente en las regiones económicamente pobres. Este género pertenece a la familia *Leguminosae*.

En México el número de especies del género *Phaseolus* fluctúa alrededor de 28, de las cuales sólo 5 especies fueron domesticadas por el hombre, entre ellas *Phaseolus vulgaris* L., conservándose en la actualidad como poblaciones silvestres con dos gene pools o fuerzas génicas mesoamericano, también *Phaseolus vulgaris* silvestre mesoamericano (México) y el silvestre sudamericano, conocido como *Phaseolus vulgaris* var. *aborigineus* (Argentina) (Delgado 1985, Debouck et al. 1993)(Freytag y Debouck.2002).

Los cambios que se pueden atribuir a la domesticación de *Phaseolus vulgaris* L. son: de un hábito de crecimiento indeterminado a uno determinado (Epimaki 1996); flores de colores en las variedades silvestres y los cultivares (Pickersgill 1983); pérdida de latencia, cambios fisiológicos con correspondientes anatómicos y morfológicos (Zohary y Hopf 1988), disminución de sustancias amargas o tóxicas como glucósidos cianogénicos, alcaloides y saponinas (Sotelo et al. 1995), la maduración simultánea en las semillas (Schwamitz 1966), así como una disminución del número de semillas por vaina y aumento del tamaño en las mismas (Hewkes 1983).

En este trabajo se exploraron otras características estructurales y algunas fisiológicas de los *Phaseolus* silvestres var. sudamericana y var. mesoamericana y, los cultivados cv. "Carioca" y cv. "Bayomex".

Las características a comparar fueron:

Tiempo de floración, peso, tamaño, color y contenido de humedad de las semillas y su número por vaina. Vigor de las plántulas. Número de óvulos por flor, curvatura nucelar en los óvulos, número de estratos del tegumento interno y externo. Grosor de la pared de la vaina, contenido de taninos en la vaina. Diámetro de la antera, tipo de granos de polen y microestructura de la semilla.

Desde el punto de vista fisiológico, se compararon los porcentajes de germinación de semillas colocadas a temperaturas constantes, fluctuantes y en diferentes calidades de luz.

Las principales diferencias entre los genotipos silvestres y cultivados que corresponden a aportaciones de este trabajo son:

- La curvatura de la nucela de los óvulos.
- Número de estratos del tegumento externo.
- Disposición de los taninos en cortes transversales de la vaina.
- Estructura de los granos de polen acetolizados.
- Microestructura de la cubierta seminal.

Además, hay diferencias que ya se habían descrito para otros *Phaseolus* silvestres y cultivados como son: color de la flor, tamaño, color, peso y contenido de humedad de las semillas, tiempo de floración de las plantas hábito de crecimiento, el número de semillas por vaina y el tipo de granos de polen.

2.0 INTRODUCCION

El género *Phaseolus* pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia Papilionoideae, tribu Phaseoleae y subtribu Phaseolinae.

En México el número de especies del género *Phaseolus* fluctúa alrededor de 28, de las cuales sólo 5 especies fueron domesticadas por el hombre, entre ellas *Phaseolus vulgaris* L. conservándose en la actualidad como variedades silvestres a los gene pool o fuerzas genéticas, mesoamericana *Phaseolus vulgaris* silvestre (México) y sudamericana *Phaseolus vulgaris* silvestre sudamericano (Argentina) (Delgado 1985, Debouck et al. 1993).

Posteriormente Freytag y Debouck (2002), admiten la posibilidad de ubicar al silvestre mesoamericano como el representante de la variedad silvestre en el hemisferio norte y al silvestre sudamericano en el hemisferio sur.

El fitomejoramiento requiere de la presencia de formas silvestres, razas criollas y cultivares optimizados como fuente de material genético necesario para el mejoramiento de las plantas domesticadas, pues contiene toda la variabilidad genética propia del grupo (Burkart y Brucher 1953).

Las especies silvestres de *Phaseolus*, conservan una gran diversidad genética con características que podemos atribuir a la selección natural durante un gran lapso de tiempo (Ricci y Vizgarra 1985).

Actualmente, con la ingeniería genética podemos introducir genes en una planta dada confiriéndole resistencia a ciertas enfermedades, por ejemplo. Aún siendo baja la frecuencia de cruces entre plantas cultivadas y silvestres se pueden transferir transgenes por transformación de una bacteria, esporas de hongos y recombinación de virus. Si bien los gametos masculinos no alcanzan sistemáticamente el óvulo y consecuentemente la producción de semillas híbridas es pequeña, éstos híbridos serán resistentes a enfermedades aunque en muchos casos sean estériles. Tratándose de centros de orígenes, es importante señalar el peligro que implicaría la pérdida de diversidad genética la cuál hizo posible grandes cambios fenotípicos en los cultivares con base a un número reducido de genes (Mikkelsen et al. 1996; Habert 1997 y Nieto et al. 1999).

Los estudios sobre el proceso de domesticación en plantas generalmente han basado su análisis en los cambios de las características, principalmente morfológicas (Rando y Nuñez Farfan 1998).

Los cambios que se pueden atribuir a la domesticación de *Phaseolus vulgaris* L. son: en el hábito de crecimiento: de indeterminado a determinado (Epimaki 1996); flores de colores en las silvestres y, blanco en algunos silvestres mesoamericanos, en los cultivares (Pickersgill 1983); pérdida de latencia, cambios fisiológicos con correspondientes anatómicos, y morfológicos (Zohary y Hopf 1988), disminución de sustancias amargas o tóxicas como glucósidos cianogénicos, alcaloides y saponinas (Sotelo et al. 1995), la maduración simultánea en las semillas (Schwamitz 1966). Generalmente una disminución del número de semillas por vaina y aumento del tamaño en las mismas (Hewkes 1983).

Para conservar y hacer un uso eficiente de *Phaseolus vulgaris* L., es importante conocer las relaciones entre las plantas silvestres y cultivadas con respecto a: su taxonomía, origen, cambios de estructuras genéticas y caracteres deseables que

le confieren una mayor eficiencia a la población, para su supervivencia como planta útil al hombre (Acosta et al. 1996).

El propósito de la presente investigación es evaluar algunos cambios de las estructuras reproductivas y las respuestas germinativas que se presentan entre dos variedades silvestres de *Phaseolus vulgaris* y sus respectivas cultivadas.

3.0 ANTECEDENTES

3.1 DOMESTICACION Y ORIGEN

Para Harlan (1992) la domesticación involucra cambios genéticos que adaptan a plantas y animales al medio humano. La domesticación absoluta se manifiesta en poblaciones que no pueden sobrevivir sin la ayuda del hombre. Es un proceso evolutivo y por lo tanto se pueden encontrar numerosas etapas intermedias.

En 1876, Darwin propuso la existencia de una variación natural o inducida por el ambiente que hace posible los distintos grados de intencionalidad en la selección de los criadores de plantas y animales (García 1994).

Kimber (1978), admite tres etapas de evolución en el proceso de domesticación: simbiosis inconsciente, domesticación tradicional consciente y mejoramiento genético sofisticado, donde los actos de los protagonistas son cada vez más conscientes. En la domesticación tradicional inconsciente, el cultivador tiene una vaga idea de propósito al cuidar y seleccionar las plantas.

Heiser (1969), identifica la selección metódica de Darwin con la selección consciente y el mecanismo selectivo de Harlan con la selección inconsciente.

Hernández X. (1993), hace una división histórica del proceso de domesticación en una fase inconsciente, de simbiosis, varias fases de selección genotípica (fenotípica) hasta llegar al uso de la genética molecular.

Tratando de explicar no sólo el origen de los cultígenos sino los mecanismos del proceso, Harlan (1975) plantea el primer modelo biológico de cómo actúa la selección humana, el cuál es dinámico, y propone que si bien la intención del cultivador es sólo la de cosechar el producto de su siembra para utilizarlo y resembrar el ciclo siguiente, también resultaron una serie de cambios genéticos fundamentales relacionados con las actividades de la gente y con la biología de las plantas por ejemplo: gigantismo (Hewkes 1983), reducción de la pérdida de medios naturales de diseminación (Zohary y Hopf 1988), pérdida de germinación retardada de semillas (Evans 1976), pérdida de sustancias amargas o tóxicas (Schwanitz 1966), pérdida de medios mecánicos de protección (Schwanitz 1966), maduración simultánea, diferencia en la duración de vida (Schwanitz 1966), cambios en la estructura de las plantas (Hewkes 1983), cambios en el color, aroma y/o textura, presencia de esterilidad (Pickersgill 1983).

En *Phaseolus vulgaris* L. la domesticación se refleja en ciertas características como son: pérdida de latencia, número bajo de semillas por vainas, gigantismo en las semillas, cambios en respuestas al fotoperíodo, reducción del contenido de sustancias tóxicas, modificación del hábito de crecimiento de indeterminado en silvestres a tipo determinado o "mata" en cultivados (Smartt 1969).

Entendemos por cultivar a todo aquello que conlleva conducir las actividades involucradas en el cuidado de una planta, tales como: la labranza del suelo, preparación de la cama de siembra, control de maleza, riego y el estercolado, de tal manera que cultivar se relaciona con las actividades humanas, mientras que la domesticación trata con la respuesta genética de las plantas (Harlan 1992).

La domesticación, como condición nominal, es un estado alcanzado por las plantas y en el cual les es imposible dispersarse sin la ayuda del cultivador.

Mientras que el nivel de cultivada se adquiere en forma instantánea, el de domesticada implica un largo período de selección para consumarse (Heiser 1969).

Por lo tanto, es posible cultivar plantas silvestres (espontáneas) y las plantas cultivadas no necesariamente son domesticadas.

Es decir que: **"todas las plantas domesticadas son cultivadas, pero no todas las plantas cultivadas son domesticadas"**.

Mediante el manejo, el cultivador favorece sin saberlo ciertas características morfológicas y fisiológicas, que son seleccionadas por la práctica reiterada del cultivo.

Estas marcadas diferencias, que distinguen a los progenitores de sus descendientes cultivados, se conoce como síndrome de domesticación e involucra muy pocos genes, los que parecerían estar conectados a tres regiones que afectan principalmente a:

1- Fenología y hábito de crecimiento.

2- Dispersión y latencia.

3- Tamaño de frutos (vainas) y semillas.

La domesticación de *Phaseolus vulgaris* podría haberse producido rápidamente a consecuencia de una elevada diversidad génica y una selección muy intensa, lo que permitió a un número pequeño de genes grandes cambios fenotípicos, con características muy importantes en la determinación de la adaptación del cultivo al medio (Epimaki 1996).

Contrastando con esto grandes cambios fenotípicos, los cambios a nivel genoma son muy limitados y se ven favorecidos por el autocruzamiento. Esta es una condición necesaria para el desarrollo de una especie domesticada, puesto que provee el camino para mutaciones recombinantes individuales en un solo linaje (Gepts et al. 2000).

Las plantas domesticadas, por general, presentan la mayor parte de las características del síndrome de domesticación pero no todas ellas, así por ejemplo aún dentro de una misma cosecha podemos observar diferencias en el grado de domesticación (Gepts, pág. www 2000).

DISTRIBUCION Y TAXONOMIA DE PHASEOLUS VULGARIS L.

Las formas silvestres de *P. vulgaris* son consideradas como componentes naturales de la vegetación climax, crecen y se propagan por si solas debido a su habilidad de producir semillas y dispersarlas (Toro et al.1990). Aunque también existen en ambientes antropogénicos, donde su aparente y remarcada larga persistencia de estas formas de "poroto", se atribuye a dos factores.

Biológicos: los sistemas genéticos están bien adaptados a sus ambientes regionales o no hubieran sobrevivido.

Fuerte conservacionismo de los hábitos alimenticios y preferencias, que son largamente condicionados por las estructuras sociales humanas (Gentry 1969).

La distribución de *Phaseolus vulgaris* L. abarca desde el norte de México al noroeste de Argentina en forma discontinua, ya que presenta dos "lagunas": al sur de Colombia - norte de Ecuador y norte de Perú. Sin embargo, cuando crece en Ecuador y norte de Perú lo hace en la ladera occidental de las montañas, en el sur de los Andes y norte de Ecuador en las ladera Oriental (Gepts et al. 2000).

Datos de botánica sistemática, fitogeografía y etnobotánica han mostrado que el género *Phaseolus* probablemente consta de 45 especies, 32 de ellas están representadas en México (Delgado et al. 1988), e involucran a las únicas 5 que poseen variantes domesticadas: *Phaseolus vulgaris* L. "común", *Phaseolus coccineus* L. "ayocote", *Phaseolus lunatus* L. "lima", *Phaseolus acutifolius* Piper "tepari" y *Phaseolus polyantus dumosus* "acalete" Macfadyen (Delgado 1985; Debouck et al. 1993).

Durante muchos años existió la polémica sobre el centro origen de *P. vulgaris*, tratando de dilucidar al respecto, evidencias arqueológicas (vainas y semillas) de *Phaseolus vulgaris* constataron que su antigüedad es de aproximadamente 6.000 años antes del presente, en Perú (Kaplan et al. 1999).

Singh et al. (1991) mediante la aplicación de análisis de patrones enzimáticos, tipos de faseolinas sumado a caracteres morfológicos y fisiológicos, estableció la existencia de dos grupos principales de germoplasmas en *Phaseolus vulgaris* cultivado:

1- Mesoamericanos con las razas: Durango, Jalisco y Mesoamericano.

2- Andes Sudamericanos con las razas: Chile, Perú y Nueva Granada.

Posteriormente, Debouck et al. (1993) por medio de análisis de isoenzimas y faseolinas, reconoce a las poblaciones silvestres en Ecuador y norte de Perú, como intermedias entre los acervos Mesoamericano y Andino, motivo por el cuál podrían tener un papel protagónico en la determinación del origen de la especie y como puente entre los dos acervos.

El análisis de secuencias de DNA, de faseolinas, alfa amilasas y arceolinas, dieron numerosas evidencias de que este grupo intermedio es el ancestral Andino y Mesoamericano. A través de marcadores moleculares ahora se encontraron tres grupos geográficos :

1-Andino que involucra a: Perú, Bolivia y norte de Argentina.

2-Intermedio comprende: Ecuador y norte de Perú.

3- Mesoamericano con: México, América Central, Colombia y Venezuela.

Estimaciones del reloj molecular sugieren que el tiempo de divergencia entre el grupo Andino y Mesoamericano es de aproximadamente 500,000 años. Desde ésta área ancestral se diseminó hacia el norte y sur, generando los acervos genéticos Andinos y Mesoamericanos, cabe destacar que su domesticación también fue diferente (Gepts et al. 2000).

Tratándose de centros de orígenes, es importante señalar el peligro que implicaría la pérdida de diversidad genética la cuál hizo posible grandes cambios fenotípicos en los cultivares con base en un número reducido de genes (Mikkelsen et al. 1996; Habert 1997 y Nieto et al. 1999).

MORFOLOGIA FLORAL, FRUTO Y SEMILLA DE PHASEOLUS VULGARIS L.

La especie de *Phaseolus vulgaris* L. pertenece a la subfamilia Papilionoideae, puesto que su flor es papilionácea (= forma de mariposa), de simetría bilateral.

Pedicelo glabro a subglabro con pelos uncinulados, en su base una pequeña bráctea unilateral.

El cáliz es gamosépalo, campanulado, con cinco dientes triangulares, dos en la parte adaxial soldados y tres más visibles en la parte abaxial. En la base hay dos bracteolas verdes persistentes hasta después de la floración.

La corola es pentámera y papilionácea con cinco pétalos no soldados, en ella se puede distinguir: el estandarte, dos alas y la quilla formada por dos pétalos.

El gineceo supero incluye el ovario comprimido, el estilo encurvado y el estigma infero lateral terminal. Debajo del estigma se puede observar una agrupación de pelos en forma de brocha (Solórzano 1994).

Esta morfología floral favorece el mecanismo de autopolinización, la polinización en botón seguida de la antesis, típico de flores cleistógamas pre-antesis (Lord 1981). La información palinológica derivada de la observación y análisis del polen con ayuda de técnicas de microscopía fotónica y el microscopio electrónico de barrido, permiten un estudio de la superficie de las estructuras con gran resolución y profundidad para expresar caracteres morfológicos del gametofito masculino.

La estructura de la exina es de relevancia para la interpretación de un carácter evolutivo (Stainier y Horvat 1978, 1999 y 1983). Caracteres como: esculpura, forma y aperturas ayudan a descubrir la morfología del polen.

En general para los *Phaseolus* se reporta el polen como tricolporado con exina finamente reticulada (Delgado 1985).

El fruto es una vaina con dos valvas, originadas en el ovario comprimido, poseen una sutura dorsal o placentar (donde alternan los óvulos) y otra ventral, son importantes en la dehiscencia.

La semilla es exalbuminada. Se origina de un óvulo campilótropo y pueden tener formas y colores muy diversos. Externamente presenta:

La testa o cubierta seminal, corresponde al tegumento externo del óvulo.

El hilo es la cicatriz dejada por el funículo que conecta al óvulo con la placenta.

El micrópilo: abertura en la cubierta de la semilla cerca del hilo, a través de la cuál se realiza principalmente la absorción del agua, ubicado siempre en dirección al ápice de la vaina.

El ráfe (lentilla) proviene de la soldadura del funículo con el tegumento externo del óvulo campilótropo. Esta dispuesto en dirección al pedicelo de la vaina.

La ubicación taxonómica del silvestre sudamericano *P. vulgaris* silvestre sudamericano fue realizada por primera vez por Burkart, 1952.

Pertenece a la familia Leguminosae, nativa de Sudamérica. (Fig. 1).

Distribución.

Su distribución geográfica se extiende por 5000 km a lo largo de la ladera oriental: sierra preandina y cordillera andina, desde las altas montañas de sudamérica, limitado por el bosque mesófilo, coincidiendo esencialmente con el "Distrito de montaña" de Cabrera (1971). Posee un rango de altitud de 1000 a 2000 m.s.n.m..

En el noroeste argentino (N.O.A.) su distribución ha sido establecida con precisión por Toro et al. (1990), Berglund - Brücher y Brücher (1976), comprendiendo las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca y San Luis, en donde se encuentra el hábitat más al sur en todo el continente americano, desde los 9° de latitud sur, hacia el N.O. de Venezuela en la Cordillera de Mérida, pasando por

Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia hasta el centro de Argentina, Merlo (Pcia. de San Luis), a una latitud de 32° 20' sur (Berglund Brücher y Brücher 1976) (Fig.2).

En Sudamerica *Phaseolus vulgaris* silvestre sudamericano se extiende de sur a norte, en la Provincia de San Luis a 32° 20'de latitud sur.

Ecológicamente pertenece a la vegetación autóctona, por más que haya sido modificado por el hombre, no es maleza ni acompañante de plantas cultivadas. Los agricultores comunes de Chabarrilla -Tales, (pcia. de Catamarca) y Concepción (Pcia. Tucumán) lo cosechan para su alimentación, por sus cualidades nutritivas, es además, el alimento preferido del ganado (Burkart and Brucher 1953).

Puede vivir en suelos ácidos, neutros y alcalinos, de granulometría gruesa, rocosos y bien drenados (Gentry 1969).

En la República Argentina la recolección y caracterización de las formas silvestres fueron escasas y es importante considerar el serio riesgo que tiene este material no recolectado de perderse por efecto del pastoreo del ganado, en las zonas donde se encuentra, debido a la fuerte presión ganadera. Esto produjo una degradación importante de la vegetación natural, con algunas poblaciones a punto de perderse.

Frente a este problema de erosión genética, es necesario ampliar el trabajo no sólo de recolección, sino también de caracterización de nuestras formas silvestres de "frijol" en el noroeste de Argentina (Ricci y Vizgarra 1985).

Se le conoce como "purutu" en Quechua y Aymará (Solórzano 1994).

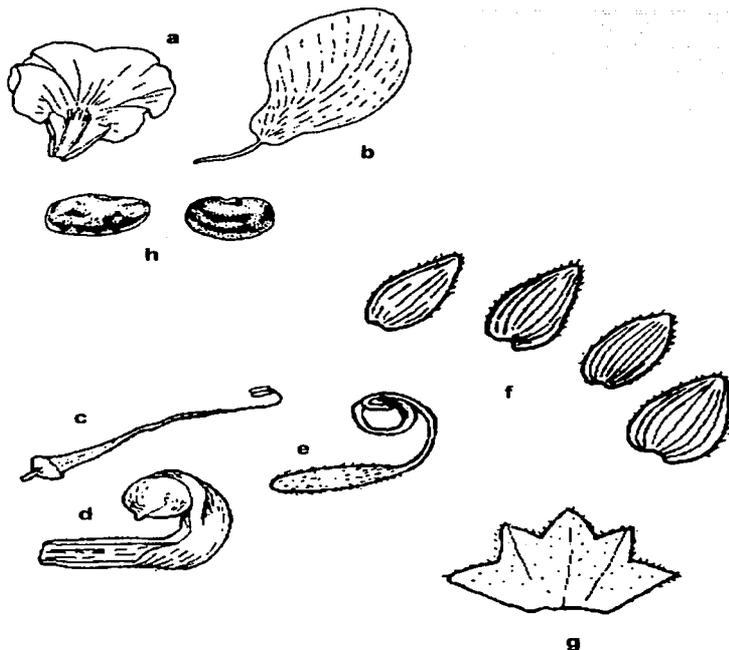


Fig. 1. Estructura floral y semillas de *Phaseolus vulgaris silvestre sudamericano* a) estandarte, b) ala, c) estandanrte libre, d) quilla, e) gineceo, f) bracteolas, g) cálix y h) semillas (Samartt 1976).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

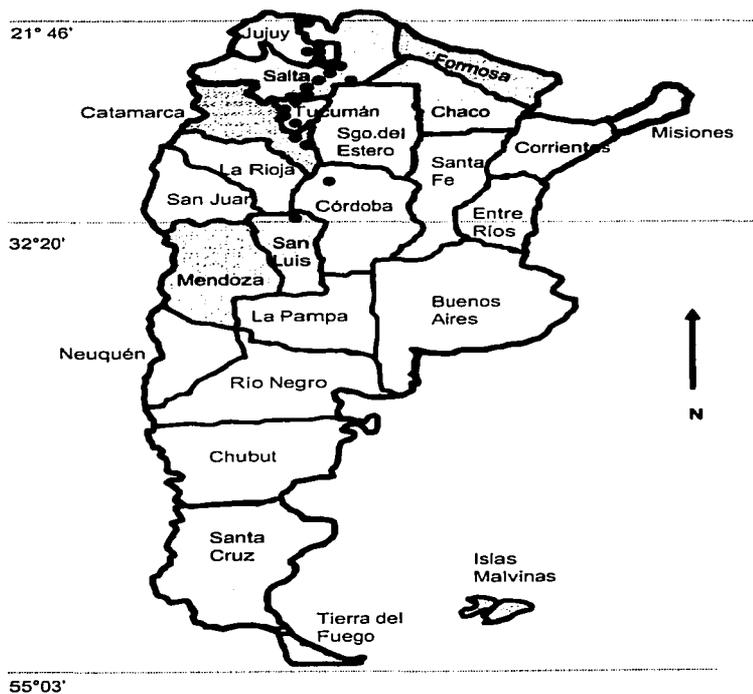


Fig.2. Distribución de *P. vulgaris* silvestre sudamericano en la República Argentina (Palacios y Vilela 1994).

Burkart encontró a *Phaseolus vulgaris* silvestre sudamericano por primera vez en el año 1933 en Tafi del Valle - (Tucumán) noroeste Argentino - mencionándolo como una forma silvestre de *Phaseolus vulgaris* L. (Burkart y Brücher 1953). Baudet (1977) propone que todo material silvestre sea considerado botánicamente bajo la variedad *aborigineus*. Así cambió el status a *Phaseolus vulgaris* silvestre sudamericano (Burkart) Baudet (Berglund Brücher and Brücher 1976). Delgado Salinas (1985) considera como diferentes las formas Sudamericanas de las Mesoamericanas denominando a estas últimas *Phaseolus vulgaris* silvestre mesoamericano. La ubicación taxonómica de *P. vulgaris* silvestre mesoamericano, reportada como var. *mexicanus* fue hecha por Delgado 1985. Pertenece a la familia: Leguminosae, nativa de Mesoamerica. (Fig. 3).

Distribución.

Comprende hacia el oeste desde el monte Balleza, Chihuahua en México hasta el norte de Panamá.

Se encuentra en bosque mesófilo tropical deciduo, crece en suelos ígneos, húmedos con buen drenaje de 500 a 1900 m.s.n.m., lluvias anuales de 500 a 1000 mm, rango de temperatura anual de 16 a 22°C.

Actualmente la distribución obedece mayormente a la actividad humana, directamente a la agricultura, como los frijoles silvestres se adaptan a los cambios del medio, ellos fueron un material favorable para la domesticación (Delgado et al. 1988).

En Mesoamerica el silvestre de *Phaseolus vulgaris* silvestre mesoamericano se extiende desde el oeste de México (Chihuahua hasta Chiapas), siguiendo por Guatemala, El Salvador y Honduras. También se reportó en Costa Rica y norte de Panamá (Delgado et al. 1988) (Fig.4).

Se le conoce como "frijol", etl, yetl (Nahuatl), chenek (Maya), stapu (Totonaco) y muni (Rarámuri) (Solórzano 1994).

Consideramos al cultivar 'Carioca' como derivado del silvestre silvestre sudamericano y, al

cultivar 'Bayomex' del silvestre silvestre mesoamericano (comunicación personal Dr. Jorge Acosta Gallegos).

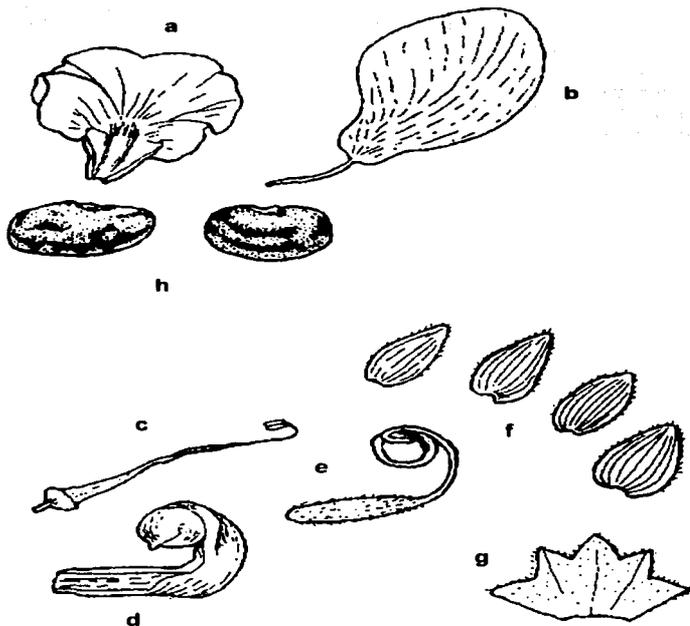


Fig. 3. Estructura floral y semilla de *Phaseolus vulgaris silvestre mesoamericano* a) estandarte, b) ala, c) estambre libre, d) quilla, e) gineceo, f) bracteolas, g) cáliz y h) semillas (Smartt 1976).

TESIS CON
FALDA DE ORIGEN

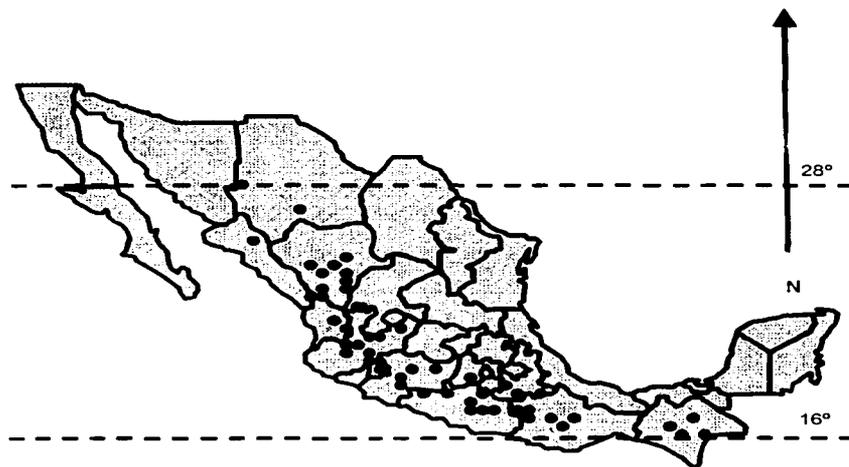


Fig. 4. Distribución de *Phaseolus vulgaris* silvestre mesoamericano en la República Mexicana (Delgado *et al.* 1988).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 1 (Delgado *et al.* 1988) Comparaciones morfológicas, fisiológicas y ecológicas entre *P. vulgaris* silvestre mesoamericano (var. *mexicanus*) y silvestre sudamericano (var. *aborigineus*).

	<i>Ph. v. var. mexicanus</i>	<i>Ph. v. var. aborigineus</i>
Altitud	1500 a 1900 m.s.n.m.	1200 a 2500 m.s.n.m.
Temperatura	17°C a 25° C	17°C- 25°C
Región	Cálida-Semihumeda. Semiseca. Lluvias de verano (Mayo-Octubre).	Subtropical con lluvias de verano.
Duración del ciclo	Mayo a Noviembre	Octubre a Mayo
Hábitat	Vegetación de clima semiseco a mesófilo.	Vegetación mesófila.
Hábito	Plantas anuales ocasionalmente de corta vida, perennifolias.	Plantas anuales.
Tallo	Herbáceo algunas plantas desarrollan cubiertas de corcho y lignina en el tallo.	Herbáceo.
Floración	De 41 a 59 días. De 50 a 62 aún florece.	De 24 a 33 días. De 45 a 51 aún florece.
Primeras hojas:		
Largo (mm)	35 a 50	45 a 70
Ancho (mm)	25 a 35	35 a 50
Longitud de la inflorescencia (pedúnculo)	32mm	5mm
Número de flores		
Fascículos por inflorescencia	7 a 10	4 a 8
Flores por fascículos	1 a 2	2
Bractéolas:	7 a 10	5 a 6
No. De venas		
Largo (mm)	3.5 a 6.0	5.0
Ancho (mm)	2.5 a 3.5	2.5
Color de las flores	Lavanda, rosa o blanco.	Lavanda o rosa (nunca blancas).
Vainas (cm)	6.8 a 8.3 de largo 0.5 a 1.0 de ancho.	4.5 a 10.0 de largo 0.8 a 1.0 de ancho.
Dehiscencia	Explosiva y tardía.	Explosiva y tardía.
No. De semillas por vaina	8 a 10	5 a 8
Peso de 100 semillas	3.5 a 6.5 gr.	11.6 a 13.9 gr.
Longitud hilo semilla	Ca. 1.0 mm.	1.5 a 1.8
Germinación (con escarificación)	25% después de 25 días.	60% después de 2 días.

DESCRIPCION DE LOS CULTIVARES

P. vulgaris cv. 'Bayomex'

Sus días de floración son de 35 a 55 días, su respuesta al fotoperíodo es neutra, el hábito de crecimiento es determinado arbustivo tipo I. Ciclo biológico: precoz - intermedio, con base en el sitio de siembra. Peso de cien semillas de 39 a 53 (g). Áreas de recomendación: temporal y riego en la zona templada semiárida, en la región templada subhúmeda y algunas áreas del trópico seco. Clase comercial: Bayo - canario. Fuente: archivo INIFAP (Rosales et al. 2000).

P. vulgaris cv. 'Carioca'

Sus días de floración son de 50 a 55 días, su respuesta al fotoperíodo es neutra, el hábito de crecimiento es indeterminado postrado tipo III. Ciclo biológico: intermedio. Peso de cien semillas de 24 (g). No es una clase comercial recomendable en México. Se desarrolla en suelos francos y de poca fertilidad. Fuente: archivo CIAT (Hidalgo et al. 1992).

4.0 HIPOTESIS

Como consecuencia de la domesticación, los cultivares de *Phaseolus vulgaris* presentarán diferencias con respecto a las variedades silvestres que les dieron origen en:

- Sus respuestas fisiológicas, mayor proporción de semillas viables y no latentes.
- En sus estructuras reproductivas.

4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio comparativo de algunas estructuras reproductoras y ciertos parámetros fisiológicos entre *Phaseolus vulgaris* silvestres y cultivados

4.2 OBJETIVOS PARTICULARES

Cuantificar y comparar parámetros de la semilla como: peso, tamaño, color y contenido de humedad.

Caracterizar y comparar la respuesta de la germinación de las semillas silvestres y cultivadas bajo condiciones de escarificación, temperatura y luz.

Comparar la estructura de las anteras y la micromorfología de los granos de polen.

Comparar la estructura del estigma y estilo de flores en preantesis.

Cuantificar y comparar diferentes características de los óvulos de flores en antesis.

Comparar la estructura de las paredes del fruto (vainas).

Comparar las características de la semilla madura: micrópilo, hilo, lentilla y testa a través del microscopio electrónico de barrido.

Comparar la micromorfología de la cubierta seminal.

Relacionar algunos de estos resultados con cambios ya observados y reportados durante la domesticación de *P. vulgaris*.

5.0 MATERIAL Y METODO

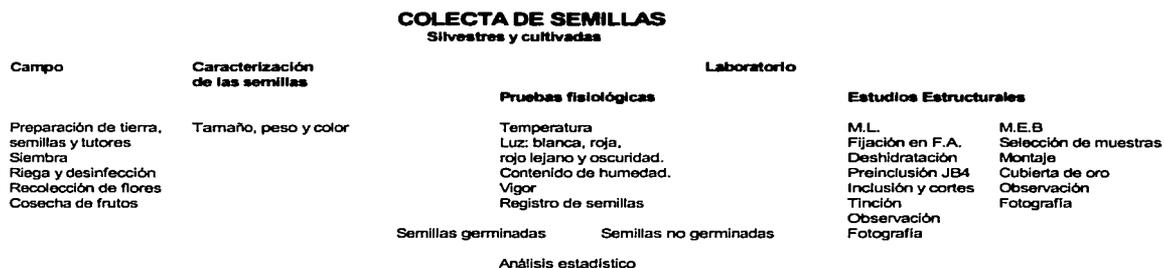


FIG. 5 Diagrama de proceso metodológico general

5.1 PROCEDENCIA DEL MATERIAL BIOLÓGICO

La ubicación y conocimientos de las principales características para el reconocimiento en el campo de los ejemplares de *Phaseolus vulgaris* silvestre sudamericano, pudo lograrse mediante la observación del material recolectado en diferentes localidades de las provincias de Salta y Jujuy, durante la exploración realizada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)-Cerrillos (Salta -Argentina) a fines de Mayo del año 1995. El material se colectó de plantas que se encuentran creciendo en las siguientes localidades:

Localidad		Altitud	Vegetación
YALA: 0.22 km		1440 m	Selva montana piso inferior
LA CUESTA: 0.29 km	24° 0.7' S- 65° 27' O	1440 m	Bosquemontano (<i>Alnus</i> sp.):
YUTUMAYO: Ruta Nacional 9	24° 03' S-65° 25' O	1710 m	Selva montana
SANTA LAURA	24° 30' S-65°18' O	1530 m	
QUEBRADA SE SCOIPE, CHORRO BLANCO Y EL NOGAL	5° 10' S-65° 37' O	1470 m	
PEÑA BAYA	25° 09'S-65° 38'O	1530 m	Selva montana (<i>Acacia</i> sp.).
QUEBRADA DEL TORO	24°53' S-65° 48'O	1620 m	

Ejemplares de herbario se encuentran depositados en el herbario de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de SALTA (UNSA) e INTA Cerrillos (Argentina).

Phaseolus vulgaris silvestre mesoamericano, fue colectado en la Sierra Norte de Puebla en Huapalejcan municipio de Xochitlán "lugar de las flores", 1.100 m. s.n.m. en Noviembre - Diciembre del año 1995.

El material de herbario se encuentra depositado en el herbario del Instituto de Biología de la UNAM (MEXU) México.

Las semillas de los cultivares 'Bayomex' y 'Carioca-ch-Q4' fueron donados por el INIFAP, campo experimental del El Horno - Chapingo - México.

MATERIAL UTILIZADO EN EL TRABAJO ESTRUCTURAL

Las semillas se sembraron en bolsas de plástico negro con aproximadamente 6 kg de tierra preparada (bolsas de aproximadamente 30 cm de largo por 25 X 25 cm de ancho), de tres a seis semillas por bolsa, con un total de 20 bolsas por cada planta.

En el espacio de la infraestructura construida para el cultivo, se colocaron dos filas de bolsas a una distancia de 80 cm y entre cada bolsa a 10 cm (Fig. 6).

En el mes de Junio de 1996 las plantas se desinfectaron con sulfato cúprico y cal 1:50, para evitar el daño producido por *Erysiphe polygon* "cenicilla polvorienta". Periódicamente durante el desarrollo del cultivo se realizaron deshierbes manuales.



Fig. 6. Infraestructura construida para el cultivo de *Phaseolus vulgaris* silvestres y cultivados, en el Jardín Botánico exterior UNAM. (A) hábito de crecimiento determinado en los cultivares y (B) hábito de crecimiento indeterminado en los silvestres.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS SEMILLAS COLECTADAS

Las semillas maduras y deshidratadas que se cosecharon fueron utilizada para desarrollar diferentes pruebas:

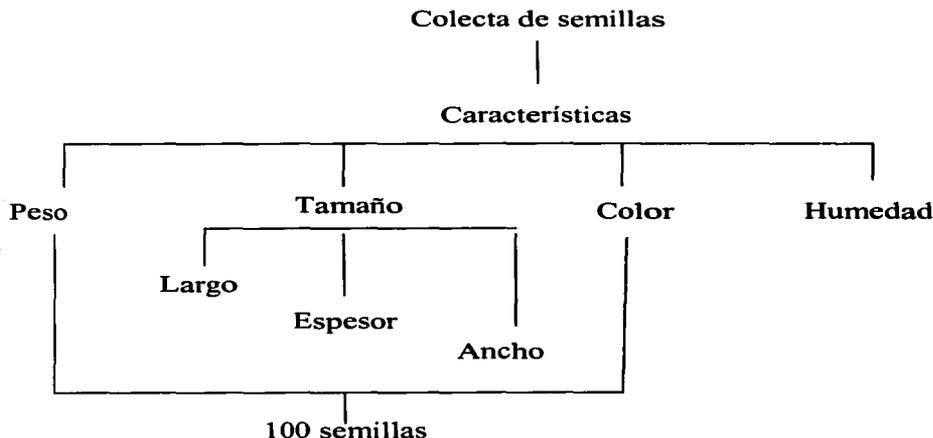


Fig 7. Método seguido para determinar las características de semillas en *Phaseolus vulgaris* silvestres y cultivados.

DETERMINACIÓN DEL PESO FRESCO

Para cada uno de los experimentos ($n=5$) en los que se determinó el peso, se utilizaron 100 semillas y cada una se pesó en balanza analítica para obtener un promedio.

TAMAÑO

De la misma colecta realizada para la determinación del peso, se midió espesor, ancho y eje longitudinal de cada semilla con un vernier escala 222-A, obteniéndose el promedio.

COLOR

De las muestras colectadas para medir el peso y longitud, se observó el color que predominaba en cada lote comparando el color con las Tablas de "The Royal Horticultural Society, U.K. (1995)".

CONTENIDO DE HUMEDAD

El método de secado en estufa propuesto por Moreno (1984), implica la remoción del agua, mediante el calor aplicado a la muestra, midiéndose la materia seca y por diferencia de peso se calcula el contenido de humedad expresado en porcentaje. Para expresar el contenido de humedad con base a peso húmedo, se calcula por diferencia de peso entre el peso original de la muestra (peso húmedo) y el peso después del secado en la estufa (peso seco).

Procedimiento:

Se pesan la caja y su tapa de metal. Se ponen de 4 a 5 g de la muestra de semillas, se tapa la caja e inmediatamente se pesa. Una vez pesadas caja y semillas, se quita la tapa y sobre esta se coloca la otra parte de la caja dentro de la estufa, que previamente fue ajustada para mantener 130°C constantes.

El período de secado es de 24 horas y el tiempo de secado comienza cuando la estufa alcanza nuevamente la temperatura de 130°C, esto deberá ser en un tiempo no mayor de 15 minutos.

Después del período de secado se tapan las cajas con semillas y se dejan enfriar 15 minutos en desecador y se pesan. el tiempo se pesan. La determinación del contenido de humedad se hará con dos repeticiones. En caso de que la diferencia sea mayor a 0.2% se repite la determinación.

El contenido de humedad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{P2 - P3}{P2 - P1} \times 100 = \% \text{ de humedad (con base en peso húmedo).}$$

En donde:

P1= peso en g de la caja y su tapa.

P2=peso en g de la caja, tapa y semilla(=peso inicial).

P3=peso en g de la caja, tapa y semilla, después de permanecer en la estufa una hora a 103° C y 15 minutos en el desecador a T° ambiente (=peso final).

5.3 RESPUESTAS FISIOLÓGICAS.

PRUEBA DE VIGOR

La evaluación del desarrollo de plántulas se hizo empleando el método de las "muñecas" elaboradas con hojas de papel absorbente (Moreno 1984).

Las semillas utilizadas en la prueba, se escarificaron mecánicamente en la zona opuesta al hilo y se desinfectaron con una solución acuosa de hipoclorito de sodio al 6% por tres minutos seguida de tres baños de agua destilada.

Las "muñecas" húmedas que contienen las semillas, se colocaron verticalmente dentro de bolsas de polietileno para evitar la pérdida de humedad. Las bolsas se instalaron en charolas plásticas, en el interior de una cámara oscura a 25°C (max) 22 °C (mim).

En esta prueba se evaluaron cinco repeticiones de veinte semillas cada una, escarificadas y no escarificadas, su crecimiento fue controlado diariamente por una semana hasta alcanzar 10 cm de longitud.

Para realizar los cálculos se empleó la siguiente ecuación:

$$L = \frac{(nx1 + nx3 + \dots + nx20)}{20}$$

En donde :

L=longitud media de las plántulas.

n=número de plántulas entre cada par de paralelas.

x=distancia media desde la línea central.

La evaluación de esta prueba se efectuó a los 8 días de iniciado el montaje de las "muñecas".

GERMINACIÓN

Para realizar las pruebas de germinación se siguió el método que a continuación se explica:

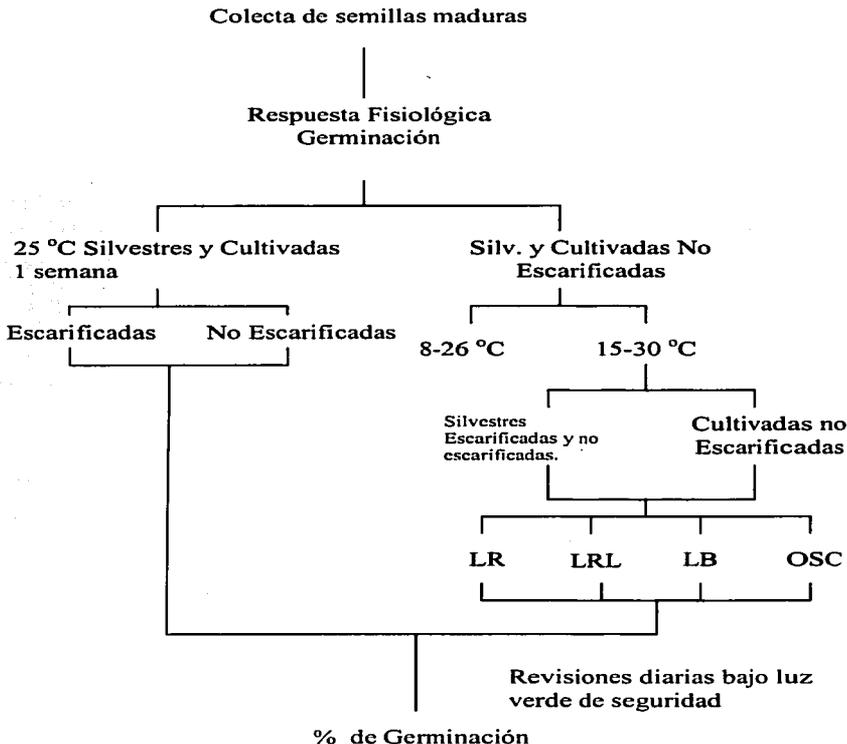


Fig. 8 Método seguido para determinar la germinación de semillas de *Phaseolus vulgaris* silvestres y cultivadas, bajo diferentes calidades de luz.

PRUEBA DE TEMPERATURA

El tamaño de la unidad experimental con respecto a la temperatura fue de 20 semillas y 5 repeticiones. A temperatura constante de 25 °C con tratamiento de escarificación para ver donde se obtenga la mejor respuesta germinativa. Luego se sometió a temperatura fluctuante 8-26°C y 15-30°C para asemejar a las

condiciones del medio donde se pudieran desarrollar. El fotoperíodo fue 12 horas luz y 12 horas oscuridad, 16 horas luz con 8 horas oscuridad. Los muestreos fueron diarios durante 30 días.

A temperatura constante de 25°C y fotoperíodo de 16 horas luz 8 horas de oscuridad, con revisión por siete días. El modelo fue de 4X2, semillas silvestres y cultivadas, sometidas a escarificación y no escarificación.

La siguiente prueba 4X2, silvestres y cultivadas a temperatura fluctuante de 8-26 °C y 15-30 °C todas no escarificadas.

Originalmente el diseño estadístico fue 4X2X4, es decir los cuatro genotipos estudiados por los niveles de escarificación (escarificados y no escarificados) por cuatro calidades de luz, con los niveles de LR, LRL, LB y O.

Posteriormente se modificó por que los cultivares presentaban gran sensibilidad a la escarificación. El modelo se dividió en dos partes.

a) 2X4, dos cultivares estudiados por cuatro calidades de luz. Todas escarificadas.

b) 2X2X4, dos silvestres estudiados, escarificados y no escarificados, sometidos a cuatro calidades de luz.

Se sometieron las semillas a condiciones de germinación en el laboratorio, con el siguiente procedimiento:

- Lavado con agua corriente 2 minutos.
- Desinfección con hipoclorito de sodio al 4 % por 10 minutos.
- Dos enjuagues con agua destilada.

Una vez desinfectadas se dejan germinar, colocándolas en cajas de petri con papel absorbente humedecido. La escarificación cuando fue pertinente y posteriormente se registró el porcentaje de germinación.

PRUEBA DE GERMINACION BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE LUZ: BLANCA, ROJO, ROJO LEJANO Y OSCURIDAD.

Se formaron grupos de 20 semillas en cajas de petri para desinfectarlas con Captán 50 al 0.2 % y posteriormente colocarlas en condiciones de germinación bajo cuatro calidades de luz, B - R - RL y O.

En cada caja de petri se colocaron 3 discos de papel absorbente en la base, las 20 semillas y se cubrieron con su tapa. Las cajas se riegan para mantener el nivel suficiente de humedad para la germinación, con una solución de agua y Captán 50 (fungistático).

Las cajas petri se dividieron en grupos de 20 para cada condición de luz (5 repeticiones de 20 semillas cada una en cada condición de luz). Excepto, en la oscuridad, las cajas petri se introducen en cajas de germinación de 45 cm de largo por 34 cm de ancho y por 3 cm de altura (con base), y las tapas se forran con los diferentes filtros como se indica a continuación:

a) Luz blanca: cajas de germinación cubiertas con bolsas de polietileno incoloro. Estas cajas se colocan bajo luz fluorescente (dos lámparas de 39 W solar, blanco frío).

b) Luz roja: cajas de germinación cubiertas con mica roja Gaam color número 245, colocadas bajo luz fluorescente (2 lámparas de 39W solar blanco frío).

c) Luz roja lejana: cajas de germinación cubiertas con mica roja Gaam color número 245 y mica azul Gaam color número 850 sobrepuestas, con la mica azul en la parte interna de la caja, colocadas bajo luz incandescente OSRAM de 25 W.

d) Oscuridad: cada caja de petri se cubre totalmente con papel aluminio.

La evaluación de la mica se realiza con espectroradiómetro portátil LICOR LI-1800 (Nebraska, USA).

Las cámaras donde se encuentran las cajas de germinación se cubren previamente con papel aluminio para una mejor distribución de la luz. Se debe medir diariamente:

- Temperaturas máximas y mínimas a lo largo del experimento.
- Mantener fotoperíodo de 12 horas.
- Hacer una rotación diaria de las cajas de germinación en el espacio de las cámaras.
- Revisar la respuesta de germinación bajo luz verde de seguridad.
- La escarificación fue con lija de papel N° 120 en el extremo calazal de la semilla.
- Registrar semanalmente el porcentaje de germinación durante un mes de las diferentes condiciones de luz.

5.4 DISEÑO ESTADISTICO

MARCO DE MUESTREO

El elemento que dió origen al valor de las variables obtenidas (unidad experimental), fue una caja de petri o una "muñeca" de papel estraza, con 20 semillas cada una, en las diferentes condiciones probadas.

El método de muestreo fue aleatorio de tal modo que todas las unidades tuvieron la misma probabilidad de quedar incluidas en la muestra.

Por medio de la asignación aleatoria de las unidades a los grupos de estudio se consiguió:

Validez interna: estuvo dada por las mismas características de los frutos en las diferentes condiciones probadas, así como la colocación de las semillas en las mismas condiciones propuestas para los diferentes tratamientos: escarificación, luz y temperatura.

Validez externa: se fundamenta en la elección de una muestra representativa de la población y la asignación aleatoria de los lotes en los distintos tratamientos de los factores probados.

En cada tratamiento se utilizaron hojas de registro para recabar los siguientes datos: fecha, número de caja o número de "muñeca" de papel, número de semillas germinadas, % de germinación y valor transformado (Méndez 1990).

ANALISIS E INTERPRETACION DE LA INFORMACION

A los resultados se les aplicó un análisis de varianza con un nivel de probabilidad (alfa) 0.05 utilizando los programas estadísticos Statgraphics versión 2.1. Previamente se realizó una transformación de los porcentajes de germinación obtenidos, aplicando raíz cuadrada en cada valor de porcentaje, una transformación arcosenica para tener una distribución que se acerca a la normal, ya que la respuesta germinativa es de tipo binomial.

Todos los análisis de varianza se realizaron con los valores transformados y las gráficas se muestran con los valores sin transformar.

Después de realizar los análisis, se tuvieron dos alternativas:

a) El caso de los análisis de varianza donde no se rechazó H_0 , es decir, que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos al nivel de significancia usado. Esto implica que la variabilidad entre las poblaciones estudiadas es del mismo orden de magnitud que las de los errores y por esto se considera que las medias de los tratamientos (como poblaciones) son iguales.

b) El caso de los análisis de varianza donde se rechaza la H_0 , es decir, se considera que hay diferencias entre las medias de tratamientos. En este caso se aplicaron pruebas de Rango Múltiple de Intervalos de confianza de probabilidad $X=0.05$ (Tuckey), para distinguir los niveles que causan la diferencia.

5.5 Estructuras reproductivas.

Para el estudio de las diferentes estructuras reproductivas se siguió la metodología que a continuación se describe:

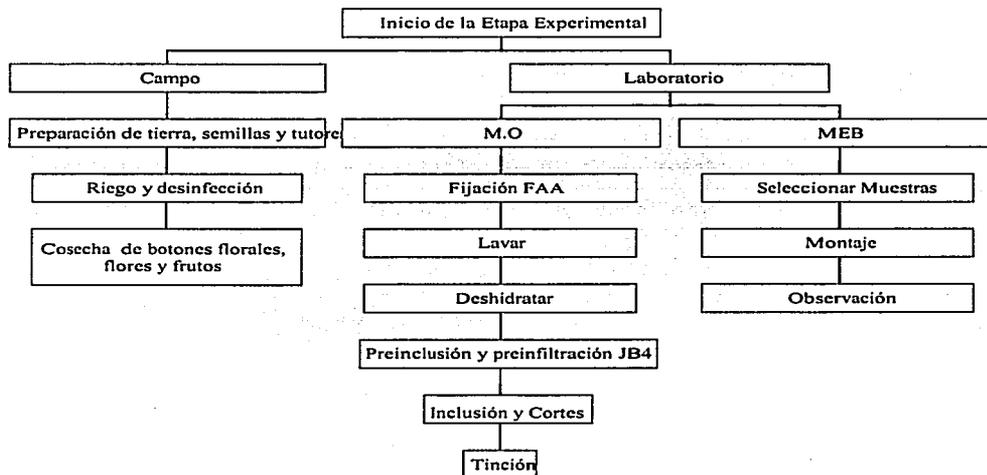


Fig.9. Método seguido para la recolección de flores - frutos y cortes en JB4.

Análisis estructural

Se colectaron botones florales de 0.5; 1.0 y 1.5 cm, flores en antesis y frutos inmaduros, los que se fijaron en F.A.A., señalando fecha de colecta para conocer su tiempo de desarrollo.

Las vainas maduras se colocaron en bolsas de papel. Para evitar la pérdida de semillas en las variedades silvestres debido al carácter dehiscente de sus vainas. También fueron embolsadas y trasladadas al laboratorio.

Las muestras del material biológico, para los estudios estructurales se procesaron de la siguiente forma:

Fijación:

- a) Lavado en agua corriente por 3 horas.
- b) Deshidratación en acetona graduales: 30%, 50%, 70%, 80%, 85%, 90%, 96%, 100% y 100% tres horas en cada uno.
- c) Preinfiltración con la mezcla del componente A y catalizador durante tres horas a temperatura ambiente.
- d) Inclusión en la mezcla del componente A, catalizador y componente B, en ausencia de oxígeno a temperatura ambiente.
- e) Los bloques obtenidos fueron cortados en planos longitudinales y transversales a 2 micras en el ultramicrotomo Sorvall MT2-B (Valley 1976).
- f) Tinción de los cortes con azul de toluidina (Locquin and Langeron 1985).

Las observaciones y análisis de los cortes seriados se llevaron a cabo en: microscopio fotónico American Optical Mod. Phaser.Star.

MORFOLOGIA EXTERNA (MEB).

Para estudiar la micromorfología de estigma y granos de polen, el material previamente fijado en F.A.A. se deshidrató en acetona graduales: 30%, 50%, 70%, 80% cada 15 minutos y dos cambios de 100% durante 1 hora. Posteriormente se llevó a punto crítico con dióxido de carbono en la cámara de presión Chamber C.P.A.I.I., y se adherieron al porta muestra.

Para el estudio de las semillas el procedimiento consiste en colocar las semillas sin fijar directamente en el porta-muestra con un adhesivo de plata, para cubrirla posteriormente con un baño de oro en un ionizador, el que las hace conductivas y posibilita la observación de los detalles más finos de su microestructura.

Se tomaron placas fotográficas en el Microscopio Electrónico de Barrido Jeol JMS-35 (Kessel and Shin 1976).

En el análisis y observación de la morfología externa del grano de polen entero se utilizó el sistema de clasificación para la forma de Erdtman (1952), la relación entre el eje polar (P) y diámetro ecuatorial (E) multiplicado por 100:

$$P/E \times 100 = \text{FORMA}$$

TECNICA DE ACETOLISIS SEGÚN ERDTMAN (1952).

Se colocaron 2 o 3 botones florales en cada tubo ependorf por muestra (de preferencia solo los estambres para tratar los granos de polen).

Se le agregó agua destilada hasta la mitad del tubo, se maceró el tejido y se puso a baño María para reblandecer el tejido.

Por un lado se preparó la mezcla acetolítica (anhidro acético + ácido sulfúrico) en proporción 9:1.

Por otra parte se preparó KOH al 5%.

3. Se introdujeron los tubos de las muestras a la centrifuga (6000 r.p.m.) por 5 minutos

4. Se desechó el sobrenadante y se le agregó KOH añ 5%.

5. Se desechó el sobrenadante, agregó agua destilada hasta la mitad del tubo, se maceró el tejido y centrifugó 6000 r.p.m., por 5 minutos dos veces.

6. Se desechó el sobrenadante, se agregó el ácido acético glacial hasta la mitad del tubo, se maceró el tejido y se centrifuga a 6000 r.p.m. por 5 minutos, dos veces.

7. Se coloca a baño María durante 10 minutos a 90°C, macerando la muestra.

8. Se neutralizó la reacción con el ácido acético glacial y se colocaron los tubos de las muestras en al centrifuga a 6000 r.p.m. por 5 minutos dos veces.

9. Se desechó el sobrenadante y se colocó el ácido acético glacial, se maceró el tejido e introdujeron las muestra en la centrifuga a 6000r.p.m. por 5 minutos, repitiendo éste último paso.

10. Desechar el sobrenadante, colocar el agua destilada hasta la mitad del tubo, macerar el tejido e introducir las muestras en la centrifuga a 6000 r.p.m. por 5 minutos, repetir éste último paso.

11. Con el material ya está acetolizado se montan preparaciones permanentes con gelatina glicerina, para su observación al microscopio de luz.

Para observar al microscópio electrónico de barrido, una vez que las muestras fueron deshidratadas en alcoholes graduales a 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 96° y 100°. Se dejan las muestras 10 minutos en cada cambio de alcohol (centrifugando para evitar la perdida de la muestra).

TECNICAS PARA IDENTIFICACION DE CUTICULA

ROJO "O" DE ACEITE (Adaptación técnica de Curtis 1986, por la Dra. Esquivel).

Con los gineceos de flores en botón, previamente incluidos en JB4 se realizaron cortes longitudinales y transversales de estigmas con 2um de espesor, se tiñeron con rojo "o" de aceite durante 20 minutos y en calor suave. Posteriormente se observó y fotografió en el microscopio de luz.

TÉCNICA PARA IDENTIFICACION DE TANINOS

Adaptación KMnO₄ .

1- Vainas inmaduras aún en la flor, con aproximadamente 1 cm de largo, fueron incluidas en JB4 y cortadas transversalmente con un espesor de 3 a 5 um.

2- Se tiñeron con KMNO₄ durante 15 minutos y enjuagaron con agua destilada.

3- En platina caliente se secó y montó cubreobjeto, para observación al microscopio de luz.

4- Se fotografió.

MEDICION DEL ÁNGULO DE LA CALAZA EN LOS OVULOS DE FLORES EN ANTESIS

Para obtener el ángulo trazamos una línea perpendicular al micrópilo y, por el punto medio de la calaza otra línea que corta a esta. De la intersección de ambas, surge el ángulo que medimos (con cinco repeticiones) en los diferentes ejemplares estudiados.

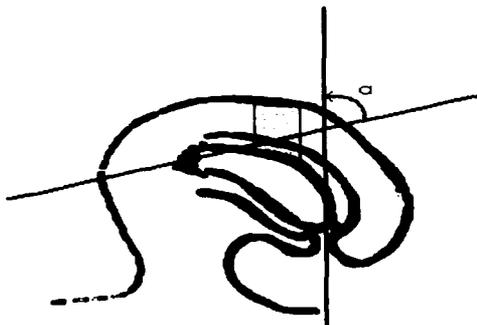


Fig.10. Esquema: óvulo campilótropo. Zona del tegumento externo utilizada para la toma de fotografías y parámetros usados en la obtención del ángulo de curvatura de la nucela.

NÚMERO DE ESTRATOS DEL TEGUMENTO EXTERNO DEL ÓVULO

Se fotografió a igual aumento y se observó en la zona achurada, como se indica en el esquema, los tegumentos externos, e internos cuantificando el número de estratos que involucran a cada uno de los ejemplares en estudio (Fig. 22).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.0 RESULTADOS Y DISCUSION

FENOLOGIA

El tiempo que tardan las plántulas en presentar las primeras hojas definitivas es de 15 días para el cv. 'Carioca', 20 para el cv. 'Bayomex', 15 para silvestre sudamericano y 18 para la silvestre mesoamericano. A partir de esta etapa las plantas iniciaron floración a los 30-40 días cv. 'Carioca', cv. 'Bayomex' 60-65 días, silvestre sudamericano 180 días y silvestre mesoamericano 150 días. Respecto al hábito o porte de las plantas estudiadas, los cultivares presentan el Tipo I, es decir, con crecimiento determinado arbustivo, y los silvestres el Tipo IV, indeterminado con capacidad para trepar (C.I.A.T. 1980).

6.1 CARACTERISTICAS DE LAS SEMILLAS

De acuerdo a Harlan (1976), la domesticación de las plantas trae consigo cambios genéticos, gracias a los cuales las plantas quedan mejor adaptadas a las condiciones de los ambientes humanizados, en el sentido de creados por el hombre, con detrimento de su adaptación a las características naturales. Es decir que, por medio del cultivo el hombre dirige la evolución de la herencia en las plantas ejerciendo un fuerte control en la dirección del rango de las relaciones de cambio de acuerdo con sus intereses.

Al respecto Flannery (1973) indica que en el proceso de domesticación de plantas, el hombre manipula aquellas que le son útiles y poseen características más apropiadas para el cultivo, entre las que se pueden citar, plantas anuales, alto rendimiento, se almacenan con facilidad, etc.

Una importante consideración, también planteada por Harlan, es que en las plantas cultivadas el hombre ha dirigido la respuesta genética a favor de genes que confieren docilidad a la planta, de donde resulta que las partes de las mismas que revisten mejor interés para el hombre son las que sufren modificaciones más notables, así por ejemplo en el caso de las semillas comestibles se observan las siguientes tendencias, pérdida de capacidad de dispersión y letargo, selección automática de semillas que poseen más reservas alimenticias, etc.

El proceso de domesticación involucra los cambios morfológicos y fisiológicos que le permiten a las plantas adaptarse a los distintos ambientes creados por el hombre, correlativamente adquirir características convenientes para el hombre como son el peso, tamaño, color, contenido de humedad y vigor en sus semillas. Explorando una amplia serie de caracteres fisiológicos, originados a partir del constante trabajo de selección y observación bajo domesticación.

Por lo tanto, se realizaron las siguientes observaciones tanto en semillas silvestres y como en las cultivadas.

Peso fresco

Cuadro 2. Peso de 100 semillas en *P. vulgaris* silvestres y cultivados estudiados.

<i>Phaseolus vulgaris</i>	Peso de 100 semillas
silvestre mesoamericano	71.24mg ± 1.99 c
silvestre sudamericano	86.13mg ± 2.03 c
Cultivar 'Carioca'	191.70mg ± 3.00 b
Cultivar 'Bayomex'	463.60mg ± 9.00 a

El Análisis de Varianza (Apéndice, cuadro 1), mostró diferencias significativas entre los cuatro grupos ($F_c = 1290.129$; $N_s = 0.0001$); el Análisis de Rango múltiple indicó que las semillas del silvestre mesoamericano y el silvestre sudamericano presentaron menor peso respecto a los cultivares 'Carioca' y 'Bayomex' (Apéndice, cuadro 2) (Fig. 11), siendo el cultivar 'Bayomex' el de mayor peso.

El rango entre los silvestres silvestre mesoamericano y silvestre sudamericano es semejante al reportado por Delgado et al. (1988). Con respecto a la posición observó que las semillas de mayor peso se encuentran en la zona cercana al estilo, posiblemente por ser las primeras en ser fecundadas y madurar, lo cual coincide con el estudio de Nakamura (1988). Las semillas de los cultivares poseen mayor peso respecto a los silvestres como lo reportan los estudios de Moreno y Maiti (1994); y Peña et al. (1995).

Los resultados muestran también al peso de las semillas como una característica obtenida mediante la selección, encaminada hacia la necesidad del hombre para abastecer el mercado y obtener beneficios económicos provocando el gigantismo en las semillas cultivadas.

Tamaño de las semillas

Cuadro 3. Tamaño de las semillas en los silvestres y cultivados estudiados.

<i>Phaseolus vulgaris</i>	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
silvestre mesoamericano	6.9	±.2	d	3.0	±.09	c	4.5	±.12	c
silvestre sudamericano	7.2	±.2	c	2.6	±.07	c	5.0	±.08	c
Cultivar 'Carioca'	9.4	±.13	b	4.2	±.11	b	6.5	±.09	b
Cultivar 'Bayomex'	11.8	±.14	a	6.7	±.08	a	8.3	±.10	a

Los Análisis de Varianza de las tres variables (largo, alto y ancho) presentaron diferencias significativas (Largo $F_c = 885.580$, $N_s = 0.0001$), (Alto $F_c = 80.628$, $N_s = 0.0001$), (Ancho $F_c = 15.869$, $N_s = 0.0001$) (Apéndice, cuadros 3, 5 y 7). Los cultivares 'Bayomex' y 'Carioca' mostraron valores más altos que las silvestres mesoamericana y sudamericana (Apéndice, cuadros 4, 6 y 8).

Estos resultados concuerdan con Peña et al. (1995) y Moreno et al. (1944). Algunos autores opinan que el tamaño de la semilla depende de un número de genes que varía entre dos a seis (Solárzano 1994; Granados y López 1996). Gepts y Debouck (1991), reportaron que durante el proceso de domesticación el "frijol", ha incrementado el tamaño y peso tanto en las semillas como en las vainas.

En nuestro material, las plantas silvestres presentaron sus semillas con un menor rango de variación morfológica con respecto a las cultivadas, debido probablemente a que la selección dirigida o inconsciente realizada por el hombre en la forma, seleccionaron frijoles de tamaño grande y de forma más voluminosa. Color

Cuadro 4. Color de las flores en los silvestres y cultivares estudiados. Según la tabla de The Royal Horticultural Society Kornerup y Wanscher (1995).

Phaseolus vulgaris	Fondo	Veteado
silvestre mesoamericano	Gris "B".201	Negro "A".202
	Naranja-grisáceo "A".64	Naranja-grisáceo "A".65
	Negro "A" 202	
silvestre sudamericano	Pardo "D" 200	Negro "A" 202
Cultivar 'Carioca'	Naranja grisáceo "C" 173	Naranja grisáceo "A" 165
	Naranja grisáceo "D" 173	
Cultivar 'Bayomex'	Naranja grisáceo "C" 164	
	Naranja grisáceo "D" 164	

La evaluación cualitativa del color dominante en las poblaciones de semillas señalan como tono oscuro a las silvestres y claro a las cultivadas, según la tabla de The Royal Horticultural Society Kornerup y Wanscher (1995).

Vega en 1986, reporta que los frijoles silvestres de Phaseolus lunatus presentan en su cubierta seminal una alta concentración de proteínas en relación con los cultivados, y hay una correlación con una alta concentración de glucósidos cianogénicos.

En los frijoles, particularmente "lima", hay cierta regularidad en la distribución de, glucósidos cianogénicos lo que está asociado al color de la testa de la semilla. En los cultivares claros la toxicidad es menor, esto posiblemente se deba a la mutación en un alelo o a herencias complejas, en la que uno o varios factores actúan separados, en conjunto, o interactúan entre sí, limitando o bloqueando las variantes que aparecen por mutación (Granados y López 1996). El color de la testa está determinado también por la concentración de taninos, la cuál es mayor en las semillas de tonalidad oscura (Esquivel et al. 1992) (Fig. 12).

Contenido de humedad (Moreno 1984).

Cuadro 5. Valores promedios del contenido de humedad en *P. vulgaris* silvestres y cultivados estudiados.

Phaseolus vulgaris	Contenido de H^o	
Silvestre mesoamericano	4.15 ± 0.3	a
Silvestre sudamericano	3.7 ± 0.7	a
Cultivar 'Carioca'	4.59 ± 1.1	a
Cultivar 'Bayomex'	4.28 ± 0.86	a

El Análisis de Varianza mostró que no existen diferencias significativas entre las semillas silvestres y cultivadas (Apéndice, cuadro 9)($F_c = 0.888$, $N_s = 0.4683$), en cuanto al contenido de humedad de las semillas maduras deshidratadas se refiere. Considerando los valores promedio del contenido de humedad de las semillas, tanto las variedades silvestres como los cultivares corresponden a semillas ortodoxas (Roberts 1984), en ellas tanto el desarrollo, como la tolerancias a la desecación posiblemente estén asociados con la pérdida de agua de acuerdo a lo reportado por Sanhewe y Ellis (1996) (Fig.11).

Las semillas aquí estudiadas son ortodoxas ya que retienen su viabilidad cuando se secan a porcentajes inferiores al 5%. Pueden ser almacenadas en estado de bajo contenido de humedad. El almacenamiento a menos de 55% de humedad relativa (a nivel de grano menor de 8%), temperatura menor a 17 °C y envase impermeable, son efectivos para evitar el edurecimiento del mismo, con su consecuente pérdida de calidad protéica (Reyes y Paredes 1992), debido a cambios estructurales de la misma, puesto que se conoce una alta correlación entre las proteínas lignificadas, la dureza del grano cocido y tiempo de cocción (Vázquez y Cárdenas 1992).

Además no hay diferencias en el contenido de humedad entre las semillas silvestres y cultivadas estudiadas.

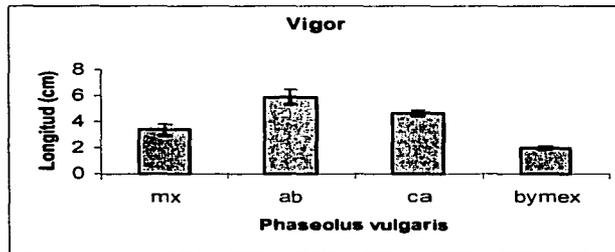
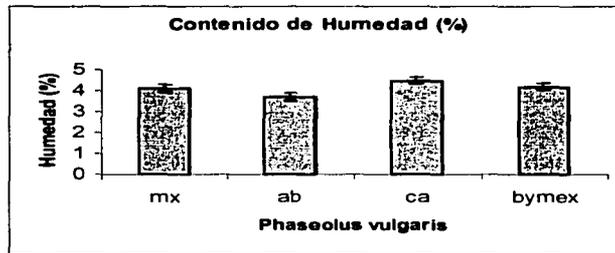
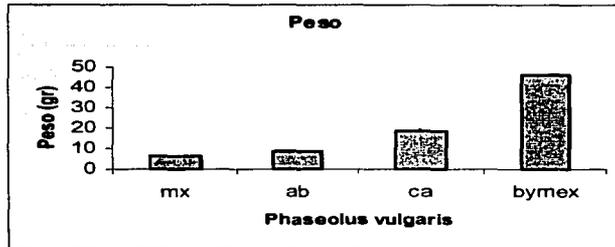


Figura 11. Peso, contenido de humedad y vigor de las semillas de *Phaseolus vulgaris* silvestres y cultivados



Fig. 12. Color y tamaño de las semillas en *Phaseolus vulgaris*: A) *silvestre sudamericano*, B) *silvestre mesoamericano*, C) cv. 'Carioca' y D) cv. 'Bayomex'.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.2 ESTUDIO MICROMORFOLOGICO DE LA SEMILLA

La semilla es el óvulo maduro, generalmente fertilizado, que posee un embrión, endospermo y cubiertas protectoras. La semilla madura deshidratada de *P. vulgaris* muestra algunas características externas que fueron observadas con el microscopio electrónico de barrido (MEB) y comparadas entre las variedades silvestres y los cultivares.

Lentilla

Proviene de la soldadura del funículo con los tegumentos del óvulo campilótropo, en todos los casos se observó en forma acorazonada corroborando lo reportado ya, a nivel de género, dentro de la mayoría de las especies de *Phaseolus* (Lackey 1981) (Fig. 13). Sin embargo sugerimos que un estudio más detallado de esta estructura probablemente permitirá asignar un tamaño y una forma por cada cultivar o silvestre.

Micrópilo

Abertura que queda entre los tegumentos del óvulo. A través de ésta abertura se realiza principalmente la absorción de agua en el momento de la germinación (Pérez y Acosta 2002). Está en contacto con la radícula del embrión y al germinar la semilla, la radícula protruye por este sitio.

En las semillas estudiadas se presenta en forma de "Y", puede estar abierto u obliterado y terminar en un poro, el cual es muy evidente en el cultivar 'Bayomex' (Fig.14).

Hilo

El hilo es la cicatriz que queda en la semilla cuando esta se desprende de la planta madre. Es una zona muy permeable al agua. En un corte transversal a la altura del hilo (Fig. 15 A-B) observamos en todos los casos el epihilo multicelular blanco como evidencia de los restos funiculares que ocultan al surco hilar, esta constituido por una doble capa de tejido en empalizada con células largas y por debajo células dispuestas laxamente (Fig. 15 A). Debajo de la ranura hilar observamos barras de traqueidas (Fig. 15 B). Además más internamente se encuentra el endospermo de células alargadas comprimidas y los cotiledones (Lackey 1981).

Entre los restos epidermales tenemos la lengüeta hilar, que cuando se ubica a la derecha indica que la semilla proviene de la valva izquierda de la vaina y viceversa (Fig. 13 A).

Estudio comparativo del desarrollo embriológico de semillas y de algunos parámetros de germinación en *Phaseolus vulgaris* silvestres y cultivados de Mesoamérica y Sudamérica.

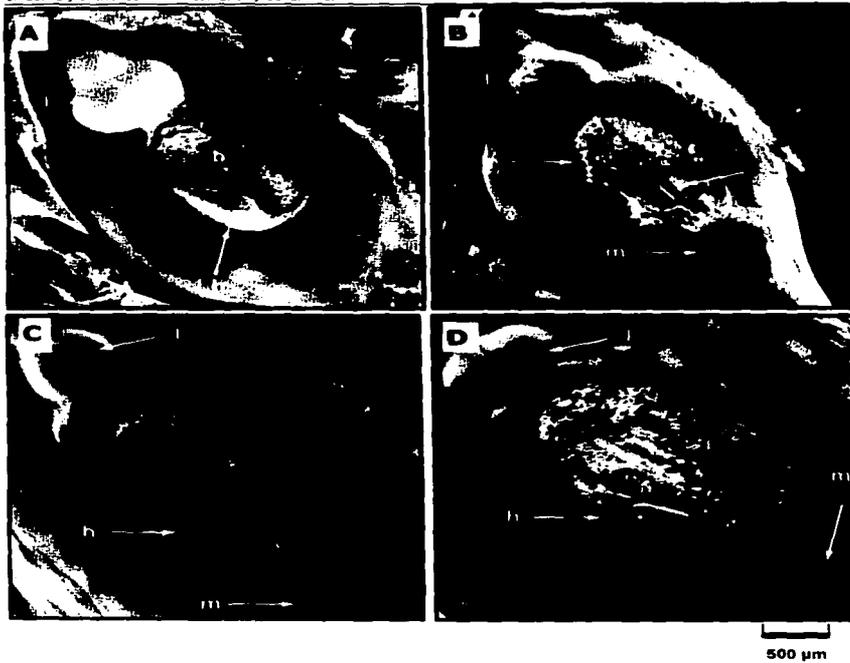


Fig. 13. Micrografía electrónica de barrido en la que se muestran: (l) lentilla, (h) hilo, (Lh) lengüeta hilar, (sh) surco hilar y (m) micrópilo en *Phaseolus vulgaris*: A) *Silvestre sudamericana*, B) *Silvestre mesoamericano*, C) cv. 'Carloca' y D) cv. 'Bayomex'.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Estudio comparativo del desarrollo embriológico de semillas y de algunos parámetros de germinación en *Phaseolus vulgaris* silvestres y cultivados de Mesoamérica y Sudamérica.

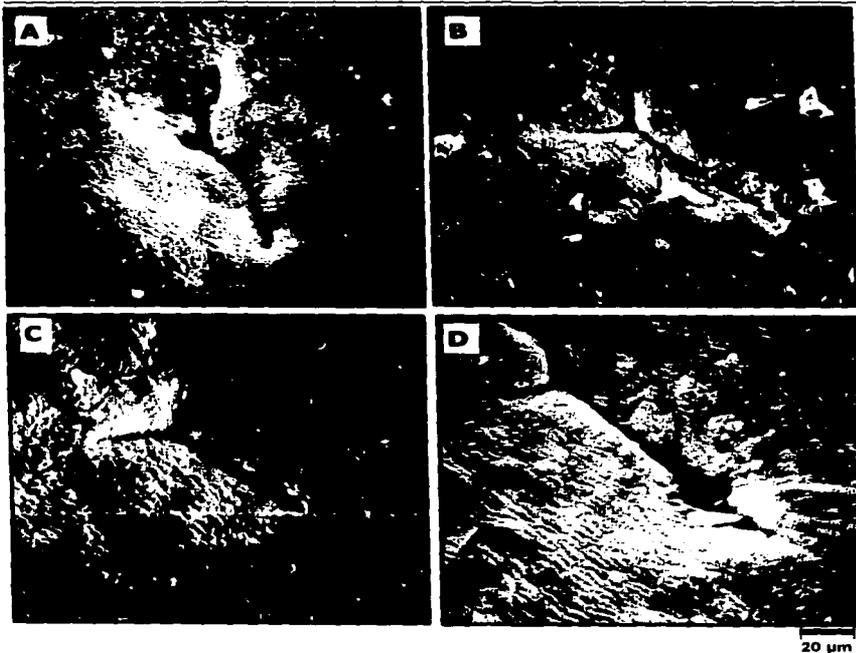


Fig. 14. Micrografía electrónica en la que se muestra el micrópilo en forma de Y de *Phaseolus vulgaris*: **A)** *Silvestre sudamericano*, **B)** *Silvestre mesoamericano*, **C)** cv. 'Carioca' y **D)** cv. 'Bayomex'.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

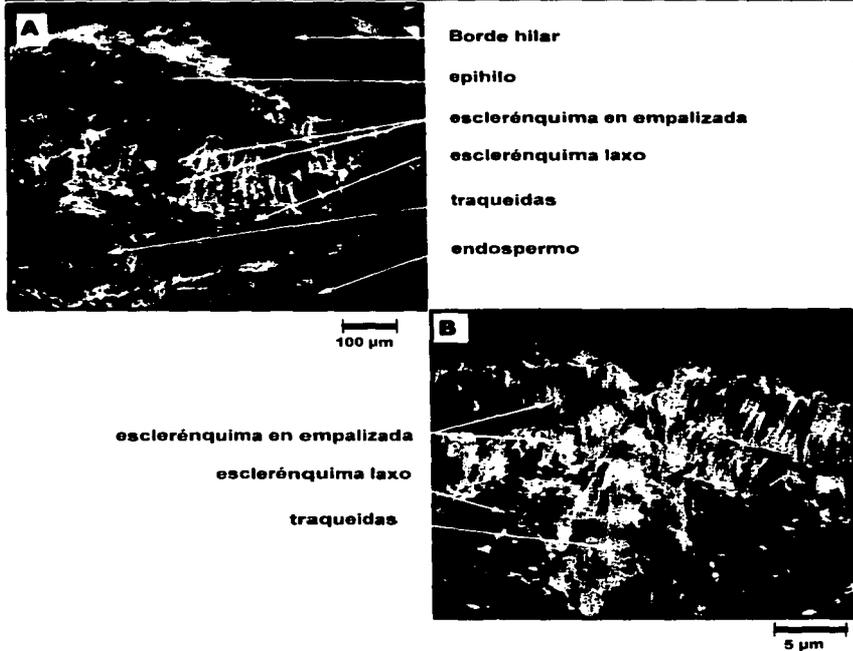


Fig. 15. Micrografía electrónica de la semilla en la que se muestra el corte transversal a la altura del hilo de *Phaseolus vulgaris*. A) *Silvestre sudamericano* y B) *Silvestre mesoamericano*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cubierta seminal

La cubierta seminal, se forma por la diferenciación del tegumento externo del óvulo. La superficie de la cubierta seminal presenta diferencias en su escultura entre las diferentes variedades y cultivares (Fig. 16 A-D), que corresponden a las diferentes configuraciones que adquiere la cutícula.

Sharman et al. (1977) menciona para el complejo: *Phaseolus mungo* – *radiatus* – *sublobatus* dos grandes grupos de acuerdo a los patrones de la cubierta seminal:

El Patrón I está caracterizado por células epidérmicas hexagonales y alargadas.

El Patrón II se distingue por ser tuberculada con cuerpos celulares indistinguibles entre sí.

Las semillas aquí estudiadas presentan los dos tipos de patrones: El Patrón I para la silvestre sudamericana, silvestre mesoamericana y cv. 'Carioca'. El patrón II lo presenta exclusivamente el cv. 'Bayomex'.

De acuerdo con los autores, para *P. mungo* el Patrón I corresponde a los silvestres y se deben someter a escarificación para perder la latencia, mientras que los cultivares que corresponde al Patrón II no tienen latencia. En el caso de nuestro material la propuesta fisiológica del complejo *Phaseolus mungo* – *radiatus* – *sublobatus* no se cumple en este trabajo, puesto que las dos silvestres así como una de las cultivadas cv. 'Carioca' corresponden al Patrón I y cv. 'Bayomex' al Patrón II. Es importante hacer notar que cv. 'Bayomex', único que pertenece al Patrón II, posee una cubierta seminal mucho más frágil y cuando es escarificada el agua penetra tan rápidamente que la semilla se pudre. Por lo tanto estamos de acuerdo con la clasificación del Patrón I caracterizado por células epidérmicas hexagonales – alargadas y, en el Patrón II con células tuberculadas, donde no se distinguen muy bien los cuerpos celulares. Sin embargo diferimos en que el Patrón I corresponda a semillas silvestres y el patrón II a cultivadas.

La latencia de las semillas silvestres está probablemente asociada con la densa y papilada deposición de cera en la cubierta seminal y la carencia de latencia en las semillas de cultivares esta quizá correlacionada con la escasa y lisa deposición de cera.

Se considera característico en las especies silvestres, la "irregularidad" de la superficie, así como también que su testa es gruesa e impermeable, lo que baja la velocidad de imbibición y la rápida geminación de la semilla (Moreno et al. 1994, Pérez y Acosta 2002; Smartt 1969, Gepts y Debouck 1991).

Probablemente la latencia de la semilla está, entre otros factores, asociada a la gran densidad de la deposición de cera, que en condiciones naturales se rompe por la actividad de los microorganismos que habitan en las ondulaciones de la superficie de las cubiertas seminales; las que posiblemente son mecanismo de adaptación, sobre todo a las condiciones silvestres que involucran factores edáficos, más que a los climáticos o de fotoperiodo (Sharma et al. 1977).

Estudio comparativo del desarrollo embriológico de semillas y de algunos parámetros de germinación en *Phaseolus vulgaris* silvestres y cultivados de Mesoamérica y Sudamérica

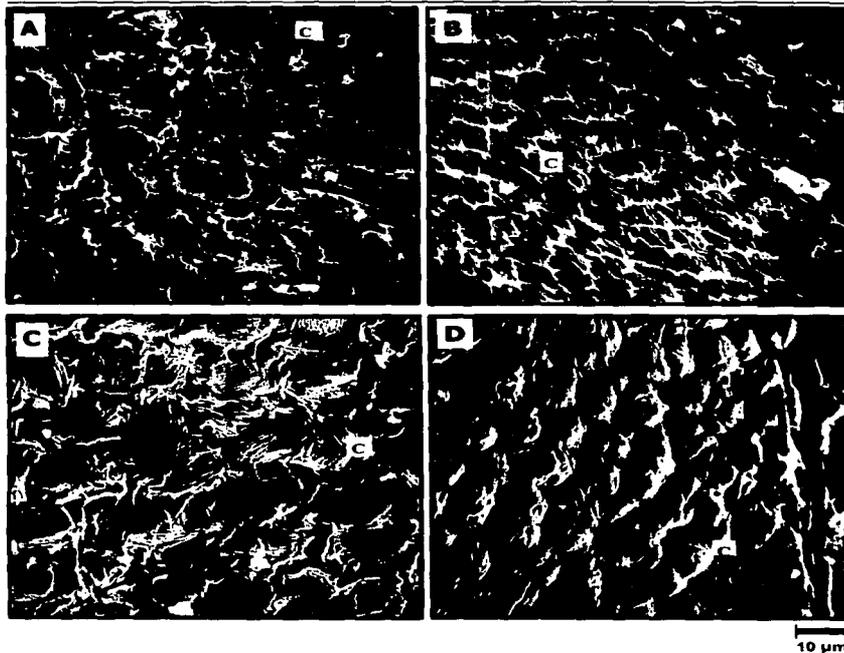


Fig. 16. Micrografía electrónica en la que se muestra el detalle de la testa con una cubierta cerosa (C) en *Phaseolus vulgaris*: A) *Silvestre sudamericano*, B) *Silvestre mesoamericano*, C) cv. 'Carlioca' y D) cv. 'Bayomex'.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.3 RESPUESTAS FISIOLÓGICAS.

GERMINACIÓN

La germinación puede llevarse a cabo cuando se presentan las condiciones externas propicias de luz, temperatura y humedad, así como los requerimientos internos de las semillas. El proceso está sujeto a una relación muy precisa donde varios factores del medio juegan un papel importante.

La germinación inicia con la imbibición y termina con el alargamiento de la radícula, incluye numerosos eventos que se llevan a cabo en tres fases:

Imbibición (absorción de agua por las semillas secas).

Fase de activación (metabolismo activo).

Germinación (proturación de la raíz a través de la testa)(Simon 1984).

Sin embargo, cuando una semilla posee condiciones favorables para la germinación y no germina, se considera latente, y pueden ser adaptaciones a condiciones estacionales desfavorables (Jann y Amen 1977)(Baskin and Baskin 1985).

Existen dos sitios donde residen principalmente los mecanismos de latencia:

Las distintas cubiertas (pericarpio, testa, perispermo y endospermo).

El embrión mismo (Brabdeer 1988).

El mecanismo de latencia que evita el movimiento del agua a través de la cubierta seminal se conoce como "impermeabilidad" y los factores que le afectan pueden ser: 1-Composición de la cubierta. 2-Factores ambientales como: humedad, temperatura y luz. 3-Factores genéticos heredables.

Las reacciones metabólicas específicas asociadas con la inducción, mantenimiento y rompimiento de la latencia no son conocidas (Baskin y Baskin 1985).

El estudio de los principios de control del medio en la germinación (relación semilla/medio), podría resultar en la interpretación y posible predicción del comportamiento en el campo de las plantas silvestres (Karseen 1982).

6.3.1 VIGOR

Cuadro 6. Vigor de los silvestres y cultivados estudiados.

<u>Phaseolus vulgaris</u>	<u>Vigor</u>
Silvestre mesoamericano	3.44 ± 1.0 b
Silvestre sudamericano	5.94 ± 1.5 a
Cultivar 'Carioca'	4.76 ± 0.6 a
Cultivar 'Bayomex'	2.04 ± 0.4 c

El Análisis de Varianza mostró diferencias significativas en el vigor de las plántulas ($F_c = 14.615$, $N_s = 0.0001$)(Apéndice, cuadro 10). El cultivar 'Carioca' y el silvestre sudamericano mostraron mayor vigor, respecto al silvestre mesoamericano y el cultivar 'Bayomex', el cual presentó el menor vigor entre ellos (Apéndice, cuadro 11)(Fig.11).

Fue reportado por García (1994), que la calidad agronómica evaluada como vigor de las plántulas es significativamente mayor en las silvestres que en las cultivadas (aunque ambas presentaron germinación total similar), el almacenamiento a 30°C y 75% de humedad relativa provocan en el "frijol" domesticado deterioro en viabilidad y vigor, pero el silvestre se ve favorecido. El 75% de los taninos se localiza en la testa (Taiz y Zeiger 1991), y la pérdida del contenido de taninos, baja la defensa contra enemigos naturales (pero a la vez un obstáculo para su utilización). En la testa de las semillas domesticadas, y el almacenamiento prolongado, estarían relacionados con la disminución de su calidad protéica, digestibilidad y disponibilidad de aminoácidos (Reyes y Paredes 1992). Esto se corrobora ampliamente con nuestros resultados, la variedad silvestre sudamericano de testa oscura presenta el mayor vigor; mientras que el cultivar 'Bayomex' de testa clara es el del menor vigor. Se atribuye la disminución del vigor a la pérdida de sustancias de reserva (Baire and Webster 1992). No se encontraron diferencias con respecto al cultivar 'Carioca' y silvestre mesoamericano, probablemente, por que ambas son semillas relativamente pequeñas y con testa vetada a diferencia de lo que ocurre en el cv. 'Bayomex'.

6.3.2 Respuesta germinativa de semillas escarificadas y no escarificadas a 25 °C expresados en porcentaje transformado.

Cuadro 7. Respuesta germinativa de semillas escarificadas y no escarificadas a 25 °C, expresado en porcentajes transformados.

Phaseolus vulgaris	No escar.	Escarificadas
Silvestre mesoamericano	25.3 ± 11.4 c	81.2 ± 8.3 b
Silvestre sudamericano	33.7 ± 9.5 b	83.7 ± 8.8 b
Cultivar 'Bayomex'	83.7 ± 8.8 a	74.4 ± 8.9 c
Cultivar 'Carioca'	70.2 ± 5.2 a	90.0 ± 0.0 a

El tratamiento de escarificación tuvo un efecto significativo en la germinación (Apéndice, cuadro 12)($F_c = 1213.072$, $N_s = 0.0001$).

Las semillas escarificadas presentaron en conjunto, porcentajes de germinación significativamente mayores que las no escarificadas (Apéndice, cuadro 13).

Esto se debe a la eliminación de las condiciones de reposo por destrucción de la estructura mecánica de protección (cubierta seminal) como lo reporta Granados y López (1996).

Analizando por separado las semillas escarificadas y no escarificadas de las cuatro variedades, en ambos casos se encontraron diferencias significativas entre las semillas (escarificadas $F_c = 94.759$; $N_s = 0.0001$)(Apéndice, cuadro 14) (no escarificadas $F_c = 199.259$, $N_s = 0.0001$) (Apéndice, cuadro 15).

Respecto a las semillas escarificadas el cultivar 'Carioca' presentó los mayores porcentajes de germinación, seguido de los silvestres sudamericano y mesoamericano. El cultivar 'Bayomex' presentó los menores porcentajes (Apéndice, cuadro 16) (Fig.17).

Cabe resaltar que al escarificar las semillas el cultivar 'Bayomex' rápidamente entraba en proceso de descomposición, con el consecuente daño y pérdida en la germinación.

Las semillas no escarificadas de las variedades silvestres presentaron menores porcentajes de germinación respecto a los cultivares 'Bayomex' y 'Carioca', los cuales poseen los mayores porcentajes de germinación sin diferencias significativas entre ellos en los siete días que duró la prueba (Apéndice, cuadro 17) (Fig. 17).

El mayor efecto de la escarificación ocurrió en los genotipos silvestres, al romper la barrera impuesta por la testa y facilitar la imbibición como se ha reportado en otras semillas de frijoles silvestres y cultivados (Pérez y Acosta 2002) (Moreno et al. 1994).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Granados y López (1996), quienes mencionan que las semillas silvestres poseen numerosos dispositivos que retardan y hacen heterogénea la germinación, lo cual es una enorme ventaja para su supervivencia, por ejemplo: envolturas gruesas, mecanismos químicos de inhibición y sustancias almacenadas que se liberan de forma gradual. En las semillas cultivadas la germinación es homogénea y rápida para adelantarse al surgimiento de las malas hierbas, sus envolturas son débiles al punto que al ser escarificadas el agua penetra muy rápidamente, de golpe y se descomponen fácilmente, de manera tal que la conveniencia biológica dada por una germinación escalonada, queda en un segundo plano.

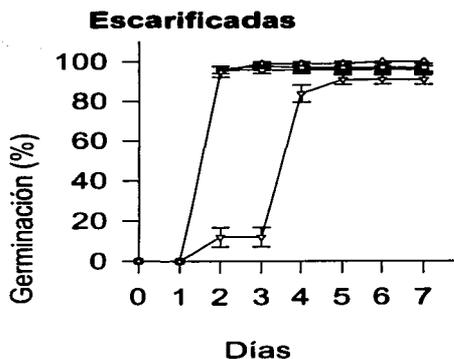


Fig. 17 Germinación de semillas escarificadas y no escarificadas a 25°C de las variedades silvestre mesoamericano (□), silvestre sudamericano (○), cv. 'Carioca' (△) y cv. 'Bayomex' (▽). Valores expresados en porcentajes no transformados.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

6.3.3 Respuesta germinativa de semillas no escarificadas a temperatura fluctuante de 8 - 26 Y 15 - 30 °C expresados en porcentaje transformado

Cuadro 8. Respuesta germinativa de semillas no escarificadas a temperatura fluctuante de 8-26 °C y 15- 30 °C, expresados en porcentaje transformado.

Phaseolus vulgaris	8 - 26 °C	15 - 30 °C
Silvestre mesoamericano	20.6 ± 5.9	52.0 ± 3.4
Silvestre sudamericano	13.4 ± 8.6	63.3 ± 4.5
Cultivar 'Carioca'	74.6 ± 9.5	90.0 ± 0.0
Cultivar 'Bayomex'	83.7 ± 8.8	90.0 ± 0.0

La temperatura fluctuante tuvo un efecto significativo en la germinación ($F_c = 287.103$, $N_s = 0.0001$) (Apéndice, cuadro 18). En la temperatura fluctuante de 15 - 30 °C se obtuvo un mayor porcentaje de germinación respecto a la temperatura fluctuante de 8 - 26 °C (Apéndice, cuadro 19) (Fig. 18). De acuerdo a este resultado se seleccionó la temperatura fluctuante de 15 - 30 °C para las pruebas de germinación bajo diferentes calidades de luz. (Apéndice, cuadros 20 y 21).

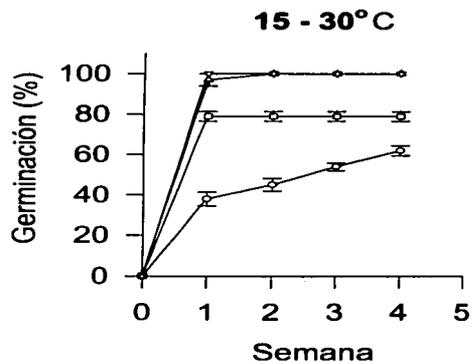
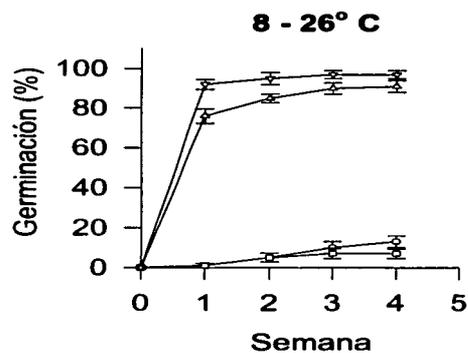


Fig. 18 Germinación de semillas no escarificadas a 8-26° C y 15-30°C, de los silvestres mesoamericano (□) y sudamericano (○), cv.'Carioca' (△) y cv.'Bayomex' (▽). Valores expresados en porcentajes no transformados.

6.3.4 Respuesta germinativa de semillas no escarificadas bajo cuatro calidades de luz (15 - 30 °C)

Cuadro 9. Respuesta germinativa de semillas no escarificadas bajo cuatro calidades de luz (15 - 30 °C), expresado en porcentajes transformados.

P. vulgaris	LB	LR	LRL	OSC
s. mesoamericano	52.2 ± 7.6	53.4 ± 7.0	52.1 ± 7.2	56.4 ± 5.9
s. sudamericano	84.7 ± 11.9	74.0 ± 4.5	81.8 ± 11.4	76.6 ± 8.6
'Carioca'	82.3 ± 7.1	90.0 ± 0.0	84.8 ± 7.1	81.2 ± 8.4
'Bayomex'	82.3 ± 7.1	84.8 ± 7.1	84.8 ± 7.1	83.7 ± 8.8

La calidad de luz no afectó la germinación ($F_c=0.439, N_s=0.7254$) (Apéndice, cuadro 22) por lo que las semillas no escarificadas respondieron como indiferentes, sin embargo sí se observaron diferencias entre las variedades. ($F_c=238.623, N_s=0.0001$) (Apéndice, cuadro 22). Los cultivares por presentar una respuesta negativa al proceso de escarificación fueron omitidas en esta prueba.

Los cultivares germinaron más que las variedades silvestres, como se había observado a 25 °C. El cultivar 'Carioca' alcanzó porcentajes de germinación mayores que el cultivar 'Bayomex', la silvestre sudamericano superó los porcentajes del silvestre mesoamericano (Apéndice, cuadro 23) (Fig. 19).

La mayoría de los estudios respecto a la luz se han enfocado a la duración del fotoperiodo más que a la calidad de luz. En este sentido Moreno et al. (1994) reportan que el frijol cultivado es insensible al fotoperiodo en germinación y desarrollo de plántula como ocurre con las variedades y cultivares trabajadas en este estudio, pero el fotoperiodo requerido para iniciar la formación de botones florales es diferente entre ellas. Granados y López (1996) afirma que los cultivares tienen una mayor sensibilidad a la duración del día y su maduración es uniforme.

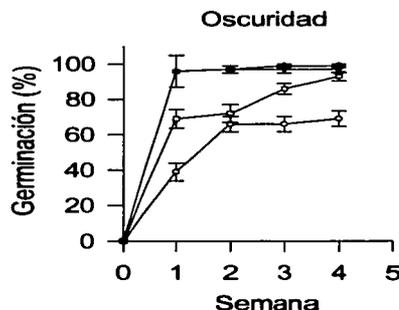
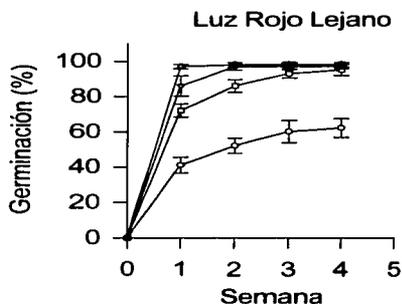
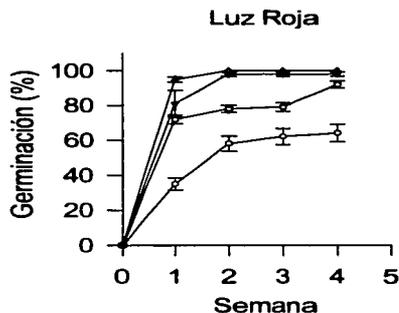
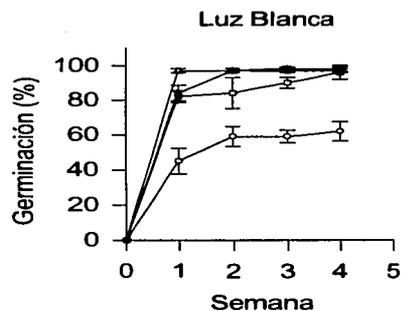


Fig.19 Respuesta germinativa de semillas no escarificadas bajo cuatro calidades de luz a temperatura fluctuante de 15 -30 °C, en *P. vulgaris* variedades *silvestre mesoamericano* (O) y *sudamericano* (□), cv. 'Carioca' (▽) y cv. 'Bayomex' (Δ). Valores expresados en porcentajes no transformados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.3.5 Respuesta germinativa de semillas esscarificadas y no esscarificadas bajo cuatro calidades de luz y temperatura fluctuante de (15 - 30 °C) de las variedades silvestre sudamericano y silvestre mesoamericano.

Cuadro 10. Respuesta germinativa de semillas esscarificadas y no esscarificadas bajo cuatro calidades de luz y temperatura fluctuante de (15 - 30 °C) de las variedades sudamericana y mesoamericana.

P. vulgaris	Tratamientos	LB	LR	LRL	OSC
s.mesoamericano	Escarificados	80.1 ± 9.3	84.8 ± 7.1	82.3 ± 7.1	53.9 ± 7.0
s.sudamericano		81.2 ± 8.4	90.0 ± 0.0	90.0 ± 0.0	90.0 ± 0.0
s.mesoamericano	No esscarificados	52.2 ± 7.6	53.4 ± 7.0	52.1 ± 6.2	56.4 ± 6.0
s. sudamericano		84.7 ± 11.9	74.0 ± 4.5	81.8 ± 11.4	76.6 ± 8.6

En las variedades silvestres, esscarificadas y no esscarificadas bajo cuatro tratamientos de luz, se encontró un efecto significativo (esscarificadas $F_c=31.611$, $N_s=0.0001$)(no esscarificadas $F_c=427.564$, $N_s=0.0001$)(Apéndice, cuadros 24 y 25). En ambos tratamientos el silvestre sudamericano presentó mayores porcentajes de germinación respecto al silvestre mesoamericano (Apéndice, cuadro 26 y 27).

Si bien hubo diferencias en los cuatro tratamientos de luz (Apéndices, cuadros 28 y 29),no hubo un patrón claro bajo las condiciones probadas que indique la existencia de una respuesta fotoblástica en las semillas (LFR, VLFR o HIR), por lo que se podría considerar entonces su comportamiento como indiferente (Fig. 20). Debido a que las semillas cultivadas (cultivares 'Bayomex' y 'Carioca'), no presentaron cubierta dura y germinaron en altos porcentajes, se comparó la respuesta germinativa de las semillas esscarificadas de las silvestres mesoamericano y sudamericano con respecto a la de semillas no esscarificadas de los cultivares 'Bayomex' y 'Carioca'. De esta forma se observaron diferencias significativas entre las semillas (Apéndice, cuadro 30)($F_c=27.211$, $N_s=0.0001$). Se observó que con la esscarificación el silvestre sudamericano alcanzó porcentajes de germinación similares al cultivar 'Carioca', sin embargo en el silvestre mesoamericano no se dio esta respuesta y tuvo los menores porcentajes de germinación (Apéndice, cuadro 31) (Fig.20).

Esto se explicaría por que al esscarificar la semilla se rompe la barrera estructural al paso del agua impuesta por la testa acelerando el proceso de absorción (Pérez y Acosta 2002), con una rápida entrada de agua a la semilla, lo cual es una precondition para el vigor a la vez que favorece la germinación (Woodstock 1988). Puesto que una testa dura se relaciona con la impermeabilidad de la semilla, esto ocasiona un retraso en la germinación y se asocia con el aumento del tiempo de cocción (Egley 1989, Castellanos et al. 1995).

Esto refuerza lo observado anteriormente con respecto a que las variedades silvestres presentan una testa que representa una barrera para la imbibición a diferencia de las cultivadas que presentan una testa mucho más permeable.

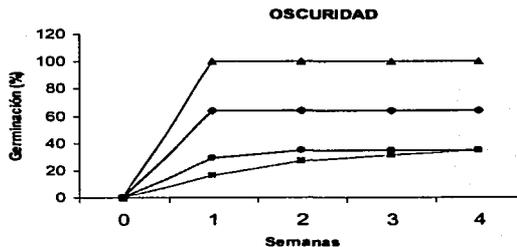
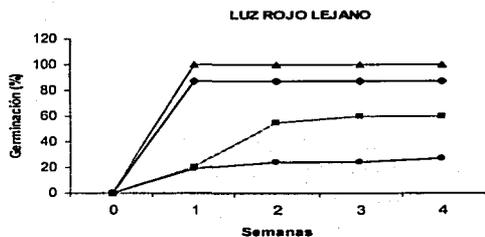
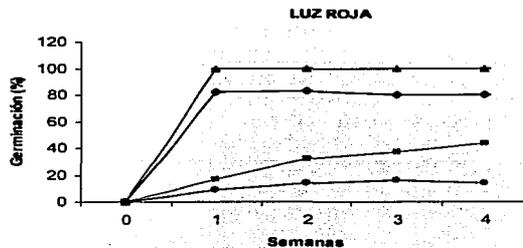
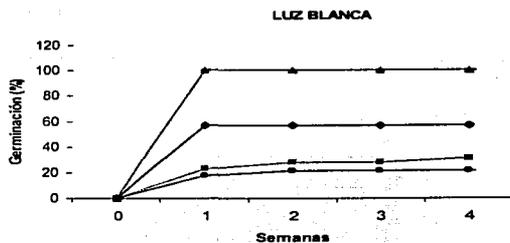


Fig. 20. Respuesta germinativa de semillas escarificadas y no escarificadas bajo cuatro calidades de luz a temperatura fluctuante 15-30°C, de las variedades silvestre sudamericano y silvestre mesoamericano. Escarificadas silvestre sudamericano (Δ), no escarificadas silvestre sudamericano (◊), escarificadas silvestre mesoamericano (●), no escarificadas silvestre mesoamericano (□). Valores expresados en porcentajes no transformados.

6.4 ESTRUCTURAS REPRODUCTIVAS

La clasificación de las plantas cultivadas presenta una gran variabilidad debido a que sobre ellas han actuado las fuerzas selectivas naturales y artificiales durante el largo período de su domesticación, por lo que representa un gran desafío en especial para los taxónomos. Con relación a ésta problemática es necesario fijar pautas para el entendimiento de la evolución, así en los criterios para una clasificación general es necesario evaluar similitudes y diferencias, por ejemplo fenéticas, es decir, considerar caracteres basados en características observables y absolutos como ser morfología, tamaño, forma, ultraestructura, de óvulos, vainas, estigma, grano de polen, etc, correlacionando unos a otros (Granados 1996), y de ésta manera contribuir al esclarecimiento de sus relaciones, morfología y al entendimiento del proceso de domesticación que ha ocurrido durante miles de años.

La estructura es el almacén por medio de la cual se desarrollan las funciones, de ahí que para entender la función es necesario conocer el almacén, por que el almacén es parte de la actividad. Los conocimientos estructurales ayudan a añadir consideraciones sobre por ejemplo caracteres taxonómicos microscópicos distintos de los que se perciben a simple vista (Engleman 1991).

7.1 Microscopía Óptica.

El desarrollo de las semillas en las Leguminosas se ha relacionado con la posición que ocupa el óvulo en el ovario. Aquellos óvulos que se encuentran próximos al estilo en los *Phaseolus* estudiados presentan mayores posibilidades de fertilización, de alcanzar completa madurez, desarrollo y peso, mientras que las semillas en la posición basal generalmente abortan (Grabelman y Williams 1962; Nakamura 1986; Rocha y Stephenson 1990, Sage y Webster 1990 y, Rocha y Stephenson 1995). El número promedio de óvulos y semillas encontradas en los distintos genotipos aquí estudiados es el siguiente:

Cuadro 11. Relación semillas-fruto, óvulo-flor y eficiencia en la fecundación en los silvestres y cultivados estudiados. n=10 (10 vainas de 10 plantas distintas).

<i>Phaseolus vulgaris</i>	Semillas/frutos	Ovulos/flor	Eficiencia de F!
s. mesoamericano	7.8	8.0	97.%
s. sudamericano	4.8	5.8	80.%
Cultivar 'Carioca'	5.4	6.3	83.%
Cultivar 'Bayomex'	1.9	3.1	61.%

Los rudimentos seminales abortivos, en todos los casos, se encuentran en la posición basal en dirección opuesta al estilo.

Llama la atención el comportamiento del cv. 'Bayomex', aunque también en las pruebas fisiológicas realizadas su rendimiento en general fue mucho más bajo de lo esperado en su calidad de cultivar. Es posible que en su carácter de cultivar se

halla favorecido el tamaño y peso de la semilla. Con respecto al número de semillas por fruto (Fig. 11-12).

Observaciones anatómicas indican que el aborto ocurre principalmente en etapas tempranas del desarrollo del embrión de 5 - 8 células (Sage y Webster 1987). Para Engleman (1979) existen dos tamaños críticos de aborto en *P. vulgaris*, cerca de 1mm y 4.5 mm. Observaciones anatómicas revelan que a menudo el aborto sucede a pesar de la presencia del embrión y endospermo aparentemente normales, en consecuencia el aborto no siempre ocurre por falta de fertilización y puede ser un aborto programado, para producir menos número de semillas pero más robustas.

Los óvulos en cortes medianos (Fig.21) de botones en preantésis se observan prácticamente sésiles, ya que sus funículos son muy reducidos. El tegumento externo está formado por 2 - 4 estratos de células en los cultivares y en los silvestres se presentó un número mayor de estratos (5). Esta puede ser una de las razones por las cuales la cubierta seminal en las semillas silvestres es más gruesa que en los cultivares.

El tegumento interno se observó con 2 estratos en todos los genotipos estudiados (Fig. 22).

El óvulo es curvo del tipo campilótropo, con endospermo libre nuclear.

La nucela está bien desarrollada y es consumida después de la fecundación por el saco embrionario en crecimiento (Corner 1951).

Aunque los óvulos tanto de los silvestres como de los cultivares son campilótropos, la curva nucelar es diferente en cada uno de ellos. Tomando en cuenta los ángulos obtenidos, trazamos rectas sobre las fotografías de cortes medianos de óvulos de flores en antesis (Fig.10-21). Se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 12. Valor de los ángulos de la calaza en cortes medianos de óvulos de *P.vulgaris* silvestres y cultivados estudiados.

<i>P. vulgaris</i>	°	°	°	°	°
s. sudamericano	110.02	97.65	98.76	99.10	100.05
s. mesoamericano	90.89	86.72	89.90	88.76	84.87
cv. 'Carioca'	76.13	69.57	70.98	73.56	75.45
cv. 'Bayomex'	98.26	93.72	95.66	96.08	97.51

Aplicando la prueba de Kruskal Wallis obtenemos $H(3, N= 20) = 17.58286$ $p= 0.005$, por lo tanto, hay diferencia significativa entre los mismos.

Estos resultados indican que la curva nucelar puede ser un parámetro de identificación de los diversos genotipos, por lo menos, de los aquí estudiados.

La nucela es similar en los cuatro genotipos y es progresivamente absorbida por un canal de absorción cenocítico (saco embrionario haustorial) (Corner 1951).

El ovario es súper, unilocular, unicarpelar, sincárpico, de placentación parietal con 3 -8 óvulos; está cubierto generalmente por dos tipos de tricomas; glandulares y unicelulares, muy semejantes a los reportados para el género *Vicia* (Endo y Ohashi 1997) (Fig.23).

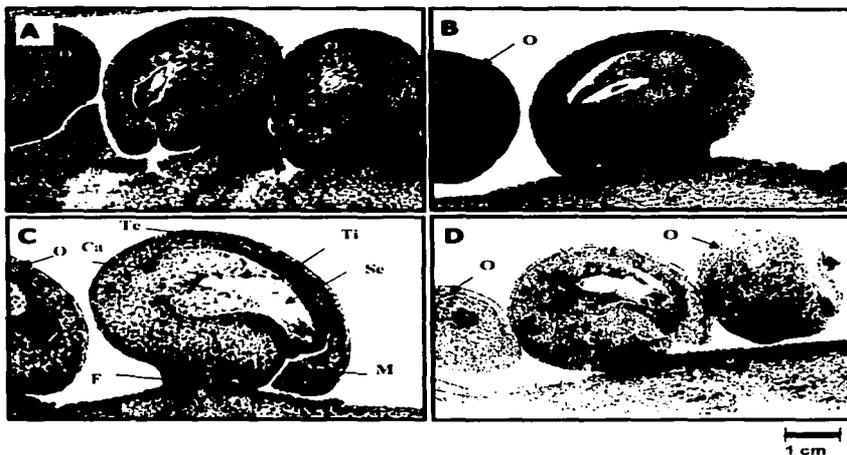


Fig. 21. Cortes medianos de óvulos de *Phaseolus* (Ca) Calaza, (F) funículo, (Se) saco embrionario, (Te) tegumento externo, (M) micrópilo y (O) óvulo; A) *Silvestre sudamericano* 73 μ , B) *Silvestre mesoamericano* 87 μ , C) cv. 'Carlioca' 83 μ y D) cv. 'Bayomex' 80 μ .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

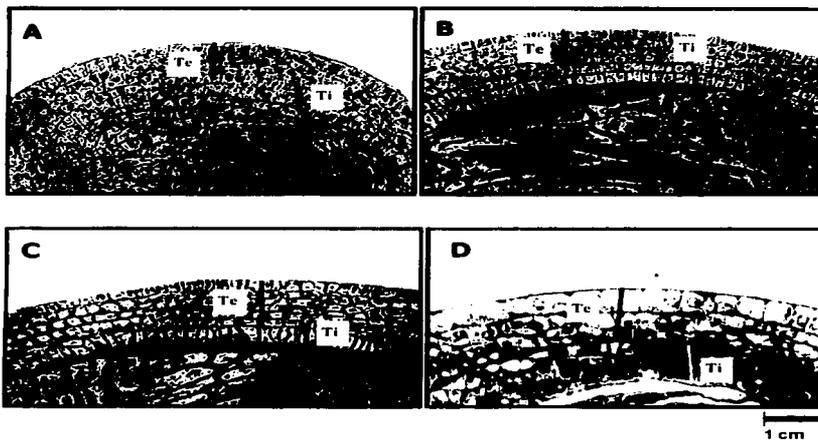


Fig. 22. Estratos del (Te) tegumento externo y (Ti) tegumento interno en *Phaseolus vulgaris* : A) *Silvestre sudamericano* 28 μ ; B) *Silvestre mesoamericano* 25 μ ; C) cv. 'Carioca' 2 μ y D) cv. 'Bayomex' 165.86 μ .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

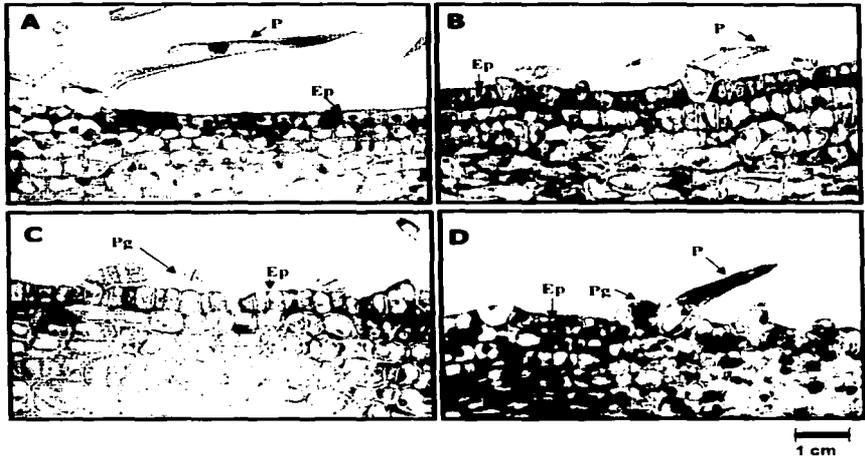


Fig. 23. Corte longitudinal de la pared de la vaina donde se observan los diferentes tipos de tricomas en *Phaseolus vulgaris* : (Ep) epidermis, (P) pelo no glandular y (Pg) pelo glandular; (A) *Silvestre sudamericano* 29 μ , B) *Silvestre mesoamericano* 26 μ , C) cv. 'Carioca' 28 μ y D) cv. 'Bayomex' 27 μ .

El fruto es una vaina (legumbre) con dos valvas, formado por un solo carpelo con un solo cordón de óvulos que surgen de una placenta marginal.

La estructura de la vaina en flores preantesis, del material silvestre y cultivado estudiado, presentan en la zona de la sutura de la pared placental (Fig. 24): una epidermis externa monoestratificada, donde se diferencian los dos tipos de tricomas: unicelulares y glandulares.

En los cortes longitudinales de las vainas (Fig. 24) se puede apreciar que aunque la pared del fruto de los cultivares fue fotografiada a menores aumentos que los silvestres, tiene un mayor grosor que las paredes del fruto de las silvestres. Una posible explicación a este hecho es que mediante los procesos de domesticación se fueron seleccionando las plantas con frutos de paredes más gruesas, con menor cantidad de fibras, de taninos y más parenquima para hacerlos, por una parte indehiscentes y por otra mas apetecibles para el paladar humano (ejotes).

Por debajo de la misma, existen varios estratos de células parenquimatosas entre las cuales aparecen los haces vasculares y muchas células de parénquima llenan sus vacuolas de taninos (Fig. 25), sigue otra zona de parénquima y al último (adyacente a las placentas) existe una epidermis múltiple. Como lo observamos en la Fig.25, los taninos son mucho más abundantes en las variedades silvestres que en los cultivares estudiados.

González y Engleman (1982) estudiaron la estructura del fruto maduro de *P. coccineus* encontrando que, la región interna está formada por esclereidas y fibras orientadas en sentido oblicuo y opuesto al de las fibras externas, mayores en los frijoles silvestres que en los cultivados, ésto facilita la dehiscencia "explosiva" de las vainas, como consecuencia del aumento en el espesor de la pared de las esclereidas internas y su mayor diámetro. Esto trae aparejado que a menor humedad relativa (10 al 25%) se acelera la dehiscencia. Esto mismo fue encontrado tanto para los *Phaseolus* silvestres como para los cultivares.

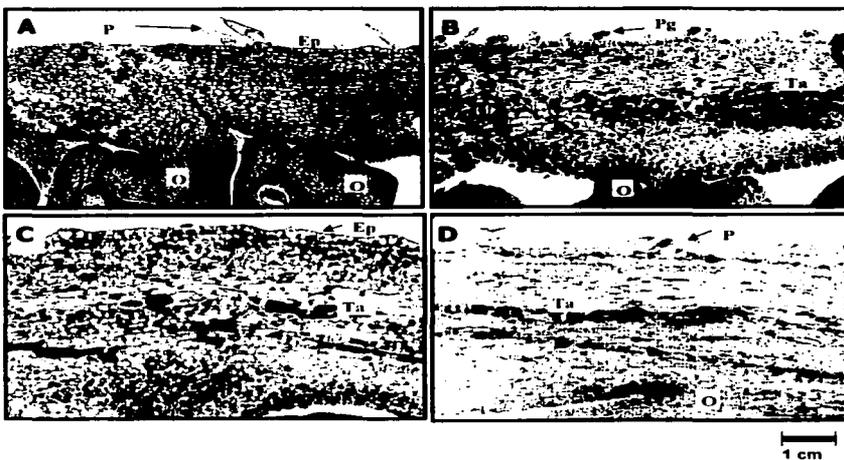


Fig. 24. Corte longitudinal de la vaina de *Phaseolus Vulgaris*: (Ep) epidermis, (O) óvulo, (P) pelo no glandular, (Pg) pelo glandular y (Ta) tanino; **A)** *silvestre sudamericano* 83 μ , **B)** *Silvestre mesoamericano* 78 μ , **C)** cv. 'Cartoca' 78 μ y **D)** cv. 'Bayomex' 79 μ .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Medición del grosor del pericarpio: presentamos los valores en micras obtenidos para las variedades silvestres y cultivadas del espesor en, pared placental ((P/P) y pared opuesta (P/O) con cinco repeticiones para cada una:

Cuadro 13. Grosor del pericarpio de *P. vulgaris* silvestres y cultivados. Valores de P/P= pared de la placenta y P/O= pared opuesta en u.

<i>P. vulgaris</i>	P/P	P/P	P/P	P/P	P/P
s. sudamericano	127.117	123.933	121.869	128.909	130.525
s. mesoamericano	123.743	134.801	134.961	136.908	147.444
cv. 'Carioca'	114.781	112.821	126.049	125.950	137.087
cv. 'Bayomex'	137.465	114.825	127.647	136.685	142.440
<i>P. vulgaris</i>	P/O	P/O	P/O	P/O	P/O
s. sudamericano	195.797	173.157	196.00	188.121	199.591
s. mesoamericano	206.437	212.069	209.162	204.105	213.832
cv. 'Carioca'	338.646	355.946	455.299	380.895	360.549
cv. 'Bayomex'	237.267	238.404	237.388	234.781	232.550

Aplicando la prueba de Kruskal Wallis obtenemos para (P/P) pared de la placenta: $H(3, N= 20) = 17.85714$ $p = 0.005$ y, para (P/O) pared opuesta a la placenta $H(3, N= 20) = 16.89714$ $p = 0.007$. Por lo tanto, hay diferencia significativa entre los mismos.

Según Kaplan (1965) la dehiscencia es un carácter ligado con la evolución del frijol bajo domesticación. Ha sido favorable a la especie desde el punto de vista adaptativo ya que facilita la dispersión, sin embargo, para el hombre no resulta conveniente, ya que las semillas que caen al suelo no forman parte de la cosecha. *Phaseolus vulgaris* silvestre mesoamericano y silvestre sudamericano son dehiscentes mientras que los cultivares 'Carioca' y 'Bayomex' son indehiscentes.

Estilos y estigmas

Los estilos en el extremo son del tipo introrso (Delgado 1985) y huecos, tanto en las variedades silvestres como en los cultivares estudiados (Fig. 26).

Los cortes longitudinales de los estigmas (Fig. 27) los muestran en los genotipos silvestres rodeados por un cojincillo estigmático aplanado adaxial (a veces con remanentes de granos de polen), las papilas celulares epidérmicas glandulares manifiestan abundante mucilago en todos los casos. Fue reportado por Webster et al. (1977) que existe secreción de mucilago en células epidérmicas estigmáticas que retienen el polen y proveen el medio adecuado para su germinación. En todos los casos se presenta una cutícula que cubre el estigma, pelos de la brocha polínica y región posterior del estigma, puesta en evidencia por la tinción con rojo o de aceite, esto fue reportado para *Phaseolus* por Hesloph y Hesloph (1982).

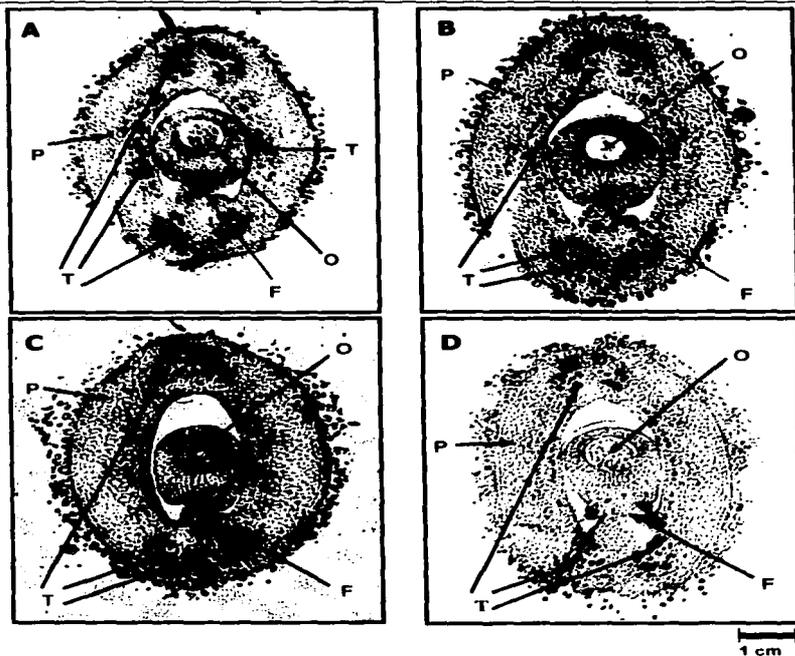


Fig. 25. Corte transversal de fruto joven en *Phaseolus vulgaris*. Mostrando la distribución de taninos: (F) funículo, (O) óvulo, (P) pericarpio y (T) taninos. **A)** *Silvestre sudamericano* 38μ, **B)** *Silvestre mesoamericano* 30μ, **C)** cv. 'Carlioca' 41μ y **D)** cv. 'Bayomex' 41μ.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

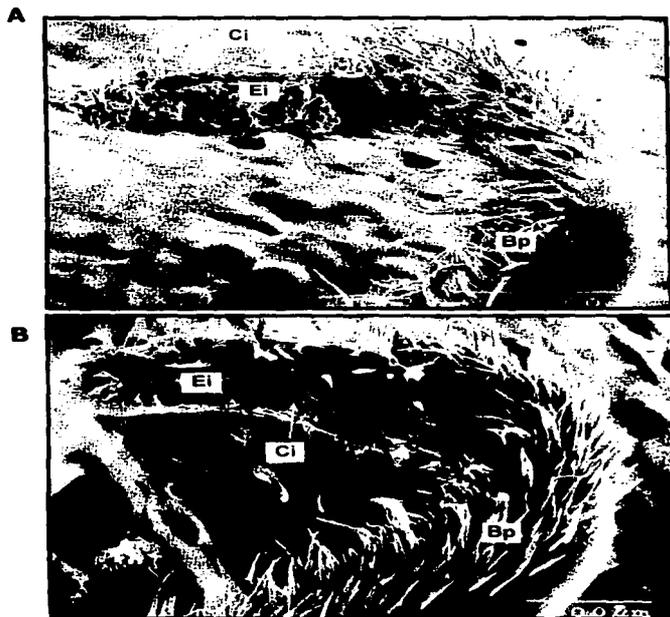


Fig. 26. Micrografía electrónica del estigma. (Bp) brocha polínica, (Ci) cilios y (Ei) estigma introrso en *Phaseolus vulgaris*. A) *Silvestre sudamericano*, B) *Silvestre mesoamericano*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

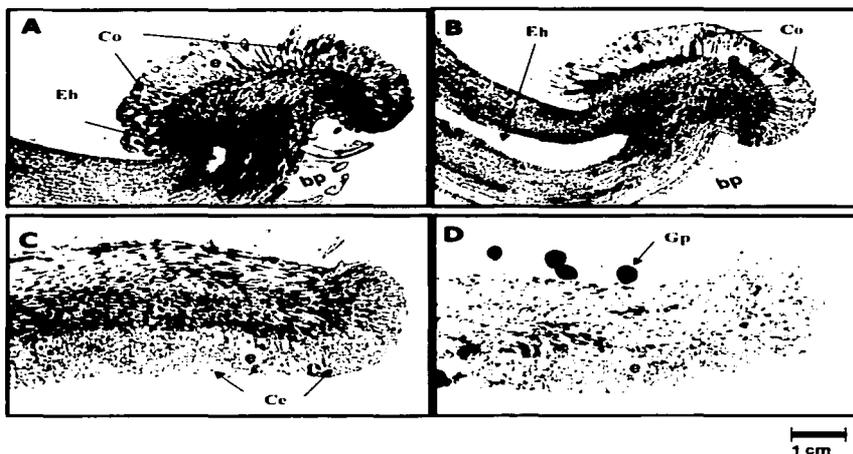


Fig. 27. Corte longitudinal de estigma en botón floral: (Co) en forma de "cojinete", (Ce) en forma de "cepillo", (e) estigma apical, (Eh) estilo hueco, (bp) brocha polínica y (Gp) grano de polen en *P. vulgaris*: A) *Silvestre sudamericano* 86 μ , B) *Silvestre mesoamericano* 80 μ , C) cv. 'Carloca' 91 μ , y D) cv. 'Bayomex' 80 μ .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se observaron diferencias entre la región estigmática de los pistilos silvestres y los cultivados aparentemente solo en etapas tempranas de desarrollo (pre-antesis). Mientras que los pistilos de los silvestres presentan el estigma como una estructura casi esférica que corona la parte apical de la región estigmática, en los cultivares esta zona está formada por una estructura en forma de cepillo el silvestre sudamericano parece que conserva, esta estructura aun en flores en antesis, sin embargo esto no es concluyente para el silvestre mesoamericano. Si esto fuera así, posiblemente la tendencia sería a aumentar la zona de recepción (adhesión) de los granos de polen en el estigma en los cultivares, dejando una zona más reducida para los silvestres. Esto concuerda con la tendencia que tienen los cultivares a aumentar, de manera general, el tamaño de sus estructuras (Harlan 1992).

Androceo

El androceo está formado por 10 estambres, 9 connados y 1 libre

(didelfo) (Engleman 1991). En corte transversal las anteras aparecen

bilobuladas, tetraesporangiadas - introrsas.

El diámetro de las anteras de los cultivares es mayor que el de los silvestres.

Estas medidas se tomaron en fotografías en cortes transversales de anteras

preantesis. Las anteras en antesis se encuentran vacías porque en botón floral

liberan los granos de polen (cleisotogamia) (Fig. 28).

Cuadro 14. Valores de la longitud de las anteras en μ , de *P. vulgaris* silvestres y cultivados estudiados.

<i>P. vulgaris</i>					
s. sudamericano	127.117	121.869	123.933	128.909	130.525
s. mesoamericano	123.743	134.801	134.961	136.908	147.444
cv. 'Carioca'	114.781	112.821	126.049	125.950	137.087
cv. 'Bayomex'	137.465	114.825	127.647	136.685	142.440

Aplicando la prueba de Kruskal Wallis obtenemos para la longitud de las anteras: $H(3, N=20) = 4.64571$ $p = .1997$, por lo tanto, no hay diferencia significativa entre las mismas.

Con respecto a su estructura, todas las anteras presentan engrosamientos del endotecio en forma de "U" de paredes persistentes, los septos rotos al momento de la dehiscencia (Fig.28 B, C y D) por colapsamiento de sus células, mientras que la zona del estomio está adelgazada pero aún intacta en todos los casos. En su interior se observan los granos de polen binucleados y maduros (Fig.28). El

polen, una vez liberado de las anteras, se adhiere a los tricomas del estilo y al estigma, dentro de la quilla. De ésta forma la autopolinización es muy eficiente en los botones preantesis, que Webster et al. (1977) los reporta como "botones blancos".

El alto grado de autopolinización y autogamia se atribuye a la proximidad de las anteras dorsifijas al estigma con maduración simultánea, la posición y orientación de los pelos estigmáticos o "brocha polínica" (Fig 26) en la cara abaxial que permiten una presentación secundaria del polen de *Phaseolus* (Webster et al. 1977).

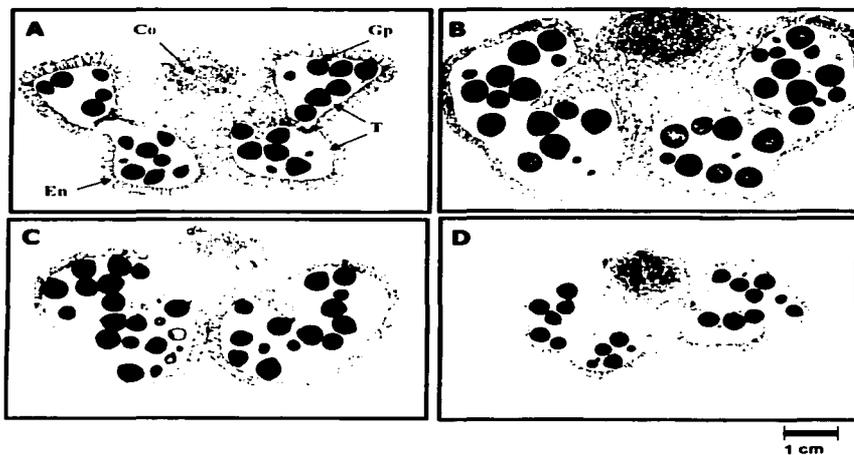


Fig. 28. Corte transversal de anteras en las que se muestran: (Co) que es conectivo, (En) endotelio, (Gp) grano de polen y (T) tecas en *Phaseolus vulgaris*: **A)** *Silvestre sudamericano* 72 μ , **B)** *Silvestre mesoamericano* 72 μ , **C)** cv. 'Carlota' 70 μ y **D)** cv. 'Bayomex' 134 μ .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.4.1 MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO (MEB). ESTUDIO MICROMORFOLOGICO

Polen

En el material trabajado en esta tesis, los granos de polen son simétricos por que poseen más de dos planos de simetría (heteropolares).

La forma que adoptan los granos de polen en vista polar, según el contorno y la situación de las aperturas es: tricolpado anguloaperturado (Fig. 29- 30 A y C), con la zona interapertural convexa. Prolados (Fig. 29).

Saenz de Rivas (1978), reporta que el tamaño de los granos de polen en los cultivares es mayor que en las variedades silvestres, lo cual corroboramos en este trabajo (Fig. 29).

El tamaño de un grano de polen se define por las longitudes de sus ejes: polar (P) y ecuatorial (E). Es un buen carácter taxonómico, ya que en general es constante dentro de la misma especie. De acuerdo con Ertman (1952) la descripción de la forma del grano de polen se basa en la relación entre los ejes multiplicado por cien ($P/E \times 100 = \text{Forma}$). Dentro de las clases propuestas por el autor (Apéndice cuadro 32) *P. vulgaris* var *aborigineus* corresponde a las formas subesferoidal y prolado esferoidal. La silvestre mesoamericano y los cultivares entrarían dentro de la forma oblado esferoidal (Fig. 29-30 A y C) (Apéndice cuadros 33, 34, 35 y 36).

Aplicando la prueba de Kruskal Wallis para los valores obtenidos fueron representativos entre los silvestres y cultivares estudiados. Se midió la distancia:

Entre colpos $H(3, N= 60) = 38.00332 p= 0.000$.

Del eje polar: $H(3, N= 60) = 45.87768 p= 0.000$.

Del eje ecuatorial: $H(3, N= 60) = 48.82397 p= 0.000$.

El tectum presenta frecuentemente un relieve superficial que forma los elementos estructurales, éstos permanecen constantes dentro de la misma especie. En nuestro material observamos, en todos los casos, el tipo reticulado. Es decir que su disposición es en malla o retículo, con muros engrosados y lisos que rodean al lumen provisto de gránulos en su interior. Presentan su ornamentación del tipo microreticulado (Fig. 29 - 30 B y D).

Las membranas de apertura están regularmente engrosadas con pseudo opérculo (endexina engrosada), colporada, con membranas aperturales de colpo y poro: anillo (poro) o margo (colpo) (Fig.31), el material estudiado es del tipo tricolporado anguloaperturado, brevicolpado casi porado, en todos los casos (Figs. 32-33). Y en contraposición a lo observado por Maréchal et al (1978) los cuales definen para *P. vulgaris* un polen triporado.

El margo presenta un cambio gradual de la estructura del tectum rodeando el colpo, pasando de liso a microreticulado en los cultivares mientras que en las variedades silvestres se observan de liso a levemente foviolados - microreticulados. (Fig. 31 B y D).

Las características palinológicas de las variedades silvestres y cultivares aquí estudiadas se suman a lo reportado para la forma predominante del género por Delgado (1985); no observándose entre ellas variaciones notables en cuanto a la forma y escultura del polen.

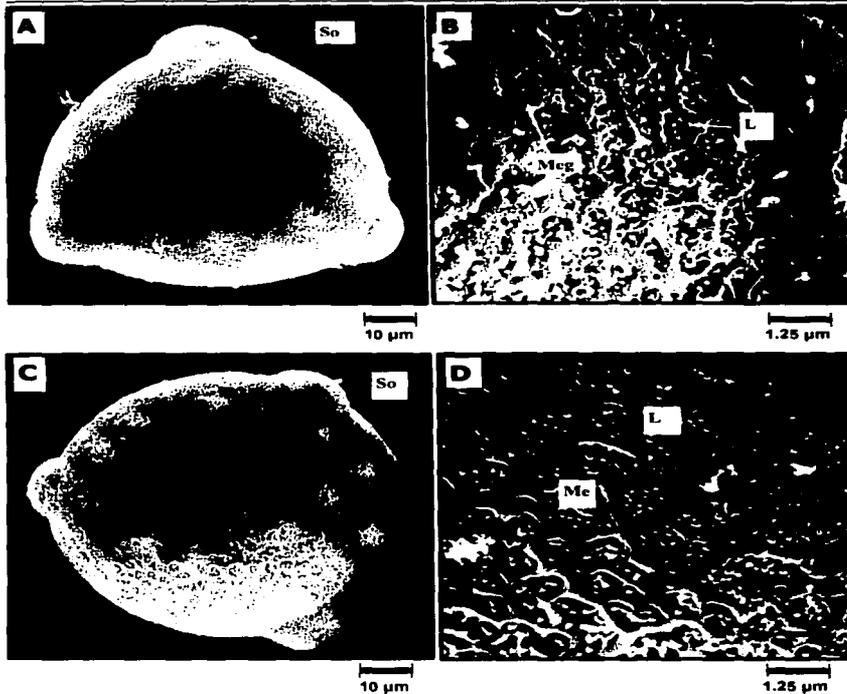


Fig. 29. Micrografía electrónica en la que se muestra el grano de polen en vista polar y el detalle de su exina en *Phaseolus vulgaris*: (L) lumen con gránulos en su interior, (Me) muros engrosados y lisos, (Meg) muros engrosados granulados y (So) pseudoapértulo; silvestre sudamericano, (A, B) silvestre mesoamericano (C, D).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

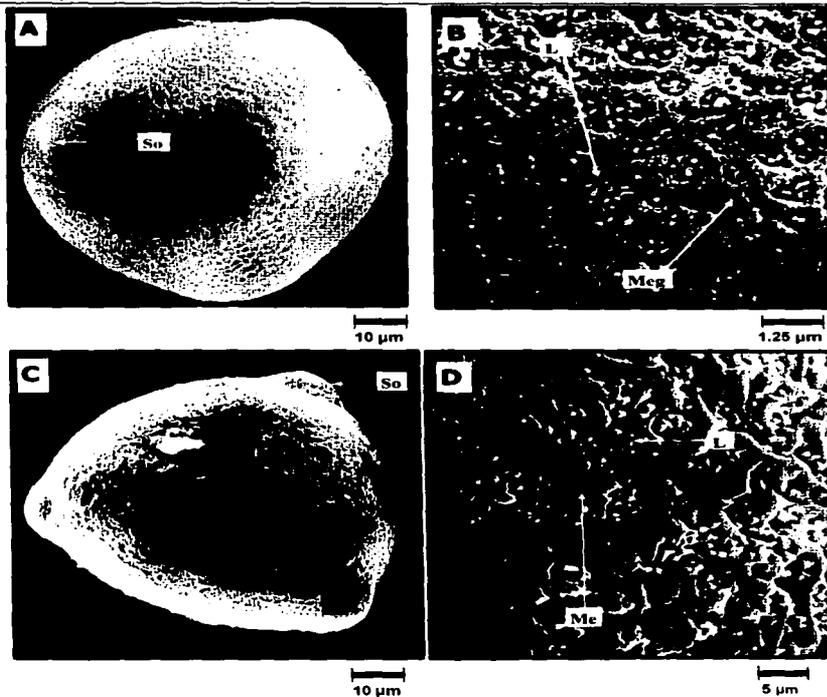


Fig. 30. Micrografía electrónica en la que se muestra el grano de polen en vista polar y el detalle de su exina en *Phaseolus vulgaris*: (L) lumen con gránulos en su interior, (Me) muros engrosados y lisos, (Meg) muros engrosados granulados y (So) pseudoopérculo; cv. "Carioca" (A, B) y cv. "Bayomex" (C, D).

TESIS CON
FALLA DE ORDEN

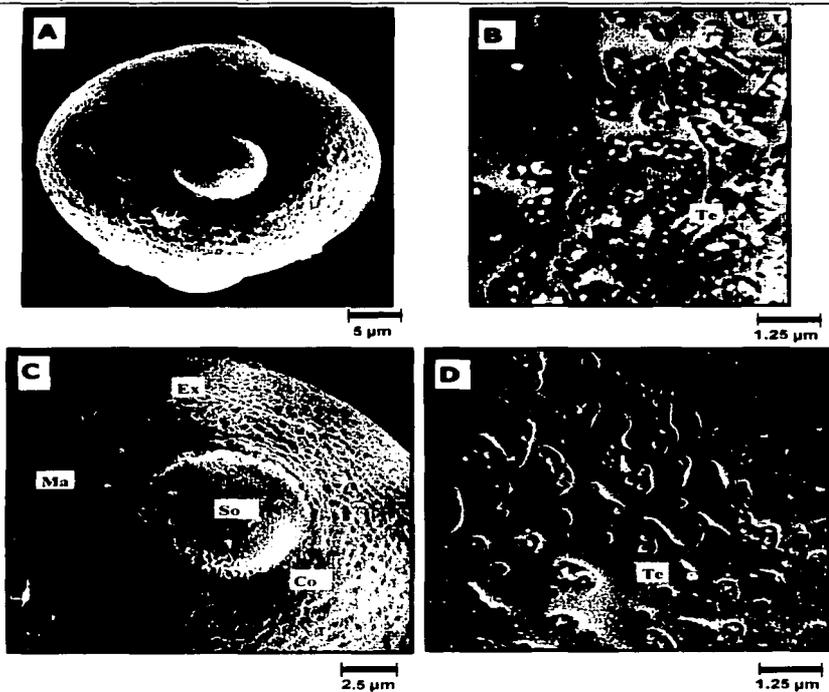


Fig. 31. Micrografía electrónica de los granos de polen en vista ecuatorial y el detalle de la ornamentación en su margo en *Phaseolus vulgaris*: (Co) colpo, (Ex) exina, (Ma) margo, (Te) tectum microreticulado y (So) pseudooperculo; *Silvestre mesoamericano* (A, B) y cv. 'Carioca' (C, D).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

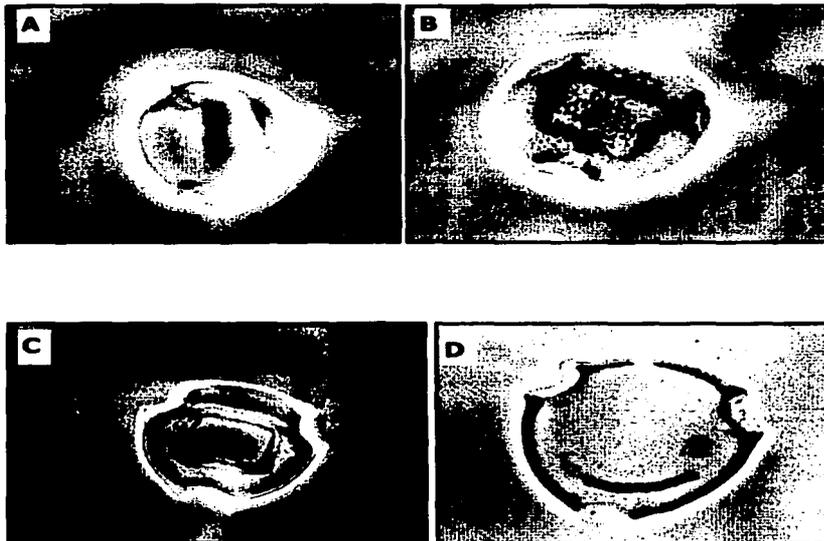


Fig. 32. Granos de polen acetolizados en *Phaseolus vulgaris*, donde observamos las aperturas dejadas por la pérdida del seudoopérculo; **A)** *Silvestre sudamericano* 700x, **B)** *Silvestre mesoamericano* 645x, **C)** cv. 'Carioca' 555X y **D)** cv. 'Bayomex' 583X.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

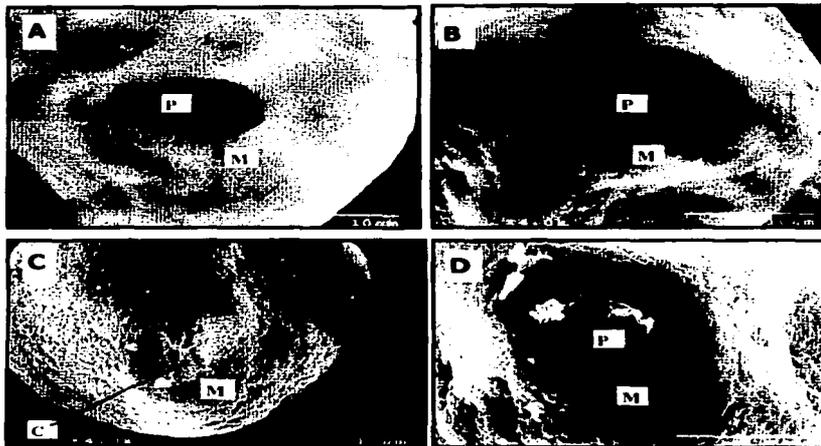


Fig. 33. Micrografía electrónica en la que observamos aperturas de granos de polen en acetólisis con apertura ticolporada, ángulo aperturaza y casi porada en *Phaseolus vulgaris*: (C) colpo, (M) margo y (P) poro; A) *silvestre sudamericano* B) *silvestre mesoamericano*, C), cv. 'Carioca' y D) cv. 'Bayomex'.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.4.2 COLOR DE LAS FLORES

El color de las flores en antésis fue blanco uniforme en los cultivares estudiados, en los silvestres sudamericanos es rosa a lila (Palacios y Vilela 1994) y en la silvestre mesoamericana fucsia, rosa o blanco (Delgado et al. 1988) (Fig. 34).

Cuadro 15. Color de las flores en *P. vulgaris* silvestres estudiados, según la Royal Horticultural Society Kornerup y Wansher (1963).

<i>Phaseolus vulgaris</i>	
silvestre mesoamericano	Fucsia - morado "B".77
silvestre sudamericano	Lila "C". 65



Fig. 34. Color de las flores en *Phaseolus vulgaris*: (A) alas, (B) quilla y (C) estandarte
A) *silvestre sudamericano*, B) *silvestre mesoamericano*, C) cultivados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7.0 DISCUSION GENERAL Y CONCLUSIONES

Phaseolus vulgaris es importante en su estudio por ser una fuente alimenticia con alto contenido protéico en una población creciente a nivel mundial, por lo que debemos conservar y hacer un uso eficiente de ellos para su supervivencia como planta útil al hombre.

El cultivo y la domesticación de *Phaseolus* ha conducido a la modificación de distintas estructuras y procesos con base a un número reducido de genes (Mikkelsen *et al.* 1996, Habert 1997 y Nieto *et al.* 1999).

Hay características que se presentaron en los genotipos silvestres y cultivados de éste trabajo que ya han sido descritas para *Phaseolus* como ser:

<u>Características</u>	<u>Silvestres</u>	<u>Cultivados</u>
Hábito	Indeterminado	Determinado
Ciclo de vida	Anual	12 meses
Floración	Escalonada	Al mismo tiempo
Color de la flor	Fucsia – Blanca - Lavanda	Blanca
Vainas	Dehiscentes	Indehiscentes

Las semillas de las variedades silvestres independientemente de su lugar de origen, presentaron menor peso y tamaño con respecto a las cultivadas.

Tanto las semillas silvestres como las cultivadas se caracterizan como ortodoxas ya que sobreviven con un contenido de humedad bajo y mantienen su viabilidad en condiciones adecuadas de almacenamiento. En condiciones de escarificación y no escarificación, mostraron indiferencia a la calidad de luz. El mayor efecto de la escarificación ocurrió en los genotipos silvestres, por lo que en estos casos la testa de actúa como una barrera impermeable al paso del agua.

Los resultados muestran que las características obtenidas mediante la selección del hombre están encaminadas hacia sus necesidades, las del mercado y obtener beneficios económicos.

Los datos de polen demuestran que los silvestres y cultivados estudiados presentan una exina microreticulada - granulada y, el tamaño de los granos de polen en los cultivares es mayor que los silvestres (n=15).

Sin embargo, en estudios comparativos entre genotipos silvestres y cultivados, es la primera vez que se toman en cuenta caracteres que a continuación se mencionan, por lo que corresponden a aportaciones originales de esta tesis, al igual que todo lo reportado para el genotipo sudamericano.

El estigma en etapas tempranas de su desarrollo es apical y esférico con aspecto de "cojincillo" en los genotipos silvestres, en los cultivares su forma es de "cepillo". Poseen abundante mucilago, cutícula y granos de polen que se identificaron para el silvestre sudamericano como subferoidal y prolado esferoidal, con apertura (en

polen acetolizado) tricolporado ánguloapeturado, brevicolpado casi porado. Los poros están cubiertos por un seudoopérculo.

En las semillas estudiadas el análisis histológico de los rudimentos seminales reveló diferencias en las características morfológicas, de la envoltura nucelar representada por el valor del ángulo y el engrosamiento del tegumento externo en base al número de estratos que lo forman, por lo que podría considerarse de valor taxonómico.

La micromorfología de la cubierta seminal fue del "Patrón I" para el silvestre sudamericano, mesoamericano y cv. 'Carioca' y el "Patrón II" para el cv. 'Bayomex'. El vigor también es muy semejante entre los tres primeros no encontrándose diferencias entre el silvestre mesoamericano y el cv. 'Carioca', ambos poseen semillas pequeñas con testa oscura y veteada. El número de óvulos/flor y de semillas/frutos también es mayor en las tres primeras, no hay diferencias entre el silvestre sudamericano y cv. 'Carioca' en cuanto a su eficiencia en la fecundación. Este comportamiento de común denominador del cv. 'Carioca', podría explicarse por el hecho, que la domesticación es un proceso, por lo que los cambios son graduales y no es extraña entonces la presencia de caracteres intermedios, como sería en éste caso.

Lo interesante es que pudimos reconocer los diferentes genotipos por la microestructura de su cubierta seminal, como así también, es posible que la forma, largo y ancho de la lentilla sea diferente, estudios posteriores serían necesarios para confirmar este último dato.

En corte transversal de fruto la prueba histoquímica revela una mayor concentración de tanino en los frutos silvestres que en los cultivados.

8.0 BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J., J. Muruaga, F. Cardenas, y M. Khairallah. 1996.** Estrategias para la utilización de germoplasma de *Phaseolus* en el mejoramiento genético. *Ciencia* 47: 49-160.
- Baire, A. and B. Webster. 1992.** Control of *Acanthoscelides obtectus* say (Coleoptera: Bruchidae) in *Phaseolus vulgaris* L. Seed stored on small farms -II. germination and cooking time. *Journal of Stored Products Research* 28(4): 295-299.
- Baskin, M. and C. Baskin. 1985.** The annual dormancy cycle in buried weed seeds: A continuum. *Bioscience* 35(8): 492-498.
- Baudet, J. 1977.** Origine et classification des especes cultivees du genere *Phaseolus*. *Bulletin de la Societe Royale de Botanique Belgique* 110: 65-76.
- Berglun-Brucher, O. and H. Brucher 1976.** The South American bean (*Phaseolus aborigineus* Burk.) as ancestor of the common bean. *Economic Botany* 30(3): 257-272.
- Bradbeer, W. 1988.** Seed dormancy and germination. Eds. Chapman and Hall, New York.
- Burkart, A. 1943.** Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. ACME, Buenos Aires.
- Burkart, A. and H. Brucher. 1953.** *Phaseolus aborigineus* Burk., die mutmaßliche andine stammform der Kulturbhne. *Der Züchter* 23: 65-72.
- Casas, A. y J. Caballero. 1995.** Domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Ciencias* 40: 36-45.
- Castellanos, J., H. Guzmán, J. Acosta and J. Kelly. 1995.** Effects of hardshell character on cooking time of common bean grown in the semiarid highlands of Mexico. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 69(4): 437-443.
- Cabrera, A. 1971.** Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 14: 1-42.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1980.** Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Guía de estudio. Cali, Colombia.
- Corner, E. 1951.** The leguminous seed. *Phytomorphology* 1: 117-150.
- Curtis, P. 1986.** Microtecnia Vegetal. Trillas, México.
- Delgado, A. 1985.** Systematics of the genus *Phaseolus* (Leguminosae) in North and Central America. Dissertation Doctor of Philosophy. The University of Texas-Austin.
- Delgado, A, A. Bonet and P. Gepts. 1988.** The wild relative of *Phaseolus vulgaris* in middle America. In: Genetic Resources of *Phaseolus* Beans Ed. P. Gepts. Kluwer Academic Publishers, pp. 163-184.
- Debouck, D., O. Orlando, O. Paredes, W. Johnson and P. Gepts. 1993.** Genetic diversity and ecological distribution of *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) in North western South America. *Economic Botany* 47(4): 408-423.
- Egley, G. 1989.** Water-impermeable seed covering as barriers to germination. In : Recent advances in the development and germination of seed. Ed. Taylorson, R. B. Plenum Press. Series A: Life Sciences. Vol. 187. New York, pp. 207-223.
- Esau, K. 1960.** Anatomy of seed plants. Ed. J. Wiley, New York.

- Endo, Y. and H. Ohashi. 1997.** The morphology and anatomy of styles in *Viciaeae* (Leguminosae). *Journal of Japanese Botany* 72(1): 9-18.
- Erdtman, G. 1952.** Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms. Eds. Almqvist and Wiksell. Stockholm.
- Engleman, E. 1991.** Contribuciones al conocimiento del Frijol (*Phaseolus*) en México. Colegio de Postgraduados, México.
- Esquivel, C., L. López, G. Mateos e I. Bernal. 1992.** Chemical composition and structure of two Mexican bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in relation to cooking time. *Phyton* 53(2): 143-153.
- Evans, L. 1976.** Physiological adaptation to performance as crop plants. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B.* 275: 71-83.
- Freytag, F. and D. Debouk. 2002.** Taxonomy, distribution and ecology of The genus *Phaseolus* (Leguminosae-Papilionoideae) in North America, and Central America. *Sida Botanical Miscellany* 23: 35-42
- Gabelman, W. and S. Williams. 1962.** Water relationships affecting pod set of green beans. In: Proc. Campbell Sonup Co, Plant Sc. Symp., Garden, N.J. pp25-35.
- García, E. 1994.** Diferencias entre el frijol silvestre y domesticado en atributos morfológicos y en su respuesta al almacenamiento inadecuado de la semilla. Tesis, Colegio de Postgraduados, México.
- Gentry, H. 1969.** Origin of the common bean, *Phaseolus vulgaris*. *Economic Botany* 23(1): 55-69.
- Gepts, P. and D. Debouk. 1991.** Origin, domestication and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Common beans: research for crop improvement. Eds. A. Vhoonhoven and O. Voysest, CAB, CIAT, Wallinandford, Oxford. Uk, pp. 7-53.
- Gepts, P., R. Papa, S. Coulibaly, A. González and R. Pasquet. 2000.** Wild legume diversity and domestication: insights from molecular methods: In: Proceedings of 7th. MAFF International Workshop on Genetic Resources Part 1. Ed. K. Oono, AFFRC and NIAR. Japan, pp.19-31.
- Gepts, P. 2000.** <http://agronomy.ucdavis.edu/gepts/lab.html>
- González, A. y E. Engleman. 1982.** Anatomía de la vaina de *Phaseolus coccineus*. Centro de Botánica, México.
- Granados, D. y G. López. 1996.** Origen y evolución de las plantas domesticadas. En: Agroecología. 114-120 Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Habert, P. 1997.** La ingeniería genética probada en los campos. *Mundo Científico* 153(15): 30-36.
- Harlan, J. 1975.** Origin and geography of cultivated plants. Cambridge University Press, Cambridge.
- Harlan, J. 1992.** Crops and man. American Society of Agronomy. Ed. Crop Science Society of American. Wisconsin.
- Heiser, C. 1969.** Some considerations of early plant domestication. *Bioscience* 19: 228-231.
- Heslop Harrison, J. and Y. H. Harrison. 1982.** The specialized cuticles of the receptive surfaces of angiosperm stigmas. In: The plant cuticle, papers presented at International Symposium. Linnean Society of London, pp. 99-119.

- Hernández Xolocotzi, E., M. Brunner and M. Ortega. 1984.** Composition of seed of *Phaseolus lunatus* L. from México and South America. Annual Report of Bean Improvement Cooperative. 27: 175-176.
- H Hernández Xolocotzi, E. 1993.** Aspects of plant domestication in México: a personal view. In: Biological diversity of Mexico: Origins and distribution. Eds. T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot and J. Fa. Oxford University Press, New York, pp. 733-753.
- Hewkes, J. 1983.** The diversity of crop plants. Harvard University Press, Cambridge.
- Hidalgo, R., H. Rubiano y O. Toro. 1992.** Catálogo de germoplasma de frijol común *Phaseolus vulgaris* L. Unidad de Recursos Genéticos del CIAT.
- Jann, R. and R. Amen. 1997.** What is germination?. In: The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. Eds. Khan, A. A, North-Holland Publishing Company, New York, pp. 7-26.
- Kaplan, L. 1965.** Archeology and domestication in American *Phaseolus*. *Economyc Botany* 19: 358-368.
- Kaplan, L. and T. Lynch. 1999.** *Phaseolus (Fabaceae)* in Archeology AMS Radiocarbon Dates and their Significance for Pre-Colombian Agriculture. *Economyc Botany* 53(3): 261-272.
- Karseen, C. 1982.** Seasonal patterns of dormancy in weed seeds. In: The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. Eds. Khan, A. A. Elsevier Biomedical Press, New York, pp. 243-270.
- Kessel, R. and Y. Shin. 1976.** Scanning electron microscopy in Biology. Springer Verlag, Berlin.
- Kimber, C. 1978.** A folk context for plant domestication: or the dooryard garden revisited. *Anthropological Journal of Canada* 16(4): 2-11.
- Koinange, E., S. Singh and P. Gepts. 1996.** Genetic control of the domestication syndrome in common bean. *Crop Science*. 36(4): 1037-1045.
- Lackey, J. 1981.** Systematic significance of the epihilum in *Phaseolae (Fabaceae, Faboideae)*. *Botanical Gazette* 142(1): 160-164.
- Locquin, M. y M. Langeron. 1985.** Manual de microscopía. Labor, Barcelona.
- Lord, E. 1981.** Cleistogamy: a tool for the study of floral morphogenesis, function and evolution. *The Botanical Review* 47: 421-449
- Maréchal, R., J.-M. Mascherpa and F. Stainier. 1978.** Complexe *Phaseolus – vigna*. *Boissiera* 28: 134-151.
- Mendez, I. 1990.** El protocolo de investigación: lineamientos para su elaboración y análisis. Trillas, México.
- Mikkelsen, T., T. Hauser y R. Bagger. 1996.** La huida de los genes. *Mundo científico* 178: 323-325.
- Moreno, E. 1984.** Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM, México.
- Moreno, S., R. Maiti, J. Hernández y A. González. 1994.** Morfología, ultraestructura y contenido de minerales en semilla y desarrollo de la plántula de 5 especies silvestres, una semicultivada y una cultivada, de frijol (*Phaseolus* spp.). *Phyton* 55(1): 9-2.
- Moreno, S. y R. Maiti. 1994.** Aspectos ecofisiológicos y caracterización morfoanatómica de frijol silvestre (*Phaseolus* sp.) en Nuevo León. Sociedad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

- Nakamura, R. 1986.** Maternal investment and fruit abortion in *Phaseolus vulgaris*. *American Journal of Botany* 73(7): 1049-1057
- Nakamura, R. 1988.** Seed abortion and seed size variation within fruits of *Phaseolus vulgaris*: pollen donor and resource limitation effect. *American Journal of Botany* 75 (7):1003-1010.
- Nieto, M., A. Guevara y L. Herrera. 1999.** Plantas transgénicas. Investigación y Ciencia 70-80.
- Palacios, R. y A. Vilela. 1993.** Las especies argentinas de *Phaseolus* (un recurso genético que necesita protección). In: Actas del II Simposio latinoamericano sobre recursos genéticos de especies hortícolas, pp. 123-139 A.M. Calusen, E. I. Camadro., A. López Camelo y M.a. Huarte (Eds).Argentina.
- Peña, C., J. Aguirre, E. García y J. Muruaga. 1995.** Componentes del rendimiento de semilla de una población silvestre y un cultivar de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Quaderni di Botanica Ambientale Applicata* 6: 181-187.
- Pérez, P. y J. Acosta. 2002.** Permeabilidad de la testa y la porción micrópilo-hilio en semilla de frijol silvestre y cultivado. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25(1): 57-63.
- Pickrsgill, B. 1983.** Dispersed and distribution in crops plants. Sonderbd, naturwiss. Ver. Hamburg.7: 285-301.
- Redon, B. y Nuñez F. 1998.** Genética evolutiva del proceso de domesticación en plantas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 30: 131-151-
- Reyes, C. y O. Paredes. 1992.** Nutrición. Endurecimiento del frijol común. *Cuadernos de Nutrición* 15(2): 17- 31.
- Ricci, J. y O. Vizgarra. 1985.** Recolección de las formas silvestres de poroto en el NOA S.A. *Avance Agro-industrial* 21: 21-23.
- Rocha, O. and A. Stephenson. 1990.** Effect of ovule position on seed production, seed weight, and progeny performance in *Phaseolus coccineus* (*Leguminosae*). *American Journal of Botany* 77(19): 1320-1329.
- Rocha, O. and A. Stephenson. 1991.** Order of fertilization within the ovary in *Phaseolus coccineus* L. (*Leguminosae*). *Sexual Plant Reproduction* 4: 126-131.
- Rocha, O. and A. Stephenson. 1995.** Regulation of flower, fruit and seed production: *Phaseolus coccineus* L., a study case. In: Experimental and Molecular Apache to Plant Betasystematics. Eds. P. C. Hoch and A. Stephenson 1995. *Monographs in Systematic Botany* 53: pp. 245-262.
- Robert, E. 1984.** Recalcitrant seeds: their recognition and store. In: Crop genetics conservation and evaluation IBPGR. Eds. Holden and T. Williams Rome.
- Rosales, R., J. Acosta, J. Muruaga, J. Esquivel y Pérez. 2002.** Catálogo de variedades mejoradas de frijol del INIFAP. México.
- Saenz de Rivas, C. 1978.** Polen y esporas. Ed. H. Blume. Madrid.
- Sage, T. and B. Webster. 1987.** Flowering and fruting patterns of *Phaseolus vulgaris* L. *Botanical Gazette* 148(1): 35-41.
- Sage, T. and B. Webster. 1990.** Seed abortion in *Phaseolus vulgaris* L. *Botanical Gazette*. 151(2): 167-175.
- Sanhewe, A. and R. Ellis. 1996.** Seed development and maturation in *Phaseolus vulgaris* L. I Ability to germinate and to tolerate desiccation. *Journal of Experimental Botany* 47(300): 949-958
- Schwanitz, F. 1966.** The origin of cultivated plants. Harvard University Press. Cambridge.

- Sharmas, S., C. Babu, B. Johri and A. Hepworth. 1977.** Sem studies on seed coat patterns in *Phaseolus mungo-radiatus-sublobatus* complex. *Phytomorphology* 27(1): 106-111.
- Simon, E. 1984.** Early events and germination. In: Seed physiology. Vol.1. Ed. Murry, D. R. Academic Press, Australia. pp.77-110.
- Smartt, J. 1969.** Evolution of american *Phaseolus* beans under domestication. In: The domestication and exploitation of plants and animals. Eds. P. J. Ucko, and G. W. Dimbleby. London, pp.451-462.
- Smartt, J. 1976.** Tropical pulses. Longman Group Limited. London.
- Singh, S. P. Gepts and D. Debouck. 1991.** Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany* 45(3): 379-396.
- Solorzano, E. 1994.** El cultivo del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Apuntes para el curso de producción de leguminosas de grano. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Sotelo, A., H. Sousa and M. Sánchez. 1995.** Comparative study of the chemical composition of wild and cultivated beans (*Phaseolus vulgaris*). *Plant Foods Human Nutrition* 47(1): 9-100.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1991.** Plant physiology. Benjamin Cummings, California, USA.
- Toro, O., J. Thome y D. Debouck. 1990.** Wild bean (*Phaseolus vulgaris* L.): description and distribution. International Board for Plant Genetic Resources and Center International the Agriculture Tropical. Cali, Colombia.
- The Royal Horticultural Society. 1995.** RHS colour chart. The Royal Horticultural Society. London.
- Valley, P. 1976.** JB-4 embedding Kit. Polysciences Inc. USA.
- Vázquez, C. y F. Cardenas. 1992.** Características físicas, tecnológicas y proteínicas de frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestres y cultivados. *Archivos Latinoamericanas de Nutrición* 42(2): 201-209.
- Webster, B., C. Tucker and S. Lynch. 1977.** A morphological study of the development of reproductive structures of *Phaseolus vulgaris* L. *Journal American Society Horticultural Science* 102(5): 640-643.
- Woodstock, L. 1988.** Seed imbibition: a critical period for successful germination. *Journal of Seed Technology* 12(1):1-15.
- Zohary, D. y M. Hopf. 1988.** Domestication of plants in the old world. The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europa and the Nile Valley. Claredon Press, Oxford University Press.

9. 0 APENDICE

9.1 Cuadros de ANOVA y Pruebas de Rango Multiple.

Cuadro 1. Análisis de Varianza del peso de semillas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	N.S.
Semillas					
Peso Total	11.172313	3	3.7241042	1290.129	0.0001*
Error	1.1430990	396	0.0028866		
Total	12.315412	399			

* Significativo.

Cuadro 2. Análisis de Rango Múltiple del peso de semillas de *P. vulgaris* y cultivadas.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos		
silvestre mesoamericano	100	0.0712300	*		
silvestre sudamericano	100	0.0857800	*		
cultivar 'Carioca'	100	0.1832300		*	
cultivar 'Bayomex'	100	0.4863400			*

Método: Intervalos HSD de Tuckey al 95%.

Cuadro 3: Análisis de Varianza del largo de semillas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	N.S.
Semillas					
Largo	1289.2608	3	429.75361	885.580	0.0001*
Error	192.17067	396	0.4852795		
Total	1481.4315	399			

*Significativo.

Cuadro 4: Análisis de Rango Múltiple del largo de semillas de *Ph. vulgaris* silvestres y cultivadas.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos		
silvestre mesoamericano	100	7.039900	*		
silvestre sudamericano	100	7.591700		*	
cultivar 'Carioca'	100	9.137778			*
cultivar 'Bayomex'	100	11.655842			*

Método: Intervalos HSD de tukey al 95%.

Cuadro.5: Análisis de Varianza del ancho de semillas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	N.S.
Semillas					
Ancho	955.07722	3	318.35907	15.869	0.0001*
Error	7944.2205	396	20.061167		
Total	8899.2977	399			

*significativo.

Cuadro 6: Análisis de Rango Múltiple del ancho de semillas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos
silvestre mesoamericano	100	3.0055000	*
silvestre sudamericano	100	2.7752000	*
Cultivar 'Carioca'	100	4.8528687	*
Cultivar 'Bayomex'	100	6.5794059	*

Método: Intervalos HSD de Tukey al 95%.

Cuadro 7: Análisis de Varianza del espesor de semillas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	N.S.
Semillas					
Alto	836.47498	3	278.82499	80.628	0.0001*
Error	1369.4295	396	3.4581552		
Total	2205.9044	399			

*significativo.

Cuadro 8: Análisis de Rango Múltiple del espesor de semillas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos
silvestre mesoamericano	100	4.4880000	*
silvestre sudamericano	100	4.8392000	*
Cultivar 'Carioca'	100	6.47811414	*
Cultivar 'Bayomex'	100	8.1121782	*

Método: Intervalos HSD de Tukey al 95%.

Cuadro 9: Análisis de Varianza del Contenido de Humedad de semillas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	N.S.
Semillas					
Cont.	1.6339941	3	0.5446647	0.888	0.4683*
Humedad	9.8114595	16	0.6132162		
Error	11.445454	19			
Total					

*No significativo.

Cuadro 10: Análisis de Varianza del Vigor de semillas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	N.S.
Semillas					
Vigor	42.441500	3	14.147167	14.615	0.0001*
Error	15.488000	16	0.9680000		
Total	57.929500	19			

*Significativo.

Cuadro 11: Análisis de Rango Múltiple del Vigor de semillas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos
Cultivar 'Bayomex'	5	2.0400000	*
silvestre mesoamericano	5	3.4400000	*
Cultivar 'Carioca'	5	4.7600000	*
silvestre sudamericano	5	5.9400000	*

Método: Intervalos HSD de Tukey al 95%.

Cuadro 12: Análisis de Varianza de los porcentajes de germinación a 25°C, de semillas escarificadas y no escarificadas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	N.S.
Tratamiento					
Escarificación	71216.75	3	71216.751	1213.072	0.0001*
Error	13150.544	224	58.707786		
Total	333417.28	279			

*Significativo.

Cuadro 13: Análisis de Rango Múltiple de los porcentajes de germinación a 25°C, de semillas esscarificadas y no esscarificadas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos
No esscarificadas	140	33.698571	*
Escarificadas	140	65.595000	*

Método: Intervalos HSD de Tukey al 95%.

Cuadro 14: Análisis de Varianza de los porcentajes de germinación a 25°C, de semillas esscarificadas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	N.S.
Tratamiento					
Silv. y cult.	16397.37	3	5465.790	94.759	0.0001*
Error	6460.3000	112	57.681250		
Total	145950.39	139			

*Significativo.

Cuadro 15: Análisis de Varianza de los porcentajes de germinación a 25°C, de semillas no esscarificadas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	N.S.
Tratamiento					
Silv. y cult.	35707.869	3	11902.623	199.259	0.0001*
Error	6690.2440	112	59.734321		
Total	116250.14	139			

*Significativo.

Cuadro 16: Análisis de Rango Múltiple de los porcentajes de germinación a 25°C, de semillas esscarificadas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos
Cultivar 'Bayomex'	35	47.125714	*
silvestre mesoamericano	35	69.565714	*
silvestre sudamericano	35	71.040000	*
cultivar 'Carioca'	35	74.648571	*

Método: Intervalos HSD de Tukey al 95%.

Cuadro 17: Análisis de Rango Múltiple de los porcentajes de germinación a 25 °C, de semillas no escarificadas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos
silvestre mesoamericano	35	12.254286	*
silvestre sudamericano	35	24.588571	*
cultivar 'Bayomex'	35	46.674286	*
cultivar 'Carioca'	35	51.277143	*

Método: Intervalos HSD de Tukey al 95%.

Cuadro 18: Análisis de Varianza de los porcentajes de germinación bajo temperatura fluctuante (8 -26 y 15 - 30°C), de semillas no escarificadas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	N.S.
Tratamiento					
T° fluctuante	32698.38	1	32698.383	287.103	0.0001*
Error	17311.428	152	113.89097		
Total	152832.20	159			

*Significativo.

Cuadro 19: Análisis de Rango Múltiple de los porcentajes de germinación bajo temperatura fluctuante (8 -26 y 15 -30°C), de semillas no escarificadas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos
Temp. fluct. 8 - 26 C	80	43.132500	*
Temp. fluct. 15 - 30 C	80	71.723750	*

Método: Intervalos HSD de Tukey al 95%.

Cuadro 20. Análisis de Varianza de los porcentajes de germinación a 25 y 15 - 30°, de semillas no escarificadas silvestres y cultivadas de *P. vulgaris*.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	N.S.
Tratamiento					
Temperatura	1990.276	1	1990.2765	33.249	0.0000*
Error	2095.0635	3	59.858958		
Total	23135.834	35			

*Significativo.

Cuadro 21: Análisis de Rango Múltiple de los porcentajes de germinación a 25 y 15–30°C, de semillas no escurificadas silvestres y cultivadas de *P. vulgaris*.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos
Temperatura 25 °C	21	55.170076	*
Temperatura 15-30 °C	19	69.348864	*

Método: Intervalos HSD de Tukey al 95%.

Cuadro 22: Análisis de Varianza de los porcentajes de germinación bajo diferentes calidades de luz, a la temperatura fluctuante 15 –30°C, de semillas no escurificadas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	N.S.
Tratamiento					
Luz	115.984	3	38.661	0.439	0.7254*
Variedad	63073.641	3	21024.547	238.623	0.0000
Error	27577.774	313	88.107904		
Total	90767.399	319			

*No significativo.

Cuadro 23: Análisis de Rango Múltiple de los porcentajes de germinación bajo diferentes calidades de luz, a la temperatura fluctuante 15 –30°C, de semillas no escurificadas de *P. vulgaris* silvestres y cultivadas.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos
silvestre mesoamericano	80	48.708750	*
silvestre sudamericano	80	69.273750	*
cultivar 'Bayomex'	80	80.685000	*
cultivar 'Carioca'	80	84.956250	*

Método: Intervalos HSD de Tukey al 95%.

Cuadro 24: Análisis de Varianza de los porcentajes de germinación bajo cuatro calidades de luz, a la temperatura fluctuante de 15 – 30°C, de semillas esscarificadas de *P. vulgaris* silvestres.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	N.S.
Tratamiento					
Calidad de luz	3020.636	1	3020.636	31.611	0.0001*
Error	30004.648	314	95.556205		
Total	76747.366	319			

*Significativo.

Cuadro 25: Análisis de Varianza de los porcentajes de germinación bajo cuatro calidades de luz, a la temperatura fluctuante de 15 – 30°C, de semillas no esscarificadas de *P. vulgaris* silvestres.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	N.S.
Tratamiento					
Calidad de luz	61247.597	1	61247.597	427.564	0.0001*
Error	44979.765	314	143.24766		
Total	111501.12	319			

*Significativo.

Cuadro26: Análisis de Rango Múltiple de los porcentajes de germinación bajo cuatro calidades de luz, a la temperatura fluctuante de 15 30° C, en semillas esscarificadas de *P. vulgaris* silvestres.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos
silvestre mesoamericano	160	67.690875	*
silvestre sudamericano	160	88.776875	*

Método: Intervalos HSD de Tukey al 95%.

Cuadro27: Análisis de Rango Múltiple de los porcentajes de germinación bajo cuatro calidades de luz, a la temperatura fluctuante de 15 – 30°C, en semillas no esscarificadas de *P. vulgaris* silvestres.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos
silvestre mesoamericano	160	42.002152	*
silvestre sudamericano	160	48.278148	*

Método: Intervalos HSD de Tukey al 95%.

Cuadro28: Análisis de Rango Múltiple de los porcentajes de germinación bajo cuatro calidades de luz, a la temperatura fluctuante de 15 – 30°C, en semillas esscarificadas de *P. vulgaris* silvestres.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos
Oscuridad	80	71.800000	*
Luz Blanca	80	74.804250	*
Luz Roja	80	82.936250	*
Luz Rojo Lejano	80	83.395000	*

Método: Intervalos HSD de Tukey al 95%.

Cuadro29: Análisis de Rango Múltiple de los porcentajes de germinación bajo cuatro calidades de luz, a la temperatura fluctuante de 15 – 30°C, en semillas no esscarificadas de *P. vulgaris* silvestres.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos
Luz Roja	80	41.578750	*
Oscuridad	80	45.174350	*
Luz Blanca	80	45.646250	*
Luz Rojo Lejano	80	48.161250	*

Método: Intervalos HSD de Tukey al 95%.

Cuadro 30: Análisis de Varianza de los porcentajes de germinación bajo cuatro calidades de luz , a la temperatura fluctuante de 15 – 30° C, en semillas silvestres esscarificadas y semillas cultivadas no esscarificadas de *P. vulgaris*.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	N.S.
Tratamiento					
Semillas	7084.9006	1	2361.6335	27.211	0.0001*
Error	27165.435	313	86.790526		
Total	37020.322	319			

*Significativo.

Cuadro31: Análisis de Rango Múltiple de los porcentajes de germinación en semillas silvestres esscarificadas y semillas cultivadas no esscarificadas de *P. vulgaris*.

Nivel	Conteos	Promedio	Grupos Homogéneos
silvestre mesoamericano	80	75.183750	*
cultivar 'Bayomex'	80	80.685000	*
cultivar 'Carioca'	80	84.956250	*
silvestre sudamericano	80	87.628750	*

Método: Intervalos HSD de Tukey al 95%.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

POLEN

Cuadro 32. Formas Erdtman (1952).

Forma	P/EX100
Peroblado	< 50
Oblado	50 - 75
Subesferoidal	75 - 133
Suboblado	75 - 88
Oblado esferoidal	88 - 100
Prolado esferoidal	6100 - 114
Subprolado	114 - 133
Prolado	133 - 200
Preprolado	>200

Cuadro 33. *P. vulgaris* silvestre sudamericano.

Distancia entre colpos	Eje polar	Eje ecuatorial	P/E	X 100
5	2.3	2	1.15	115
5.5	6.5	7	0.92	92
6	5.5	6	0.91	91.6
5.5	6	5.5	1.09	109
4.8	6	5.8	1.03	103.4
5.5	6	6.2	0.96	96.7
5.5	5.5	5.5	1	100
5	6	5.9	1.01	101
5.5	6	6	1	100
5.5	6	6	1	100
5	6	6	1	100
5	5	5.5	1.09	109
5.4	5.5	5.5	0.90	90.9
5.3	6	5.5	1	100
6	6	6	1	100
Promedio				100.57

Cuadro 34. *P. vulgaris* silvestre mesoamericano.

Distancia entre colpos	Eje polar	Eje ecuatorial	P/E	X 100
4.5	5	5.5	0.90	90.90
5	4.5	5	0.90	90
5	7	6.5	1.07	107.6
4.5	6	5.5	1.09	109.09
5	7	7	1	100
5	6.3	6.5	0.96	96.92
5.5	7	7	1	100
4	7	7	1	100
5.5	7	7	1	100
5.6	6.5	6.5	1	100
5	7	7	1	100
5	5.8	6	0.96	96.6
5.5	6.5	6.5	1	100
6	5.8	6	0.96	96.66
5	6.2	6.3	0.98	98.4
Promedio				99.07

Cuadro 35. *P. vulgaris*. cv. 'Carioca.'

Distancia entre colpos	Eje polar	Eje ecuatorial	P/E	X 100
5	4.7	5	0.94	94.0
5	4.5	4.5	1	100
5	5.3	5	1.06	106
4.7	4.5	5	0.9	90
4.3	5	5.3	0.94	94.3
4.5	5.3	5	1.06	106
5	5	5.3	0.94	94.3
5	4.8	5	0.96	96
4.8	5.5	5.4	1.01	101.8
4	5	4.8	1.04	104.1
4	5	5	1	100
4	4.6	5	0.92	92
3.5	4.5	5	0.9	90
3.5	5	5	1	100
4	4.5	4.8	0.93	93.7
Promedio				97.48

Cuadro 36. *P. vulgaris*. cv. 'Bayomex'.

Distancia entre colpos	Eje polar	Eje ecuatorial	P/E	X 100
6	10	9	1.11	111.1
6	7	7.5	0.93	93.3
4.6	10	9	1.11	111.1
6.5	8.2	8.7	0.94	94.2
6.5	7.3	7.5	0.97	97.3
7	7.5	7.5	1	100
7	8.3	7.5	1.10	110.6
7.5	8.5	8	1.06	106.2
7	7.7	8.3	0.92	92.7
8	10	10	1	100
7.3	8.7	9.5	0.91	91.5
7.5	9.5	9.3	1.02	102.1
7	9.5	10	0.95	95
7	10	9.5	1.05	105.2
7.3	10	9.5	1.05	105.2
Promedio				95.38

Cuadro 37. Resumen de resultados

	<i>var. aboriginicus</i>	<i>var. mexicanus</i>	cv. Carioca	cv. Baryomex
Inicio de floración	180 días	150 días	30-40 días	60-65 días
Peso de 100 semillas	83.3 mg	71.24 mg	191.70 mg	463.6 mg
Tamaño de la semilla (largo).	7.2 mm	6.9 mm	9.4 mm	11.8 mm
Tamaño de la semilla (ancho).	2.6 mm	3.0 mm	4.2 mm	6.7 mm
Tamaño de la semilla (alto).	5.0 mm	4.5 mm	6.5 mm	8.3 mm
Color de la semilla	Obscuro	Obscuro	Claro	Claro
Contenido de H ² de la Semilla.	3.7	4.15	4.59	4.28
Vigor	5.94	3.44	4.76	2.04
Número de semillas por vainas.	4.8	7.8	5.4	1.9
Número de óvulos por flor.	5.8	8.0	6.3	3.1
Eficiencia de la F!	80.0%	97.0%	83.0%	61.0%
Ángulos en la curvatura de óvulos	111.11°	88.22°	73.13°	96.24°
Número de estratos del tegumento externo.	4	5	4	3
Pared de la placenta (espesor).	206.84 u	115.58u	103.33u	111.81u
Pared opuesta a la placental (espesor).	190.53u	209.12u	318.26u	196.07u
Longitud de las anteras.	126.47u	135.57u	122.29u	131.81u
Color de las flores.	Lila "C" 65	Fucsia morado "B" 77	Blanco	Blanco
Tectum	Reticulado con	muros engrosados	Y lisos, rodeando al	lúmen con gránulos en su interior.
Apertura en granos de polen.	Engrosado con seudo	Opérculo, colporado.	Tricolpado, anguloap	Erturado brevicolpado casi morado.
Margó	De liso a microtetieú	Lado.	Liso, brevemente fav	folado-microtericulado-
Lentilla	Acorazonada.	Acorazonada.	Acorazonada.	Acorazonada.
Micropilo	Forma de "Y"	Forma de "Y"	Forma de "Y"	Forma de "Y"
Cubierta seminal	Patrón I	Patrón I	Patrón I	Patrón II
Distancia entre colpos	4.6u	5.7u	3.8u	6.7u
P/E x 100	100.57u	99.07u	97.48u	95.38u