

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS

DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONOMICAS
COORDINACIÓN DE POSGRADO



CARACTERIZACIÓN Y RELACIONES MORFOLÓGICAS ENTRE FORMAS SILVESTRES,
CULTIVADAS E INTERMEDIAS DE FRIJOL COMUN (*Phaseolus vulgaris* L.).

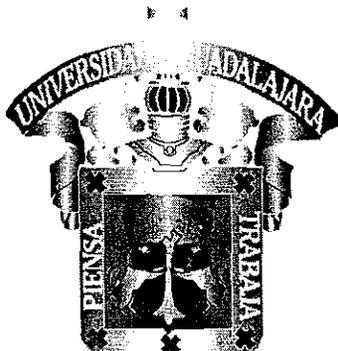
JOSÉ DE JESÚS LÓPEZ ALCOCER

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES

Las Agujas, Zapopan, Jalisco, Diciembre de 2007

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
COORDINACIÓN DE POSGRADO

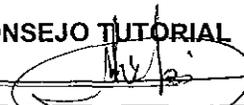


Esta tesis titulada **CARACTERIZACIÓN Y RELACIONES MORFOLÓGICAS ENTRE FORMAS SILVESTRES, CULTIVADAS E INTERMEDIAS DE FRIJOL COMUN (*Phaseolus vulgaris* L.)** del Ing. José de Jesús López Alcocer, fue realizada bajo la supervisión y dirección del consejo tutorial indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

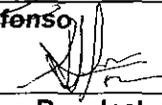
MAESTRIA EN CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES

CONSEJO TUTORIAL

Tutor


Dr. Rogelio Lépiz Ildelfonso

Asesor


Dr. Fernando Santacruz Ruvalcaba

Asesor


Dr. José de Jesús Sánchez González

Asesor


M.C. Ricardo Nuño Romero

Asesor


Dr. Eduardo Rodríguez Guzmán

Las Agujas Municipio de Zapopan, Jalisco. Diciembre de 2007

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara por su apoyo para realizar mi formación profesional y académica.

Al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), por su apoyo incondicional para la realización de mis estudios de maestría.

Al Dr. Rogelio Lepiz Ildelfonso, por su paciencia, enseñanzas y ayuda en la preparación y dirección en la elaboración de la tesis.

Al Dr. Eduardo López Alcocer por sus consejos, paciencia y apoyo incondicional durante el tiempo de estudio y la elaboración de la tesis.

Al Dr. Fernando López Alcocer por su paciencia y apoyo incondicional durante el tiempo de estudio y la elaboración de la tesis.

Al Dr. Fernando Santacruz Ruvalcaba, por sus consejos y apoyo en los trabajos realizados en el Laboratorio de Tejidos vegetales.

Al Dr. Eduardo Rodríguez Guzmán, por apoyo incondicional en los trabajos realizados durante la elaboración de la tesis.

Al Dr. Jesús Sánchez González por su orientación para la elaboración de la tesis.

Al M. C. Ricardo Nuño Romero, por su orientación en los trabajos estadísticos de la tesis.

A la M.C. Martha Isabel Torres Moran por brindarme su amistad y consejos en el transcurso de la maestría.

A la M.C. Martha Delia Ocegueda por su amistad incondicional en el transcurso de los estudios de maestría.

Gracias a todos los compañeros de la maestría y las personas que de manera directa o indirecta colaboraron para la realización de esta tesis.

Dedico el presente trabajo:

A Dios todo poderoso por permitirme finalizar mis estudios.

A la pareja amorosa, mis queridos padres: Isaac López (Q. E. P. D.) y Raymunda Alcocer, que con su amor y cariño supieron guiar mis pasos dando lo mejor de ellos.

A mi querida esposa Ana Rosa por su amor y cariño para salir adelante.

A mis adorados hijos Ana Guadalupe, Alejandra Yadira y Jesús Joel por su cariño y fuente de superación.

A mis Hermanos Eduardo, Guillermo, Alejandro, Armando, Fernando, Luz María y Ernesto (Q. E. P. D.), que el cariño nos mantiene unidos.

A mis suegros Refugio Medrano y María de la Luz Pérez (Q. E. P. D.), por su cariño y apoyo para mi familia.

A mis cuñados: Dora, María del Refugio, Martha, Angelita, María Concepción, Gustavo, Roberto, Martín, Olivia, Andrés, José Refugio y Angélica, por su amistad y cariño a mi familia.

A mis concuñados y sobrinos por formar una gran familia.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS -----	i
DEDICATORIAS -----	ii
LISTA DE CUADROS -----	v
LISTA DE FIGURAS -----	viii
LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE -----	vi
RESUMEN -----	x
I. INTRODUCCIÓN -----	1
Objetivo general-----	3
Objetivos específicos-----	3
1.3. Hipótesis-----	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA -----	4
2.1. Origen del frijol común <i>Phaseolus vulgaris</i> L.-----	4
2.2. Domesticación-----	4
2.2.1. Cambios morfológicos-----	5
2.2.2. Cambios fisiológicos-----	6
2.2.3. Cambios genéticos-----	6
2.3. Centros de diversidad y organización de la variabilidad genética-----	7
2.3.1. Complejos genéticos-----	8
2.3.2. Razas del complejo genético Mesoamericano domesticado-----	9
2.3.3. Razas del complejo genético andino domesticado-----	10
2.4. Descripción morfológica del frijol común-----	10
2.5. Formas del frijol común-----	12
2.5.1. Frijol cultivado-----	12
2.5.2. Frijol silvestre-----	13
2.5.3. Frijol intermedio, tipo maleza o "weedy type"-----	14
2.6. Caracterización morfológica-----	16
2.7. Análisis de distancias genéticas-----	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS -----	19
3.1. Ubicación del sitio de siembra-----	19
3.2. Material genético-----	19

3.3	Diseño experimental -----	19
3.4	Caracterización del material genético -----	21
3.4.1.	Descriptores morfológicos -----	21
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	24
4.1.	Análisis de varianza y comparaciones estadísticas -----	24
4.2	Comparación de promedios en la variable longitud de hipocotilo -----	26
4.3	Comparación de promedios en la variable longitud de epicotilo -----	27
4.4	Comparación de promedios en la variable longitud y anchura de hoja primaria -----	28
4.5	Comparación de promedios en las variables longitud, anchura y área foliar del foliolo central -----	29
4.6	Comparación de promedios en las variables longitud y número de nudos del tallo principal -----	30
4.7	Comparación de promedios en las variables longitud y anchura de vaina -----	31
4.8	Comparación de promedios en la variable longitud del ápice -----	32
4.9	Comparación de promedios en la variable número de vainas por planta -----	33
4.10	Comparación de promedios en las variables longitud, anchura y espesor de la semilla -----	34
4.11	Comparación de promedios en la variable número de semillas por vaina -----	36
4.12	Comparación de promedios en la variable peso de 100 semillas -----	37
4.13	Análisis de agrupamiento -----	39
4.14	Variables cualitativas -----	41
V.	CONCLUSIONES -----	43
VI.	BIBLIOGRAFÍA -----	44
VII.	APÉNDICE -----	46

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Cambios morfológicos debidos a la domesticación entre la forma silvestre y cultivada de frijol común <i>Phaseolus vulgaris</i> L. Gepts y Debouck, 1991-----	5
Cuadro 2. Diferencias morfológicas de la forma cultivada entre los dos acervos genéticos de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. Singh <i>et al.</i> , 1991. -----	8
Cuadro 3. Variación en las características de vaina y semilla en las formas silvestre E intermedia de frijol, en el Occidente de México. Lépez <i>et al.</i> , 2005. -----	15
Cuadro 4. Características de los genotipos utilizados en la investigación. -----	20
Cuadro 5. Resultados de los análisis de varianza de 18 variables de tipo cuantitativo empleadas para caracterización de formas silvestres, intermedias y cultivadas de frijol común -----	25
Cuadro 6. La prueba de comparación de promedios para longitud de hipocotilo en el ensayo de formas silvestres, intermedias y cultivadas de frijol común.-----	26
Cuadro 7. Prueba de comparación de promedios de la variable longitud de epicotilo en el ensayo de formas silvestres, intermedias y cultivadas de frijol común.-----	27
Cuadro 8. Resultados de la prueba de comparación de promedios de las variables longitud de hoja primaria y anchura de hoja primaria en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	28
Cuadro 9. Resultados de la prueba de comparación de promedios de las variables longitud del foliolo central, anchura del foliolo central y área foliar en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	30
Cuadro 10. Resultados de la prueba de comparación de promedios de la variable longitud de vaina y anchura de vaina, en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	31
Cuadro 11: Resultados de la prueba de comparación de promedios de la variable longitud del ápice de la vaina en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	32
Cuadro 12. Resultados de la prueba de comparación de promedios de la variable número de vainas por planta en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	33
Cuadro 13. Resultados de la prueba de comparación de longitud, anchura y espesor de la semilla en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	35
Cuadro 14. Resultados de la prueba de comparación de promedios de la variable número de semillas por vaina en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	37
Cuadro 15. Resultados de la prueba de comparación de promedios peso de 100 semillas en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	38

LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE

Cuadro	Página
Apéndice 1. Cuadros de resultados promedio de las variables cuantitativas y cualitativas.-----	47
Cuadro 1.1. Resultados promedio de la caracterización de variables cuantitativas de formas cultivadas, silvestres e intermedias de frijol común.-----	47
Cuadro 1.2. Resultados de la caracterización de variables cualitativas correspondientes a la etapa vegetativa.-----	48
Cuadro 1.3. Resultados de la caracterización de variables cualitativas correspondientes a la etapa de floración -----	49
Cuadro 1.4. Resultados de la caracterización de variables cualitativas correspondientes a la etapa de madurez fisiológica.-----	50
Cuadro 1.5. Resultados de la caracterización de variables cualitativas correspondientes a la etapa de cosecha -----	51
Apéndice 2. Cuadros de resultados de los análisis de varianza de las variables cuantitativas.---	53
Cuadro 2.1. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud de hipocótilo en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol.-----	53
Cuadro 2.2. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud de epicótilo en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol.-----	53
Cuadro 2.3. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud hoja primaria en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	53
Cuadro 2.4. Resultados del análisis de varianza de la variable anchura de hoja primaria en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	54
Cuadro 2.5. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud tallo principal en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	54
Cuadro 2.6. Resultados del análisis de varianza de la variable número de nudos tallo principal en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	54
Cuadro 2.7. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud foliolo central en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	55
Cuadro 2.8. Resultados del análisis de varianza de la variable anchura foliolo central en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	55
Cuadro 2.9. Resultados del análisis de varianza de la variable área foliar en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	55
Cuadro 2.10. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud de la vaina en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol-----	56

Cuadro 2.11. Resultados del análisis de varianza de la variable anchura de la vaina en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	56
Cuadro 2.12. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud del ápice en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	56
Cuadro 2.13. Resultados del análisis de varianza de la variable número de vainas por planta en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	57
Cuadro 2.14. Resultados del análisis de varianza de la variable número de semillas por vaina en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol.-----	57
Cuadro 2.15. Resultados del análisis de varianza de la variable peso de 100 semillas en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	57
Cuadro 2.16. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud de la semilla en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	58
Cuadro 2.17. Resultados del análisis de varianza de la variable anchura de la semilla en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	58
Cuadro 2.18. Resultados del análisis de varianza de la variable espesor de la semilla en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. -----	58
Apéndice 3. Descriptores en frijol. Propuesta combinada CIAT/SAGARPA. R. Lépiz I. 2005.--	59

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
Figura 1. Comportamiento paralelo de los genotipos de frijol en las variables longitud de hipocotilo y epicotilo y longitud y anchura de hoja primaria.-----	29
Figura 2. Comportamiento paralelo de los genotipos de frijol en las variables longitud, anchura y espesor de la semilla. -----	35
Figura 3. Comportamiento de la variable pesos de 100 semillas en los genotipos de frijol. -----	38
Figura 4. Dendograma de 18 variables en 15 genotipos correspondientes a tres formas de frijol común (C, cultivado; S, silvestre; I, intermedio). -----	41

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar y estudiar las relaciones morfológicas entre formas silvestres, cultivadas e intermedias de frijol común, durante el ciclo agrícola de Primavera-Verano 2005, en el Campo Experimental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara (UDG), se realizó el presente trabajo. Para el estudio se utilizaron tres genotipos silvestres, 10 de la forma intermedia, tipo maleza o "weedy type" y dos cultivados. Las formas intermedias se colectaron en campo durante 2003 y 2004 y se identificaron principalmente por sus vainas y semillas de mayor tamaño. Los 15 genotipos todos de hábito trepador, se evaluaron en un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, una en invernadero y dos en campo, utilizando en ambos ambientes tutores para el buen desarrollo de las plantas. Se usó una parcela experimental de dos surcos de 4 metros de largo con una separación de 80 cm entre surcos, tomando 30 plantas al azar para la caracterización. La evaluación se realizó siguiendo una guía de descriptores modificada, teniendo como base los descriptores de frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y del Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Durante el desarrollo fenológico del cultivo se tomaron los datos de 55 variables, de las cuales 33 fueron descriptores cualitativos y 22 cuantitativos. En las variables cualitativas se obtuvieron los porcentajes de las diferentes modalidades de cada carácter y con las de tipo cuantitativo, se hicieron análisis de varianza y análisis de similaridad. De 18 variables cuantitativas, en 15 se encontraron diferencias significativas entre los genotipos; en los caracteres longitud de tallo, nudos del tallo y vainas por planta, no se detectaron diferencias significativas. En los caracteres longitud de hipocotilo y epicotilo, longitud y anchura de hoja simple, longitud, anchura y área foliar del foliolo central, longitud y anchura de vaina, longitud, anchura y espesor de semilla y peso de semilla, los resultados fueron similares; es decir, los genotipos domesticados presentaron los mayores valores, los tipos maleza registraron valores intermedios y los correspondientes a la forma silvestre, los valores menores. En el carácter número de semillas por vaina, el resultado fue inverso; es decir, los genotipos de la forma domesticada mostraron menor valor y los tipos silvestres, el mayor número de semillas en los frutos. El análisis de agrupamiento, mostró los mismos resultados: tres grupos de genotipos bien diferenciados entre sí, por lo que se puede concluir que los frijoles tipo maleza, son un grupo intermedio entre las formas cultivada y silvestre y evidencian su origen a partir de la hibridación natural entre las dos formas señaladas. Todos los caracteres cuantitativos donde se encontraron diferencias y que permitieron agrupar a los genotipos en las tres formas señaladas, tienen relación con el tamaño de fruto y semilla, caracteres que sin duda fueron el principal foco de atención durante el proceso de domesticación. El resultado de igualdad estadística en longitud de tallo y número de nudos, evidencia que durante la domesticación, estos caracteres no fueron de interés en frijol trepador, por la necesidad de producirlo en asociación con maíz. Los descriptores cualitativos resultaron útiles en la descripción de los genotipos, pero no mostraron asociación con los grupos de estudio.

I. INTRODUCCIÓN

Phaseolus vulgaris L. es la especie de frijol más importante a nivel mundial, tanto por la superficie cultivada de 14 millones de hectáreas, como por la producción de grano obtenida de 11.6 millones de toneladas. Se cultiva en los cinco continentes y representa más del 95% de la producción total de frijol. De acuerdo a la FAO, América siembra el 59% del área total con 8.4 millones de hectáreas y produce el 58% del total mundial con 6.7 millones de toneladas. En México se siembran con frijol anualmente 2.25 millones de hectáreas, se producen 1.2 millones de toneladas y se importan 80 mil toneladas anuales para cubrir las necesidades internas de este grano básico. De la producción total, se destinan al consumo humano 1.12 millones de toneladas, dando como resultado una ingesta anual de 11 kilogramos por persona por año (Lépiz *et al.*, 2000; CEA, 2001).

Con base en las observaciones de restos arqueológicos de diferentes localidades del Continente Americano, de datos botánicos, datos históricos, nombres comunes ancestrales, formas de uso y la existencia de centros primarios de diversidad genética, en la actualidad se acepta que el frijol común es de origen americano. Igualmente, se afirma que el proceso de domesticación inició hace por lo menos 7000 años y que uno de los centros de domesticación se ubica en el Occidente de México, entre los estados de Guanajuato y Jalisco

De acuerdo con la información disponible sobre datos morfológicos, fitopatológicos, bioquímicos, genéticos y de adaptación, se acepta la existencia de dos acervos o grupos genéticos (gene pool) con características propias bien definidas; el acervo genético Mesoamericano y acervo genético Andino (Gepts, 1988). Igualmente, dentro de los acervos se reconoce la existencia de razas, tres en cada caso; para el acervo Mesoamericano, razas Durango, Jalisco y Mesoamérica; para el acervo Andino, las razas Nueva Granada, Perú y Chile (Singh *et al.*, 1991).

Sobre un período de al menos 6,000 a 7,000 años, el frijol común ha evolucionado desde la forma silvestre de hábito trepador y semillas pequeñas distribuida en las tierras altas de Mesoamérica y de los Andes, a la forma cultivada actual de mayor importancia entre las leguminosas y sembrada mundialmente en un amplio rango de ambientes y sistemas de producción (Kaplan y Kaplan, 1988; Gepts y Debouck, 1991).

En este largo período de domesticación, la población centró la atención básicamente en la selección de material por el tamaño y color de semilla y en el tamaño e indehiscencia de la vaina. Como resultado de ésta selección se produjeron alteraciones morfológicas en *Phaseolus vulgaris*, separando a las formas domesticadas de las silvestres, en las siguientes características: semillas de mayor tamaño y de colores uniformes o combinados, más atractivos; vainas más grandes, menos dehiscentes o indehiscentes. Un cambio fisiológico, ha sido la pérdida de la impermeabilidad al agua en las formas domesticadas.

Adicionalmente, la aparición de formas enanas o arbustivas y el moteado de la testa de la semilla en las formas domesticadas (Kaplan y Kaplan, 1988). Se afirma que las diferencias genéticas entre las formas silvestres y domesticadas, es muy estrecha, donde están involucrados no más de 15 genes (Toro *et al.*, 1990).

Dentro de la vasta diversidad de *Phaseolus vulgaris*, además de los frijoles silvestres y cultivados, existe un complejo llamado en Inglés "weedy form" o "weedy type" frecuentemente denominado en Español como frijol tipo maleza, posiblemente producto de la cruce entre frijoles silvestres y cultivares criollos o bien, entre frijoles silvestres y mejorados. También, se asienta que en los sitios donde ocurre contacto entre frijoles silvestres y cultivados, aparecen los frijoles tipo maleza, muy probablemente como resultado del cruzamiento natural entre las dos formas, como se ha observado en los Andes y también en Mesoamérica (Delgado *et al.*, 1988; Toro *et al.*, 1990). En exploraciones hechas en Perú y Colombia se menciona la presencia de frijoles intermedios genéticamente estabilizados, los cuales fueron producto de pasadas hibridaciones naturales (Beebe *et al.*, 1995).

Por su parte Lépiz *et al.* (2005) en la región Occidente de México rica en variabilidad de *Phaseolus vulgaris* y otras especies silvestres de frijol, además de encontrar numerosas formas típicamente silvestres, consignan la existencia de formas intermedias entre silvestres y cultivadas. Señalan que ambas formas son similares en el tipo de planta (hábito de crecimiento trepador, tamaño y forma de hojas, tamaño y color de flores), pero diferentes en los caracteres de vaina y semilla.

No obstante lo anterior, no se cuenta con una información completa sobre distribución y caracterización de las formas tipo maleza debido principalmente a que no han recibido la importancia como grupo intermedio o puente genético entre las formas silvestres y domesticadas. Por otra parte, la literatura hace referencia a la importancia potencial que tienen tanto la forma silvestre como la intermedia en la mejora genética de los frijoles cultivados, en lo que concierne a resistencia o tolerancia a enfermedades, plagas y estrés abiótico, así como en estudios de diversidad y evolutivos (Toro *et al.*, 1990).

Por lo anterior y como parte de las actividades del proyecto de exploración y colección de especies silvestres de *Phaseolus* en el Occidente de México apoyado por el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), se decidió realizar el presente trabajo, con el propósito de caracterizar y determinar las relaciones morfológicas entre genotipos de las formas silvestre, cultivada e intermedia de frijol común, originarios de la región Occidente de México.

OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar y determinar mediante el uso de descriptores morfológicos, relaciones genéticas entre accesiones cultivadas, intermedias y silvestres de frijol común.

Objetivos específicos

Caracterizar morfológicamente accesiones de formas silvestres, cultivadas, e intermedias de frijol común.

Identificar diferencias y similitudes entre las formas silvestres, cultivadas e intermedias de frijol común.

HIPÓTESIS

Existen diferencias morfológicas entre los materiales silvestres, cultivados e intermedios de frijol común.

Los descriptores morfológicos son una herramienta que permite diferenciar las formas silvestres, cultivadas e intermedias de frijol común.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del frijol común *Phaseolus vulgaris* L.

La literatura señala que en base a las observaciones en restos arqueológicos realizadas por investigadores en diferentes países y localidades del continente Americano, tales como: Cueva de Tularosa, Nuevo México, en Estados Unidos de Norteamérica, 2,300 años; Valle de Tehuacan, Puebla, México, 7,000 años; Cueva de Guitarrero, Ancash, Perú; Huachichocana, Jujuy, Argentina, 6,700 a 9,600 años, de acuerdo a los datos botánicos sobre las características morfológicas, distribución geográfica, relaciones genéticas entre las formas cultivadas y silvestres, los centros primarios de diversidad genética (Mesoamérica y Zona Andina) y la información histórica existente sobre su cultivo, las formas de consumo y los nombres dados localmente (purutu, Quechua en los Andes; etl, yetl, exotl, en localidades Mayas en Mesoamérica; osahe-ta; Mohawk y Mónisk, por los Cheyenes, en Estados Unidos de Norteamérica,), en los tiempos actuales se acepta sin lugar a dudas el origen americano del frijol común (Kaplan y Kaplan, 1988; Gepts y Debouck, 1991).

2.2. Domesticación

De acuerdo con las evidencias que se tienen a la fecha, se asevera que los cultivares actuales de frijol común tienen su origen en la forma silvestre. Ambas formas de *Phaseolus vulgaris* tienen el mismo tipo de polinización, poseen el mismo número cromosómico ($2n = 22$), se cruzan fácilmente entre sí y producen individuos fértiles y viables (Papa y Gepts, 2001).

Sobre un período de al menos 6,000 a 7,000 años, el frijol común ha evolucionado desde la forma silvestre de hábito trepador y semillas pequeñas distribuida en las tierras altas de Mesoamérica y de los Andes, a la forma cultivada actual de mayor importancia entre las leguminosas y sembrada mundialmente en un amplio rango de ambientes y sistemas de producción (Kaplan y Kaplan, 1988, Gepts y Debouck, 1991).

En este largo período de domesticación, básicamente la población centró la atención en la selección de tamaño y color de semilla y en el tamaño e indehiscencia de la vaina. Como resultado de esta selección empírica, se produjeron alteraciones morfológicas en *Phaseolus vulgaris*, separando la forma domesticada de la forma silvestre, en las siguientes características: semillas de mayor tamaño y de colores uniformes o combinados más atractivos; vainas más grandes, menos dehiscentes o indehiscentes. Un cambio fisiológico, ha sido la pérdida de la impermeabilidad al agua en las formas domesticadas. Adicionalmente, la aparición de formas enanas o arbustivas y el moteado de la testa de la semilla en las formas domesticadas (Kaplan y Kaplan, 1988). Se afirma que las diferencias genéticas entre las dos formas, es muy estrecha, donde están involucrados no más de 15 genes (Toro *et al.*, 1990).

A la fecha y en base a las relaciones determinadas por el uso de marcadores bioquímicos y genéticos entre las formas cultivadas y silvestres, se reconocen varios sitios probables de domesticación: Jalisco-Guanajuato en Mesoamérica, Ecuador y Perú en la Zona Andina. Los acervos genéticos tienen características genéticas propias debidas a su relativo aislamiento geográfico y reproductivo, características que además de observarse en las formas silvestres, se mantiene en las formas domesticadas cultivadas (Gepts y Debouck, 1991).

2.2.1. Cambios morfológicos

Como se ha señalado anteriormente la planta de frijol a través de los tiempos ha tenido modificaciones, tanto en sus características morfológicas, así como fisiológicas y genéticas, éstas realizadas consciente o inconscientemente por el hombre. Mayor detalle de los cambios morfológicos (cambios más notables) producidos por el proceso de domesticación, se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Cambios morfológicos debidos a la domesticación entre la forma silvestre y cultivada de frijol común *Phaseolus vulgaris* L. Gepts y Debouck, 1991.

Silvestre	Cultivado
Raíz: fibrosa, fasciculada	Fibrosa: diferentes tamaños y morfología de acuerdo con el hábito de crecimiento
Tallo: trepador, multinodal (20-30 nudos)	Trepador o arbustivo, multinodal (20-30 en trepadores) o pocos (5 a 12 en arbustivos)
Entrenudos: generalmente largos (10-20 cm)	Desde largos (10-20 cm) a cortos (2-5 cm)
Hojas: folíolos pequeños o de tamaño intermedios	Folíolos pequeños a grandes
Altura de la planta: generalmente de 2-5 m	Dependiendo del hábito de crecimiento, de 20 cm a 10 m
Inflorescencia: casi siempre lateral, de 1-2 nudos fértiles*	Dependiendo el hábito de crecimiento, lateral y/o terminal, frecuentemente de 2 nudos fértiles
Flores: el estandarte reflejo es posible, presencia rara de alas blancas,	Estandarte usualmente erecto, alas blancas comunes
Vainas: fuertemente dehiscentes, de 6-8 cm de longitud y 5-8 óvulos	Dehiscentes en frijol seco e indehiscentes en frijol ejotero, de 4-30 cm y 2-9 óvulos
Semilla: pequeña, de 6-14 g/100 semillas	Pequeñas a grandes, de 20-100 g/100 semillas

*Lépiz I, R. (2006), ha encontrado inflorescencias hasta con 9 nudos y 18 vainas en la forma silvestre mesoamericana. Comunicación personal.

2.2.2. Cambios fisiológicos

Esta es la parte donde probablemente se necesite más estudio, sin embargo se cuenta con alguna información con lo que respecta a germinación de semillas y sensibilidad al fotoperiodo. La forma silvestre presenta latencia debido a la impermeabilidad temporal de la testa de la semilla a la penetración del agua, la cual la previene de una germinación prematura de las mismas en presencia de humedad en el suelo; las semillas de las formas cultivadas, germinan tan pronto entran en contacto con suficiente humedad. Por otra parte, las formas silvestres son susceptibles al fotoperiodo, floreciendo solamente en días cortos (10-12 horas), mientras que materiales genéticos domesticados pertenecientes a algunas razas (Mesoamérica, Nueva Granada), son insensibles a la duración del día (Gepts y Debouck, 1991).

Adicionalmente se sabe que existen caracteres de la planta que se asocian con la producción de grano, caracteres denominados componentes del rendimiento. En frijol, se mencionan como componentes a la producción de biomasa, número de ramas, número de nudos y número de vainas por planta; también son componentes, granos por vaina y tamaño (peso) de grano (White e Izquierdo, 1989; Adams, 1973). Se afirma que entre algunos componentes se da el fenómeno de compensación; es decir, al incrementarse el número o tamaño de un carácter, se produce una disminución en el otro. Se recomienda que en trabajos de selección, se debe buscar un equilibrio entre ellos y que el componente más importante, es el de número de vainas por planta o por unidad de área (Adams, 1973).

2.2.3. Cambios genéticos

Una forma de describir los cambios genéticos, sería conocer la diversidad genética del frijol silvestre, para estimar cómo la domesticación y subsecuente evolución han afectado la diversidad genética de la forma cultivada. Un segundo enfoque, sería determinar el control genético de caracteres distintivos entre las formas silvestres y cultivadas, para estimar la magnitud de los cambios genéticos (Gepts y Debouck, 1991).

Para el primer caso, algunos rasgos han permitido comparar la variabilidad entre las formas silvestres y las cultivadas, tales como: hábito de crecimiento y tipo de semilla (color, tamaño y forma), dos caracteres que son indudablemente más variables entre los frijoles cultivados. Variabilidad para hábito de crecimiento y tipos de semilla, es una consecuencia de los altos niveles de diversidad inducida por el humano durante el proceso de domesticación.

Para el segundo enfoque relacionado con la herencia de los caracteres distintivos, los estudios de cruzamientos entre frijoles cultivados, han mostrado que muchos de los caracteres que separan a los frijoles silvestres y cultivados, son controlados por un reducido número de genes, con marcado efecto fenotípico, a excepción del tamaño de la semilla. Aún para tamaño de semilla, usualmente

considerado como carácter poligénico, se ha reportado que un locus simple tiene un marcado efecto (Gepts y Debouck, 1991).

De manera similar, Koinange *et al.* (1996), señalan que el control genético de los cambios provocados por la domesticación del frijol común, involucra genes que pueden tener un efecto grande (>25-30%) y responde a una parte sustancial de la variación del fenotipo observado (>40-50%). Mencionan que los genes relacionados con los cambios provocados por la domesticación, parecen concentrarse en tres regiones del genoma con un efecto mayor en los caracteres relacionados con el hábito de crecimiento, la fenología, la dehiscencia y dispersión de la semilla y el tamaño del fruto. Señalan que algunos cambios han sido poco estudiados como el cambio en el tamaño de las hojas y el diámetro de los tallos, los cuales presuntamente se caracterizan por ser poligénicos.

En consecuencia y considerando los miles de genes contenidos en el genoma, las diferencias genéticas entre formas silvestres y cultivadas, se puede afirmar que se deben al efecto de pocos loci. Es decir, el aparente incremento en la variabilidad de caracteres provocado por la selección humana durante el proceso de domesticación, puede por lo tanto no ser significativo en relación al total de genes en el genoma de *P. vulgaris*.

Por otra parte el tipo de faseolina contenido en la semilla, marcador molecular no afectado por la selección empírica durante el proceso de selección, presenta amplios niveles de variabilidad entre frijoles silvestres, en relación con las formas cultivadas. Los frijoles silvestres mesoamericanos tienen los tipos "S" y "M", en tanto que los cultivados sólo poseen el tipo de faseolina "S". Este hecho sugiere que en Mesoamérica pudo haber ocurrido un solo sitio de domesticación ubicado entre los estados de Jalisco y Guanajuato, donde hay faseolina "S" en los silvestres. Este hecho significa además, que la forma cultivada contiene sólo una parte de la variabilidad genética total contenida en la forma silvestre mesoamericana, de manera contraria a lo observado en los datos morfológicos (Gepts y Debouck, 1991).

2.3. Centros de diversidad y organización de la variabilidad genética

Se reconocen dos centros primarios de diversidad de *Phaseolus vulgaris* L. (Mesoamérica y Zona Andina) con dos complejos genéticos respectivos (Mesoamericano y Andino) y con razas dentro de complejos (razas Mesoamérica, Jalisco y Durango, en Mesoamérica; razas Nueva Granada, Perú y Chile, en la Zona Andina). Los complejos genéticos, tienen características genéticas propias debidas a su relativo aislamiento geográfico y reproductivo, características que además de observarse en las formas silvestres, se mantiene en las formas domesticadas cultivadas (Cuadro 2). Las características propias de los complejos y razas, tanto morfológicas, fisiológicas, bioquímicas y por supuesto genéticas, les dan un alto valor en los programas de mejora genética de la especie (Gepts y Debouck, 1991; Singh *et al.*, 1991).

Cuadro 2. Diferencias morfológicas de la forma cultivada entre los dos acervos genéticos de *Phaseolus vulgaris* L. Singh et al., 1991.

Características	Acervo Mesoamericano	Acervo Andino
Forma del foliolo central, en las hojas trifoliadas	Ovada, lobulada	Lanceolada o acuminada
Pubescencia	Escasa, corta	Densa, larga
Longitud del quinto entrenudo	Corto	Largo
Inflorescencia	Multinodal	Simple
Base del pétalo estandarte	Rayado	Moteado
Posición del ápice	Placental (sutura dorsal)	Entre suturas placental y ventral
Tamaño de semilla	Pequeña, mediana	Grande
Patrón de faseolina	S, Sb, Sd, B	T, C, H, A
Aloenzimas	Diap-1 ⁹⁵ , Lap-3 ¹⁰⁰ , Rbcs ¹⁰⁰ , Skdh ¹⁰³	Diap-1 ¹⁰⁰ , Lap-3 ¹⁰³ , Rbcs ⁹⁸ , Skdh ¹⁰⁰

2.3.1. Complejos genéticos

De acuerdo con Gepts (1988), un complejo genético es un conjunto de genotipos caracterizados por: a) distribución geográfica circunscrita; b) frecuencias de alelos específicos, pudiendo ser predominantes o exclusivos; c) asociaciones de alelos similares, es decir, alelos específicos de genes diferentes pueden estar asociados con otros, por efecto de relaciones filogenéticas, ligamiento genético, efecto fundador, adaptación climática, edáfica, etc.; d) adaptación diferencial a condiciones climáticas, edáficas y abióticas; e) aislamiento reproductivo actual o potencial. De acuerdo con lo anterior y con apoyo de la información disponible sobre datos morfológicos, fitopatológicos, bioquímicos, genéticos y de adaptación, se puede afirmar sin lugar a dudas la existencia de dos grupos, complejos o acervos genéticos (gene pool), conocidos como Mesoamericano y Andino.

Las formas silvestres y cultivadas pertenecientes al complejo genético Mesoamericano, se distribuyen desde el norte de México hasta el norte de Panamá; son en general de semillas de tamaño pequeño a mediano, carácter que se asocia con folíolos más pequeños y de forma cordada; poseen faseolina tipo "S", bractéolas grandes y ovaladas, contenido de lectina en las semillas. En algunos cultivares de este grupo genético, está presente el gen dominante I para resistencia a mosaico común y se ha encontrado una coevolución entre las razas de roya (*Uromyces appendiculatus*), de antracnosis (*Coletotrichum lindemuthianum*) y de *Rhizobium phaseoli*, donde las razas de estos microorganismos en general infectan a los cultivares desarrollados en la misma región geográfica (Gepts, 1988).

Por su parte, el complejo genético andino, se distribuye desde Colombia hasta el norte de Argentina, posee en general semillas de tamaño grande, asociadas con entrenudos largos, hojas grandes y el foliolo central acuminado; poseen faseolina tipo "T" y bractéolas pequeñas y triangulares. De igual manera que para el complejo genético Mesoamericano, se ha encontrado coevolución entre las razas de roya (*Uromyces appendiculatus*), de antracnosis (*Coletotrichum lindemuthianum*) y de *Rhizobium phaseoli*, donde las razas de estos microorganismos en general infectan a los cultivares desarrollados en la misma región geográfica.

2.3.2. Razas del complejo genético Mesoamericano domesticado

La información correspondiente a la existencia, ubicación y descripción de las razas de la forma cultivada de frijol, se ha tomado del trabajo de Singh y colaboradores (1991), denominado Razas de Frijol común.

Raza Mesoamérica. Son cultivares de semillas pequeñas menores de 25 g/100 semillas, de todos los colores y hábitos de crecimiento. El tamaño de hojas y la longitud de los entrenudos, son pequeños o medianos y las flores poseen rayas en su base exterior. El color de los pétalos puede ser blanco, blanco con rayas rosas o morados, con inflorescencia multinodal; los frutos (vainas) tienen una longitud de 8-15 cm, son delgados, fibrosos o pergaminosos, con 6-8 semillas y con faseolina predominante del tipo "S", pudiendo encontrarse "Sb" y "B". Esta raza se distribuyen a través de los trópicos y zonas intermedias de México, Centroamérica, Colombia y Brasil y pueden encontrarse genes de resistencia a mosaico común (gen *Il*), mosaico dorado, mancha angular, altas temperaturas, baja fertilidad y tolerancia a sequía y fotoperiodo.

Raza Durango. Ésta raza se distribuye en la zona central semiárida y montañosa de México y suroeste de Estados Unidos de Norteamérica. Presenta generalmente hábito indeterminado postrado tipo III, es de hojas pequeñas o medianas, ovadas o cordadas, tallo delgado y ramificado, con entrenudos cortos. La fructificación se concentra en la parte basal en los primeros nudos del tallo y ramas. Los cultivares son de bractéolas pequeñas ovaladas, de frutos aplanados de 4 a 5 semillas y granos de forma romboide y tamaño mediano (25-40 g/100 semillas), donde predominan los colores bayo y crema con o sin manchas o rayas; poseen faseolina tipo "S" principalmente. La Raza Durango puede ser fuente de resistencia a antracnosis, con genes para precocidad, tolerancia a sequía y alto índice de cosecha.

Raza Jalisco. Las variedades pertenecientes a esta raza se localizan en la región central de México y se cultivan en asociación con maíz. Se caracteriza por su hábito de crecimiento generalmente trepador tipo IV, pudiendo alcanzar una altura hasta de tres metros, en su hábitat natural. Las hojas son cordadas de tamaño medio con el foliolo central romboide un tanto acuminado, de tallos y ramas débiles, de largos entrenudos. La fructificación se distribuye a lo largo de la planta, pudiendo ser en la parte superior. Tienen de 5 a 8 semillas, de tamaño

medio, de forma redonda, ovoide, ligeramente oblonga, cilíndrica o arriñonada, con faseolina del tipo "S". Posee genes para alto rendimiento, de resistencia a picudo del ejote (*Apion* spp.), antracnosis y de tolerancia a baja fertilidad.

2.3.3. Razas del complejo genético andino domesticado

Raza Nueva Granada. Los cultivares pertenecientes a esta raza se distribuyen en Colombia, Ecuador y Perú. Son de hábito de crecimiento determinado arbustivo (tipo I), indeterminado erecto (tipo II) e indeterminado postrado (tipo III). El foliolo central por lo general es grande, de forma romboide o acuminada y pubescente. El tallo es de entrenudos medianos o largos y las bractéolas son pequeñas generalmente lanceoladas o triangulares. Los frutos secos pueden ser fibrosos, de longitud mediana a grande (10-20 cm), coriáceos, conteniendo de 4-6 semillas medianas (25- 40 g/ 100 semillas) o grandes (más de 40gr/100 semillas), frecuentemente de forma arriñonada o cilíndrica, con faseolina tipo "T". Tiene genes de insensibilidad a fotoperiodo, resistencia a mosaico común, bacteriosis de halo, antracnosis y mancha angular.

Raza Chile. Se distribuye principalmente en Chile, de hábito de crecimiento frecuentemente indeterminado postrado tipo III, con foliolos de forma ovada, romboide o acuminada, bractéolas triangulares, ovaladas, espatulazas. Los cultivares son de entrenudos cortos, flores de color rosa o blancas, frutos medianos (5-8 cm), de 3 a 5 semillas de formas redonda u ovalada, comúnmente con faseolina de los tipos "C" y "H". Posee genes de adaptación para condiciones de sequía en áreas de baja altitud.

Raza Perú. Distribuida en las partes altas de Colombia, Ecuador y Perú, de hábito de crecimiento trepador tipo IV y vainas ubicadas generalmente en la parte alta. Los foliolos son grandes, de forma ovada o romboide, de entrenudos largos y débiles. Los frutos son en la mayoría de los casos grandes (10-20 cm), de consistencia coriácea y semillas grandes, redondas o también ovaladas, con faseolina de los tipos "C" y "H" Es una raza muy sensible al fotoperiodo y con adaptación a sitios altos y húmedos. (Singh *et al.*, 1991).

2.4. Descripción morfológica del frijol común

De acuerdo con Debouck e Hidalgo (1985), la descripción morfológica del frijol común *Phaseolus vulgaris* L. es como sigue.

Raíz. El sistema radical está formado por la radícula del embrión la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria, en condiciones muy favorables puede alcanzar hasta un metro de longitud. A los pocos días de la emergencia de la radícula es posible ver las raíces secundarias, que se desarrollan especialmente en el cuello de la raíz principal; después aparecen las raíces terciarias lateralmente sobre las raíces secundarias y las cuaternarias, sobre las terciarias; pelos absorbentes son órganos epidérmicos localizados principalmente en las partes jóvenes de las raíces, que juegan un papel importante

en la absorción de agua y nutrimentos. Como miembro de la subfamilia de las Papilionoideae, el frijol presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical. Estos tienen forma poliédrica y un diámetro aproximado de 2 a 5 mm.

Tallo. El tallo principal está formado por una sucesión de nudos y entrenudos con origen en el meristemo apical del embrión de la semilla; este meristemo tiene una fuerte dominancia apical y en su desarrollo genera nudos, estructuras definidas por el punto de inserción de la hoja y de un grupo de yemas axilares. El tallo es generalmente herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular, debido a pequeñas corrugaciones de la epidermis, pudiendo ser determinado o indeterminado; el hábito indeterminado a su vez, puede ser erecto, prostrado o trepador. Algunas características de la planta relacionadas con el tallo se utilizan para la identificación de variedades. Dentro de éstas se puede mencionar: el color, la pilosidad, el tamaño, el número de nudos, el carácter de la parte terminal, el diámetro, la longitud de los entrenudos, la aptitud para trepar, etc.

Hojas. Las hojas de frijol son de dos tipos: simples y compuestas. Las primeras aparecen en el segundo nudo del tallo y se forman en la semilla durante la embriogénesis; son opuestas, cordiformes, unifoliadas, auriculadas, simples y acuminadas. Las hojas compuestas son alternas, trifoliadas y se forman a partir del tercer nudo; son las hojas típicas del frijol, tienen tres folíolos, un pecíolo y un raquis (ambos son acanalados). El folíolo central o terminal es simétrico y acuminado; los dos laterales son asimétricos y también acuminados.

Inflorescencia. Las inflorescencias pueden ser terminales o axilares. Desde el punto de vista botánico se consideran como racimo de racimos, los cuales se originan de tres yemas (tríada), que se encuentran en las axilas. La inflorescencia tiene tres partes principales: el eje de la inflorescencia que se compone de pedúnculo y de raquis, las brácteas primarias y los botones florales.

Flor. La flor del frijol es una típica flor papilionácea. En el proceso de desarrollo de la flor se pueden distinguir dos estados; botón floral y flor completamente abierta. En su estado inicial el botón está envuelto por las bractéolas que tienen forma ovalada o redonda. En el estado final, la corola que aún está cerrada sobresale y las bractéolas cubren sólo el cáliz. La flor tiene simetría bilateral con las siguientes características: a) un pedicelo glabro o subglabro con pelos uncinulados y en su base una pequeña bráctea no persistente, unilateral, llamada bráctea terminal; b) el cáliz es gamosépalo, campanulado, con cinco dientes triangulares dispuestos como labios en dos grupos, dos en la parte alta completamente soldados y tres más visibles en la parte baja; c) la corola es pentámera y papilionácea, con dos pétalos soldados. El estandarte, pétalo no soldado, puede ser de color verde, blanco, rosado, púrpura, pero nunca amarillo. Las dos alas, pétalos laterales no soldados, pueden ser de color blanco, rosado o púrpura. La quilla formada por dos pétalos soldados, presenta forma de espiral muy cerrada, es asimétrica y una pequeña abertura en

el ápice. El androceo está formado por nueve estambres soldados por su base en un tubo y por un estambre libre llamado vexilar. El gineceo es súpero e incluye el ovario comprimido, el estilo encorvado y el estigma interno lateral terminal.

Fruto. El fruto es una vaina con dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido. Las vainas de *Phaseolus vulgaris* son por la general delgadas, angostas, ovales y los colores de éstas en forma inmadura pueden variar de verde claro a oscuro, morado oscuro, rojo, con manchas rojas sobre un fondo verde, rojo pálido sobre verde, etc. Las vainas son generalmente glabras o subglabras con pelos muy pequeños; a veces la epidermis es pilosa. La presencia de fibras en las suturas y en las capas pergaminosas adheridas a la superficie interna de las valvas, determinan la dehiscencia, carácter morfoagronómico usado algunas veces para clasificar las variedades de frijol. La textura de las vainas permite considerar tres tipos: pergaminosa, posee fibras fuertes e induce una fuerte dehiscencia en la maduración; coriáceo, con fibras que separan las dos suturas levemente sin que haya separación total de las dos valvas; carnoso o no fibroso, indehisciente, no presenta separación de las valvas a lo largo de las suturas.

Semillas. Se originan de un óvulo campilótropo y puede tener varias formas: cilíndrica, arriñonada, esférica u otras y tiene una amplia variación en tamaño, colores, formas y de brillo. En cuanto a moteados se refiere, se clasifica en diferentes categorías que van desde la ausencia de moteado hasta moteado constante, vetado, con manchas circulares, color alrededor del hilio etc., La semilla no posee albumen, por lo tanto las reservas nutritivas se concentran en los cotiledones.

2.5. Formas del frijol común

2.5.1. Frijol cultivado

Entre las cinco especies domesticadas y cultivadas de frijol, el frijol común *Phaseolus vulgaris* L., es la especie más importante en México y en el ámbito mundial.

A lo largo de su existencia el hombre ha practicado una selección empírica en diferentes pueblos precolombinos, dando origen a múltiples formas de frijol a las cuales se les han asignado diferentes nombres. Es así como a la forma cultivada de *Phaseolus vulgaris* L. se le conoce como frijol (término más difundido, desde México hasta Panamá y las Antillas), fríjol (Colombia), fréjol (Ecuador), poroto (Argentina, Chile, Perú, y Uruguay), habichuela (Puerto Rico) y feijao (Brasil). En otros países se le llama alubia o judía (España), loubia (Arabia), haricot (Francia), bohne (Alemania), fassolia (Grecia), fagiolini (Italia), Maharagwe (Kenia y Tanzania), madesu (Zaire), ebijanjaló (Uganda), monjeta (Cataluña, España) y bean (países de habla inglesa).

La planta del frijol común cultivado, es anual, herbácea, de hábito arbustivo para siembras en unicultivo o trepador para sembrarse generalmente asociada con maíz. El ciclo vegetativo puede variar desde 85 a 270 días, dependiendo del hábito de crecimiento, de la región y época de siembra. Aunque se cultiva desde Argentina hasta Canadá y desde el nivel del mar hasta los 3,200 msnm, es una planta termófila susceptible a heladas; es de fotoperíodo corto, pero existen cultivares insensibles a este factor en las razas Mesoamérica y Nueva Granada. Algunos de los cambios morfológicos muy visibles provocados por la domesticación a través de la selección empírica por más de 7,000 años, son hojas primarias y folíolos de mayor tamaño, mayores dimensiones de la vaina, vainas menos dehiscentes, granos más grandes y de colores vistosos. (Gepts y Debouck, 1991).

Las semillas, parte de mayor interés en el proceso de domesticación del frijol común, presentan gran variación en la forma cultivada. Pueden ser de forma cilíndrica, arriñonada, esférica, ovalada, aplanada, etc. y tienen una amplia variación en tamaño, pudiendo pesar desde 20 g a 100 g en 100 semillas. Los colores en los frijoles cultivados son muy variables y vistosos, sobre todo en el germoplasma del grupo genético andino, desde los colores uniformes (blancos, negros, rojos, amarillos, bayos, cafés), hasta los pintos con diferentes combinaciones del moteado o rayado y del brillo de la de la testa. Las preferencias de los consumidores son igualmente muy variables, dependiendo del país de que se trate; los tipos comerciales con mayor demanda son los frijoles negros, blancos, rojos y pintos en diferentes colores y moteados, tipos comerciales que también varían en tamaño del grano, especialmente en los frijoles blancos, donde los pequeños conocidos generalmente como panamitos tienen un peso de 20 g en 100 semillas, en tanto que los blancos grandes conocidos como alubias, pesan generalmente arriba de 50 g, pudiendo llegar a 100, como en el caso de las faves asturianas españolas.

2.5.2. Frijol silvestre

Los frijoles silvestres de *Phaseolus vulgaris* se encuentran desde el norte de México hasta San Luis en el noroeste de Argentina, en una distribución continua en un rango de altitud de los 500 hasta los 2,000 m.s.n.m., con precipitaciones anuales de 500 a 1800 mm. Prosperan en ambientes de bosques con baja población de árboles, con preferencia de sitios con arbustos espinosos y maleza; éstos se pueden encontrar en las riberas de los ríos, hábitat con perturbaciones por efectos de vulcanismos, incendios naturales o por modificaciones hechas por el hombre. En este tipo de hábitat las formas silvestres de frijol común, frecuentemente son acompañadas por algunas especies de solanáceas, compuestas y gramíneas (Toro *et al.*, 1990). Los frijoles silvestres son de hábito indeterminado trepador donde predominan las flores de color morado; las vainas son pequeñas y delgadas, de muchos granos, dehiscentes y de granos pequeños; las semillas son generalmente de colores grises, pudiendo ser uniformes o jaspeados.

Lépiz *et al.* (2005) en su trabajo sobre variabilidad fenotípica de colectas de frijoles silvestres en el Occidente de México, informan que *Phaseolus vulgaris* es la especie más ampliamente distribuida, con formas intermedias o "weedy types" entre silvestres y cultivadas y gran variabilidad en algunos caracteres. Encontraron variación en color de flor (moradas y pocas blancas), longitud de vaina (4.70-11.20 cm), anchura de vaina (3.8-7.0 mm), número de semillas por vaina (5.8-10.0), peso de 100 semillas (3.0-12.6 g), color de semilla (gris jaspeado, café, bayo, amarillo, negro), daño de plagas (*Apion*, *Epilachna*) y enfermedades (*Colletotrichum*). Señalan que en la región la especie se distribuye entre los 889 y 2239 msnm y puede convivir en las partes altas con *P. coccineus* y *P. leptostachyus*, en las partes intermedias con *P. leptostachyus*, *P. microcarpus*, *P. parvifolius* y *P. acutifolius* y en las áreas de menor elevación, con *P. acutifolius* y *P. lunatus*. Se ubica en áreas de poca vegetación arbórea, de arbustos espinosos y poca maleza y pastizal; en suelos delgados, pedregosos o volcánicos. Coloniza áreas perturbadas por accidentes naturales o por el hombre, en sitios donde escapa al pastoreo o a las limpieas y quemas provocadas por el hombre. Actualmente se encuentra en áreas de ladera de vegetación primaria o secundaria, en barrancos, orillas de arroyos, cortes a orilla de caminos viejos; es decir, los refugios de las poblaciones silvestres, son cada vez más escasos.

2.5.3. Frijol intermedio, tipo maleza o "weedy type"

Dentro de la vasta diversidad de *Phaseolus vulgaris*, además de los frijoles silvestres y cultivados, existe un complejo llamado en Inglés "weedy form" o "weedy type" frecuentemente denominado en Español como frijol tipo maleza, posiblemente producto de la cruce entre frijoles silvestres y cultivares criollos o bien entre frijoles silvestres y mejorados. En este sentido, Delgado *et al.* (1988), mencionan que existen formas intermedias entre los frijoles cultivados y silvestres, conocidas también como tipos maleza o "weedy form" y son presumiblemente resultado de la polinización cruzada entre las formas silvestres y cultivadas. Los mismos autores asientan que las formas intermedias exhiben un número bajo de semillas por vaina (4.2 vs. 5.8) y tienen semillas grandes (11.9 vs. 6.3 gramos en 100 semillas) respectivamente, en relación a las formas silvestres.

Toro *et al.* (1990), asientan que en los sitios donde ocurre contacto entre frijoles silvestres y cultivados, aparecen los frijoles tipo maleza, muy probablemente como resultado del cruzamiento natural entre las dos formas, como se ha observado en los Andes y también en Mesoamérica (Delgado Salinas *et al.*, 1988). Por su parte Debouck *et al.* (1988), informan haber encontrado un complejo de formas silvestres, intermedias y cultivadas en sitios de agricultura de bajos insumos en la Sierra Sur de Perú. Mencionan que los productores conocen ambos tipos de frijoles (silvestres e intermedios). El complejo de las tres formas silvestre-intermedia-cultivada, es una unidad biológica formada por un continuo cruzamiento y flujo de genes entre las formas silvestres y cultivadas en un medio ambiente particular, con óptimas condiciones para la reproducción de esta especie. Beebe *et al.* (1997), en exploraciones hechas en Perú y Colombia

mencionan la presencia de frijoles intermedios genéticamente estabilizados, en los cuales ellos asumen que fueron producto de pasadas hibridaciones.

Varios autores señalan la existencia de un flujo genético entre las formas cultivadas y silvestres o viceversa, cuando dichas formas conviven de manera simpátrica en ambientes favorables para que se realice la polinización (Delgado *et al.*, 1988; Zizumbo *et al.*, 2005). Ese hecho evidencia la ocurrencia de cruzamiento natural y la compatibilidad genética entre las formas silvestres y domesticadas. Igualmente, se afirma que los frijoles conocidos como tipos maleza, son híbridos naturales entre formas silvestres y cultivadas, descartando la hipótesis de ser frijoles cultivados escapados.

Adicionalmente, en estudios con marcadores moleculares realizados con RAPDs por Freyre, *et al.* (1996), con ISSR por Zizumbo *et al.* (2005), encontraron que la diversidad en las tres formas fue muy similar, observando que las formas intermedias se relacionaron más estrechamente con las formas cultivadas que con las formas silvestres, sugiriendo que las formas intermedias se originaron por la introgresión de alelos de la formas silvestres en las formas cultivadas o al flujo predominante de genes de las formas cultivadas a las formas silvestres.

Por su parte Lépiz *et al.* (2005) consignan la existencia de formas intermedias entre silvestres y cultivadas en la región Occidente de México rica en variabilidad de *Phaseolus vulgaris* y otras especies silvestres de frijol, además de encontrar numerosas formas típicamente silvestres. Señalan que ambas formas son similares en el tipo de planta (hábito de crecimiento trepador, tamaño y forma de hojas, tamaño y color de flores), pero diferentes en los caracteres de vaina y semilla. Sus resultados se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Variación en las características de vaina y semilla en las formas silvestre e intermedia de frijol, en el Occidente de México. Lépiz *et al.*, 2005.

VARIABLE	SILVESTRES	INTERMEDIOS
Longitud de vaina (cm)	6.73	8.65
Anchura de vaina (mm)	4.66	6.37
Semillas por vaina	7.48	7.27
Peso de 100 semillas (g)	4.97	9.94

De acuerdo al cuadro 3, la forma silvestre tiene menor longitud y anchura de vaina, que la forma intermedia; igualmente, hay diferencias notables entre el tamaño de la semilla, siendo mayor en la forma intermedia. En número de semillas por vaina los valores son similares, con una tendencia a ser menor en la forma intermedia o "weedy type".

De acuerdo con Toro *et al.* (1990), los frijoles tipo maleza son generalmente de semillas más grandes que las formas silvestres, colonizan campos y surgen como una vegetación secundaria al lado de terrenos cultivados y a lo largo de los caminos. Las formas intermedias presentan las siguientes características:

- Semilla grande a comparación de las silvestres del área.
- Varios colores en semilla, tales como café pardo, canela, gris, o negro.
- Vainas con fuerte dehiscencia, aunque menos explosivas que las formas silvestres.
- De crecimiento indeterminado y hábito trepador muy agresivo.
- Colonizan hábitat perturbados por el hombre.

Sin embargo, no se cuenta con una información completa de la distribución de las formas tipo maleza debido principalmente a que no se han colectado de manera sistemática; tampoco son cultivados, cosechados, ni comercializados en los mercados. Por otra parte, la literatura hace referencia a la importancia potencial que tienen tanto las formas silvestres como las intermedia en la mejora genética de la forma cultivada, en lo que concierne a resistencia o tolerancia a enfermedades, plagas y estrés abiótico, así como en estudios de diversidad y evolutivos (Toro *et al.*, 1990).

2.6. Caracterización morfológica

La descripción o caracterización morfológica, permite conocer los valores promedio de los diferentes caracteres morfológicos fácilmente visibles debidos a efectos genéticos, más que a una variación ambiental. La caracterización realizada, en primera instancia permite describir las características morfológicas que definen a un genotipo y separar a los individuos de una población que se aparten del promedio determinado. Igualmente, nos permiten conocer las diferencias o similitudes entre un grupo de genotipos de interés y mediante pruebas estadísticas aplicadas a la información obtenida, declarar si son de la misma población o pertenecen a un grupo diferente.

Con el propósito anterior, se han definido descriptores morfológicos y también de índole molecular, en las diferentes especies de plantas cultivadas. Para dar mayor validez y uniformizar los criterios de caracterización morfológica de variedades cultivadas, se han elaborado y aceptado descriptores varietales por las instituciones que tienen responsabilidad en el registro de variedades y en la producción de semilla, donde las pruebas de homogeneidad son esenciales. Igualmente, los descriptores pueden tener validez ante instancias internacionales, como lo es la UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants).

En México y para el caso del frijol, la caracterización del germoplasma en proceso de liberación como nuevas variedades, se practica utilizando los descriptores del Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas

(SNICS) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (SNICS/SAGARPA, 2001). Por su parte, el Centro Internacional de Agricultura Tropical que ha tenido el mayor programa de investigación de frijol en el mundo, que cuenta con el mayor banco de germoplasma de *Phaseolus* y que ha tenido que ver con programas de mejoramiento y de producción de semilla, ha generado descriptores para variedades de arroz, maíz, sorgo y frijol (Muñoz *et al.*, 1993). Igualmente, los programas de investigación de las instituciones nacionales, como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la Universidad de Guadalajara (UDG) en México, han elaborado sus propios sistemas de evaluación, con un buen número de caracteres morfológicos, además de los valores agronómicos.

Con la información mencionada en el párrafo anterior, el proyecto de frijol del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la UDG, elaboró un manual para la caracterización de germoplasma de frijol con fines de evaluación y registro de nuevas variedades. El manual es una integración de las experiencias de definición de los descriptores desarrollados por SNICS y el Centro Internacional de Agricultura Tropical, documento que se utilizó en la caracterización morfológica de los genotipos de frijol de las formas silvestres, cultivadas e intermedias de la presente investigación (Lépiz, 2005).

2.7. Análisis de distancias genéticas

La literatura informa de la estimación de distancias genéticas o divergencias genéticas entre individuos, grupos de individuos o poblaciones, mediante el análisis de conglomerados o grupos de similitud y la construcción de dendogramas, para separar e identificar grupos genéticos de características similares o diferentes.

En este sentido han sido los trabajos de Koenig y Gepts (1989) con muestras de frijol silvestre de las regiones Mesoamericana y Andina, para examinar la hipótesis de la existencia de dos acervos genéticos utilizando datos de análisis de aloenzimas. El dendograma de distancias genéticas pudo mostrar claramente la divergencia genética entre los dos grupos, el primero formado por accesiones de México, Guatemala y Costa Rica (complejo genético Mesoamericano) y el segundo por colecciones de Argentina y Perú (complejo genético Andino).

Beebe *et al.* (2000), en estudios hechos para determinar la estructura genética de frijol cultivado en Mesoamérica mediante el marcador molecular RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) utilizando distancias genéticas entre todos los genotipos y la construcción de dendogramas, pudo separar tres grupos pertenecientes a las razas Durango, Jalisco y Mesoamérica. El análisis de conglomerados identificó a dos subgrupos dentro de la raza Jalisco (J1 y J2) y dos en la raza Mesoamérica (M1 y M2).

Papa y Gepts (2002) utilizando marcadores moleculares AFLPs (Amplified Fragment Length Polymorphism), estudiaron la estructura genética de muestras de formas silvestres, cultivadas e intermedias de frijol, procedentes de diferentes niveles geográficos del estado de Chiapas, México. El método de distancias genéticas pudo separar dos grupos; un primer grupo formado por los frijoles domesticados e intermedios y un segundo, donde quedaron incluidos los frijoles silvestres. Dentro del grupo silvestre, hubo a su vez subgrupos de acuerdo al área geográfica y sitio de colecta.

Igualmente Payro *et al.* (2004), al estudiar la distribución espacial de poblaciones silvestres de frijol común en sitios de Guanajuato y Michoacán mediante marcadores morfológicos y moleculares ISSRs (Inter Simple Sequence Repeat) y utilizando el análisis de conglomerados y la construcción de dendogramas, encontraron grupos entre las poblaciones silvestres estudiadas. Un trabajo similar lo realizaron Zizumbo *et al.* (2005), al estudiar la estructura y dinámica evolutiva del complejo genético silvestre-domesticado y formas intermedias de frijol común en sitios de Guanajuato y Michoacán mediante el marcador genético ISSR (Inter Simple Sequence Repeat). Observaron en el dendograma de distancias genéticas, una distancia pequeña entre las poblaciones domesticadas e intermedias, separadas de las poblaciones silvestres que formaron dos subgrupos a su vez.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del sitio de siembra

El trabajo de campo se llevó a cabo durante el ciclo Primavera-Verano 2005, en los terrenos del Campo Experimental Las Agujas, Municipio de Zapopan, Jalisco, del Centro Universitario Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara; ubicado en el Km 15.5 de la carretera Guadalajara-Nogales, con las siguientes coordenadas geográficas: 20° 44' de Latitud Norte y 103° 30' de Longitud Oeste.

3.2. Material genético

Para la realización del estudio se utilizaron 15 genotipos de frijol común, agrupados de la siguiente manera: 10 genotipos identificados como tipos maleza o intermedios entre silvestres y cultivados (weedy type), tres silvestres y dos de la forma cultivada, todos de hábito indeterminado trepador tipo IV. En el caso de los silvestres e intermedios, se utilizó semilla de colectas realizadas en los años 2003 y 2004 del proyecto de exploración y colección de especies de frijol silvestre en el Occidente de México, financiado por el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI).

Algunas de las características del germoplasma utilizado, se muestran en el Cuadro 4. Los genotipos de la forma intermedia se identificaron en el campo al momento de su colecta por la mayor longitud de las vainas, semillas de mayor tamaño y colores más parecidos a los genotipos domesticados.

3.3 Diseño experimental

La siembra se realizó bajo un diseño de bloques al azar, en invernadero (repetición 1) y en campo (repeticiones 2 y 3). A los genotipos silvestres de testa impermeable al agua, fue necesario practicarles una escarificación mecánica con lija antes de la siembra para acelerar el proceso de germinación. Para la caracterización de los genotipos se utilizó una parcela experimental de dos surcos de 4.0 metros de largo con una separación de 0.80 metros entre surcos, tanto en campo como en invernadero. Por el hábito trepador de los genotipos, fue necesario poner espalderas tanto en campo como en invernadero. Para el registro de la información en las diferentes etapas de desarrollo del frijol, se tomaron 30 plantas al azar por parcela y por repetición.

Cuadro 4. Características de los genotipos utilizados en la investigación.

No. GEN	GENOTIPO	FORMA	COLOR DE SEMILLA	HABITO DE CRECIMIENTO	LUGAR DE ORIGEN
1	Rol 227-1	Intermedio	Bayo	Indeterminado trepador tipo IV	San Pedro, municipio de Etzatlán, Jalisco.
2	Rol 227-2	Intermedio	Negro	Indeterminado trepador tipo IV	San Pedro, municipio de Etzatlán, Jalisco.
3	Rol 227-3	Intermedio	Café	Indeterminado trepador tipo IV	San Pedro, municipio de de Etzatlán, Jalisco.
4	Rol 133	Intermedio	Jaspeado	Indeterminado trepador tipo IV	La Toma, municipio de Tequila, Jalisco
5	Rol 161	Intermedio	Pinto	Indeterminado trepador tipo IV	El Puerto, municipio de Tinguindín, Michoacán
6	Rol 172-1	Intermedio	Jaspeado	Indeterminado trepador tipo IV	Jala (ladera Ceboruco), Nayarit
7	Rol 172-2	Intermedio	Pinto	Indeterminado trepador tipo IV	Jala (ladera Ceboruco), Nayarit
8	Rol 172-3	Intermedio	Café claro	Indeterminado trepador tipo IV	Jala (ladera Ceboruco), Nayarit
9	Rol 168	Intermedio	Ojo de cabra	Indeterminado trepador tipo IV	Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco
10	Rol 225	Intermedio	Café jaspeado	Indeterminado trepador tipo IV	La Joya, municipio de Magdalena, Jalisco
11	Rol 241	Silvestre	Jaspeado oscuro	Indeterminado trepador tipo IV	Jala (rinconada), Nayarit
12	Rol 242	Silvestre	Jaspeado oscuro	Indeterminado trepador tipo IV	Puente Manantiales (autopista GDL-Tepic), Jal.
13	Rol 262	Silvestre	Jaspeado oscuro	Indeterminado trepador tipo IV	La Joya, municipio de Magdalena, Jalisco
14	Garbancillo Zarco	Cultivado	Crema azufrado	Indeterminado trepador tipo IV	Región de Los Altos de Jalisco
15	Morado de Agua	Cultivado	Morado	Indeterminado trepador tipo IV	Región de Los Altos de Jalisco

3.4 Caracterización del material genético

La caracterización se realizó siguiendo una guía de descriptores modificada, teniendo como base los descriptores de frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y del Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) (Lépiz, 2005). En el Anexo 1 se incluye la guía de descriptores utilizada. Como descriptores, en las diferentes etapas de desarrollo del frijol, se registraron en total 55 variables agrupadas por etapas de desarrollo del frijol. La lista se presenta a continuación.

3.4.1. Descriptores morfológicos

Etapas vegetativa

1. Color de cotiledones.
2. Color de hipocotilo.
3. Longitud de hipocotilo.
4. Longitud de epicotilo.
5. Longitud de hojas primarias.
6. Anchura de hojas primarias.

Etapas de floración

7. Días a antesis (floración)
8. Duración del periodo de floración.
9. Color predominante de las alas.
10. Color predominante del estandarte.
11. Color predominante de las venaciones.
12. Color predominante del cuello del estandarte.
13. Color predominante del cáliz.
14. Forma de bractéolas.
15. Hábito de crecimiento.
16. Longitud del tallo principal (fin de flor)
17. Nudos del tallo principal.
18. Color predominante del tallo principal.
19. Pubescencia predominante del tallo.
20. Color predominante de la hoja.
21. Forma del foliolo central.
22. Longitud del foliolo central.
23. Anchura del foliolo central.
24. Área foliar del foliolo central.

Etapas de madurez fisiológica

25. Días a madurez fisiológica.
26. Color predominante de las vainas.
27. Patrón predominante del color de las vainas.
28. Forma predominante del corte transversal de la vaina.
29. Distribución predominante de las vainas en las plantas.

Etapa de cosecha

30. Días a cosecha.
31. Longitud de las vainas.
32. Anchura de las vainas.
33. Color predominante de las vainas.
34. Patrón de distribución predominante del color de las vainas.
35. Forma predominante de las vainas.
36. Tipo predominante del ápice de las vainas.
37. Forma predominante del ápice de las vainas.
38. Longitud del ápice de las vainas.
39. Número de vainas por planta.
40. Prominencia de las semillas de la vaina (constricción)
41. Consistencia de las vainas.
42. Número de semillas por vainas.
43. Número de colores en la semilla.
44. Color primario de la semilla.
45. Patrón de distribución del color primario de la semilla.
46. Color secundario de la semilla.
47. Patrón de distribución del color secundario de la semilla.
48. Aspecto predominante de la testa de la semilla.
49. Presencia o ausencia de venaciones en la semilla.
50. Presencia de color alrededor del hilio.
51. Forma predominante de la semilla en observación longitudinal.
52. Tamaño de semilla (según peso de 100 semillas).
53. Longitud en semillas.
54. Anchura en semillas.
55. Espesor en semillas.

Del total de las 55 variables registradas, 22 fueron de tipo cuantitativo y 33 cualitativas. En cada variable se tomaron datos de 30 plantas por genotipo y repetición. En las variables de tipo cualitativo, se calcularon porcentajes para las diferentes formas de expresión de un carácter y en las variables cuantitativas, se practicaron análisis de varianza y comparaciones de promedios utilizando la prueba de Tukey. En algunas variables consideradas de interés, se graficaron los resultados.

El análisis de agrupamiento para definir las diferencias o similitudes y las relaciones entre los genotipos incluidos, se realizó utilizando Coeficiente de Correlación y la Distancia Euclidiana.

La distancia euclidiana promedio se estima por:

$$d_{ij} = \left[\frac{\sum_{k=1}^p (X_{ik} - X_{jk})^2}{p} \right]^{1/2}$$

En donde X_{ij} y X_{jk} son los promedios de las accesiones i y j para el carácter k ; p es el número de caracteres.

El análisis de agrupamiento se llevó a cabo con 18 variables cuantitativas, las cuales fueron previamente estandarizadas a media cero y varianza 1. Para propósitos del presente estudio únicamente se reportan los resultados de la distancia euclidiana promedio usando el procedimiento de promedios de grupos (UPGMA) de NTSYS- PC (Rohlf, 2000).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los promedios de los 22 descriptores cuantitativos para cada uno de los 15 genotipos incluidos, se presentan en el Cuadro 1.1 del Apéndice. Igualmente, los porcentajes de las diferentes formas de expresión de los 33 caracteres cualitativos, se muestran en los Cuadros 1.2, 1.3, 1.4 y 1.5 del Apéndice.

4.1. Análisis de varianza y comparaciones estadísticas

En las variables de tipo cuantitativo además de calcular los valores promedio de cada uno de los descriptores en los 15 genotipos, se realizaron análisis de varianza y comparación de promedios de las tres formas o grupos de frijoles: silvestres, cultivados e intermedios.

Los resultados de los análisis de varianza de 18 caracteres cuantitativos, se presentan en el Cuadro 5. No se incluyeron las cuatro variables fonológicas de tipo cuantitativo: días a antesis, período de floración, días a madurez fisiológica y número de días a cosecha, por haber observado resultados muy similares entre los genotipos incluidos. En 15 de las variables cuantitativas se encontraron diferencias altamente significativas entre los genotipos. Los caracteres que no mostraron diferencias entre genotipos, fueron longitud de tallo, nudos del tallo y vainas por planta. Los coeficientes de variación en la mayoría de los casos son aceptables, menores al 15%; únicamente en los casos de número de vainas por planta, longitud y anchura de semilla, estuvieron entre 15 y 20%. Es decir, los valores de los coeficientes de variación muestran que en la gran mayoría de los casos (83%), los datos obtenidos son muy confiables.

Cuadro 5. Resultados de los análisis de varianza de 18 variables de tipo cuantitativo empleadas para caracterización de formas silvestres, intermedias y cultivadas de frijol común CUCBA, Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

VARIABLE	CUADRA- DO MEDIO	VALOR DE F	PROBABILI- DAD DE ERROR	COEFICIENTE VARIACIÓN
Longitud de hipocotilo	2.147	17.53**	0.0001	14.6
Longitud de epicotilo	1.532	28.67**	0.0005	11.89
Longitud hoja primaria	5.361	15.15**	0.0001	10.74
Anchura hoja primaria	4.848	30.07**	0.0001	8.11
Longitud del tallo	0.055	1.68 ^{ns}	0.1187	8.03
Número de nudos tallo	1.459	1.34 ^{ns}	0.2459	4.62
Longitud foliolo central	6.592	8.21**	0.0001	10.05
Anchura foliolo central	1.406	8.08**	0.0001	6.39
Área foliar foliolo central	291.328	7.18**	0.0001	14.15
Longitud de la vaina	7.154	43.31**	0.0001	4.40
Anchura de la vaina	0.093	43.70**	0.0001	6.86
Longitud del ápice	0.014	9.00**	0.0001	7.93
Vainas por planta	358.586	1.24 ^{ns}	0.3043	20.84
Semillas por vaina	1.773	5.18**	0.0001	7.95
Peso de 100 semillas	1.773	5.18**	0.0001	12.06
Longitud de la semilla	14.402	6.19**	0.0001	18.27
Anchura de la semilla	7.876	8.34**	0.0001	16.45
Espesor de la semilla	7.189	19.68**	0.0001	15.91

Diferencias significativas al 0.05% de probabilidad de error (*)

Diferencias significativas al 0.01% de probabilidad de error (**)

Diferencias no significativas (ns)

4.2 Comparación de promedios en la variable longitud de hipocotilo

Los resultados de la variable **longitud de hipocotilo** y la comparación de promedios, se presentan en el Cuadro 6. La comparación de medias utilizando la prueba de Tukey, agrupó a los genotipos de frijol en cinco categorías; en el primer grupo, están las variedades cultivadas y en el segundo grupo de valores intermedios, se ubicaron las formas intermedias. Los tres genotipos silvestres mostraron menor longitud de hipocótilo, aunque sin diferencia significativa con algunos genotipos intermedios.

Los resultados muestran que las variedades cultivadas son de mayor longitud de hipocotilo, en relación a las formas silvestres e intermedias; en otras palabras, la prueba estadística señala que en este carácter existe una diferencia muy clara entre las variedades cultivadas y las formas intermedias y silvestres. No obstante que los genotipos silvestres mostraron los menores valores numéricos en el carácter longitud de hipocótilo, son estadísticamente iguales a algunas formas intermedias. Es decir, la separación entre estos dos grupos no es tan clara, como entre las formas cultivadas y silvestres o entre las cultivadas e intermedias.

Cuadro 6. La prueba de comparación de promedios para **longitud de hipocotilo** en el ensayo de formas silvestres, intermedias y cultivadas de frijol común. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

No de genotipo	Genotipo	Longitud de hipocotilo	Tukey 0.05 %
15	M. Agua (C)	4.032	A
14	G. Zarco (C)	4.060	A
5	Rol 161 (I)	2.797	B
3	Rol 227-3 (I)	2.780	BC
4	Rol 133 (I)	2.497	BC
2	Rol 227-2 (I)	2.477	BCD
8	Rol 172-3 (I)	2.173	BCDE
9	Rol 168 (I)	2.157	BCDE
10	Rol 225 (I)	2.103	BCDE
1	Rol 227-1 (I)	2.047	BCDE
6	Rol 172-1 (I)	1.958	BCDE
7	Rol 172-2 (I)	1.930	BCDE
11	Rol 241 (S)	1.720	CDE
13	Rol 262 (S)	1.413	DE
12	Rol 242 (S)	1.353	E
Promedio general		2.388	
Coeficiente de variación (%)		14.6	
Tukey 0.05 %		1.05	

Las letras C, I y S, entre paréntesis después del nombre del genotipo, significan: C, forma cultivada; I, forma intermedia y S, forma silvestre.

4.3 Comparación de promedios en la variable longitud de epicotilo

El Cuadro 7 muestra los promedios y prueba de medias de la variable **longitud de epicotilo**. La prueba estadística agrupó a los genotipos de frijol en cuatro categorías; en el primer grupo de mayor longitud de epicotilo, están las variedades cultivadas y en el segundo grupo de valores intermedios, se ubicaron las formas intermedias. Los tres genotipos silvestres mostraron menor longitud de epicotilo, aunque sin diferencia significativa con algunos genotipos intermedios. Los resultados en longitud de epicotilo, mostraron una respuesta similar a lo encontrado en longitud de hipocótilo. Es decir, en las variables longitud de hipocotilo y epicotilo, los efectos de la domesticación en frijol común, han afectado por igual a los caracteres señalados. Ambos resultados pueden estar asociados al tamaño de semilla, como se verá más adelante, los resultados son similares.

Cuadro 7. Prueba de comparación de promedios de la variable **longitud de epicotilo** en el ensayo de de formas silvestres, intermedias y cultivadas de frijol común. CUCBA, Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

No de genotipo	Genotipo	Longitud epicotilo	Tukey 0.05 %
15	M. agua(C)	3.433	A
14	G. Zarco(C)	3.323	A
3	Rol 227-3 (I)	2.253	B
5	Rol 161(I)	2.233	B
10	Rol 225 (I)	2.167	B
9	Rol 168 (I)	2.04	B
6	Rol 172-1(I)	1.96	BC
2	Rol 227-2 (I)	1.96	BC
4	Rol 133 (I)	1.78	BC
1	Rol 227-1 (I)	1.703	BC
7	Rol 172-2 (I)	1.567	BCD
8	Rol 172-3 (I)	1.560	BCD
11	Rol 241(S)	1.300	CD
13	Rol 262 (S)	0.993	D
12	Rol 242 (S)	0.897	D
Promedio General			1.945
Coeficiente de variación %			11.89
Tukey 0.05 %			0.69

Las letras C, I y S, entre paréntesis después del nombre del genotipo, significan: C, forma cultivada; I, forma intermedia y S, forma silvestre.

4.4 Comparación de promedios en las variables longitud y anchura de hoja primaria

Los resultados correspondientes a las variables **longitud y anchura de hoja primaria**, se incluyen en el Cuadro 8. El ordenamiento de promedios y la prueba de Tukey, señalan resultados similares en las dos variables y muy parecidos a los encontrados en longitudes de hipocotilo y epicotilo; es decir, las variedades cultivadas se ubican en la parte alta, los genotipos intermedios en la parte media y los silvestres en último lugar. No obstante este acomodo, las diferencias no son tan claras entre los tres grupos, puesto que las variedades cultivadas son estadísticamente iguales a algunos intermedios (ROL 161) y algunos de éstos a su vez, son similares a los silvestres (ROL 227-1). Como se mencionó anteriormente, es muy probable que la similitud de resultados encontrados entre las variables longitud de hipocotilo y epicotilo y longitud y anchura de hoja primaria, pueda estar explicados por el tamaño de semilla, pues existe un paralelismo en los resultados encontrados en estas variables y la longitud, anchura y espesor de la semilla; es decir, semillas grandes están asociadas con mayor longitud de hipocotilo y epicotilo y mayor longitud y anchura de hoja primaria. El comportamiento similar de los genotipos en las cuatro variables mencionadas, se puede apreciar con mayor claridad en la Figura 1.

Cuadro 8. Resultados de la prueba de comparación de promedios de las variables **longitud de hoja primaria y anchura de hoja primaria** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA, Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

No de genotipos	Genotipos	Promedio de Hoja primaria	Tukey	Promedio anchura Hoja primaria	Tukey
15	M. Agua(C)	7.947	A	7.680	A
14	G. Zarco (C)	7.367	AB	6.857	AB
5	Rol 161 (I)	6.587	ABC	5.850	BC
10	Rol 225 (I)	6.52	ABCD	5.283	C
8	Rol 172-3 (I)	6.410	ABCD	5.110	CD
3	Rol 227-3 (I)	6.110	BCD	5.343	C
2	Rol 227-2 (I)	5.727	BCDE	5.000	CD
4	Rol 133 (I)	5.553	BCDE	4.883	CD
6	Rol 172-1 (I)	5.510	CDEF	4.967	CD
7	Rol 172-2 (I)	4.863	CDEFG	4.810	CD
9	Rol 168 (I)	4.807	CDEFG	4.953	CD
1	Rol 227-1 (I)	4.707	DEFG	4.017	DE
11	Rol 241 (S)	4.060	EFG	3.280	E
13	Rol 262 (S)	3.720	FG	3.137	E
12	Rol 242 (S)	3.190	G	3.090	E
Promedio General		5.538		4.951	
Coeficiente de Variación		10.74		8.11	
Tukey 0.05 %		1.78		1.20	

Las letras C, I y S, entre paréntesis después del nombre del genotipo, significan: C, forma cultivada; I, forma intermedia y S, forma silvestre.

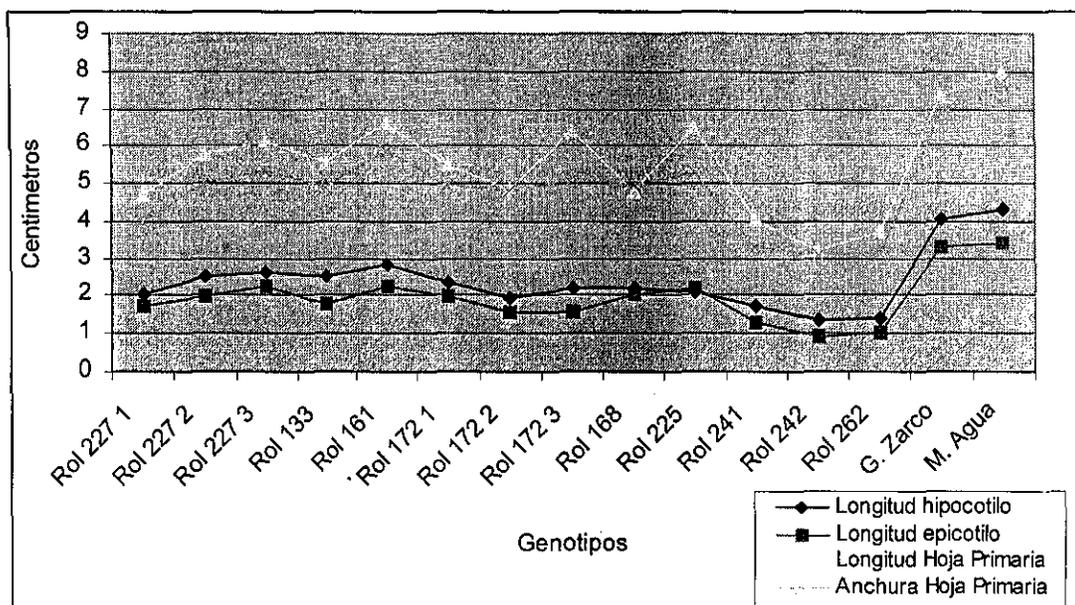


Figura 1. Comportamiento paralelo de los genotipos de frijol en las variables longitud de hipocotilo y epicotilo y longitud y anchura de hoja primaria.

4.5 Comparación de promedios en las variables longitud, anchura y área foliar del foliolo central.

Las variables **longitud, anchura y área foliar del foliolo central**, mostraron resultados similares entre sí, según se puede constatar en el Cuadro 9. En los tres casos se aprecia un grupo de mayores valores en los caracteres señalados, integrado por las formas domesticadas y genotipos intermedios, incluyendo al frijol silvestre Rol 262. En el grupo de menores dimensiones, están los otros dos genotipos silvestres y el intermedio ROL 168 en longitud de foliolo y área foliar.

Estos resultados son interesantes, pues se pueden apreciar dos cosas: primero, que en los caracteres de longitud y anchura del foliolo central, no hubo una separación muy clara entre las tres formas incluidas; segundo, que durante el desarrollo del cultivo, las formas intermedias y por lo menos un genotipo silvestre, tienen la capacidad de desarrollar hojas similares a las de las formas cultivadas, formas que a su vez, desarrollan un mayor tamaño de semilla. Adicionalmente, se puede deducir la alta relación de resultados que existe entre longitud, anchura y área foliar del foliolo central, con los caracteres longitud de hipocotilo y epicotilo y longitud y anchura del foliolo central. Nuevamente se puede apreciar en los caracteres aquí discutidos, como se comprobará más tarde, que están directamente influenciados por las dimensiones de la semilla. Los resultados obtenidos en los descriptores discutidos, concuerdan con lo asentado por Gepts y Debouck (1991), quienes señalan que la domesticación ha producido cambios, como foliolos de pequeños a grandes y semillas de tamaño pequeño a grandes.

Cuadro 9. Resultados de la prueba de comparación de promedios de las variables **longitud del foliolo central, anchura del foliolo central y área foliar** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA, Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

No. de genotipo	Genotipo	Longitud foliolo central	Anchura foliolo central	Área foliar foliolo central
15	M. Agua (C)	10.95 A*	7.370 A*	60.64 A*
3	Rol 227-3 (I)	10.91 A	6.753 A	55.69 AB
10	Rol 225 (I)	10.41 AB	6.637 A	52.24 ABC
14	G. Zarco (C)	9.920 AB	6.597 A	49.52 ABCD
5	Rol 161 (I)	9.853 AB	7.313 A	54.61 AB
4	Rol133 (I)	9.163 ABC	6.450 A	44.67 ABCD
13	Rol 262 (S)	9.110 ABCD	6.923 A	48.52 ABCD
6	Rol 172-1 (I)	9.093 ABCD	7.310 A	36.90 BCDE
8	Rol 172-3 (I)	8.987 ABCD	6.553 A	44.81 ABCD
2	Rol 227-2 (I)	8.910 ABCD	6.450 AB	42.41 ABCDE
7	Rol 172-2 (I)	8.810 ABCDE	6.627 A	44.36 ABCD
1	Rol 227-1 (I)	8.040 BCDE	6.277 AB	36.90 BCD
11	Rol 241 (S)	7.020 CDE	5.030 B	34.27 CDE
9	Rol 168 (I)	6.378 DE	6.658 A	32.16 DE
12	Rol 242 (S)	6.160 E	5.113 B	24.01 E
Promedio General		22.562	6.39	45.017
Coeficiente variación %		6.527	3.13	14.15
Tukey 0.05 %		4.62	1.25	19.15

Las letras C, I y S, ubicadas después del nombre del genotipo, significan en todos los casos: C, forma cultivada; I, forma intermedia y S, forma silvestre.

4.6 Comparación de promedios en las variables longitud y número de nudos del tallo principal.

La ausencia de diferencias entre genotipos para las variables **longitud y número de nudos del tallo principal** sugiere que durante el proceso de domesticación de las variedades de hábito trepador, para los primeros cultivadores de frijol, la longitud y el número de nudos del tallo, no fue motivo de selección. La razón, posiblemente porque para sembrar el frijol con maíz, tutor natural durante el proceso de domesticación de ambas especies, el hábito trepador del frijol representaba la mejor opción para competir y poder producir bajo el sistema maíz-frijol asociados. Lo encontrado en estas dos variables, concuerda con lo que asientan Gepts y Debouk (1991), en el sentido de que no hay diferencias entre las formas cultivadas y silvestres de hábito trepador.

4.7 Comparación de promedios en las variables longitud y anchura de vaina.

El Cuadro 10 muestra los promedios y la prueba de Tukey para las variables **longitud y anchura de vaina**. No obstante que la prueba estadística agrupa a los genotipos en más de tres categorías en ambos casos, se puede observar una clara separación entre las tres formas de frijol; las formas domesticadas muestran las mayores dimensiones, en la parte media se sitúan las formas intermedias y los frijoles silvestres presentan los menores valores en longitud y anchura de vaina. Este resultado evidencia el interés del hombre durante el proceso de domesticación, en seleccionar genotipos de mayor tamaño de vaina y muestra los cambios significativos logrados en los dos caracteres referidos, a través de por lo menos 7000 años de selección empírica (Gepts and Debouck, 1991). Adicionalmente, es interesante destacar la ubicación del genotipo intermedio ROL 168, que de manera similar a lo observado en **longitud y anchura del foliolo central y área foliar**, en las dos variables forma parte del grupo de los silvestres. Estos datos podrían sugerir que ROL 168, es más cercano a las formas silvestres.

Cuadro 10. Resultados de la prueba de comparación de promedios de la variable **longitud de vaina y anchura de vaina**, en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA. Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

No de genotipo	Genotipo	Longitud de vaina	Tukey 0.05%	Anchura de vaina	Tukey 0.05%
15	M. Agua (C)	12.23	A	1.073	A
14	G. Zarco (C)	11.69	AB	1.103	A
3	Rol 227-3 (I)	10.80	BC	0.6600	BCD
10	Rol 225 (I)	10.05	CD	0.7067	B
6	Rol 172-1 (I)	9.637	CDE	0.6600	BCD
8	Rol 172-3 (I)	9.593	CDE	0.6800	BC
4	Rol 133 (I)	9.313	DEF	0.6033	BCD
7	Rol 172-2 (I)	9.273	DEF	0.5847	BCD
2	Rol 227-2 (I)	9.020	DEF	0.6100	BCD
5	Rol 161 (I)	8.123	DEF	0.5833	BCD
1	Rol 227-1 (I)	8.458	EFG	0.6133	BCD
9	Rol 168 (I)	8.140	FGH	0.5533	CD
13	Rol 262 (S)	7.360	GH	0.5400	D
12	Rol 242 (S)	7.110	H	0.5433	CD
11	Rol 241 (S)	7.007	H	0.5733	BCD
Promedio General		9.240		0.673	
Coeficiente de variación %		4.40		6.86	
Tukey 0.05 %		1.22		0.13	

Las letras C, I y S, ubicadas después del nombre del genotipo, significan en todos los casos: C, forma cultivada; I, forma intermedia y S, forma silvestre.

4.8 Comparación de promedios en la variable longitud del ápice.

Los resultados obtenidos en la variable **longitud del ápice** de la vaina, se presentan en el Cuadro 11. No obstante que se obtuvieron diferencias entre los genotipos y que se aprecia una tendencia de los genotipos intermedios a ubicarse en la parte media de la tabla y los silvestres en la parte baja, no se aprecia un efecto claro de la selección empírica, sobre la longitud del ápice de la vaina. Esta afirmación se apoya también en el comportamiento observado en la variedad cultivada Morado de Agua, genotipo que en este carácter es igual estadísticamente a los genotipos silvestres y a un grupo de intermedios. Por otra parte, este resultado sugiere que el carácter longitud del ápice de la vaina, es una variable que como descriptor no muestra diferencias entre los genotipos de las formas estudiadas.

Cuadro 11: Resultados de la prueba de comparación de promedios de la variable **longitud del ápice** de la vaina en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA. Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

No de genotipo	Genotipo	Longitud del ápice	Tukey 0.05 %
14	G. Zarco (C)	0.6267	A
5	Rol 161 (I)	0.5667	AB
1	Rol 227-1 (I)	0.5367	ABC
2	Rol 227-1 (I)	0.5300	ABCD
8	Rol 172-3 (I)	0.5200	ABCD
7	Rol 172-2 (I)	0.5177	ABCDE
3	Rol 227-3 (I)	0.5033	ABCDE
15	M. agua (C)	0.5233	ABCDE
11	Rol 241 (S)	0.4933	ABCDE
4	Rol 133 (I)	0.4900	ABCDE
6	Rol 172-1 (I)	0.4733	BCDE
9	Rol 168 (I)	0.4267	CDE
10	Rol 225 (I)	0.4000	CDE
13	Rol 262 (S)	0.3933	DE
12	Rol 242 (S)	0.3823	E
Promedio General		0.491	
Coeficiente de variación %		7.93	
Tukey 0.05 %		0.13	

Las letras C, I y S, ubicadas después del nombre del genotipo, significan en todos los casos: C, forma cultivada; I, forma intermedia y S, forma silvestre.

4.9 Comparación de promedios en la variable número de vainas por planta.

En número de vainas por planta, el análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre los genotipos estudiados. No obstante esta afirmación, en el cuadro se puede apreciar que los dos genotipos cultivados registraron los valores más bajos en este carácter. Esta tendencia de resultado está de acuerdo con lo observado en las variables longitud y anchura de vaina y con el principio de compensación reportado entre las formas cultivadas, donde a mayor tamaño de vainas, se presenta un menor número de las mismas (White e Izquierdo, 1989). Por otra parte, es conveniente señalar que en esta variable se obtuvo el mayor coeficiente de variación, de 20%; es decir, la medición del carácter no fue del todo precisa, por lo que habría que tomar con cierta reserva la igualdad estadística declarada entre los genotipos, en el carácter número de vainas por planta. También se puede especular, que durante el proceso de selección hacia un mayor tamaño de vaina en las formas cultivadas y no obstante el fenómeno de compensación, se procuró y se logró mantener el mayor número de frutos en las plantas domesticadas de tipo trepador.

Cuadro 12. Resultados de la prueba de comparación de promedios de la variable **número de vainas por planta** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA. Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

No de genotipos	Genotipos	Promedio	Tukey 0.05 %
8	Rol 172-3 (I)	97.23	A
7	Rol 172-2 (I)	96.20	A
9	Rol 168 (I)	88.41	A
12	Rol 242 (S)	87.80	A
4	Rol 133 (I)	86.25	A
10	Rol 225 (I)	86.06	A
2	Rol 227-2 (I)	85.37	A
13	Rol 262 (S)	83.39	A
11	Rol 241 (S)	82.47	A
6	Rol 172-1 (I)	81.98	A
1	Rol 227-1 (I)	78.13	A
5	Rol 161 (I)	77.75	A
15	M. agua (C)	74.77	A
3	Rol 227-3 (I)	63.57	A
14	G. Zarco (C)	55.67	A
Promedio General		81.670	
Coeficiente de variación %		20.84	
Tukey 0.05 %		51.19	

Las letras C, I y S, ubicadas después del nombre del genotipo, significan en todos los casos: C, forma cultivada; I, forma intermedia y S, forma silvestre.

4.10 Comparación de promedios en las variables longitud, anchura y espesor de la semilla.

El Cuadro 13, muestra los resultados de los descriptores longitud, anchura y espesor de la semilla. Independientemente de los diferentes grupos de igualdad estadística que se forman según la prueba de Tukey, los resultados son similares en los tres casos (Figura 2). Es decir, los genotipos domesticados muestran los mayores valores, las formas intermedias se ubican en la parte media y los frijoles silvestres presentan los valores más bajos. La razón de un comportamiento similar, es que las tres variables definen el tamaño de la semilla; en otras palabras, se puede afirmar que los frijoles cultivados tienen un mayor tamaño de semilla, los intermedios son de tamaño medio y las formas silvestres, registran las menores dimensiones de semilla. Este resultado muestra nuevamente el efecto positivo de la selección empírica durante el proceso de domesticación hacia el tamaño de semilla, carácter sin duda de alto valor económico para los productores y consumidores de frijol.

Los resultados anteriores están de acuerdo con lo expresado por Kaplan y Kaplan (1988), quienes señalan que en el período de domesticación, las primeras alteraciones morfológicas en el género *Phaseolus* que separan a las formas silvestres de las domesticadas, son las siguientes: semillas de tamaño pequeño a grande; vainas dehiscentes a poco dehiscentes y pérdida de la impermeabilidad al agua en las formas domesticadas. Por su parte Gepts y Debouck (1991) señalan que la domesticación ha producido cambios, como folíolos de pequeños a grandes y semillas de tamaño pequeño a grandes.

Cuadro 13. Resultados de la prueba de comparación de **longitud, anchura y espesor de la semilla** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA. Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

No de genotipo	Genotipo	Longitud de Semilla		Anchura de Semilla		Espesor de la semilla	
			Tukey		Tukey		Tukey
15	M. Agua (C)	12.89	A	12.23	A	6.704	A
14	G. Zarco (C)	12.01	AB	11.69	AB	6.871	A
3	Rol 227-3 (I)	10.59	ABC	10.80	BC	6.021	AB
10	Rol 225 (I)	10.57	ABC	10.05	CD	2.867	CD
6	Rol 172-1 (I)	8.510	ABCD	9.637	CDE	3.688	CD
8	Rol 172-3 (I)	8.313	ABCD	9.593	CDE	3.517	CD
4	Rol 133 (I)	8.193	BCD	9.313	DEF	3.350	CD
2	Rol 227-2 (I)	7.667	BCD	9.020	DEF	4.346	BC
9	Rol 168 (I)	7.410	BCD	8.140	FGH	2.792	CD
1	Rol 227-1 (I)	7.150	CD	8.458	EFG	3.917	CD
7	Rol 172-2 (I)	6.983	CD	9.273	DEF	3.029	CD
5	Rol 161 (I)	6.827	CD	8.913	DEF	3.112	CD
11	Rol 241 (S)	6.330	CD	7.007	H	2.388	D
13	Rol 262 (S)	6.027	CD	7.360	GH	2.388	D
12	Rol 242 (S)	5.743	D	7.360	GH	2.388	D
Promedio General		8.347		5.910		3.799	
Coeficiente de variación %		18.27		16.45		15.91	
Tukey 0.05 %		4.58		2.92		1.81	

Las letras C, I y S, ubicadas después del nombre del genotipo, significan en todos los casos: C, forma cultivada; I, forma intermedia y S, forma silvestre.

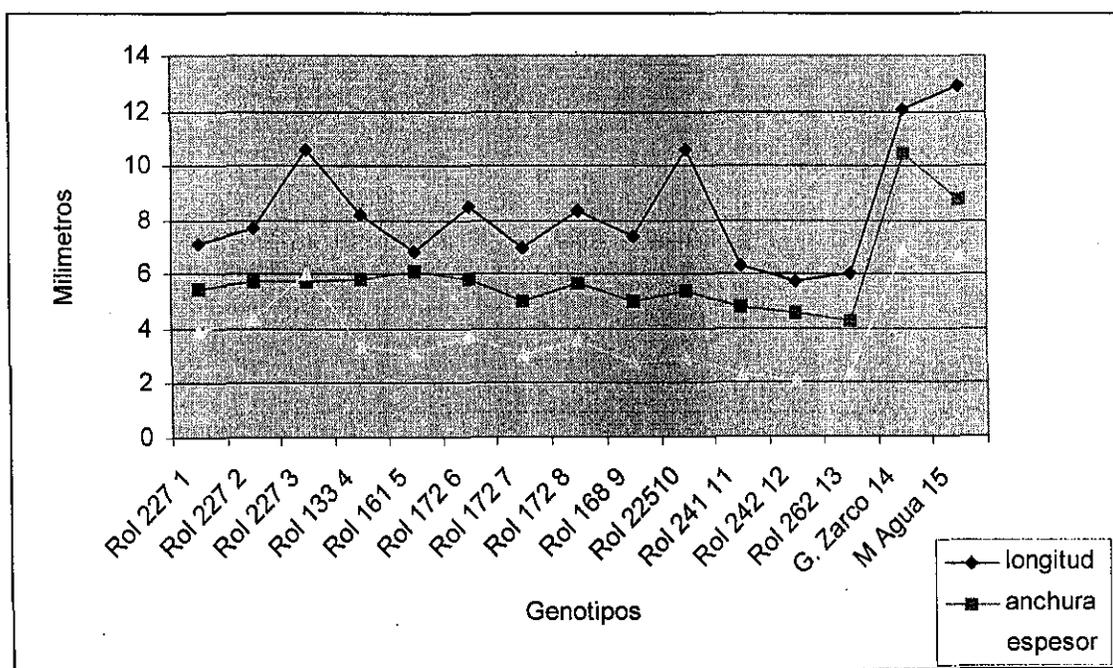


Figura 2. Comportamiento paralelo de los genotipos de frijol en las variables longitud, anchura y espesor de la semilla.

4.11 Comparación de promedios en la variable número de semillas por vaina.

El Cuadro 14 muestra los promedios y prueba de medias de la variable **número de semillas por vaina**. La prueba estadística agrupó a los genotipos de frijol en cuatro categorías, sin embargo el análisis se puede simplificar al considerar solamente a los grupos primero (grupo A) y último (grupo D), que incluyen al total de los materiales genéticos.

En el grupo A de mayor número de semillas por vaina, están incluidos tanto los silvestres, como las formas intermedias, sin que se aprecie una tendencia de agrupamiento en el orden de mayor a menor. En el último grupo de menor número de semillas por vaina (D), están las dos formas cultivadas y el genotipo intermedio ROL-227-2. Este resultado muestra que durante el proceso de domesticación orientado a seleccionar un mayor tamaño de vaina (Cuadro 10) y mayor tamaño de semilla (Cuadro 13), no fue posible mantener el mismo número de semillas por vaina en los frijoles domesticados, existente en los frijoles silvestres. Este resultado se explica por el efecto de compensación fisiológica reportado en frijol, donde al incrementar las dimensiones del fruto y simultáneamente el tamaño de semilla en las formas cultivadas, no es posible mantener un número alto de semillas en los frutos (Adams, 1973; White e Izquierdo, 1989).

Cuadro 14. Resultados de la prueba de comparación de promedios de la variable **número de semillas por vaina** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA. Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

No de genotipo	Genotipo	Número de semillas/vaina	Tukey 0.05 %
7	Rol 172-2 (I)	8.522	A
8	Rol 172-3 (I)	8.313	AB
13	Rol 262 (S)	8.110	ABC
6	Rol 172-1 (I)	8.100	ABC
10	Rol 225 (I)	8.013	ABC
3	Rol 227-3 (I)	7.860	ABCD
12	Rol 242 (S)	7.457	ABCD
1	Rol 227-1 (I)	7.377	ABCD
4	Rol 133 (I)	7.223	ABCD
11	Rol 241 (S)	7.080	ABCD
9	Rol 168 (I)	6.743	ABCD
5	Rol 161 (I)	6.680	BCD
15	Morado de agua (C)	6.587	BCD
2	Rol 227-2 (I)	6.343	CD
14	Garbancillo zarco (C)	6.077	D
Promedio General		7.366	
Coeficiente de variación %		7.95	
Tukey 0.05 %		1.76	

Las letras C, I y S, ubicadas después del nombre del genotipo, significan en todos los casos: C, forma cultivada; I, forma intermedia y S, forma silvestre.

4.12 Comparación de promedios en la variable peso de 100 semillas

Los resultados correspondientes a la variable **peso de 100 semillas**, se presentan en el Cuadro 15. La prueba de Tukey permitió separar claramente a los tres grupos de genotipos, con resultados similares a lo encontrado en tamaño de semilla; es decir, los frijoles cultivados mostraron el mayor peso de grano, los genotipos correspondientes a la forma intermedia registraron pesos medios y los frijoles silvestres, presentaron el menor peso de grano. Nuevamente, el proceso de selección empírica a través de los cientos de años de domesticación, fue eficiente en incrementar el tamaño de la semilla, en relación a sus ancestros, las formas silvestres de frijol. Como se aprecia en el Cuadro 15 y en la Figura 3, en la variable peso de 100 semillas, la diferencia entre los frijoles intermedios y silvestres, es considerable.

Cuadro 15. Resultados de la prueba de comparación de promedios **peso de 100 semillas** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA. Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

No de genotipo	Genotipo	Peso de 100	Tukey 0.05 %
15	Morado de agua (C)	45.70	A
14	Garbancillo zarco (C)	40.17	B
2	Rol 227-2 (I)	13.53	C
3	Rol 227-3 (I)	13.40	C
7	Rol 172-2 (I)	12.83	C
1	Rol 227-1 (I)	11.00	C
8	Rol 172-3 (I)	10.07	CD
5	Rol 161 (I)	9.933	CD
10	Rol 225 (I)	9.900	CD
4	Rol 133 (I)	9.500	CD
9	Rol 168 (I)	9.367	CD
6	Rol 172-1 (I)	9.267	CDE
11	Rol 241 (S)	5.600	DE
12	Rol 242 (S)	4.233	E
13	Rol 262 (S)	4.200	E
Promedio General		13.913	
Coeficiente de variación %		12.06	
Tukey 0.05 %		5.04	

Las letras C, I y S, ubicadas después del nombre del genotipo, significan en todos los casos: C, forma cultivada; I, forma intermedia y S, forma silvestre.

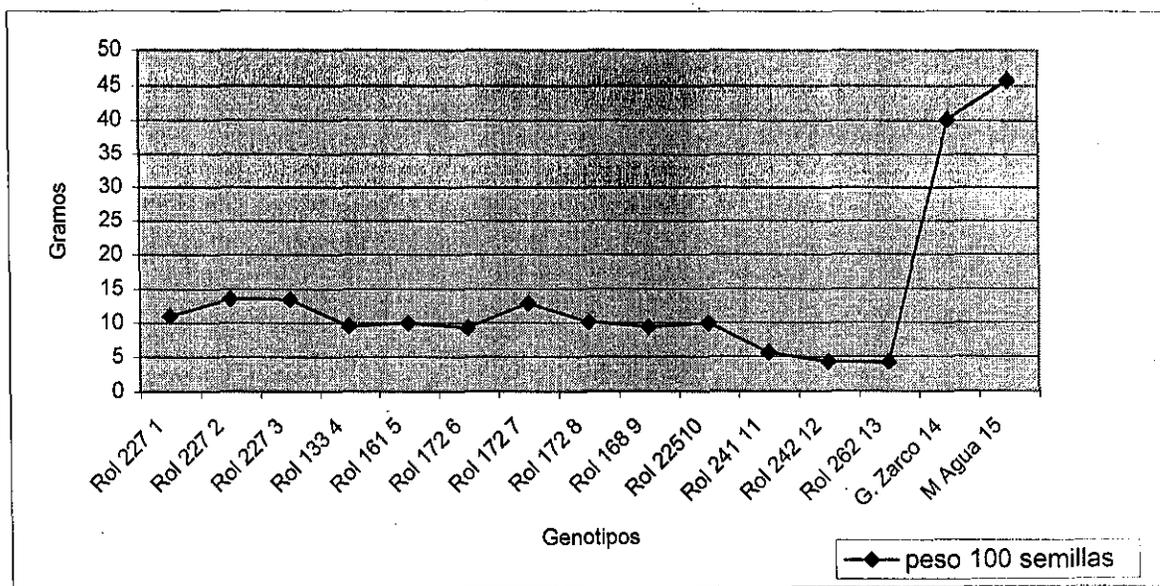


Figura 3. Comportamiento de la variable pesos de 100 semillas en los genotipos de frijol.

Las variables fenológicas de días a floración y madurez no incluidas en los análisis de varianza ni de agrupamiento, mostraron que la forma cultivada presenta un menor ciclo biológico, en relación a la forma silvestre. Los valores promedio de días floración fueron 42.65 y 55.73 y para días a madurez 92.5 y 95.34, respectivamente. Los genotipos maleza, mostraron valores intermedios. Este resultado podría indicar que durante el proceso de domesticación, también se consideró a la precocidad, como una característica de interés.

4.13. Análisis de agrupamiento

Los resultados del análisis de agrupamiento utilizando la distancia euclidiana promedio, se presentan en la Figura 4. El dendograma muestra claramente la separación de las tres diferentes formas de frijol común. Los genotipos domesticados Garbancillo Zarco y Morado de Agua, forman un grupo, mientras que los genotipos silvestres Rol 241, Rol 242 y Rol 262, integran un grupo diferente; de igual manera los 10 genotipos intermedios forman otro grupo distinto. La distancia genética de las formas cultivadas con respecto a los dos grupos anteriores, fue de 2.08, en tanto que la distancia genética entre silvestres y el grupo de intermedios, fue de 1.23. La Figura 4 muestra que dentro de los frijoles intermedios, se forman varios subgrupos, destacando la relación estrecha entre los genotipos Rol 227-2 y Rol 133 con una distancia de 0.39. El resultado evidencia la existencia de variabilidad genética dentro de los frijoles tipo maleza, variabilidad que podría utilizarse como fuente de genes en el mejoramiento del frijol cultivado.

En el trabajo presente, los resultados del análisis de distancias genéticas, muestra similitud con lo encontrado por Zizumbo *et al.* (2005), investigación donde se estudió la estructura y dinámica evolutiva del complejo genético silvestre-domesticado y formas intermedias de frijol común en sitios de Guanajuato y Michoacán. En dicho trabajo se observó una distancia pequeña entre las poblaciones domesticadas e intermedias, separadas de las poblaciones silvestres que formaron dos subgrupos a su vez; es decir, la metodología permitió separar las formas cultivadas, intermedias y silvestres de frijol.

Igualmente, las distancias genéticas y la construcción de dendogramas, han sido utilizadas con éxito por Koenig y Gepts (1989) para mostrar la divergencia genética entre los acervos genéticos silvestres, andino y mesoamericano; por Beebe *et al.* (2000), para determinar la estructura genética del frijol cultivado mesoamericano usando marcadores moleculares (RAPD) y separar los genotipos pertenecientes a las razas Durango, Jalisco y Mesoamérica.

Los resultados del análisis de similaridad en base a caracteres morfológicos concuerdan con lo encontrado a través de las comparaciones estadísticas de promedios de las variables cuantitativas, en donde las variables tamaño de vaina y semilla y otros caracteres relacionados con éstas, los genotipos domesticados presentaron los mayores valores, los tipos maleza registraron valores intermedios y los correspondientes a la forma silvestre, los valores menores. Ambos resultados

permiten afirmar que los frijoles de las formas silvestre y domesticada, son grupos muy diferentes y que los tipos maleza, constituyen un grupo intermedio entre las dos formas señaladas.

Por otra parte, los resultados señalados evidencian por una parte, que el origen de las formas intermedias, tipos maleza o "weedy type" es la hibridación natural entre poblaciones domesticadas y silvestres y por la otra, que en los sitios donde conviven las dos formas principales y en ambientes favorables para la ocurrencia de polinización cruzada, ocurre flujo genético de la forma domesticada hacia la población silvestre y/o de la forma silvestre hacia la población domesticada.

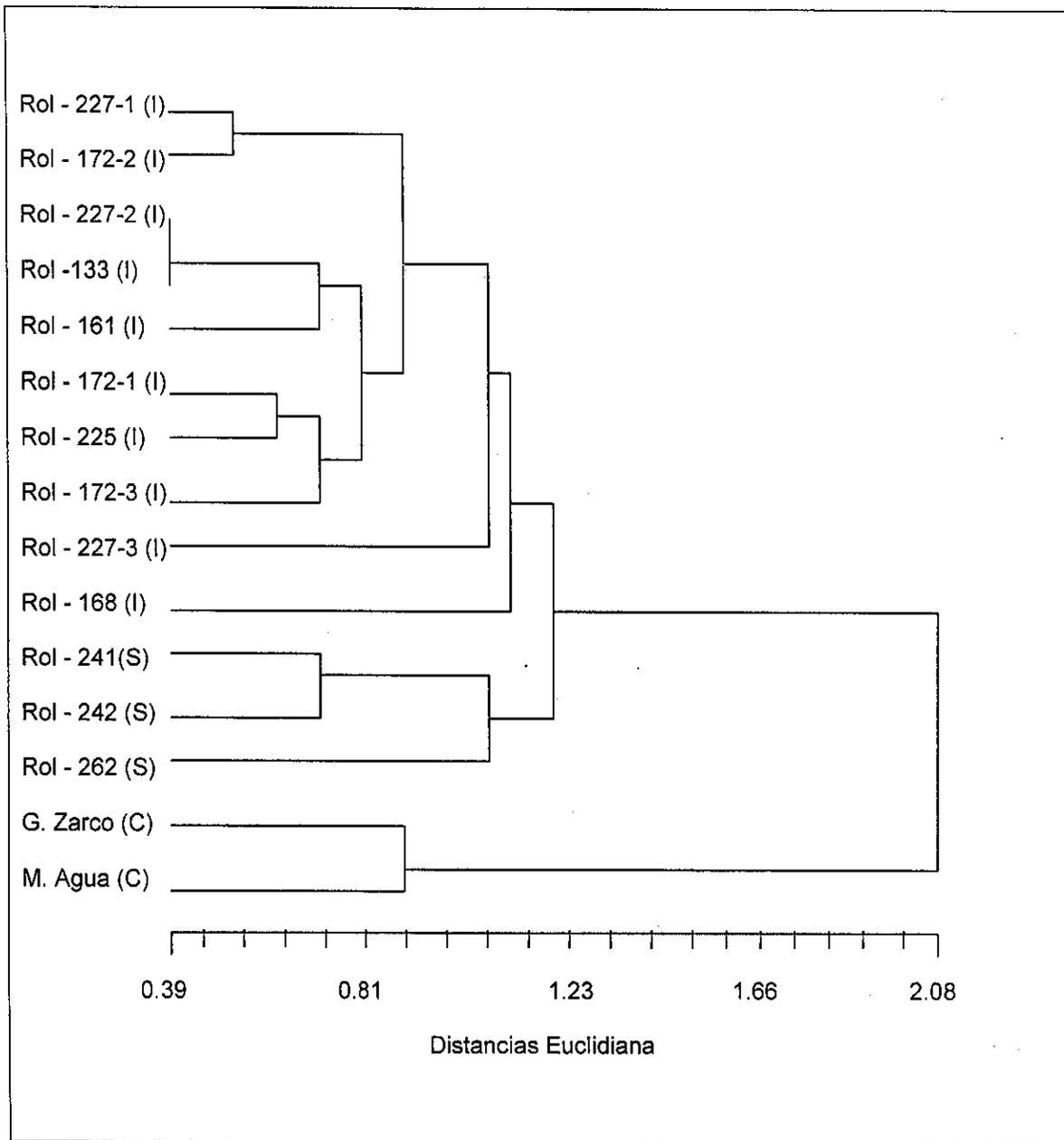


Figura 4. Dendrograma de 18 variables en 15 genotipos correspondientes a tres formas de frijol común (C, cultivado; S, silvestre; I, intermedio).

4.14. Variables cualitativas.

Las variables cualitativas utilizadas para describir a los genotipos, se ubican en los Cuadros 1.2, 1.3, 1.4 y 1.5 del Apéndice. Al hacer un análisis de los diferentes caracteres, se encuentra variación fenotípica entre genotipos y dentro de genotipos en la mayoría de los descriptores, excepto en los descriptores hábito de crecimiento, pubescencia del tallo, color de hoja y distribución de vainas. La

variación dentro, se observa principalmente en la forma intermedia, que exhibe diferentes colores de hipocotilo, cotiledones, tallos, flores, vainas y semillas; este resultado evidencia su origen híbrido. No se observa una asociación de este tipo de caracteres, por grupos de genotipos. Con excepción del color de la semilla y tal vez un poco el color de vaina, este resultado permite afirmar que estos caracteres, tampoco fueron de mucho interés durante el proceso de domesticación.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, los materiales empleados y bajo las condiciones en que se realizó la investigación, se concluye lo siguiente.

Los descriptores morfológicos son una herramienta que permite la descripción e identificación de accesiones silvestres, cultivadas e intermedias de frijol común.

Los descriptores de tipo cuantitativo, además de permitir la comparación estadística entre los genotipos incluidos, permiten la construcción de dendogramas para conocer las relaciones de similitud entre individuos o grupos de individuos.

Los análisis de varianza y la prueba de separación de medias en las variables longitud de hipocotilo y epicotilo, longitud y anchura de hoja primaria, longitud, anchura y área foliar del foliolo central, longitud y anchura de vaina, longitud, anchura y espesor del grano y el peso de la semilla, permitieron separar con claridad las formas silvestre, cultivada e intermedia de frijol común.

Las distancias genéticas estimadas a través del análisis de similitud y la construcción de dendogramas utilizando las variables morfológicas cuantitativas, permitieron igualmente concluir que existen diferencias entre las formas de frijol estudiadas.

Los caracteres de longitud y anchura de vaina, longitud, anchura y espesor del grano y peso de semilla, registraron mayores dimensiones en los genotipos cultivados en relación a los silvestres, mostrando que recibieron la mayor atención durante el proceso de domesticación del frijol común.

Las variables longitud de tallo y número de entrenudos, resultaron similares entre los genotipos y formas estudiadas, mostrando que en los frijoles de hábito trepador, estos caracteres no fueron de interés en la domesticación de frijol común.

Las variables cualitativas resultaron de utilidad para la caracterización de genotipos, pero no mostraron alguna asociación con las formas de frijol estudiadas.

Los diferentes análisis practicados a las variables cuantitativas en las tres formas de frijol común, permiten aseverar que los frijoles tipo maleza o "weedy type", son intermedios entre las formas cultivada y silvestre, producto de la hibridación natural y evidencian que existe flujo genético entre las dos formas principales.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Adams, W. 1973. Plant architecture and physiological efficiency in the field bean. In: CIAT (Ed.). Potentials of field beans and other food legumes in Latin America. CIAT, Cali, Colombia. P. 37-67.
- Beebe, S. , P. Skroch, J. Thome, J Niemhuis y J.Tivang. 1995. Genetic Diversity among common breeding lines developed for Central America. Crop Science 40: 264-273.
- Beebe, S., P. W. Skroch, J. Thome, M. C. Duque, F. Pedraza and J. Nienhuis. 2000. Structure of genetic diversity among common bean landraces of Middle American origin based on correspondence analysis of RAPD. Crop Science 40: 264-273.
- CEA. 2001. Situación actual y perspectiva de la producción de frijol en México. Centro de Estadística Agropecuaria y Pesquera. SAGARPA. México, D. F. 61 p.
- Debouck, D.y R. Hidalgo. 1985. Morfología de la planta de frijol común. En: López, M., F. Fernández y A. Schoonhoven. Frijol: Investigación y Producción. CIAT, Cali, Colombia. pp. 7-47.
- Debouck, D., M. Gamarra, V. Ortiz and J. Thome.1989. Presence of a wild-weed-crop complex in *Phaseolus vulgaris* L. in Peru. Annual Report of the Bean Improvement. Corporative (B.I.C.). Volumen 32.
- Delgado Salinas, A., A. Bonet and P. Gepts. 1988. The wild relative of *Phaseolus vulgaris* in Middle America. In: Gepts, P. (ed.). Genetic Resources in Phaseolus beans. Kluwer Academic Publishers. p. 163-184.
- Freyre. R. R. L. Ríos; L. Guzmán; D.G. Debouck & Gepts. 1996. Ecogeographic Distribution of *Phaseolus* spp. (Fabaceae) in Bolivia. Econ. Bot. 50: 195-125.
- Gepts, P. 1988. A Middle American and an Andean Common Bean Gene Pool. In: Gepts, P. (ed.). Genetic Resources of Phaseolus Beans. Kluwer Academic Publishers. P 375-390.
- Gepts, P. and D. Debouck. 1991. Origin, domestication and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: van Schoonhoven, A. and O. Voysest (eds.) Common Beans. Research for Crop Improvement. C.A.B. International. p. 7-53.

- Kaplan, L. and L. N. Kaplan. 1988. Phaseolus in Archaeology. In: Gepts, P. (ed.). Genetic Resources of Phaseolus Beans. Kluwer Academic Publishers. p125-142.
- Koenig, R.L. and P. Gepts. 1989. Allozyme diversity in wild *Phaseolus vulgaris*: further evidence for two major center of genetic diversity. *Theor Appl*, 78:809-817.
- Koinange, E.M.K., S. P. Singh y P. Gepts. 1996. Genetic Control of the Syndrome Domestication Common Beans. *Crops Science*. 36: 1037-1045.
- Lépiz Ildelfonso, R., E. López, S. Núñez, I. J. González, A. Ledesma y S. Herrera. 2000. Perspectivas del frijol en México. UDG, INIFAP. Documento de circulación interna. 40 p.
- Lépiz I., R. 2005. Descriptores en Frijol. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Inédito. 10 p.
- Lépiz Ildelfonso, R., R. Ramírez Delgadillo, J. J. Sánchez González, J. A. Ruiz Corral y D. Debouck. 2005a. Variabilidad fenotípica en *Phaseolus vulgaris* L. silvestre, en el Occidente de México. PCCMCA, Ciudad de Panamá, Panamá.
- Muñoz, G., G. Gildardo y J. Fernández. 1993. Descriptores Varietales: Arroz, Frijol, Maíz, Sorgo. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 174p.
- Papa y Gepts (2002). Asymmetry of gene flow and differential geographical structure of molecular diversity in wild and domesticated common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) from Mesoamerica. *Theor. Appl. Genet.* 106: 239-250.
- Payro, E., P. Gepts, P. Colunga and Daniel Zizumbo Villarreal. 2004. Spatial distribution of genetic diversity in wild populations of *Phaseolus vulgaris* L. from Guanajuato and Michoacán, México. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 52: 589-599.
- Rohlf, F.J. 2000. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, NTSYSpc, version 2.1.
- Singh, S., P. Gepts and D. Debouck. 1991. Races of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany*. 45:378-392.

- SNICS/SAGARPA. 2001. Guía Técnica para la Descripción Varietal, Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). 21p.
- Toro, O., J. Tome and D. Debouck. 1990. Wild bean (*Phaseolus vulgaris* L.): Description and distribution. International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) and Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 106 p.
- White, J. y J. Izquierdo. 1989. FRIJOL: Fisiología del potencial de rendimiento y la tolerancia al estrés. CIAT-FAO. Santiago, Chile. 91 p.
- Zizumbo-Villarreal D., P. Colunga, E. Payró, P. Delgado-Valerio and P. Gepts. 2005. Population Structure and Evolution Dynamics of Wild-Weedy-Domesticated Complexes of Common Bean in a Mesoamerican Region. *Crop Science*. 45: 1073-1083.

VII. APÉNDICE

Apéndice 1. Cuadros de resultados promedio de las variables cuantitativas y cualitativas.

Cuadro 1.1. Resultados promedio de la caracterización de variables cuantitativas de formas cultivadas, silvestres e intermedias de frijol común.

GENOTIPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ROL 227-1 (I)	2.05	1.7	4.71	4.02	55	33.3	2.15	21.09	8.04	6.27	36.9	94.3	130.7	8.46	0.61	0.54	78.13	7.38	11	7.14	5.45	3.92
ROL 227-2 (I)	2.49	1.96	5.72	4.99	53.7	30.3	2.23	22.24	8.91	6.29	42.41	96.7	130.7	9.02	0.61	0.53	85.37	6.34	13.5	7.68	5.74	4.35
ROL 227-3 (I)	2.63	2.25	6.11	5.34	57.3	28.7	2.31	23.31	10.91	6.75	55.69	96	130.3	10.8	0.66	0.51	63.57	7.86	13.4	10.6	5.72	6.02
ROL 133 (I)	2.49	1.78	5.56	4.88	56.7	30.3	2.23	22.38	9.16	6.45	44.67	94.7	131.3	9.31	0.61	0.49	86.28	7.22	9.5	8.2	5.8	3.35
ROL 161 (I)	2.79	2.23	6.59	5.85	55.3	28	2.2	22.7	9.85	7.31	54.61	97	129	8.91	0.58	0.57	77.75	6.68	9.93	6.82	6.09	3.11
ROL 172-1 (I)	2.32	1.96	5.51	4.97	55.3	30.3	2.23	22.45	9.09	7.31	50.44	97	130.3	9.64	0.66	0.48	81.98	8.1	9.27	8.52	5.8	3.69
ROL 172-2 (I)	2.17	1.56	6.41	5.11	52	31	2.12	21.33	8.72	6.43	42.58	90	131	9.07	0.59	0.52	81.85	7.79	12.8	6.98	5.03	3.03
ROL 172-3 (I)	2.17	1.56	6.41	5.11	56.7	31	2.28	23.27	8.99	6.55	44.81	95	132	9.56	0.68	0.52	97.23	8.31	10.1	8.31	5.67	3.52
ROL 168 (I)	2.16	2.04	4.81	4.95	58	27	2.35	23.53	6.38	6.66	32.16	94	131.3	8.14	0.55	0.43	88.41	6.74	9.37	7.43	5.01	2.79
ROL 225 (I)	2.11	2.17	6.52	5.28	57.3	29.7	2.29	22.77	10.41	6.64	52.24	98.7	131.3	10.05	0.7	0.39	86.06	8.01	9.9	10.6	5.39	2.87
ROL 241 (S)	1.72	1.29	4.06	3.28	56.7	28.7	2.1	22.16	7.02	5.03	34.27	88	131.7	7.01	0.57	0.49	82.47	7.08	5.6	6.34	4.76	2.3
ROL 242 (S)	1.35	0.89	3.19	3.09	59	27.3	2.23	22.34	6.16	5.12	24.01	93	131	7.09	0.54	0.38	87.8	7.46	4.23	5.75	4.59	2.08
ROL 262 (S)	1.43	0.95	3.67	3.28	59	32	2.23	22.89	9.11	6.92	48.52	98.7	132	7.36	0.54	0.39	83.39	8.11	4.2	6.03	4.26	2.39
G. Zarco (D)	4.06	3.32	7.37	6.86	40.3	40.3	2.29	22.62	9.92	6.59	49.52	92.7	129	11.69	1.1	0.63	55.67	6.08	40.2	12	10.43	6.87
M. Agua (D)	4.32	3.43	7.95	7.68	45	34.7	2.34	23.32	10.95	7.37	60.64	92.3	130.7	12.23	1.07	0.5	74.77	6.59	45.7	12.9	8.8	6.7

VARIABLES

1. Longitud de hipocotilo
2. Longitud de epicotilo
3. Longitud hoja primaria
4. Ancho hoja primaria
5. Días a antesis
6. Período de floración

7. Longitud tallo principal
8. Nudos tallo principal
9. Longitud foliolo centra
10. Ancho foliolo central
11. Área foliar foliolo central
12. Días madurez fisiológica

13. Días a cosecha
14. Longitud de vaina
15. Ancho de vaina
16. Longitud ápice
17. Número vainas por planta
18. Número semillas por vaina

19. Peso de 100 semillas
20. Longitud de semilla
21. Anchura semilla
22. Espesor semilla.

Cuadro 1.2. Resultados de la caracterización de variables cualitativas correspondientes a la etapa vegetativa.

ETAPA VEGETATIVA															
	ROL 227-1	ROL 227-2	ROL 227-3	ROL 133	ROL 161	ROL 172-1	ROL 172-2	ROL 172-3	ROL 168	ROL 225	ROL 241	ROL 242	ROL 262	G. Zarco	M. Agua
Color de los Cotiledones															
Amarillo pálido	32.1						6.3						1.1		6.7
verde	67.8	46.2	100	72.8	54.4	40.4	71.5	94.3	100	98.9	5.6	3.3	39.4	100	93.3
Verde/pig.ros		41.6		22.7	45.6	29.6					12.2	52.3	27.3		
morado		12.2		4.5		30		5.7			82.2	44.4	33.3		
blanco							22.2								
Color de Hipocótilo															
verde	96.3	17.5	100	56.6	27.2	28.1	96.3	80.5	81.1	98.9	1.1		26	100	93.3
Verde/ pg ros	3.7	32.7		41.2	62.8	41.9	7.3	13.9	18.9		11.1	24.3	59.5		
morado		45.4		2.2	10	30		5.6			87.8	66.8	14.5		
rosado		4.4								1.1		8.9			
Amarillo pálido															
Amarillo/pg rosado															6.7

Cuadro 1.3. Resultados de la caracterización de variables cualitativas correspondientes a la etapa de floración

ETAPA DE FLORACIÓN															
	ROL 227-1	ROL 227-2	ROL 227-3	ROL 133	ROL 161	ROL 172-1	ROL 172-2	ROL 172-3	ROL 168	ROL 225	ROL 241	ROL 242	ROL 262	G. Zarco	M. Agua
Días a antesis (floración)															
	48.3	53.	56	56.7	55.3	55.3	52	56.7	58	57.3	56.7	60	59	40.3	55
Duración del periodo de floración															
	31.7	33.7	25.7	31.3	29.3	28.7	32.7	31	27.3	29.3	29.3	27	27	41	31.7
Color Predominante de las alas															
Blanco	100	8.9	5.7	5.6		2.8	18.9		100	100	6.7			100	100
Lila		91.1	94.4	93.3	33.3	97.2	81.1	100			93.3	33.3			
Morado					66.7							66.7	100		
Color Predominante del estandarte															
Blanco	100	8.9	5.6	6.7			6.7		100	100	5.6			100	100
Lila		30	33.3	64.4		66.7	33.3								
Morado		61.1	61.1	28.9	100	33.3	60	100			94.4	100	100		
Color Predominante de las venaciones															
Lila							33.3								
Morado		91.1	94.4	93.3	100	9.2	60	66.7		66.7	100	100	100	33.3	
Verde/pig ros	66.7	8.9	5.6	4.5		7.8		33.3	66.7	33.3				33.3	100
Verde/pig morado	33.3			2.2			6.7		33.3					33.4	
Color del cuello del estandarte															
Verde	100	63.4	100	68.9	100	66.7	33.4	100	100	33.4			33.3	100	100
Morado						33.3	33.3			33.3	66.7	100	66.7		
Verde/pig morado		3.3													
Verde/pig rosado		33.3		31.1			33.3			33.3	33.7				
Color Predominante del cáliz															
Verde	100	10	83.3	100	80	70	66.6	66.6	100	100		36.7	100	100	100
Café rojizo morado			16.7			30									
		90			20		33.4	33.4			100	63.3			
Forma de las bractéolas															
lanceoladas	100	100	100	18.6	100	100	26.4	100		100	100	100	100	100	100
Ovaladas				81.4			73.6		100						
Hábito de Crecimiento															
Indeterminado	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Color Predominante del tallo principal															
Verde	100	66.7	100	100	66.7	33.3	100	100	100	100		66.7	66.7	100	100
Verde/pig morado.		33.3			33.3	66.7					100	33.3	33.3		
Pubescencia del Tallo Principal															
pubescente	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Color Predominante de la Hoja															
Verde	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Forma del foliolo central															
Ovada				6.2			8.9		100						
lanceolada	100	100	100	91.6	100	100	85.6	100		100		33.3			
Deltoide				2.2							100	66.7	100	100	100
Romboide							5.5								

Cuadro 1.4. Resultados de la caracterización de variables cualitativas correspondientes a la etapa de madurez fisiológica.

ETAPA MADUREZ FISIOLÓGICA															
	ROL 227-1	ROL 227-2	ROL 227-3	ROL 133	ROL 161	ROL 172-1	ROL 172-2	ROL 172-3	ROL 168	ROL 225	ROL 241	ROL 242	ROL 262	G. Zarco	M. Agua
Días a Madurez fisiológica															
	94.3	96.7	96	94.7	96	97	90	95	94	98.7	91.3	89.7	98.7	92.7	92.3
Color Predominante de las vainas															
Verde	66.7	100	66.7	71.1	100	66.7	100	100	66.7	33.3					
Verde/pig morado			33.3	28.9						66.7	100	66.7	100	66.7	66.7
Amarillo	33.3					33.3			33.3						
Amarillo/pig morado												33.3			33.3
Amarillo/pig rojizo														33.3	
Patrón Predominante del Color de la Vaina															
uniforme	66.7	33.4	33.3	100											
veteado	33.3	33.3	66.7		66.7	33.3	66.7	100	100	33.3	33.3	33.3	33.3	100	100
moteado		33.3			33.3	66.7	33.3			66.7	66.7	66.7	66.7		
Forma Predominante del Corte Transversal de las Vainas.															
piriforme	66.7	33.3	33.3	100	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7		100	100	100		
elíptica	33.3	66.7	66.7		33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	100					
circular														100	100
Distribución de las vainas en la planta															
uniforme	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Cuadro 1.5. Resultados de la caracterización de variables cualitativas correspondientes a la etapa de cosecha

ETAPA DE COSECHA															
	ROL 227-1	ROL 227-2	ROL 227-3	ROL 133	ROL 161	ROL 172-1	ROL 172-2	ROL 172-3	ROL 168	ROL 225	ROL 241	ROL 242	ROL 262	G. Zarco	M. Agua
Días a cosecha															
	130.7	130.7	130.3	131.3	129	130.3	131	132	131.3	131.3	131.7	131	132	129	130.7
Color Predominante de las Vainas															
Crema	100	100	100	100	100	33.3	53.3	100	100	100	100	100	100	100	100
crema con pigmento morado						66.7	46.7								
Patrón de Distribución del Color de las Vainas															
Uniforme	100	100	100	100	100	33.4	53.4	100	100	100	100	100	100	100	100
Veteado						33.3	33.3								
moteado						33.3	13.3								
Forma Predominante de las Vainas															
ligeramente curva	100	100	66.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Curva			33.3												
tipo predominante del ápice de las vainas															
Puntiagudo	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Forma Predominante del Ápice de las Vainas															
Recto	100	100	100	100	100	100	100	100	33.4				100	100	100
curva hacia abajo									33.3		33.3	33.3			
curva hacia arriba									33.3		66.7	66.7			
Prominencia (constricción)															
Ligera	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
Pronunciada														100	100
Consistencias de las Vainas															
Coriacea				100		100	100	100	100	100	100	100			
Pergaminosa	100	100	100		100								100		
Carrosa														100	100
Número de Colores en Semilla															
Uno	100	100	100											100	100
más de uno				100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
Color Primario de la Semilla															
Gris				44.4	57.8	100		48.9			100	100	100		
amarillo azufrado														68.9	
crema suave				55.6					16.7	45.5				31.1	
Café	100						56.7	45.4	66.6	45.6					
café obscuro			84.5					5.7							
café rojizo			15.5		42.2		43.3		16.7	8.9					
Morado															100
Negro		100													
Patrón Distribución Color Primario de la Semilla															
Uniforme	100	100	100	77.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Veteado															
Moteado				22.3											
Color Secundario de la Semilla															
crema suave				100					5.1						31.1
amarillo azufrado															68.9
Negro		100			57.8	100			48.9			100	100	100	
Rojo															
Café	100		28.2		42.2			66.7	46	100					44.5
café rojizo			11					33.3							27.7
café oscuro			60.8												
Rojo															27.8
Morado															100
Patrón Distribución: Color Secundario de la Semilla															
alrededor del hilio		100	100	88.9				33.3							100
Veteado	66.7				33.3			33.3		100	66.7				
Moteado	33.3			11.1	66.7	100	33.4	100			33.3	100	100	100	
Aspecto Predominante de la Testa de la Semilla															
opaco		33.3	33.3		33.4										66.7
Intermedio	100	66.7	66.7	100	33.3	66.7	33.3	100	66.7		66.7	100	66.7	100	33.3
Brillante					33.3	33.3	66.7		33.3	100	33.3		33.3		
Presencia o Ausencia de Venación en Semilla															
Presente	100		100		100		100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ausente		100		100		100									
presencia color alrededor hilio															
Coloreado	100		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
sin colorear		100													
Forma Predominante de la Semilla (Longitudinal)															
Ovoide	21.1	23.3	50	81.1		26.6	32.2	13.3	23.3		43.3	32.1	24.4	77.8	65.5
Elíptica		10	22.2												
Cuadrada	78.9	66.7	27.8	18.9		73.3	48.9	38.9	66.7	14.4	56.7	67.9	65.6	22.2	34.5
alargada, ovoide							18.9	21.1	10						
alargada, casi cuadrada					46.6	11.1		26.7					10		
arriñonada, recta en el lado del hilio					53.4									72.2	
arriñonada, curva en el lado del hilio														13.4	

Apéndice 2. Cuadros de resultados de los análisis de varianza de las variables cuantitativas.

Cuadro 2.1. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud de hipocótilo en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA, Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	6.48	3.239	26.44	0.00
Genotipos	14	30.06	2.147	17.53	0.00
Error	28	3.43	0.122		
Total	44	39.36			
Promedio				2.388	
Coeficiente de variación %				14.6	
Tukey 0.05%				1.05	

Cuadro 2.2. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud de epicótilo en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA, Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	1.08	0.542	10.14	0.0005
Genotipos	14	21.45	1.532	28.67	0.0005
Error	28	1.50	0.053		
Total	44	24.03			
Promedio				1.945	
Coeficiente de variación %				11.89	
Tukey 0.05%				0.69	

Cuadro 2.3. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud hoja primaria en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	5.09	2.543	7.19	0.0030
Genotipos	14	75.05	5.361	15.15	0.0000
Error	28	9.91	0.354		
Total	44	90.5			
Promedio				5.538	
Coeficiente de variación %				10.74	
Tukey 0.05%				1.78	

Cuadro 2.4. Resultados del análisis de varianza de la variable **anchura de hoja primaria** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	2.27	1.135	7.04	0.0033
Genotipos	14	67.87	4.848	30.07	0.0000
Error	28	4.51	0.161		
Total	44	74.66			
Promedio				4.951	
Coeficiente de variación %				8.11	
Tukey 0.05%				1.20	

Cuadro 2.5. Resultados del análisis de varianza de la variable **longitud tallo principal** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	0.36	0.180	5.46	0.0099
Genotipos	14	0.77	0.055	1.68	0.1187
Error	28	0.92	0.033		
Total	44	2.06			
Promedio				2.261	
Coeficiente de variación %				8.03	
Tukey 0.05%				0.54	

Cuadro 2.6. Resultados del análisis de varianza de la variable **número de nudos tallo principal** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	16.37	8.186	7.53	0.0024
Genotipos	14	20.42	1.459	1.34	0.2459
Error	28	30.45	1.088		
Total	44	67.25			
Promedio				22.562	
Coeficiente de variación %				4.62	
Tukey 0.05%				3.13	

Cuadro 2.7. Resultados del análisis de varianza de la variable **longitud foliolo central** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	1.61	0.803	1.00	0.3802
Genotipos	14	92.29	6.592	8.21	0.0000
Error	28	22.47	0.803		
Total	44	116.37			
Promedio				8.914	
Coeficiente de variación %				10.05	
Tukey 0.05%				2.69	

Cuadro 2.8. Resultados del análisis de varianza de la variable **anchura foliolo central** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	7.81	3.903	22.45	0.000
Genotipos	14	19.68	1.406	8.08	0.000
Error	28	4.87	0.174		
Total	44	32.35			
Promedio				6.527	
Coeficiente de variación %				6.39	
Tukey 0.05%				1.25	

Cuadro 2.9. Resultados del análisis de varianza de la variable **área foliar** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	670.32	335.162	8.26	0.0015
Genotipos	14	4078.59	291.328	7.18	0.0000
Error	28	1135.73	40.562		
Total	44	5884.65			
Promedio				45.017	
Coeficiente de variación %				14.15	
Tukey 0.05%				19.15	

Cuadro 2.10. Resultados del análisis de varianza de la variable **longitud de la vaina** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	0.22	0.112	0.68	0.5163
Genotipos	14	100.15	7.154	43.31	0.0000
Error	28	4.62	0.165		
Total	44	105.00			
Promedio				9.240	
Coeficiente de variación %				4.40	
Tukey 0.05%				1.22	

Cuadro 2.11. Resultados del análisis de varianza de la variable **anchura de la vaina** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	0.00	0.001	0.57	0.5696
Genotipos	14	1.30	0.093	43.70	0.0000
Error	28	0.06	0.002		
Total	44	1.36			
Promedio				0.673	
Coeficiente de variación %				6.86	
Tukey 0.05%				0.13	

Cuadro 2.12. Resultados del análisis de varianza de la variable **longitud del ápice** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	0.01	0.004	2.92	0.0705
Genotipos	14	0.19	0.014	9.00	0.0000
Error	28	0.04	0.002		
Total	44	0.24			
Promedio				0.491	
Coeficiente de variación %				7.93	
Tukey 0.05%				0.13	

Cuadro 2.13. Resultados del análisis de varianza de la variable **número de vainas por planta** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	12055.06	6027.529	20.81	0.0000
Genotipos	14	5019.95	358.586	1.24	0.3043
Error	28	8110.79	289.671		
Total	44	25185.80			
Promedio				81.670	
Coeficiente de variación %				20.84	
Tukey 0.05%				51.19	

Cuadro 2.14. Resultados del análisis de varianza de la variable **número de semillas por vaina** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	1.47	0.737	2.15	0.1352
Genotipos	14	24.82	1.773	5.18	0.0001
Error	28	9.59	0.343		
Total	44	35.89			
Promedio				7.366	
Coeficiente de variación %				7.95	
Tukey 0.05%				1.76	

Cuadro 2.15. Resultados del análisis de varianza de la variable **peso de 100 semillas** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	16.15	0.737	2.15	0.1352
Genotipos	14	6226.02	1.773	5.18	0.0001
Error	28	78.84	0.343		
Total	44	63.21			
Promedio				13.913	
Coeficiente de variación %				12.06	
Tukey 0.05%				5.04	

Cuadro 2.16. Resultados del análisis de varianza de la variable **longitud de la semilla** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	10.00	5.002	2.15	0.1353
Genotipos	14	201.63	14.402	6.19	0.0000
Error	28	65.13	2.326		
Total	44	276.76			
Promedio				8.347	
Coeficiente de variación %				18.27	
Tukey 0.05%				4.58	

Cuadro 2.17. Resultados del análisis de varianza de la variable **anchura de la semilla** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	1.97	0.987	1.04	0.3653
Genotipos	14	110.27	7.876	8.34	0.0000
Error	28	26.46	0.945		
Total	44	138.70			
Promedio				5.910	
Coeficiente de variación %				16.45	
Tukey 0.05%				2.92	

Cuadro 2.18. Resultados del análisis de varianza de la variable **espesor de la semilla** en el ensayo de caracterización de genotipos de frijol. CUCBA Nextipac, Zapopan, Jalisco, 2005.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad del error
Repeticiones	2	0.73	0.366	1.00	0.3797
Genotipos	14	100.65	7.189	19.68	0.0000
Error	28	10.23	0.365		
Total	44	111.61			
Promedio				3.799	
Coeficiente de variación %				15.91	
Tukey 0.05%				1.81	

Apéndice 3. Descriptores en frijol. Propuesta combinada CIAT/SAGARPA. R. Lépiz I. 2005.

EN ETAPA VEGETATIVA

Color cotiledones

1. Amarillo pálido
2. Amarillo con pigmento rosado
3. Verde
4. Verde con pigmento rosado
5. Rosado
6. Morado
7. Café
8. Café rojizo

Porcentaje del color predominante de los cotiledones.

Color hipocotilo

1. Amarillo pálido
2. Amarillo con pigmento rosado
3. Verde
4. Verde con pigmento rosado
5. Rosado
6. Morado
7. Café
8. Café rojizo

Porcentaje del color predominante del hipocotilo.

Longitud del hipocotilo

- En cm, desde el cuello de la raíz, hasta el nudo cotiledonar.

Longitud del epicotilo

- En cm, desde el nudo cotiledonar, al nudo de hojas primarias.

Longitud de hojas primarias

- En cm, desde el punto de inserción del pecíolo hasta el ápice de la lámina foliar.

Anchura de hojas primarias

- En cm, en el punto más ancho y de un borde a otro.

EN ETAPA DE FLORACION

Días a antesis (floración)

- Días comprendidos desde la siembra en suelo húmedo, hasta la apertura del primer botón floral en el 10% de las plantas de la muestra.

Duración del período de floración

- Días transcurridos desde la antesis, hasta el momento en que se produce la apertura del último botón floral, en las últimas 10 plantas de la muestra.

Color predominante de las alas

1. Blanco
2. Blanco con pigmento rosado
3. Blanco con pigmento rojizo
4. Rosado
5. Lila
6. Morado

Porcentaje del color predominante de las alas.

Color predominante del estandarte

1. Blanco
2. Blanco con pigmento rosado
3. Blanco con pigmento rojizo
4. Rosado
5. Lila
6. Morado

Porcentaje del color predominante del estandarte.

Color predominante de las venaciones

1. Morado
2. Rosado
3. Café rojizo
4. Verde con pigmento rosado
5. Verde con pigmento café rojizo
6. Verde con pigmento morado

Porcentaje del color predominante de las venaciones.

Color predominante del cuello del estandarte

1. Blanco
2. Verde
3. Verde con pigmento rosado
4. Verde con pigmento café rojizo
5. Verde con pigmento morado
6. Café rojizo
7. Morado
8. Morado oscuro

Porcentaje del color predominante del cuello del estandarte.

Color predominante del cáliz

1. Verde
2. Verde con pigmento rosado
3. Verde con pigmento morado

4. Café rojizo

5. Morado

Porcentaje del color predominante del cáliz.

Forma de las bracteolas

1. Ovalada

2. Lanceolada

Hábito de crecimiento

1. Arbustivo determinado erecto (Ia)

2. Arbustivo determinado semiprostrado (Ib)

3. Arbustivo indeterminado, guía corta (IIa)

4. Arbustivo indeterminado, guía menos corta (IIb)

5. Indeterminado prostrado, guía corta (IIIa)

6. Indeterminado prostrado, guía larga semitrepador (IIIb)

7. Indeterminado trepador, con vainas distribuidas a lo largo de la planta (IVa)

8. Indeterminado trepador, con vainas en los nudos superiores de la planta (IVb)

Longitud del tallo principal (fin de flor)

▪ En plantas con crecimiento determinado, desde el cuello de la raíz, hasta el ápice del último racimo floral (cm).

▪ En plantas de hábito indeterminado, desde el punto de inserción de la raíz, hasta el último meristemo apical del tallo (cm).

Altura de cobertura (fin de flor)

▪ Desde el cuello de la raíz, hasta la máxima altura del follaje (cm)

Nudos del tallo principal (fin de flor)

▪ A partir del nudo cotiledonar

Color predominante del tallo principal

1. Verde

2. Verde con pigmento rosado

3. Verde con pigmento morado

Porcentaje del color predominante del tallo principal.

Pubescencia predominante del tallo

1. Pubescente

2. Glabro

3. Intermedio

Porcentaje del tipo de pubescencia predominante.

Color predominante de la hoja

1. Verde

2. Verde pálido

3. Verde oscuro

Porcentaje del color predominante de la hoja.

Forma del folíolo central (en cuarto nudo)

1. Ovada
2. Lanceolada
3. Deltoide
4. Cordada
5. Romboide

Porcentaje de la forma predominante del folíolo central.

Longitud del folíolo central (en cuarto nudo)

- Desde el punto de inserción en el pecíolo, hasta el ápice del folíolo (cm).

Anchura del folíolo central (en cuarto nudo)

- La distancia entre los bordes, en el punto más ancho de la lámina (cm).

Area foliar del folíolo central (en cuarto nudo)

- Multiplicar la longitud por la anchura, por el factor de corrección de 0.75 (cm²).

EN ETAPA DE MADUREZ FISIOLÓGICA

Días a madurez fisiológica

- Días transcurridos desde la siembra en suelo húmedo, hasta el momento en que se observa cambio de color en las vainas en más del 90% de las plantas de la muestra y las plantas presentan un alto grado de defoliación por senescencia.

Color predominante de las vainas (durante el cambio de coloración y semillas completamente desarrolladas, en cuarto nudo)

1. Verde
2. Verde con pigmento amarillo
3. Verde con pigmento morado
4. Amarillo
5. Amarillo con pigmento rojizo
6. Amarillo con pigmento morado
7. Morado
8. Morado con pigmento café
9. Café rojizo

Porcentaje del color predominante de las vainas.

Patrón predominante del color de las vainas

1. Uniforme
2. Veteado
3. Moteado

Porcentaje del patrón predominante del color de las vainas.

Forma predominante del corte transversal de la vaina, seccionando la semilla

1. Piriforme
2. Elíptica (ovada)
3. Circular
4. Octomorfo (doble semicírculo)

Porcentaje de la forma predominante del corte transversal de la vaina.

Distribución predominante de las vainas en las plantas

1. Bajas
2. Altas
3. Distribución uniforme
4. En la parte media

Porcentaje de la distribución predominante de la distribución de las vainas.

EN ETAPA DE COSECHA

Días a cosecha

- Número de días transcurridos entre la siembra en suelo húmedo, hasta el día en que la semilla alcanza la madurez de cosecha. Este momento se alcanza cuando el 90% de las vainas están secas, el 90% de las hojas se han caído y el grano presenta un contenido de humedad entre el 16 y 18%.

Longitud de las vainas

- Para este propósito, se toma una vaina del cuarto nudo del tallo principal.
- Se mide desde la inserción en el pedicelo, hasta el extremo libre del ápice (cm).

-Anchura de las vainas

- Distancia entre las suturas ventral y dorsal, en la parte más ancha de la vaina (cm).

Color predominante de las vainas

1. Crema
2. Café
3. Café claro
4. Morado
5. Crema con pigmento morado
6. Café con pigmento morado

Porcentaje del color predominante de las vainas.

Patrón de distribución predominante del color de la vaina

1. Uniforme
2. Veteado
3. Moteado

Porcentaje del patrón predominante del color de las vainas.

Forma predominante de las vainas

1. Recta
2. Ligeramente curva
3. Curvada
4. Recurvada

Porcentaje de la forma predominante de las vainas.

Tipo predominante del ápice de las vainas

1. Romo
2. Puntigudo
3. Intermedio

Porcentaje del tipo predominante del ápice de las vainas.

Forma predominante del ápice de las vainas

1. Recto
2. Curvado hacia abajo
3. Curvado hacia arriba

Porcentaje de la forma predominante del ápice de las vainas.

Longitud del ápice de las vainas

- Desde el extremo libre del ápice, hasta el punto donde la vaina inicia el engrosamiento.

-Número de vainas por planta

- Se cuentan las vainas que tengan por lo menos una semilla bien desarrollada.

Prominencia de las semillas en la vaina (constricción)

1. Ausente
2. Ligera
3. Pronunciada

Porcentaje de la prominencia predominante de las semillas en las vainas.

Consistencia de las vainas

1. Pergaminosa
2. Coriácea
3. Carnosa

Porcentaje de la consistencia predominante de las vainas.

Número de semillas por vaina

- Se cuentan las semillas bien formadas que contengan.

Número de colores en la semilla

1. Uno
2. Más de uno

Color primario de la semilla (seca recién cosechada)

1. Blanco
2. Blanco sucio
3. Amarillo
4. Amarillo dorado
5. Amarillo azufrado
6. Crema suave
7. Crema oscuro
8. Café
9. Café rojizo
10. Café oscuro
11. Rosa
12. Rojo
13. Morado
14. Negro
15. Gris
16. Azul
17. Verde

Porcentaje del color primario predominante de la semilla.

Patrón de distribución del color primario de la semilla

1. Uniforme
2. Veteado
3. Moteado

Porcentaje de la distribución del color primario predominante de la semilla.

Color secundario de la semilla

1. Blanco
2. Blanco sucio
3. Amarillo
4. Amarillo dorado
5. Amarillo azufrado
6. Crema suave
7. Crema oscuro
8. Café
9. Café rojizo
10. Café oscuro
11. Rosa
12. Rojo
13. Morado
14. Negro
15. Gris
16. Azul
17. Verde

Porcentaje del color secundario predominante de la semilla.

Patrón de distribución del color secundario de la semilla

1. Alrededor del hilio
2. Veteado
3. Moteado

Porcentaje del patrón de distribución del color secundario predominante de la semilla.

Aspecto predominante de la testa de la semilla

1. Opaco
2. Intermedio
3. Brillante

Porcentaje del aspecto predominante de la testa de la semilla.

Presencia o ausencia de venaciones en la semilla

1. Presente
2. Ausente

Porcentaje de la presencia o ausencia predominante de venaciones en la semilla.

Presencia de color alrededor del hilio

1. Coloreado
2. Sin color

Porcentaje de la presencia o ausencia de color alrededor del hilio.

Forma predominante de la semilla, en observación longitudinal

1. Redonda
2. Ovoide
3. Elíptica
4. Cuadrada
5. Alargada, ovoidea
6. Alargada, casi cuadrada
7. Arriñonada, recta en el lado del hilio
8. Arriñonada, curva en el lado del hilio

Porcentaje de la forma predominante de la semilla.

Tamaño de semilla (según peso de 100 semillas)

1. Pequeñas, peso menor de 25 g
2. Medianas, peso entre 25 y 40 g
3. Grandes, peso mayor de 40 g