



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**



VARIABILIDAD Y CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA EN HABA

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES**

PRESENTA:

NERI OROZCO COLÍN

COMITÉ DE TUTORES:

TUTORA ACADÉMICA: DRA. DELFINA DE JESÚS PÉREZ LÓPEZ

TUTOR ADJUNTO: DR. ANDRÉS GONZÁLEZ HUERTA

TUTOR ADJUNTO: DR. OMAR FRANCO MORA

EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS, TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, JULIO DE 2013

El presente trabajo fue financiado por la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México a través del proyecto identificado con la clave 2930/2010 denominado **“Variabilidad y diversidad fenotípica en poblaciones de haba colectadas en el Valle de Toluca – Atlacomulco, México”**. La tesista fue becaria CONACYT de Agosto de 2011 a Julio de 2013.

La tesis **“Variabilidad y Caracterización fenotípica en haba”** fue realizada por Neri Orozco Colín y fue aprobada por el siguiente Comité:

Tutora Académica:

Dra. Delfina de Jesús Pérez López

Tutor Adjunto:

Dr. Andrés González Huerta

Tutor Adjunto:

Dr. Omar Franco Mora

El Cerrillo Piedras Blancas,

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma del Estado de México, a la Facultad de Ciencias Agrícolas y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por permitirme realizar la presente investigación y mis estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada.

Expreso mi reconocimiento y sincero agradecimiento a la Dra. Delfina de Jesús Pérez López, por su confianza hacia mí, por su paciencia, por su férrea dedicación, por su gran compromiso para la atención de la presente investigación y amistad incondicional, terminamos una etapa más, muchas gracias.

Al Dr. Andrés González Huerta, por su gran capacidad y voluntad para superarse, por su paciencia, por su decidida colaboración y participación en la presente investigación, por la gracia para hacer y trabajar en equipo, por su capacidad de cambio y por su amistad.

Al Dr. Omar Franco Mora. Tutor Adjunto, por ser un ejemplo a seguir.

A mis compañeros y amigos de maestría y doctorado por su amistad, por su desinteresado apoyo, por ser ejemplo de superación y tenacidad para atender su formación académica y humana.

A los profesores investigadores de las instituciones participantes en el Programa de Posgrado de Calidad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, por su esfuerzo, dedicación y esmero para hacer posible el acceso a CONACYT.

A todas aquellas personas que me brindaron su amistad, confianza y apoyo durante mis estudios de maestría.

DEDICATORIAS

A Dios por darme la bendición de vivir para atender este compromiso académico, por darme tanto para salir adelante, por permitirme realizar este proyecto y por permitirme tantos ángeles a mi alrededor, pidiéndole humildemente me guíe y acompañe siempre.

A mi madre por su apoyo incondicional, gracias por tanto.

A mi querido esposo Jorge Alberto por su incansable ánimo de superación.

A mis amados hijos Jorge Luis y Laura Georgina, regalos de Dios.

A Griselda, por su valioso apoyo, siempre.

A mi padre y mis hermanos, invitándoles a seguir siempre adelante.

A mis compañeros y amigos: Juanita, Laura Estefania F., Jesús R., Araceli P., María Elena S., Luis Alberto O., Brenda A., Cristóbal V., Juan S., Carlos R., Susy S., entre otras personas lindas con quienes traté durante la maestría, gracias por su amistad, compañía y ayuda, siempre los recordaré.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE CUADROS DE ANEXOS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Producción de haba a nivel mundial	3
2.2. Producción y rendimiento de haba en México	5
2.3. Usos generales del haba	6
2.4. Diversidad de la especie y variabilidad	8
2.5. Caracterización fenotípica y descripción varietal	9
2.6. Componentes de varianza y heredabilidad	12
2.7. Características fenotípicas relacionadas con el rendimiento	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Descripción del área de estudio	15
3.2. Material genético	17
3.3. Diseño experimental y tamaño de la parcela	18
3.4. Desarrollo del trabajo experimental	18

3.5. Variables de estudio	19
3.5.1. Variables cuantitativas	20
3.5.2. Variables cualitativas	21
3.6. Análisis estadístico	24
IV. RESULTADOS	25
4.1. Identificación de poblaciones sobresalientes de haba colectadas en el Estado de México	26
4.2. Componentes de varianza (CV) y Heredabilidad (H^2)	50
4.3. Análisis genotipo por variable	52
4.4. Características cualitativas	53
V. CONCLUSIONES GENERALES	58
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
VII. ANEXOS	66

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO:	Pág.
1. Producción de haba en seco a nivel mundial de 2007 a 2011 (miles de t)	4
2. Principales países con mayor rendimiento de haba en seco (t ha^{-1})	5
3. Estadísticas de producción y rendimiento nacional en haba para grano en el 2011	7
4. Procedencia de las colectas de haba evaluadas en el presente estudio	17
5. Componentes de varianza y heredabilidad (H^2) en sentido amplio de 12 caracteres evaluados en 36 poblaciones de haba en 2011. Análisis combinado de tres localidades del Estado de México	51
6. Características de planta, follaje y flor en 36 poblaciones de haba	55
Continuación del cuadro 6	56
7. Características de vaina y semilla seca en 36 poblaciones de haba	57

ÍNDICE DE CUADROS DE ANEXOS

CUADRO:	Pág.
A1. Estadísticas de producción y rendimiento nacional en haba para grano en el 2007	66
A2. Estadísticas de producción y rendimiento nacional en haba para grano en el 2008	67
A3. Estadísticas de producción y rendimiento nacional en haba para grano en el 2009	68
A4. Estadísticas de producción y rendimiento nacional en haba para grano en el 2010	69

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA:	Pág.
1. Localización del área de estudio	16
2. Gráfica del Biplot para 36 cultivares de haba (en número) y 12 variables cuantitativas (en letra)	52

Identificación de poblaciones sobresalientes de haba colectadas en el Estado de México¹

Neri Orozco Colín

Investigación presentada como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales en la Universidad Autónoma del Estado de México.

Director de tesis: Dra. Delfina de Jesús Pérez López. Tutores Adjuntos: Dr. Andrés González Huerta y Dr. Omar Franco Mora. Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento, Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEMéx.

RESUMEN

Por el mayor consumo de haba en los sectores de bajos ingresos en México y por la falta de disponibilidad de variedades comerciales, este estudio se realizó en el año 2011 en San Mateo Otzacatipan, San Nicolás Guadalupe (SNG) y Metepec, para evaluar 12 características agronómicas en 36 poblaciones de haba (*Vicia faba* L.) colectadas en el Estado de México, con la finalidad de identificar a las poblaciones con características fenotípicas sobresalientes. El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. El análisis de los datos a través de las localidades se hizo como una serie de experimentos en espacio. La parcela experimental constó de tres surcos de 4.0 m de longitud y 0.80 m de ancho. Se detectaron diferencias significativas entre poblaciones (G), entre ambientes (A) y en la interacción G x A en 11 variables. En SNG se registraron los mayores promedios en peso de semilla y componentes del rendimiento; las poblaciones 36, 1, 5 y 7 fueron las más sobresalientes. Estas cuatro poblaciones podrían emplearse en un programa de mejoramiento genético o de generación de tecnología.

Palabras clave: *Vicia faba*, genotipos, análisis de varianza combinado, rendimiento y componentes del rendimiento.

ABSTRACT

Identification of outstanding broad bean population obtained from State of Mexico¹

Neri Orozco Colín

¹**Abstract of a thesis submitted to the Universidad Autónoma del Estado de México, in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master in Sciences. Academic Supervisor. Prof. Delfina de Jesús Pérez López. Faculty of Agriculture Supervisory Committee Members. Prof. Andrés González Huerta and Prof. Omar Franco Mora. Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento, Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEMéx.**

ABSTRACT

For the largest Broad bean (*Vicia faba* L.) consumption in low income in Mexico and lack of availability of commercial varieties, this study was conducted in 2011 in San Mateo Oztacatipan, San Nicolas Guadalupe (SNG) and Metepec to evaluate 12 agronomic traits in 36 Broad bean (*Vicia faba* L.) populations collected in the State of Mexico in order to select stocks with outstanding phenotypic characteristics. The populations were evaluated in field conditions in a randomized complete block design with three replicates per location. Analysis of the data through the locations was done as series of experiments in space. The experimental plot consisted of three rows of 4.0 m long and 0.80 wide. Significant differences between populations, between environments and genotype x environment interaction in 11 variables was detected. At SNG were obtained the highest mean seed weight and seed yield components. The most outstanding populations were 36, 1, 5 and 7. These four populations could be used in a breeding or technology generation program.

Key words: *Vicia faba*, Entries combined analysis of variance, grain yield and grain yield components.

I. INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de las culturas, la humanidad ha tenido la necesidad de contar con alimentos que le permitan subsistir, por lo que la domesticación de cultivos, como la del haba (*Vicia faba* L.) ha sido una fuente natural de proteína y energía, además de minerales y otros compuestos que contribuyen al sano desarrollo físico y mental del ser humano.

El haba es un cultivo de alternativa en los Valles Altos del Centro México donde casi el 90 % de la superficie se siembra en condiciones de temporal. Esta especie tolera bajas temperaturas y la mayor producción se destina al autoconsumo, predominando ampliamente su asociación con cultivos como maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), por su habilidad para fijar nitrógeno atmosférico y aún por crecer en zonas marginales (Pérez y González, 2003; Kalia y Sood, 2004).

A pesar de la importancia que tiene el haba, en los Valles Altos del Centro de México su uso potencial se ha restringido principalmente por su susceptibilidad a enfermedades y por la carencia de información sobre la diversidad fenotípica, variabilidad genética y por el desconocimiento del adecuado y eficiente manejo como componentes de sistemas de producción, tanto extensivos como intensivos, bajo diferentes condiciones de humedad (Ortiz *et al.*, 1983).

Debido a que en nuestro país se tienen pocas variedades mejoradas la explotación de su cultivo se lleva a cabo con la siembra de poblaciones criollas formadas por los

agricultores, las cuales pueden diferir en su rendimiento, ciclo vegetativo, susceptibilidad a enfermedades y en tamaño y color de la semilla entre otras. La caracterización fenotípica de las poblaciones criollas de haba mediante descriptores varietales, permitirá identificar genotipos con características sobresalientes para ser incorporadas a nuevos programas de mejoramiento genético y de generación de tecnología para contribuir a incrementar su productividad. El presente estudio tiene como objetivos:

- a) Estimar la variabilidad genética en 36 colectas de haba considerando características de interés agronómico en tres localidades del Estado de México.
- b) Evaluar las características agronómicas y morfológicas de acuerdo a la guía técnica de la descripción varietal.
- c) Identificar poblaciones de haba con características fenotípicas sobresalientes.

Adicionalmente se estableció la siguiente hipótesis:

Las 36 colectas de haba sembradas en tres localidades del Estado de México presentan amplia variabilidad fenotípica y se diferencian en peso de semilla y otros componentes del rendimiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Producción de haba a nivel mundial

El haba (*Vicia faba* L.) es la séptima leguminosa de grano más importante en el mundo y se consume en vaina verde y para grano. El haba seca ha tenido tradicionalmente un mercado importante en los países industrializados y es usada para consumo humano y animal (Crepón *et al.*, 2010). Las principales regiones productoras en Europa son la región mediterránea que comprende Italia y España, la región Norte del Mediterráneo que comprende el área continental que abarca Austria, República Checa, Estonia, y sur de Alemania y el área oceánica que comprende Norte de Portugal y España, Francia, Bélgica, Holanda, Norte de Alemania, Dinamarca y El Reino Unido. Éste es el segundo cultivo más extendido en la Unión Europea para grano en seco (FAOSTAT, 2012; Flores *et al.*, 2012).

Los 10 países principales productores a nivel mundial en el 2011 son China, Etiopía, Australia, Francia, Egipto, Sudán, Reino Unido, Marruecos, Italia y México, con una producción superior a las 3 898 432 t (Cuadro 1). Sin embargo, los países de mayor rendimiento son: Argentina, Reino Unido, Israel, Francia, Suiza, Uzbekistan, Alemania, Eslovenia, Egipto, Países Bajos y México, con un promedio mundial de 2.06 t ha⁻¹ (Cuadro 2). (FAOSTAT, 2012).

Actualmente hay 80 países importadores de haba seca, de los cuales Japón, Portugal, Canadá, Francia, España y Colombia absorben el mayor volumen importado, que en promedio representa 92.5% del total. En América, Bolivia es el principal productor de haba, sus exportaciones cubren 1% del mercado internacional (Pérez, 2009).

Cuadro 1. Producción de haba en seco a nivel mundial de 2007 a 2011 (miles de t).

País	2007	2008	2009	2010	2011
China	1 620 000	1 800 000	1 650 000	1 400 000	1 550 000
Etiopía	576 156	688 667	695 984	610 845	697798
Australia	138 000	217 000	192 000	250 000	349 958
Francia	245 966	314 683	437 472	483 302	344 786
Egipto	301 770	246 801	297 620	233 523	174631
Sudán	162 000	140 400	112 500	152 000	-----
Reino Unido	110 000	100 000	180 000	160 000	133 878
Marruecos	69 850	108 680	-----	149 380	133 512
Italia	-----	106 479	97 408	104 241	-----
México	24 549	25 297	16 790	19 674	9 785
Total	3 879 642	4256 509	4 380 535	4 077 309	3 898 432

Fuente: FAOSTAT (2012).

Cuadro 2. Principales países con mayor rendimiento de haba en seco (t ha⁻¹).

País	2007	2008	2009	2010	2011
Argentina	9.11	9.11	7.89	9.12	8.82
Reino Unido	3.66	4.54	4.86	5.00	5.85
Israel	5.06	4.98	4.98	4.66	4.24
Francia	4.60	5.18	4.95	3.19	3.77
Suiza	-----	-----	3.19	3.10	3.68
Uzbekistan	-----	-----	4.40	3.84	3.58
Alemania	-----	3.44	3.94	3.32	3.54
Eslovenia	-----	-----	-----	1.33	3.50
Egipto	3.38	3.45	3.43	3.02	3.16
Países Bajos	-----	5.73	3.37	3.86	3.01
México	1.23	1.30	0.990	1.04	0.658
Promedio	2.12	2.07	2.20	2.07	2.06

Fuente: FAOSTAT (2012).

2.2. Producción y rendimiento de haba en México

Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2011), a nivel nacional la superficie sembrada para semilla en seco es de 19 863.00 ha obteniéndose rendimientos promedio de 0.66 t ha⁻¹ (Cuadro 3). Los cinco principales estados productores de haba para grano son: Puebla, Veracruz, Tlaxcala, México, e Hidalgo. Los

rendimientos más altos corresponden al Estado de Morelos con 3.42 t ha^{-1} , después se ubican Durango, Guanajuato y Veracruz (Cuadros 3). El Estado de México es el principal productor en vaina verde, pero en seco ocupa el cuarto lugar en superficie sembrada con un rendimiento de 1.48 t ha^{-1} (Cuadro 3). En los últimos cinco años (2007 a 2011) la superficie sembrada descendió notablemente (Cuadros 1A, 2A, 3A, 4A y 3).

2.3. Usos generales del haba

Esta leguminosa presenta una gran diversidad de usos debido al aprovechamiento que se le puede dar a toda la planta. Puede consumirse en fresco, seca, tostada, sola o con chile. En ocasiones se aprovechan los granos y las vainas. Las habas se someten a procesos agroindustriales para deshidratarlas, congelarlas o procesarlas en harina (Pérez, 2007). Se ha demostrado que el ingerir habas puede ayudar a controlar los síntomas de Parkinson ya que las semillas maduras contienen la más alta concentración de L-dopa (3-(3,4-dihidroxifenil)-L-alanina), químico usado en los medicamentos de prescripción médica para tratar esta enfermedad. Las vainas verdes son ricas en vitamina J (Caolina), factor que ayuda a evitar la adherencia de colesterol en las arterias (Fornés, 1983). Sus hojas y flores aceleran el metabolismo de grasas como diurético y contra el reumatismo y los cólicos. El follaje constituye un excelente abono verde, característica que le permite ser utilizada como cultivo de rotación y en

asociación con gramíneas. También se usa como forraje, y ensilado y para alimentar cerdos y rumiantes (Crepón *et al.*, 2010; Nadal *et al.*, 2004; Kalia y Sood, 2004).

Cuadro 3. Estadísticas de producción y rendimiento nacional en haba para grano del 2011.

Estado	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Puebla	13 005.00	11 207.77	4 775.72	0.43
Veracruz	3 114.00	2 253.00	3 671.50	1.63
Tlaxcala	2 832.00	625.00	290.50	0.46
México	256.00	236.00	349.25	1.48
Hidalgo	249.50	171.00	148.50	0.87
Michoacán	156.50	156.50	156.50	1.00
Oaxaca	71.00	71.00	75.61	1.06
Morelos	69.00	69.00	235.88	3.42
Guanajuato	40.00	29.00	50.00	1.72
Chihuahua	31.00	0.00	0.00	0.00
Zacatecas	28.00	21.00	13.20	0.63
Sonora	6.00	6.00	10.50	1.75
Guerrero	4.00	4.00	6.00	1.50
Durango	1.00	1.00	2.00	2.00
Total	19 863 00	14 850.27	9 785.16	0.66

Fuente: SIAP (2012).

2.4. Diversidad de la especie y variabilidad

El progenitor y el origen exacto de *Vicia faba* L. aún permanece desconocido; afortunadamente la variabilidad genética de la especie es grande y muchos investigadores refieren a cuatro variedades botánicas: ***V. faba paucijuga***, ***V. faba mayor***, ***V. faba equina*** y ***V. faba minor***. Estas distinciones en especies, subespecies, y variedades están basadas sobre diferencias en peso, forma y tamaño de la semilla (Nadal *et al.*, 2003). La especie ha tenido un largo proceso de selección natural y artificial y por lo tanto los ecotipos y cultivares adaptados específicamente a grupos diferentes de combinaciones de ambientes se han desarrollado. Sin embargo, de acuerdo a la clasificación realizada por Cubero (1974), en México, sólo se tienen identificados hasta el momento dos grupos botánicos de haba denominados mayor y equina. Estos dos tipos están integrados por los diferentes colores existentes en México, los cuales son: amarillo, zimarrona o blanca, roja o morada y moteada o parraleña (Díaz *et al.*, 2006).

Las variedades nativas o criollas en haba son una mezcla de poblaciones que tienen un gran número de genes diferentes debido a su diversidad genotípica y que son adaptadas al cambio de la condición ambiental en su hábitat (Kuckuck *et al.*, 1991). Esta variación genética disponible no ha sido explotada totalmente y nueva variación está siendo descubierta y un rango considerable de variación existe entre y dentro de poblaciones (Lawes *et al.*, 1983). En mejoramiento genético las variedades criollas son una fuente excelente de genes para mejorar el rendimiento de grano (Suso *et al.*, 1993).

Esta fuente de variación genética se mantiene en bancos de germoplasma. La importancia del mantenimiento de estos recursos está en la medición y caracterización de dicha diversidad (Cordeiro *et al.*, 2003), y la efectividad en la exploración de ésta varía con el tipo de carácter evaluado así como por rasgos de naturaleza biométrica, los cuales están codificados por un gran número de genes distribuidos en el genoma, permitiendo explorar mejor la variabilidad que en aquellos de herencia mendeliana.

Además de las funciones de conservación y mantenimiento, los bancos de germoplasma tienen un papel importante en el empleo de los recursos fitogenéticos ya que su propósito no sólo se limita a la conservación de especies sino que además incluye funciones como la documentación, caracterización, evaluación de la variabilidad genética, estudios fitogenéticos y lo más importante, el mejoramiento de caracteres deseables y la multiplicación y distribución del germoplasma (Graur y Wen Hsiung, 2000).

2.5. Caracterización fenotípica y descripción varietal

En el proceso inicial de un programa de mejoramiento genético, la caracterización e identificación de un banco de germoplasma es importante ya que es la base del proceso mismo. El Consejo Internacional de Recursos Genéticos para Plantas (IBPGR) está desarrollando un trabajo completo sobre recursos fitogenéticos, cada uno con su propia responsabilidad en el mantenimiento de la colección del mundo de uno o más cultivos en particular (IBPGR, 1985).

Los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura constituyen la base biológica de la seguridad alimentaria mundial y contribuyen al sustento de la humanidad. Estos recursos son la materia prima más importante de los fitomejoradores y un aporte imprescindible por los agricultores; por consiguiente son fundamentales para una producción agrícola sostenible.

En 1983 la Conferencia de la FAO estableció la Comisión de Recursos Fitogenéticos (RF), actualmente Comisión sobre Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA). Desde entonces ha desarrollado el Sistema Mundial para la Conservación y Utilización Sostenible de la RFAA, del cual, tanto el informe sobre el estado de los RF en el mundo como el Plan de Acción Mundial son elementos fundamentales (Puldón, 2006).

La caracterización, conservación y utilización de los recursos genéticos es de gran importancia. La razón es que éstos desde muchos años han estado sometidos a una activa interacción con el ambiente, generando un gran número de fenotipos, ampliando con ello la diversidad fenotípica. Sin embargo, dicha diversidad está reduciéndose por las exigencias del mercado, el desplazamiento de las variedades criollas por cultivares foráneos, abuso de sustancias químicas, y la destrucción de ecosistemas que han conducido a la erosión genética (Duc *et al.*, 2010; Jaramillo y Baena, 2000).

Los genotipos deben ser descritos tanto agronómica como morfológicamente, con la finalidad de observar los rasgos característicos de la especie y para diferenciar aquellos que varían dentro de ésta. En este contexto los caracteres morfológicos que son de interés como: el hábito de crecimiento de la planta, los colores de las hojas y de las flores, entre otros, permitirán la identificación y/o diferenciación de los genotipos. Conjuntamente, debe ser considerada la relación entre el comportamiento de la planta con las condiciones agroecológicas y de manejo del área de siembra. Una mayor o menor uniformidad y adaptación de los genotipos influirá en su uso final por parte de los productores (Madriz y Luciani, 2002).

Un descriptor es una característica cuya expresión es fácil de medir, registrar o evaluar, y que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento. Los descriptores son aplicados en la caracterización y evaluación de accesiones debido a que ayudan a su diferenciación (Franco e Hidalgo, 2003). La descripción varietal permite una discriminación fácil y rápida entre fenotipos; generalmente se emplean caracteres altamente heredables, fácilmente detectados a simple vista y de expresión similar en todos los ambientes donde se evalúan las accesiones. Además, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales que son deseables según el consenso de los usuarios de un cultivo en particular (IBPGR, 1985).

González *et al.* (2008) mencionaron que la descripción varietal se hace en el fenotipo de la planta de una variedad, la cual va a depender del potencial genético de cada una de las expresiones con los efectos ambientales que se encuentren presentes. También cita que los caracteres cualitativos son menos influenciados por el ambiente y que éstos se pueden identificar fácilmente.

2 .6. Componentes de varianza y heredabilidad

En un programa de mejoramiento genético, la heredabilidad se usa para definir el grado de parecido entre individuos o familias basado en una característica en particular y además para analizar las causas genéticas y ambientales de ese parecido (Jacquard, 1983), o para predecir el avance genético que se espera alcanzar al seleccionar progenitores en una o más poblaciones (Reyes, 1985).

La heredabilidad es uno de los componentes fundamentales de la variación en la descripción mendeliana de una variable cuantitativa, por lo que, la heredabilidad en sentido amplio es la proporción de la varianza genética total con relación a la varianza fenotípica, encontrando también la heredabilidad en sentido estrecho que se define como la proporción de la varianza genética aditiva sobre la varianza fenotípica (Lush, 1948). La heredabilidad en sentido amplio, también conocida como el grado de determinación genética, expresa la proporción en la cual los individuos están determinados por sus genotipos, es decir, es la proporción de la varianza fenotípica explicada por factores genéticos (Falconer, 1986).

2.7. Características fenotípicas relacionadas con el rendimiento

Las características fenotípicas de la planta y de la semilla de haba siempre están sujetas a cambios originados por efectos ambientales en los cuales los genotipos se desarrollan, lo que limita en gran medida la obtención de nuevas y mejores variedades.

El número de semillas por vaina, el número de vainas por nudo y el peso promedio de 100 semillas constituyen la base para incrementar el rendimiento potencial en todas las leguminosas. Estas características están relacionadas con una base genética estrecha de variabilidad, tienen baja heredabilidad y existe una correlación negativa entre ellas (Filippetti y De Pace, 1984). Debido al genotipo y al ambiente existe mucha variación en el número de nudos por planta y número de vainas por nudo (Bond *et al.*, 1985). Sin embargo la altura de planta está considerada como la mayor fuente de diversidad. Esta es afectada por el tamaño de la semilla, generalmente las plantas crecen más altas cuando provienen de semillas más grandes (Al-Refaee *et al.*, 2004).

Neal y Mcvetty (1983) concluyeron que de 68.5 a 76.4 % de la variabilidad del rendimiento se debe al número de vainas por planta, semillas por vaina y peso de 100 semillas. Mohamed y Bashier (1986) sugirieron que los factores esenciales para mayor rendimiento son: número de vainas por planta, peso de semilla (Pilbeam *et al.*, 1992), longitud del tallo y número de ramas por planta. Por ejemplo se ha observado que el rendimiento se correlacionó positiva y significativamente con altura de planta, número de ramas, número de hojas, vainas por planta y número de semillas por planta (Vandana y Dubey, 1993). Singh *et al.* (1987) reportaron que el principal componente para el rendimiento en haba fue el número de vainas por planta.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

Este trabajo se realizó durante el ciclo agrícola primavera verano de 2011 bajo condiciones de temporal en tres localidades del Estado de México, México. La localidad 1 correspondió a San Nicolás Guadalupe, Municipio de San Felipe del Progreso, situada a 19° 36' 30'' de Latitud Norte y 100° 01' 44'' de Longitud Oeste, a 2740 msnm. El clima predominante es del tipo C (W2) (w), equivalente a templado húmedo con lluvias en verano. La temperatura anual varía de 12 a 18° C, pero se registran temperaturas mínimas de 2° C y máximas de 28° C. Las lluvias son abundantes de julio a septiembre, con una media anual de 891.8 mm. En marzo se presentan vientos y tolvánas. En diciembre, enero, febrero y marzo frecuentemente hay heladas y en abril y mayo el calor es tolerable (García, 1988).

La localidad 2 fue San Mateo Otzacatipan, Municipio de Toluca, situada a 19° 20' 07'' de Latitud Norte y 99° 36' 02'' de Longitud Oeste, a 2605 msnm. El clima predominante es del tipo C (W2) (w) b (i), equivalente a templado sub húmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 13.7° C y la precipitación pluvial de 1000 a 1200 mm anuales. Se presentan heladas de 80 a 140 días en la época fría (Sánchez y García, 2005; Figura 1).

La localidad 3 fue el Municipio de Metepec, ubicada a 19° 14' de Latitud Norte y 99° 35' de Longitud Oeste, a una altitud de 2606 m. El clima predominante es del tipo C

(W2) (w) b (i), equivalente a templado húmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 13° C, con una variación de temperatura máxima de 28° C y mínima de 3.5° C y una precipitación pluvial de 785 mm anuales. El tipo de suelo predominante es andosol, fértil, profundo y rico en materia orgánica (Castro, 1999; Figura 1).



Figura 1. Localización del área de estudio.

3.2. Material genético

Se evaluaron 32 colectas de haba proporcionadas por productores de distintas comunidades del Valle Toluca- Atlacomulco, en el Estado de México. Las colectas se hicieron con énfasis en las zonas donde prospera bien este cultivo. También se incluyeron como testigos a cuatro variedades comerciales liberadas por el Instituto de Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX; Cuadro 4).

Cuadro 4. Procedencia de las colectas de haba evaluadas en el presente estudio.

Clave de las colectas Colecta	Procedencia
1-6, 8,9	Localidades del Municipio de Acambay
7	Municipio de Jocotitlán
10-19, 34	Localidades del Municipio de Calimaya
20	Municipio de Mexicalcingo
21,22, 24 y 25	Localidades del Municipio de Santiago Tianguistenco
23	Municipio de Santa Cruz Atizapán
27	Municipio de Zinacantepec
28	Municipio de Almoloya del Río
29-32	ICAMEX (Instituto de Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México)
26, 33 y 35	Localidades del Municipio de Toluca
36	Municipio de Lerma

3.3. Diseño experimental y tamaño de la parcela

En cada localidad las 36 poblaciones de haba fueron consideradas como tratamientos y se establecieron en campo en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El análisis de los datos a través de las localidades se hizo como una serie de experimentos en espacio. El tamaño de la parcela fue de 9.6 m^2 y estuvo conformada con surcos de 4.0 m de largo por 0.80 m de ancho. Se depositaron dos semillas por golpe, cada 0.40 m. La unidad experimental útil fue el surco central de cada parcela (área de 3.2 m^2).

3.4. Desarrollo del trabajo experimental

Preparación del terreno. Esta actividad se efectuó mecánicamente. Se realizó un barbecho y un paso de rastra con la ayuda del tractor agrícola y arado de 3 discos. El surcado se hizo a una distancia de 0.80 m.

Fertilización. Se aplicó el tratamiento 60N–60P–30K, al sembrar, empleando como fuentes: a la urea (46%), al superfosfato de calcio triple (46%) y al cloruro de potasio (60%).

Siembra: En el año 2011 esta actividad se realizó el 28 de abril en San Nicolás Guadalupe (L1), el 18 de abril en San Mateo Oztacatipan (L2) y el 20 de abril en Metepec (L3).

Labores culturales

Las escardas se realizaron el 5 y el 15 de julio (L1), el 26 de mayo (L2) y el 25 de mayo (L3).

Control de malezas: En las tres localidades esta actividad fue manual.

Control de plagas y enfermedades

Para prevenir y controlar enfermedades en L1 se aplicó dos veces Manzate y Cupravit mix en dosis de 1 kg ha^{-1} , en L2 no se hizo ninguna aplicación y en L3 se aplicó cinco veces Manzate y Cupravit mix en dosis de 1 kg ha^{-1} y Lannate 90, Folimat y Carioca (1.0 L ha^{-1}).

Cosecha. Esta actividad se realizó manualmente en el mes de diciembre, una vez finalizada la madurez fisiológica de las poblaciones evaluadas en los tres experimentos.

3.5. Variables de estudio

Las variables se registraron de acuerdo a los descriptores de haba (IBPGR, ICARDA, 1985) y a la Guía Técnica para la Descripción Varietal en México (SNICS, 2001) y éstas se agruparon en cuantitativas y cualitativas.

3.5.1. Variables cuantitativas

Éstas se midieron con base en una muestra de 10 plantas establecidas en la parcela útil y fueron las siguientes:

Altura de planta (AP): Se midió de la base al ápice del tallo principal y se expresó en cm.

Número de ramas (NR): Se contó el número de ramas por planta y se registró su promedio aritmético.

Número de nudos florales (NNF): Se contaron los nudos florales del eje central en cada planta y se registró su promedio aritmético.

Número de vainas en seco por planta (NVP): Se contaron las vainas al concluir la madurez fisiológica de la planta y se registró el promedio aritmético para cada población.

Peso de vainas por planta (PVP): Para cada población se pesó el número de vainas secas y se expresó en g.

Número de semillas por vaina (NSV): Se contó el número de semillas por vaina y se registró su promedio aritmético.

Número de semillas por planta (NSP): Se cuantificó el total de semillas por planta y se registró su promedio aritmético.

Peso total de semillas por planta (PTS): Se registró el peso de todas las semillas que cada planta produjo y se expresó en g.

Número de semillas limpias por planta (NSL): Se cuantificó el total de las semillas limpias y se registró su promedio.

Peso de semillas limpias por planta (PSL): Se pesó el número de semillas limpias y se expresó en g.

Peso de 100 semillas (PCS): Se contaron 100 semillas limpias y su promedio aritmético se expresó en g.

Peso de semillas manchadas por planta (PSM): Se seleccionó la semilla manchada y se registró su peso por planta.

3.5.2. Variables cualitativas

Estás se registraron con la Guía Técnica para la Descripción Varietal de México (SNICS, 2001).

Características de planta y follaje

Planta: Para hábito de crecimiento se consideraron dos categorías: determinado (1) e indeterminado (2).

Tallo: La coloración de antocianinas en tallo se registró como ausente (1) o presente (9).

Tallo: La intensidad de la coloración de antocianinas se clasificó en ausente o muy débil (1), débil (3), mediana (5), fuerte (7) y muy fuerte (9).

Follaje: Éste se clasificó en verde (1), verde-azulado (2) y verde grisáceo (3).

Follaje: La intensidad del color verde de éste se clasificó en claro (3), medio (5) y oscuro (7).

Características de la flor

Ala: La presencia de mancha de melanina en la flor se clasificó en ausente (1) o presente (9).

Ala: El color de mancha de melanina en la flor se clasificó en café (1), negro (2) o amarillo verdoso (3).

Estandarte: La presencia de mancha de melanina en el pétalo más grande se clasificó en ausente (1) o presente (9).

Estandarte: La coloración de antocianinas en el pétalo más grande se clasificó en ausente (1) o presente (9).

Características de la vaina

Vaina: El porte de la vaina fue erecto (1), semierecto (3), horizontal (5), semipostrado (7), o postrado (9).

Vaina: La curvatura de la vaina en verde se clasificó en ausente (1), débil (3), media (5), fuerte (7) o muy fuerte (9).

Vaina: Su intensidad de coloración verde se clasificó en débil (3), media (5) o fuerte (7).

Características de la semilla

Semilla seca: La forma de la sección media longitudinal de la semilla se clasificó en elíptica estrecha (1), elíptica (2), elíptica ancha (3), circular (4), oblonga (5), rectangular (6) y ovalada (7).

Semilla seca: El color de la testa de la semilla se clasificó en café claro (1), verde (2), rojo (3), violeta (4) o negro (5).

Semilla seca: La pigmentación negra del hiliun se clasificó en ausente (1) o presente (9).

3.6. Análisis estadístico

Para cada caracter cuantitativo (CC) se hizo un análisis de varianza individual y combinado (ANAVA) y una comparación de medias entre localidades y entre poblaciones de haba usando la prueba de Tukey ($\alpha = 0.01$). Los análisis se realizaron con el sistema de análisis estadístico (Statistical Analysis System, SAS), considerando a los ambientes (A) a las poblaciones (G) y a su interacción (G x A) como factores aleatorios. Se aplicó la técnica multivariada genotipo x variable (Pérez *et al.*, 2009). Con los cuadrados medios del ANAVA se estimó la heredabilidad (H^2) en sentido amplio para todos los caracteres cuantitativos, considerándola como un estimador de la variabilidad genética entre colectas de haba. La estimación se hizo con la siguiente fórmula.

$$H^2 = 100 \sigma^2_G / [\sigma^2_G + (\sigma^2_{GA}/a) + (\sigma^2_E/ra)]$$

Dónde: σ^2_G , σ^2_{GA}/a y σ^2_E son estimadores de las varianzas genéticas de la IGA y del error experimental combinado; a y r son el número de ambientes y de repeticiones por ambiente, respectivamente (Pérez *et al.*, 2007).

IV. RESULTADOS



Texcoco, Estado de México, 25 de enero de 2013
Referencia: 196-13

DRA. DELFINA DE JESÚS PÉREZ LÓPEZ
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DEL ESTADO DE MÉXICO
PRESENTE:

Por este medio le agradezco y acuso de recibido el artículo intitulado: **“Identificación de poblaciones sobresalientes de haba colectadas en el Estado de México”**, del cual son autores(as) **Neri Orozco Colin, Delfina de Jesús Pérez López, Andrés González Huerta, Omar Franco Mora, Francisco Gutiérrez Rodríguez, Martín Rubí Arriaga, Álvaro Castañeda Vildózola y Artemio Balbuena Melgarejo**, que fue enviada para su posible publicación a la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Le notificamos que el autor(a) principal y los coautores(as), no podrán alterarse y quedaran como se envía en esta versión.

Asimismo, me permito informarle que su contribución será sometida a revisión técnica por los dictaminadores(as) que se designen; en caso de ser aceptada, se le notificará sobre las observaciones correspondientes.

Sin otro particular reciba un cordial saludo.

Atentamente

DRA. DORA MA. SANGERMAN-JARQUÍN
EDITORA EN JEFA DE LA REVISTA
MEXICANA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

4.1. Identificación de poblaciones sobresalientes de haba colectadas en el Estado de México

Identification of outstanding broad bean population obtained from State of Mexico

Neri Orozco Colin¹, Delfina de Jesús Pérez López^{2§}, Andrés González Huerta², Omar Franco Mora², Francisco Gutiérrez Rodríguez², Martin Rubí Arriaga², Álvaro Castañeda Vildózola² y Artemio Balbuena Melgarejo²

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México.

² Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México. A. P. 435. Tel. y Fax: 017222965518. Ext. 148. (agonzalezh@uaemex.mx), (ofrancom@uaemex.mx), (fgutierrezr@uaemex.mx), (m_rubi65@yahoo.com.mx), (acastañedav@uaemex.mx), (balmelart@yahoo.com.mx), §Autor para correspondencia: djperezl@uaemex.mx.

RESUMEN

Por el mayor consumo de haba en los sectores de bajos ingresos en México y por la falta de disponibilidad de variedades comerciales, este estudio se realizó en el año 2011 en San Mateo Otzacatipan, San Nicolás Guadalupe (SNG) y Metepec, para evaluar 12 características agronómicas en 36 poblaciones de haba (*Vicia faba* L.) colectadas en el estado de México, con la finalidad de seleccionar las poblaciones con características fenotípicas sobresalientes. El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. El análisis de los datos a través de las localidades se hizo como una serie de experimentos en espacio. La parcela experimental constó de tres surcos de 4.0 m de longitud y 0.80 m de ancho. Se detectaron diferencias significativas entre poblaciones (G), entre ambientes (A) y en la interacción G x A en 11 variables. En SNG

se registraron los mayores promedios en peso de semilla y componentes del rendimiento; las poblaciones 36, 1, 5 y 7 fueron las más sobresalientes. Estas cuatro poblaciones podrían emplearse en un programa de mejoramiento genético o de generación de tecnología.

Palabras clave: *Vicia faba*, genotipos, análisis de varianza combinado, rendimiento y componentes del rendimiento.

ABSTRACT

For the largest Broad bean (*Vicia faba* L.) consumption in low income in Mexico and lack of availability of commercial varieties, this study was conducted in 2011 in San Mateo Oztacatipan, San Nicolas Guadalupe and Metepec to evaluate 12 agronomic traits in 36 Broad bean populations collected in the State of Mexico in order to select stocks with outstanding phenotypic characteristics. The 36 populations were evaluated in field conditions in a randomized complete block design with three replicates per location. Analysis of the data through the locations was done as series of experiments in space. The experimental plot consisted of three rows of 4.0 m long and 0.80 wide. Significant differences between populations, between environments and genotype x environment interaction in 11 variables was detected. At SNG were obtained the highest mean seed weight and yield components. The most outstanding populations were 36, 1, 5 and 7. These four populations could be used in a breeding or technology generation program.

Key words: *Vicia faba*, Entries, combined analysis of variance, grain yield and grain yield components.

INTRODUCCIÓN

La diversidad genética que existe en *Vicia faba* L. debe explotarse para modificar las características de interés en el mejoramiento genético (El-Zaher y Mustafa, 2007; Duc *et al.*, 2010). La expresión fenotípica y la heredabilidad del peso de semilla y otras características dependen del genotipo (G), del ambiente (A) y de la interacción G x A (Annicchiarico y Iannucci, 2008; Díaz *et al.*, 2008). La magnitud de esas variaciones permite diseñar estrategias de mejoramiento y mejorar la respuesta a la selección. Las pruebas en varios ambientes ayudan a identificar cultivares sobresalientes con adaptación amplia o específica. Se ha estudiado la variación genética existente en haba en el Mediterráneo (Susó *et al.*, 1993; Terzopoulos *et al.*, 2003), pero en México existe poca información escrita sobre diversidad genética, variación fenotípica, interacción G x A y estabilidad del rendimiento.

En México, el haba se consume en fresco y en seco; contiene entre 25 y 40 % de proteína (Gutiérrez *et al.*, 2008) pero su cultivo no se ha explotado a gran escala por lo que su consumo es mínimo (0.552 kg per-cápita). Esta especie es de gran importancia social y económica en los Valles Altos del Centro de México que comprende los estados de Puebla, México, Tlaxcala, Veracruz y Michoacán, donde cerca del 90 % de la superficie se siembra en condiciones de temporal. En el estado de México se siembran 256 ha de haba para semilla y 6 132 ha para la producción en verde, las cuales se establecen en condiciones de riego y temporal, con rendimientos promedio de 1.48 y 6.04 t ha⁻¹, respectivamente (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2011).

El haba tolera bajas temperaturas y la mayor producción se destina al autoconsumo, predominando ampliamente su asociación con maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L), y fija nitrógeno atmosférico, por lo que se utiliza como cultivo de rotación. Su uso potencial se ha restringido por su susceptibilidad a enfermedades, ausencia de variedades estables y por el desconocimiento del adecuado y eficiente manejo tecnológico (Pérez y González, 2003; Kalia y Sood, 2004), por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar 12 características agronómicas en 36 poblaciones de haba colectadas en el Estado de México con la finalidad de seleccionar materiales sobresalientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de los sitios experimentales

El estudio se hizo en el estado de México en 2011 en condiciones de temporal en San Nicolás Guadalupe, municipio de San Felipe del Progreso (L1), San Mateo Otzacatipan, municipio de Toluca (L2) y Rancho San Lorenzo, municipio de Metepec (L3): L1 se encuentra a una altitud de 2740 m, tiene una precipitación anual de 891.8 mm, se ubica a 19° 36' 30'' latitud norte y 100° 01' 44'' de longitud oeste. El clima predominante es C (W2) (w) b (i), equivalente a templado sub húmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual varía de 12 a 18 °C, pero se registran temperaturas mínimas de 2 y máximas de 28 °C. L2 se encuentra a 2605 msnm, tiene una precipitación anual de 1000 a 1200 mm., y se ubica a 19° 20' 07'' de latitud norte y 99° 36' 02'' de longitud oeste. El clima es templado sub húmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 13.7° C. Se presentan de 80 a 140 días con helada. L3 se encuentra a 2606 msnm, tiene una precipitación anual de 785 mm y se

sitúa a 19° 14' 866'' latitud norte y 99° 35'240'' longitud oeste, su clima es templado en primavera, templado húmedo con lluvias en verano, semifrío con lluvias ligeras en otoño y frío en invierno; la temperatura media anual es de 13 °C, la máxima de 28 °C y la mínima de 3.5 °C, sus suelos son planos, profundos, fértiles y ricos en materia orgánica (García, 1988).

Material genético

Se consideraron 32 poblaciones de haba colectadas en el Valle Toluca-Atlacomulco y cuatro variedades comerciales proporcionados por el del Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX) (Cuadro 1).

Diseño experimental y tamaño de la parcela

Los tres ensayos se establecieron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela constó de tres surcos de 4.0 m de largo y 0.80 m de ancho, pero el surco central fue la parcela útil. Las semillas se distanciaron a 0.40 m.

Cuadro 1. Origen de las 36 colectas de haba evaluadas en este estudio.

Núm. de Colecta	Productor	Poblaciones/variedades comerciales	Municipio
1	Ángel Cisneros Hernández	Pathé	Acambay
2	Félix Peralta Rivera	Boshindo	Acambay
3	Porfirio Alcántara Becerril	Hondogu	Acambay
4	Palemón Becerril Landeros	Agua limpia	Acambay
5	Jorge Mateo Estrada	San Pedro de los Metates	Acambay
6	Porfirio Garfias Frías	Pueblo Nuevo	Acambay
7	Carlos Barreneo González	Los Reyes	Jocotitlán
8	Benjamín Álvarez Peña	Tixmadeje	Acambay
9	Pedro Plata García	Chanteje	Acambay
10	Héctor Muciño Muciño	Santa María Nativitas	Calimaya
11	Encarnación Estrada González	Santa María Nativitas	Calimaya
12	Sebastián Matías Gómez	San Lorenzo Cuauhtenco	Calimaya
13	Roberto Hernández Torres	Calimaya	Calimaya
14	Tiburcio Sánchez Ortega	Calimaya	Calimaya
15	Carlos Zarza Torres	Zaragoza de Guadalupe	Calimaya
16	Encarnación Robles Trujillo	Zaragoza de Guadalupe	Calimaya
17	Edgar Colín Flores	Zaragoza de Guadalupe	Calimaya
18	Manuel Gutiérrez Navarrete	San Marcos de la Cruz	Calimaya

Continuación. del Cuadro 1.

Núm. Colect a	Productor	Poblaciones/Variedades comerciales	Municipio
19	Moisés Cortez Gomora	San Marcos de la Cruz	Calimaya
20	Roberto Muñoz Arriaga	Mexicaltzingo	Mexicaltzingo
21	Mateo Torres Gutiérrez	San Pedro Tlaltizapan	*Santiago T.
22	Teófilo Carrasco Onofre	San Pedro Tlaltizapan	Santiago T.
23	Ramón Martínez Cejudo	Santa Cruz Atizapán	Santa Cruz Atizapán
24	Guillermo Guadarrama Sánchez	Santiago T.	Santiago T.
25	Jesús Martínez Antúnez	Santiago T.	Santiago T.
26	Teodolfo Hernández Cipriano	Cacalomacan	Toluca
27	Eudoxia Ramírez Rincón	Santa C. Cuauhtenco	Zinacantepec
28	Carlos Estrada Velasco	Almoloya del Rio	Almoloya del Rio
29	ICAMEX	San Isidro	Metepec
30	ICAMEX	Monarca	Metepec
31	ICAMEX	Diamante	Metepec
32	ICAMEX	San Pedro Tlaltizapan	Metepec
33	Sara Lucía González Romero	Cacalomacan	Toluca
34	Pedro Reyes Carmona	San Marcos de la Cruz	Calimaya
35	Sara Lucía González Romero	Cacalomacan	Toluca
36	Omar Franco Mora	S.Ma.Tlalmimilolpam	Lerma

*Santiago T= Santiago Tianguistenco

Manejo agronómico de los ensayos

La preparación del suelo en L1, L2, y L3 fue mecánica. La siembra se realizó el 28 (L1), el 18 (L2) y el 20 de abril (L3) del 2011. La fertilización inorgánica se hizo con 60 N- 60 P- 30 K, utilizando como fuentes: urea (46%), superfosfato de calcio triple (46%) y cloruro de potasio (60%). Los aporques se realizaron el 5 y el 15 de julio (L1), el 26 de mayo (L2) y el 25 de mayo (L3). El control de malezas fue manual.

Para prevenir y controlar enfermedades en L1 se aplicó dos veces Manzate (Mancozeb) y Cupravit mix (Oxicloruro de cobre + Mancozeb) en dosis de 1 kg ha⁻¹, en L2 no se hizo ninguna aplicación y en L3 se aplicó cinco veces Manzate y Cupravit mix en dosis de 1.0 kg ha⁻¹ y Lannate 90 (Metamilo), Folimat (Ometoato) y Carioca (Clorpirifos etil) (1.0 L ha⁻¹). La cosecha se hizo después de la madurez fisiológica del cultivo.

Variables de estudio

Para medir los caracteres cuantitativos se tomaron 10 plantas de la parcela útil. La altura de la planta (AP, cm) se midió con una regla desde la base hasta el ápice del tallo principal; el número de ramas por planta (NR) también se registró. Se contó el número de nudos florales (NNF) del eje central en cada planta. El número de vainas por planta (NVP) se contó al final de la madurez fisiológica. El peso de vainas por planta (PVP, g) se determinó con una báscula digital. Se cuantificó el promedio de semillas por vaina (NSV) y de semillas por planta (NSP).

En peso de semilla por planta (PTS, g) se consideró la semilla manchada y se determinó con una báscula digital. Número de semillas limpias por planta (NSL) también se registró. Los pesos de semillas limpias por planta (PSL), de 100 semillas (P100S) y semilla manchada por planta (PSM) se registraron en gramos.

Análisis estadístico

Se hizo un análisis de varianza y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.01$) con los datos de las tres localidades, en ambos se empleó el Sistema para Análisis Estadístico (SAS, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza

Los valores de F para ambientes (A), para poblaciones (G) y para la interacción G x A fueron altamente significativos ($P < 0.01$) en 11 de las 12 variables (Cuadro 2). Annicchiarico y Iannucci (2008) encontraron diferencias altamente significativas entre G, entre A y en la interacción G x A.

Estos resultados indican que existe variabilidad fenotípica entre poblaciones que podría emplearse en programas de mejoramiento genético, como lo sugirieron Suso *et al.* (1993), El-Zaher y Mustafa (2007), Duc *et al.* (2010) y Yahia *et al.* (2012).

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística de los valores de F de las variables de estudio.

FV	GL	AP	NR	NNF	NVP	PVP	NSV
A	2	0.931**	40.82**	675.37**	2327.30**	28771.10**	2.37**
R (A)	6	0.048**	0.404ns	1.601ns	6.80ns	71.05ns	0.067ns
G	35	0.074**	1.998**	11.168**	223.54**	2614.87**	0.256**
G x A	70	0.020**	1.109**	6.433**	58.710**	811.979**	0.094**
Error	210	0.0070	0.2730	0.8614	5.8403	106.0184	0.0402
C.V.		6.25	9.37	6.53	13.02	17.38	12.38
(%)							

ns,*,**; no significativo y significativo al 0.05 ó 0.01.

F.V., fuente de variación A, ambientes; R(A), repeticiones dentro de A; G, poblaciones; G x A, poblaciones x ambiente; GL, grados de libertad; AP, altura de planta; NRP, número de ramas por planta; NNF, número de nudos florales; NVP, número de vainas por planta; PVP, peso de la vaina por planta; NSV, número de semillas por vaina.

Continuación del Cuadro 2.

FV	GL	NSP	PTS	NSL	PSL	P100S	PSM
A	2	4673.54**	11660.35**	2801.3**	9188.9**	1362.59**	535.9**
R(A)	6	33.90 ns	43.23 ns	15.90ns	54.490**	1472.96ns	23.006*
G	35	885.93**	1592.68**	889.94**	1408.0**	5358.51**	39.82**
G x A	70	208.41**	417.55**	143.79**	526.75**	515.21ns	29.09**
Error	210	22.50	58.19	14.33	47.86	405.17	9.27
C.V.(%)		16.02	17.37	17.75	19.02	11.75	37.43

ns,*,**; no significativo y significativo al 0.05 ó 0.01.

F.V., fuente de variación; A, ambiente; R(A), repeticiones dentro de A; G, poblaciones; G x A, poblaciones x ambiente; C.V; NSP, número de semillas por planta; PTS, peso total de semillas; NSL, número de semillas limpias; PSL, peso de semillas limpias; P100S, peso de 100 semillas; PSM, peso de semilla manchada.

Comparación de medias entre ambientes

En San Nicolás Guadalupe (SNG) se registró la mayor altura de planta lo cual influyó favorablemente en el número de nudos por planta, número de vainas por planta, peso de la vaina por planta, número de semillas por planta y peso total de semilla; éstas incrementan el rendimiento de semilla. Neal y Mcvetty (1983) concluyeron que el peso de semilla está determinado por el número de vainas, número semillas por vaina y el peso de 100 semillas y Terzopoulos *et al.* (2003) lo atribuyen al número de vainas por planta, número de óvulos y de semillas por vaina, o al número de ramas y peso por planta (De Costa *et al.*, 1997). Además, éstas fueron influenciadas por el genotipo (G), el ambiente (A) y por la interacción (G x A) (Annicchiarico y Iannucci, 2008). SNG es una región de temporal pero el establecimiento oportuno de las lluvias contribuyó a que el cultivo expresara mejores características agronómicas y sus suelos andosoles presentan excelentes condiciones de drenaje (García, 1988). En Metepec (M) la mejor expresión fenotípica observada en número de ramas por planta no se vio reflejada en un incremento en el peso de semilla por planta y en el número de semillas por vaina y por planta. San Mateo Oztzacatipan (SM) fue el ambiente menos favorable para la expresión de este componente del rendimiento. En SM y M se registró el menor peso de semilla manchada (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias entre localidades.

Variable	SNG (L1)	SM (L2)	M (L3)
AP	1.43 a	1.25 c	1.33 b
NR	4.94 c	5.61 b	6.16 a
NNF	17.03 a	12.27 c	13.32 b
NVP	22.27 a	13.35 c	20.02 b
PVP	75.94 a	41.16 c	63.52 b
NSV	1.70 a	1.44 b	1.70 a
NSP	34.82 a	22.21 c	31.37 b
PTS	51.94 a	32.37 c	47.60 b
NSL	24.66 a	15.58 b	23.82 a
PSL	42.47 a	27.16 b	40.85 a
P100S	174.69 a	167.59 a	171.32 a
PSM	10.66 a	6.45 b	7.29 b

*Valores con la misma letra en la misma hilera son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.01$). SNG= San Nicolás Guadalupe, SM = San Mateo Oztzacatipan, M = Metepec. Altura de planta (AP), número de ramas (NR), número de nudos florales (NNF), número de vainas por planta (NVP), peso de vaina por planta (PVP), número de semillas por vaina (NSV), número de semillas por planta (NSP), peso total de semilla (PTS), número de semillas limpias (NSL), peso de semilla limpia (PSL), peso de 100 semillas (P100S) y peso de semilla manchada (PSM).

Comparación de medias entre poblaciones

En la población 15, proveniente de Zaragoza de Guadalupe, se registró el mayor promedio (1.46 m) en altura de planta (AP) pero ésta sólo difirió estadísticamente de 2, 4, 5 y 29 (1.28, 1.26, 1.27, y 0.88 cm). Suso *et al.* (1993) comentaron que esta característica permitió discriminar cultivares de diversas regiones geográficas. La AP depende del tamaño de la semilla; las plantas crecen más si se siembran semillas más grandes (Al-Reface *et al.*, 2004). La AP también depende del genotipo (G), del

ambiente (A) y de la interacción G x A y generalmente varía de 0.88 a 1.42.0 m (Cuadro 4).

Para número de ramas por planta (NR) la población 3 (6.67) mostró el mayor promedio, seguida de 33 (6.52) y 35 (6.54); éstas difirieron significativamente de las otras 33 poblaciones pero no tuvieron el mayor peso de semilla (Cuadro 4). Mohammed *et al.* (2010) reportaron de 3.23 a 11.5 ramas. Los cultivares de haba presentan una gran cantidad de ramas improductivas; a medida que la planta se desarrolla las ramas se expanden y se alejan del eje central y terminan quebrándose cuando las vainas llegan a madurez fisiológica (Faiguenbaum, 2003).

El número de nudos florales (NNF) fue mayor en las poblaciones 1 (15.81), 14 (15.50), 23 (15.33), 28 (15.42), 30 (15.33) y 36 (15.35); éstas superaron estadísticamente a San Isidro (P29), con el menor NNF (10.92). El gran número de flores producidas por cada nudo y en consecuencia por cada planta, demuestra el alto potencial de producción que presentan las plantas pero éste no se expresa en la cosecha debido a la abscisión de elementos reproductivos, con valores entre 75 y 90 % (Bianco, 1990); el peso de la semilla está determinado por el número de vainas comerciales, pero sólo una pequeña fracción de las flores logra este objetivo (Cuadro 4).

La mayor producción de vainas por planta (NVP) se expresó en la población 36 (29.06), seguida de 4 (26.18), 5 (26.17) y 7 (26.23); éstas superaron estadísticamente a 18 (12.32), 33 (10.37) y 35 (10.20) con los valores menores. Cuatro poblaciones tuvieron el mayor NVP (26), otros 29 presentaron una producción media (25 a 13.38) y sólo tres fueron de baja producción (10 a 12). Nadal *et al.* (2004 a), Salih *et al.* (1993) y Mohammed *et al.* (2010) reportaron 11.0, de 30.2 a 31.3 y de 9.1 a 11.2 NVP, respectivamente. NVP depende de la distribución de la vaina sobre el tallo y puede ser principalmente basal, distribuida uniformemente a lo largo del tallo o terminal; también depende del número de vainas por nudo, que varía de uno a tres (Terzopoulos *et al.*, 2004) y está muy relacionada con la fecundación. Singh *et al.* (1987) indicaron que NVP influye favorablemente sobre el peso de la semilla (Cuadro 4). En la población 36 (97.71 g), proveniente del municipio de Lerma, se registró el mayor peso de vaina por planta (PVP), seguida de 5 (86.73 g), 1 (83.46 g) y 7 (82.83 g); la primera superó estadísticamente a 28 cultivares (Cuadro 4).

La población 7 (1.89) mostró el mayor número de semillas por vaina (NSV), seguida de 4 (1.84), 5 (1.81), 6 (1.81) y 8 (1.81) (Cuadro 4). Nadal *et al.* (2004 b) reportaron tres semillas por vaina. Pilbeam *et al.* (1992) mencionaron que el máximo rendimiento dependió del número de semillas por vaina. Esto se atribuye a un periodo prolongado de sequía y a la incidencia de heladas en tres días consecutivos, de la segunda semana de septiembre de 2011.

Cuadro 4. Comparación de medias para altura de planta (AP), número de ramas (NR), número de nudos florales (NNF), número de vainas por planta (NVP), peso de vaina por planta (PVP) y número de semillas por vaina (NSV).

Población	AP	NR	NNF	NVP	PVP	NSV
1	1.36 ab	5.77 a-f	15.81 ^a	25.64 a-d	83.46.a-c	1.75 a-f
2	1.28 b	6.24 a-d	12.60 g-i	24.77 a-d	76.92 a-f	1.76 a-c
3	1.34 ab	6.67 a	14.91a-e	19.70 e-i	71.14 b-g	1.74 a-f
4	1.26 b	5.27 d-g	14.28 a-h	26.18 ab	69.09 b-i	1.84 ab
5	1.27 b	5.25 d-g	14.71 a-e	26.17 ab	86.73ab	1.81 a-c
6	1.39 ab	5.83 a-e	13.95 a-h	26.11 abc	71.37 b-g	1.81 a-c
7	1.32 ab	5.87 a-e	14.87 a-e	26.23 ab	82.83 a-d	1.89 a
8	1.37 ab	5.17d-g	13.85 b-h	22.02 b-e	70.65 b-h	1.81 a-c
9	1.29 ab	5.74 a-f	12.64 f-j	19.15e-j	63.79 c-j	1.72 a-f
10	1.38 ab	5.80 a-f	11.56 ij	16.35 f-m	59.70 e-k	1.60 a-g
11	1.30 ab	5.70 a-f	13.40 c-i	13.42 k-n	42.96 j-o	1.46 b-g
12	1.33 ab	4.62 g	14.26 a-h	13.38 k-n	43.71 j-n	1.34 fg
13	1.37 ab	5.47 b-g	14.95 a-e	13.16 l-n	40.78 k-o	1.39 d-g
14	1.43 ab	5.07 e-g	15.50 ab	16.86 f-m	58.11 e-l	1.57 a-g
15	1.46 a	5.32 d-g	14.37 a-h	13.51 k-n	37.42 l-o	1.57 a-g
16	1.42 ab	5.18 d-g	14.12 a-h	15.88 h-m	50-40 g-m	1.45 b-g
17	1.34 ab	5.20 d-g	14.10 a-h	16.25 g-m	48.83 i-m	1.55 a-g
18	1.42 ab	5.46 c-g	14.68 a-e	12.32 n	36.47 m-o	1.48 a-g

Letras iguales en la misma columna significa igualdad estadística (Tukey $\alpha= 0.01$).

Continuación del Cuadro 4.

Población	AP	NR	NNF	NVP	PVPO	NSV
19	1.35 ab	5.68 a-g	15.02 a-d	13.65 k-n	43.56 j-n	1.54 a-g
20	1.38 ab	5.91 a-e	14.66 a-e	18.05 e-l	62.28 d-j	1.76 a-e
21	1.38 ab	5.36 d-g	14.32 a-h	16.58 f-m	56.17 f-m	1.57 a-g
22	1.33 ab	4.74 f-g	14.38 a-h	18.02 e-l	71.80 b-f	1.47 b-g
23	1.39 ab	5.72 a-f	15.33 ab	17.45 e-l	65.32 c-i	1.61 a-g
24	1.36 ab	6.18 a-d	15.21 a-c	14.48 j-n	49.95h-m	1.51 a-g
25	1.42 ab	5.43 d-g	15.15 a-c	17.13 e-m	59.82 e-j	1.36 e-g
26	1.31 ab	5.07 e-g	14.52 a-f	20.71 d-h	66.03 b-i	1.76 a-e
27	1.35 ab	5.77 a-f	13.07 e-i	24.94 a-d	77.32 a-e	1.79 a-d
28	1.32 ab	5.24 d-g	15.42 ab	15.51 i-m	50.37g-m	1.40c-g
29	0.88 c	5.22 d-g	10.92 j	18.21 e-k	49.12 i-m	1.80 a-d
30	1.32 ab	5.23 d-g	15.33 ab	21.21 c-f	67.50 b-i	1.54 a-g
31	1.29 ab	5.56 b-g	14.04 a-h	20.84 d-g	67-48 b-i	1.70 a-f
32	1.33 ab	5.76 a-f	14.50 a-g	16.33 f-m	49.23 i-m	1.63 a-g
33	1.33 ab	6.52 ab	12.54 h-i	10.37 n	22.104 o	1.26 g
34	1.35 ab	5.22 d-g	13.21 d-i	17.94 e-i	56.49 e-m	1.70 a-f
35	1.37 ab	6.54 ab	13.87 b-h	10.20 n	24.76 n-o	1.37 e-g
36	1.33 ab	5.72 a-f	15.35 ab	29.06 a	97.71 a	1.78 a-d

Letras iguales en la misma columna significa igualdad estadística (Tukey, $\alpha = 0.01$).

En NSP la población 36 (50.51) mostró la mayor cantidad, seguida de 6 (44.61), 7 (44.37), 5 (43.62), 1 (42.68), 2 (42.61) y 4 (42.54); la primera difirió estadísticamente de otras 29 (Cuadro 5). Mohammed *et al.* (2010) reportaron de 16.8 a 21.3 semillas por planta.

En peso total de semilla por planta (PTS) sobresalieron las poblaciones 36 (72.78 g), 5 (68.05 g), 7 (63.17 g), 1 (62.31 g) y 6 (61.02 g) y la primera difirió estadísticamente de otras 31. Salih *et al.* (1993) registraron 42.2, 47.1 y 47.7 g en las tres variedades más sobresalientes (Cuadro 5). El PTS es el resultado de diferentes etapas fenológicas de las plantas, las cuales están expresadas en el NVP, NSV, y PSL por planta; el mayor PST es obtenido cuando se maximizan estos componentes (Ayaz *et al.*, 2004).

La población 36 (42.50) tuvo mayor número de semillas limpias (NSL), seguido de 7 (37.16), 5 (37.01), 4 (35.37) y 6 (35.32) y la primera difirió estadísticamente de otras 31. Esta característica determina la producción final de una planta y la calidad fitosanitaria de la semilla. En peso de semillas limpias (PSL) las poblaciones 5 (60.08 g), 7 (56.29 g), 1 (54.32 g), 6 (53.47 g), 2 (50.82 g), 4 (50.56 g) y 3 (48.79) fueron las más sobresalientes y la primera difirió estadísticamente de otras 29 (Cuadro 5).

En peso de 100 semillas (P100S) sobresalieron las poblaciones 11 (201.20 g), 13 (202.04 g), 14 (201.52 g), 12 (197.06 g), 18 (196.73 g), 24 (198.75 g) y 28 (196.73); la primera superó estadísticamente a otras 29 (Cuadro 5). Salih *et al.* (1993) registraron valores de 57.8 g y Mohammed *et al.* (2010) de 30.0 a 39 g.

En peso de semilla manchada (PSM) la población 22 (11.73 g) mostró el mayor promedio y sólo difirió estadísticamente de 3 (5.15g), 30 (3.39 g) y 33 (3.37 g) (Cuadro 5). El daño por enfermedades disminuye la calidad de la semilla y el productor no recupera su inversión. En 34 poblaciones hubo presencia de mancha de chocolate (*Botrytis fabae*, Sardina) y las menos afectadas fueron Monarca y población 33 de Cacalomacán, aunque estas no produjeron el mayor peso de semilla. El estado de Puebla es el mayor productor de semilla y el 93% de los campesinos consideran que la sanidad de semilla es el principal criterio en la selección, y 55 % consideran importante la sanidad y el tamaño de la semilla (Díaz *et al.*, 2008). En otro estudio se concluyó que el 50 % de los productores prefieren semilla más grande y 40 % semilla mediana, pero un mayor número de vainas y semillas por vaina, precocidad y resistencia a enfermedades también son necesarios (Rojas *et al.*, 2012).

Cuadro 5. Comparación de medias para número de semillas por planta (NSP), peso total de semilla (PTS), número de semillas limpias (NSL), peso de semilla limpia (PSL), peso de 100 semillas (P100S) y peso de semilla manchada (PSM).

Población	NSP	PTS	NSL	PSL	P100S	PSM
1	42.68 a-c	62.31 a-d	33.73 b-e	54.32 a-c	154.98 e-j	8.90 a-c
2	42.61 a-c	58.02 a-e	33.95 b-d	50.82 a-d	153.20 d-j	7.56 a-c
3	37.15 b-e	47.32 a-e	32.01 b-f	48.79 a-e	150.38 e-j	5.15 bc
4	42.54 a-c	57.92 a-e	35.37 a-c	50.56 a-e	141.21 i-k	9.07 a-c
5	43.62 ab	68.05 ab	37.01ab	60.08 a	148.27f-m	10.63 ab
6	44.61 ab	61.02 a-d	35.32 a-c	53.47 a-d	146.18g-k	7.42 a-c
7	44.37 ab	63.17 a-c	37.16 ab	56.29 ab	150.66 e-j	6.67 a-c
8	37.01 b-e	51.85 c-g	28.40 c-g	44.57 b-g	149.33 f-k	7.22 a-c
9	32.63 d-g	49.12 c-h	25.27 f-i	40.19 c-n	154.81 c-j	7.14 a-c
10	23.85 g-l	42.60 e-k	15.68 j-n	32.63 g-k	193.85a-d	9.45 a-c
11	18.35 j-l	30.49 j-k	11.47 l-n	22.83 j-m	201.20 a	7.76 a-c
12	18.76 i-l	31.84 i-m	11.40 l-n	23.41 j-m	197.06 ab	10.86 ab
13	16.94 kl	27.84 k-m	9.05 mn	18.27 lm	2012.04 a	9.60 a-c
14	26.56 fk	39.45 g-l	15.67 j-n	31.74 g-l	201.52 a	10.63 ab
15	15.91 -l	26.35 lm	9.25 mn	18.80 k-m	189.04 a-f	7.73 a-c
16	22.23 h-l	37.01 g-l	11.45 l-n	23.77 j-m	196.78 ab	10.12 ab
17	24.24 f-l	39.93 g-l	16.45 j-m	33.01 g-j	191.54 a-e	8.51 a-c
18	18.86 i-l	26.30 m	9.31 mn	18.40 lm	196.73 ab	7.96 a-c

Letras iguales en la misma columna significa igualdad estadística (Tukey, $\alpha = 0.01$).

Continuación del Cuadro 5.

Población	NSP	PTS	NSL	PSL	P100S	PSM
19	20.23 i-l	31.42 j-m	11.93 l-n	24.00 j-m	183.98a-h	7.43 a-c
20	28.08 e-i	47.33 e-i	20.94 g-k	39.37 d-i	182.04 a-i	8.03 a-c
21	26.31 f-k	41.37 f-l	15.94 j-m	31.25 g-l	185.52 a-g	11.39 ab
22	31.18 e-h	45.16 e-j	16.45 j-m	34.01 f-j	194.11 a-d	11.73 a
23	28.34 e-h	47.35 d-i	17.55 i-l	36.50 e-j	194.48 a-c	10.78 ab
24	20.55 i-l	36.31g-l	11.98 l-n	31.45 g-l	198.75 ab	10.69 ab
25	24.51 f-l	43.40 e-k	16.41 j-m	34.44 f-j	189.24 a-f	9.32 a-c
26	36.73 b-e	48.92 c-h	28.10 c-g	43.51 b-g	153.33 e-j	5.53 a-c
27	36.71 b-e	56.75 b-f	30.83 b-f	49.98 a-e	159.70 b-j	5.45 a-c
28	22.88 h-l	36.76 g-l	13.94 k-n	28.19 h-l	196.93 ab	8.50 a-c
29	39.28 b-d	35.46 h-l	22.63 g-j	25.50 i-m	108.26 k	9.95 ab
30	30.57 d-h	50.55 c-h	26.00 e-h	47.29 a-f	162.52 a-j	3.39 c
31	33.68 c-f	49.69 c-h	26.86 d-h	42.30 b-h	166.48 a-j	7.70 a-c
32	25.90 f-k	38.60 g-l	20.15 h-k	33.73 f-j	169.68 a-j	6.47 a-c
33	15.24 l	17.78 m	10.85 l-n	12.77 m	131.77 jk	3.37 c
34	26.97 f-j	41.63 f-l	18.13 i-l	33.99 f-j	174.52 a-i	7.78 a-c
35	15.13 l	18.63 m	8.08 n	25.90 i-m	149.38 f-k	5.68 a-c
36	50.51 a	72.78 a	42.50 a	52-60 a-d	143.73 h-k	7.37 a-c

Letras iguales en la misma columna significa igualdad estadística (Tukey, $\alpha = 0.01$).

Conclusiones

Se detectaron diferencias significativas entre poblaciones (G), entre ambientes (A) y en la interacción G x A en 11 de las 12 variables evaluadas. San Nicolás Guadalupe fue la mejor localidad para la evaluación del material genético. Las poblaciones identificadas como 36, 1, 5 y 7 fueron las más sobresalientes en número de nudos florales, número y peso de vainas por planta, número de semillas por planta, peso total de semillas y número y peso de semilla limpia.

Éstas representan al material recomendable para iniciar un programa de mejoramiento o para generar tecnología en esta región del estado de México.

Literatura citada

Annicchiarico, P. and A. Iannucci. 2008. Breeding strategy for bean in southern Europe based on cultivar responses across climatically contrasting environments. *Crop Science* 48: 983-991.

AL-Reface, M., M.Turk and A.Tawaha. 2004. Effect of seed size and plant population density of yield and yield components of local faba bean (*Vicia faba* L. Mayor). *International Journal of Agriculture and Biology* 2:294-299.

Ayaz, S., B. McKenzie, G. Hill and D. Mcneil. 2004. Variability in yield of four grain legume species in a subhumid temperate environment. II. Yield components. *Journal of Agricultural Science* 142: 21-28.

Bianco, V. 1990. Fava (*Vicia faba* L.) pp: 672-700. In: Bianco, V. and F. Pimpini (Ed). *Orticultura*. Patron Editore, Bologna, Italia. 991 p.

De Costa W. A. J. M., M. D. Dennett, U. Ratnaweera, and K. Nyalemegbe. 1997. Effects of

- different water regimes of field –grown determinate and indeterminate faba bean (*Vicia faba* L.). II. Yield, yield components and harvest index. *Field Crops Research* 52:169-178.
- Díaz, B. M., B. E. Herrera C., J. Ramírez J., M. Aliphat F., A. Delgado A. 2008. Conocimiento campesino en la selección de variedades de haba (*Vicia faba* L.) en la sierra norte de Puebla, México. *Interciencia* 33 (8): 610- 615.
- Duc, G., S. Boa, M. Baum, B. Redden, M. Sadiki, M. J. Suso, M. Vishniakova, X. Zong. 2010. Diversity maintenance and use of *Vicia faba* L. genetic resources. *Field Crops Research* 115: 270–278.
- El-Zaher, A. and M. A. Mustafa. 2007. Genetic variation among Egyptian cultivars of *Vicia faba* L. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10 (23): 4204 - 4210.
- Faiguenbaum, H. 2003. Haba In: *Labranza, Siembra y Producción de los Principales Cultivos de Chile*. Pp. 423-469. Ediciones Vivaldi y Asociados, Santiago, Chile. 706 p.
- García, E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Instituto de Geografía, UNAM. México. 246p.
- Gutiérrez, N., C. M. Ávila, M. T. Moreno, and A. M. Torres. 2008. Development of SCAR markers linked to *zt-2*, one of the genes controlling absence of tannins in faba bean. *Australian Journal of Agricultural Research* 59:365-373.
- Kalia, P. and S. Sood. 2004. Genetic variation association analyses for pod yield and other agronomic and quality characters in and Indian Himalayan collection of broad bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Breeding and Genetics* 36(2): 55-61.
- Mohammed, O. A. A., Y. S. Osman, T. O. Awok. 2010. Performance of faba beans (*Vicia faba* L.) cultivars grown in new agro-ecological region of Sudan (Souther Sudan). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 4 (11): 5516-5521.

- Nadal, S., M. T. Moreno y J. I. Cubero. 2004a. Habas (*Vicia faba* L.). In: Las leguminosas de grano en la agricultura moderna. pp: 201-303. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 318 p.
- Nadal, S., M. T. Moreno y J. I. Cubero. 2004b. Registration of “Retaca” Faba Bean. Crop Science 44: 18-65.
- Neal, J. R. and P. B. E. Mcvetty. 1983. Yield structure of faba bean (*Vicia faba* L.) grown in Monotiba. Field Crops Research 8:349-360.
- Pérez, L. D. J., y A. González H. 2003. Cultivo y Mejoramiento de Haba. 1ª. Edición. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. 101 p.
- Pilbeam, C. J., J. K. Aktase, P. D. Hebblethwaite, and S.D. Wrigh. 1992. Yield production in two contrasting form of spring-sown faba bean in relation to water supply. Field Crops Research 29: 273-287.
- Rojas, T. J., R. Díaz R., F. Álvarez G., J. Ocampo M., y A. Escalante E. 2012. Tecnología de producción de haba y características socioeconómicas de productores en Puebla y Tlaxcala. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3 (1): 35-49.
- Salih, F. A., A. A. Sarra and H. S. Salih. 1993. Performance of faba bean genotypes in the Jabel Marra area. Fabis Newsletter 33:37.
- Singh, S. P., N. P. Singh, and R.K. Pandey. 1987. Irrigation studies in faba bean. Fabis Newsletter 18: 24-26.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. Secretaría de Agricultura, Ganadería. Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Cierre de la Producción Agrícola por Estado. Disponible en línea: <http://www.siap.gob.mx>.

- Statistical Analysis System (SAS). 1988. SAS/STAT User's Guide-Release 6.03 edition Cary, N. C. SAS Institute Inc.1028 p.
- Suso, M. J., M. T. Moreno, and J. I. Cubero, 1993. New isozyme markers in *Vicia Faba*: inheritance and linkage. Plant Breeding 40:105 -111.
- Terzopoulos, P. J., P. J. Kaltsikes and P. J. Bebeli. 2003. Collection, evaluation and classification of Greek populations of faba bean (*Vicia faba* L.). Genetic Resources and Crop Evolution 50:375-381.
- Terzopoulos, P. J., P. J. Kaltsikes, and P. J. Bebeli. 2004. Characterization of Greek populations of Faba bean (*Vicia faba* L.) and their evaluation using a new parameter. Genetic Resources and Crop Evolution 51: 655-667.
- Yahia, Y., A. Guetat, W. Elfalleh, A. FeRchichi, H. Yahia, and M. Loumerem. 2012. Analysis of agromorphological diversity of southern Tunisia faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm. African Journal of Biotechnology 11 (56): 11913-11924.

4.2. Componentes de varianza (CV) y heredabilidad (H^2)

Los componentes se evalúan en términos de respuesta a la selección, pero el empleo del método de momentos, calculado con funciones lineales de estos componentes permite calcular variabilidad genética entre cultivares (H^2) (Shimelis y Shiringani, 2010). En este estudio en la mayoría de los caracteres cuantitativos H^2 varió de 79.70 a 99.35% (SNG), de 52.64 a 95.51 % (SMO) y de 79.47 a 98.25 % (M) (Cuadro 5). Suso y Cubero (1986) estimaron valores de H^2 para número de ramas por planta del 28 %, número de semillas por planta del 32 %, número de vainas por planta del 41 % y semillas por vaina del 69 %. Filippetti y Ricciardi (1988) estimaron valores de H^2 para altura de planta de 78 %, para NVP de 55 %, para NSP de 66 % y para peso de semilla del 52 %. Khare y Singh (1991) calcularon valores de H^2 de 67 % para peso de semilla por planta y de 93 % para P100S. La H^2 para altura de planta fue de 78 %, para número de vainas por planta del 88 %, para peso de semillas por planta del 82 % y 96 % para peso de 100 semillas (Bakheit, 1992).

En el análisis combinado H^2 varió de 51.21 a 90.57% (Cuadro 7). Estos resultados indican que existen diferencias entre poblaciones y que éstas tuvieron un comportamiento diferente a través de los ambientes de evaluación, por lo que la varianza de la IGA reduciría la respuesta a la selección especialmente en número de ramas, número de nudos florales, peso de semilla limpia, y peso de semilla manchada, que fueron las características con menor variabilidad genética y más susceptibles a la heterogeneidad entre ambientes. Alan y Geren (2007) reportaron heredabilidades menores al 50 % en altura de planta (29%), número de tallos (17.6 %), vainas por planta (3%), semillas por vaina (47%) y peso de 100 semillas (30%). Estos resultados

contrastan con los reportados en este trabajo ya que se obtuvieron valores superiores al 50 %.

Cuadro 5. Componentes de varianza y heredabilidad (H^2) en sentido amplio de 12 caracteres evaluados en 36 poblaciones de haba en 2011. Análisis combinado de tres localidades del Estado de México.

Carácter	σ^2_G	σ^2_{GE}	σ^2_E	H^2 %
AP	0.0074	0.0046	0.0070	77.08
NR	0.1917	0.2789	0.273	60.87
NNF	1.1452	1.8574	0.8614	61.56
NVP	24.1896	17.6235	5.8403	78.76
PVP	278.7617	235.3204	106.018	75.74
NSV	0.024	0.0179	0.0402	69.97
NSP	95.9364	61.9703	22.5059	80.55
PTS	170.4986	119.7844	58.1987	78.60
NSL	97.2904	43.1555	14.3317	85.89
PSL	151.134	159.6298	47.8657	72.08
P100S	550.3703	36.6788	405.179	90.57
PSM	3.3936	6.6062	9.2786	51.21

σ^2_G : varianza entre poblaciones; σ^2_{GA} : varianza de la interacción G x E; σ^2_E : varianza del error, altura de planta (AP), número de ramas (NR), número de nudos florales (NNF), número de vainas por planta (NVP), peso de vaina por planta (PVP), número de semillas por vaina (NSV), número de semillas por planta (NSP), peso total de semilla (PTS), número de semillas limpias (NSL), peso de semilla limpia (PSL), peso de 100 semillas (P100S) y peso de semilla manchada (PSM).

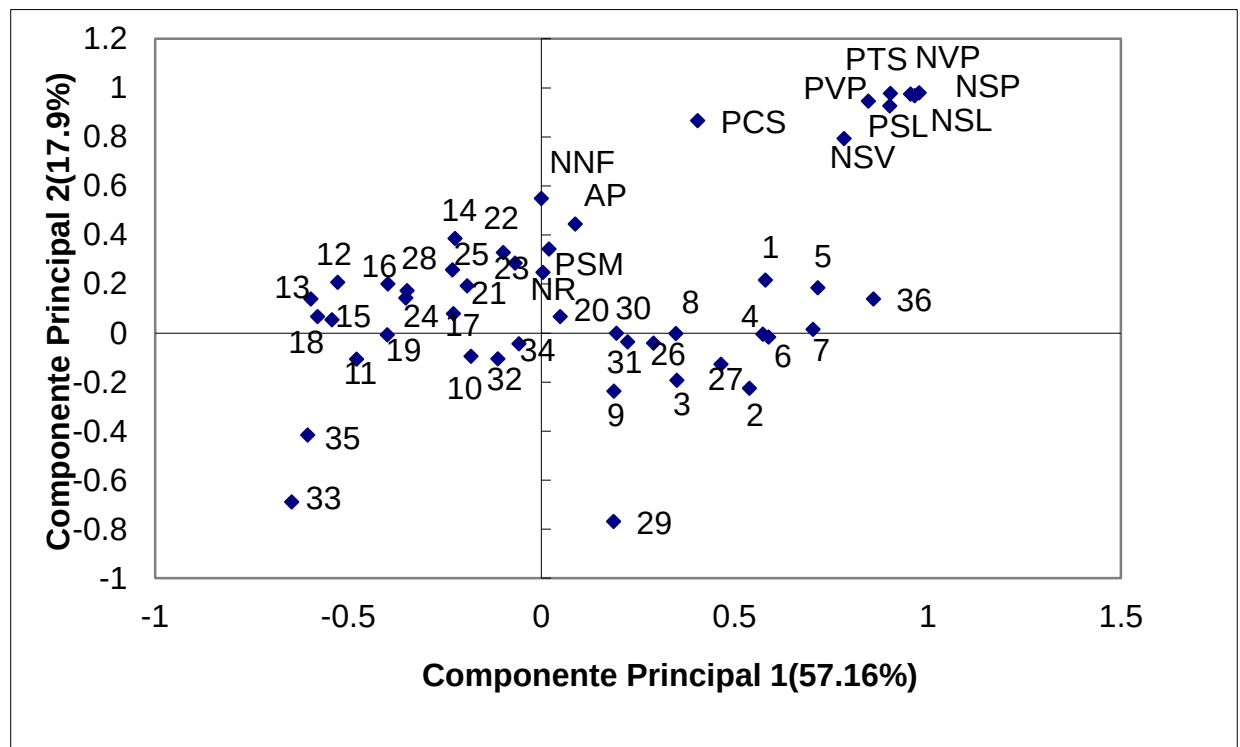


Figura 2. Gráfica del Biplot para 36 cultivares de haba (en número) y 12 variables cuantitativas (en letra).

4.3. Análisis genotipo por variable

En el biplot de la Figura 2 se puede inferir que el peso de la semilla total se correlacionó positiva y significativamente con número y peso de vaina y de semilla, número de semillas por vaina y peso de 100 semillas. Estos resultados son similares a los reportados por Yahia *et al.* (2012). También se observó que las CP1 (57.16 %) y CP2 (17.93%) explicaron el 75.09% de la variación total. La amplia dispersión de las 36 poblaciones sugiere que hay variabilidad genética que puede ser usada en los programas de mejoramiento genético para esta región de México.

4.4. Características cualitativas

Las 36 poblaciones presentaron un hábito de crecimiento determinado, con presencia de antocianinas en los tallos; sólo 2 poblaciones mostraron color intenso, 19 tuvieron coloración media, 12 coloración débil y 3 coloración muy débil. En follaje, 20 poblaciones presentaron verde, 9 verde grisáceo y sólo 7 verde azulado; en intensidad de color de follaje, 10 genotipos fueron claros, 24 tuvieron coloración media y sólo uno fue oscuro (Cuadro 6).

En las 36 poblaciones hubo presencia de mancha de melanina en ala y estandarte de la flor: en la primera 34 poblaciones fueron cafés y sólo 2 negras. La coloración de antocianinas del estandarte estuvo presente en las 36 poblaciones (Cuadro 6).

En la vaina, 8 poblaciones tuvieron porte erecto, 23 semi erecto y 5 horizontal. En el grado de curvatura de la vaina en 21 poblaciones éste estuvo ausente o fue muy ligero, en 13 fue débil y sólo una presentó el grado medio. En la intensidad de color verde de la vaina, 6 poblaciones presentaron color fuerte, 17 fueron de intensidad media y 13 fueron débiles (Cuadro 7).

En las características de follaje y en la coloración de la flor hubo poca variabilidad fenotípica; en vaina hubo amplia variabilidad y en características de semilla hubo poca para el color de la testa y del hilio (Cuadro 8).

Los caracteres morfológicos como hábito de crecimiento, colores de las hojas y de las flores, entre otros, son los que permiten la identificación visual de los genotipos en campo. Una mayor o menor uniformidad y adaptación de los genotipos influirá en su uso final por parte de los productores (Madriz y Luciani, 2002).

La descripción varietal permite una discriminación fácil y rápida entre fenotipos; generalmente son considerados caracteres altamente heredables, fácilmente detectados a simple vista y con poca o nula variación a través de los ambientes (IBPGR, 1985; González *et al.*, 2008). Además, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales que son deseables según el consenso de los usuarios de un cultivo en particular.

Cuadro 6. Características de planta, follaje y flor en 36 poblaciones de haba.

Poblaciones	Características de planta y follaje					Características de la flor			
	PHB	TCA	TICA	FC	FICV	AMM	ACM	EMM	ECA
1	Determinado	Presente	Mediana	Verde	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
2	Determinado	Presente	M. débil	Verde	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
3	Determinado	Presente	Mediana	Verde	Claro	Presente	Café	Presente	Presente
4	Determinado	Presente	Mediana	Verde	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
5	Determinado	Presente	Mediana	V.g.	Claro	Presente	Café	Presente	Presente
6	Determinado	Presente	Mediana	Verde	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
7	Determinado	Presente	Mediana	V.g.	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
8	Determinado	Presente	Mediana	V. a.	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
9	Determinado	Presente	Fuerte	V. a.	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
10	Determinado	Presente	Débil	Verde	Claro	Presente	Café	Presente	Presente
11	Determinado	Presente	Mediana	V. g.	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
12	Determinado	Presente	Fuerte	V. g.	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
13	Determinado	Presente	Mediana	V.g.	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
14	Determinado	Presente	Mediana	Verde	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
15	Determinado	Presente	Débil	V. a.	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
16	Determinado	Presente	Mediana	Verde	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
17	Determinado	Presente	Mediana	V. a.	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
18	Determinado	Presente	Débil	Verde	Claro	Presente	Negro	Presente	Presente

Planta: Hábito de crecimiento (PHB); Tallo: coloración de antocianinas (TCA); Tallo: intensidad de coloración de antocianinas (TICA); Follaje: color (FC); Follaje: intensidad de color verde (FICV); Ala: presencia de mancha de melanina (AMM); Ala: coloración de mancha de melanina (ACM); Estandarte: presencia de mancha de melanina (EMM); Estandarte: coloración de antocianinas (ECA); Color del follaje : Va; verde azulado; Vg; verde grisáceo.

Continuación del Cuadro 6.

Poblaciones	Características de planta y follaje					Características de la flor			
	PHB	TCA	TICA	FC	FICV	AMM	ACM	EMM	ECA
19	Determinado	Presente	Débil	Verde	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
20	Determinado	Presente	Mediana	V. g.	Obscuro	Presente	Café	Presente	Presente
21	Determinado	Presente	Débil	V.a	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
22	Determinado	Presente	Mediana	V.a.	Claro	Presente	Café	Presente	Presente
23	Determinado	Presente	M. débil	Verde	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
24	Determinado	Presente	Mediana	Verde	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
25	Determinado	Presente	Débil	Verde	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
26	Determinado	Presente	Mediana	V.g.	Claro	Presente	Café	Presente	Presente
27	Determinado	Presente	Débil	Verde	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
28	Determinado	Presente	Débil	Verde	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
29	Determinado	Presente	Mediana	V.a.	Claro	Presente	Café	Presente	Presente
30	Determinado	Presente	Débil	Verde	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
31	Determinado	Presente	Débil	Verde	Claro	Presente	Negro	Presente	Presente
32	Determinado	Presente	Mediana	V.g.	Obscuro	Presente	Café	Presente	Presente
33	Determinado	Presente	M. débil	Verde	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
34	Determinado	Presente	Mediana	Verde	Medio	Presente	Café	Presente	Presente
35	Determinado	Presente	Débil	Verde	Claro	Presente	Café	Presente	Presente
36	Determinado	Presente	Débil	V. g.	Claro	Presente	Café	Presente	Presente

Planta: Hábito de crecimiento (PHB); Tallo: coloración de antocianinas (TCA); Tallo: intensidad de coloración de antocianinas (TICA); Follaje: color (FC); Follaje: intensidad de color verde (FICV); Ala: presencia de mancha de melanina (AMM); Ala: coloración de mancha de melanina (ACM); Estandarte: presencia de mancha de melanina (EMM); Estandarte: coloración de antocianinas (ECA). Color del follaje: Va; verde azulado; Vg; verde grisáceo.

Cuadro 7. Características de vaina y semilla seca en 36 poblaciones de haba.

Poblaciones	Características de la vaina			Características de la semilla		
	VP	VGC	VICV	SSF	SSC	SSH
1	Semierecto	Ausente	Media	Oblonga	Café claro	Presente
2	Erecto	Ausente	Media	Oblonga	Café claro	Presente
3	Erecto	Ausente	Media	Oblonga	Café claro	Presente
4	Horizontal	Media	Débil	Elíptica	Café claro	Presente
5	Erecto	Ausente	Débil	Oblonga	Café claro	Presente
6	Semierecto	Débil	Débil	Elíptica	Café claro	Presente
7	Semierecto	Débil	Media	Oblonga	Café claro	Presente
8	Erecto	Ausente	Media	Oblonga	Café claro	Presente
9	Semierecto	Ausente	Media	Ovada	Café claro	Presente
10	Erecto	Débil	Media	Ovada	Café claro	Presente
11	Semierecto	Ausente	Media	Ovada	Café claro	Presente
12	Semierecto	Ausente	Media	Ovada	Café claro	Presente
13	Semierecto	Ausente	Fuerte	Ovada	Café claro	Presente
14	Horizontal	Débil	Fuerte	Ovada	Café claro	Presente
15	Horizontal	Débil	Fuerte	Ovada	Café claro	Presente
16	Semierecto	Ausente	Débil	Ovada	Café claro	Presente
17	Semierecto	Ausente	Media	Ovada	Café claro	Presente
18	Semierecto	Débil	Débil	Ovada	Café claro	Presente
19	Semierecto	Débil	Débil	Ovada	Café claro	Presente
20	Semierecto	Ausente	Media	Ovada	Café claro	Presente
21	Horizontal	Débil	Fuerte	Ovada	Café claro	Presente
22	Erecto	Ausente	Débil	Ovada	Café claro	Presente
23	Semierecto	Débil	Fuerte	Oblonga	Café claro	Presente
24	Semierecto	Ausente	Media	Ovada	Café claro	Presente
25	Semierecto	Ausente	Media	Ovada	Café claro	Presente
26	Semierecto	Débil	Media	Oblonga	Café claro	Presente
27	Semierecto	Ausente	Débil	Oblonga	Café claro	Presente
28	Semierecto	Débil	Débil	Ovada	Café claro	Presente
29	Erecto	Ausente	Media	Rectangular	Café claro	Presente
30	Semierecto	Ausente	Débil	Oblonga	Negra	Presente
31	Semierecto	Débil	Débil	Oblonga	Café claro	Presente
32	Semierecto	Ausente	Débil	Oblonga	Café claro	Presente
33	Semierecto	Débil	Fuerte	Oblonga	Café claro	Presente
34	Horizontal	Media	Débil	Oblonga	Café claro	Presente
35	Erecto	Ausente	Media	Oblonga	Café claro	Presente
36	Semierecto	Ausente	Media	Ovada	Café claro	Presente

Vaina porte (VP); Vaina, grado de curvatura (VGC); Vaina, intensidad de coloración verde (VICV); Semilla seca, forma (SSF); Semilla seca, color (SSC); Semilla seca, hilum (SSH).

V. CONCLUSIONES GENERALES

1. Se detectaron diferencias significativas entre poblaciones (G), entre ambientes (A) y en la interacción G x A en 11 de las 12 variables evaluadas.
2. San Nicolás Guadalupe fue la mejor localidad para la evaluación del material genético.
3. Las poblaciones identificadas como 36, 1, 5 y 7 fueron las más sobresalientes en número de nudos florales, número y peso de vainas por planta, número de semillas por planta, peso total de semillas y número y peso de semilla limpia.
4. En el análisis combinado H^2 varió de 51.21 a 90.57%.
5. El análisis genotipo por variable mostró que el peso de la semilla total se correlacionó positiva y significativamente con número y peso de vaina y de semilla, número de semillas por vaina y peso de 100 semillas. Los componentes principales 1 (57.16 %) y 2 (17.93%) explicaron el 75.09% de la variación total.
6. La amplia dispersión de las 36 poblaciones en la gráfica de biplot sugiere que hay variabilidad genética que puede ser usada en programas de mejoramiento genético o generación de tecnología en esta región de México.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alan, O., and H. Geren. 2007. Evaluation of Heritability and Correlation for Seed yield components in Faba Bean (*Vicia faba* L.). Journal Agronomy 6 (3): 484-487.
- Al-Refaee, M., M. Turk, and A. Tawaha. 2004. Effect of seed size and plant population density of yield and yield components of local faba bean (*Vicia faba* L. Mayor). International Journal of Agriculture and Biology 2: 294-299.
- Bakheit, B. R. 1992. Shambat 104. A new faba bean cultivar for the Gezira, Sudan. FABIS Newsletter 30: 20-22.
- Bond, D. A., D. A. Lawes, G. C. Hawtin, M. C. Saxena, and J. S. Stephens. 1985. Faba Bean (*Vicia faba* L.). In: Summerfield, R. J. and Roberts, E. H. William Collins Sons Co. Ltd (Ed). Grain Legume Crops, pp. 199-265. UK.
- Castro, O.O. 1999. Metepec. Monografía Municipal. Gobierno del Estado de México. Instituto Mexiquense de Cultura. Asociación Mexiquense de Cronistas Municipales A.C. Toluca, México. 123p.
- Cordeiro, G.M., Pan, Y.B., Henry, R.J. 2003. Sugarcane microsatellites for the assessment of genetic diversity in sugarcane germplasm. Plant Science, 165 (1):181-189.
- Crepón, K., P. Marget, C. Peyronnet, B. Carrouée, P. Arese, and G. Duc. 2010. Nutritional value of faba Bean (*Vicia faba* L.) seed for feed and food. Field Crops Research. 115: 329-339.
- Cubero, J. I. 1974. On the evolution of *Vicia Faba* L. Theor. Appl. Genet. 45:47-51.

- Díaz–Ruiz, R., Delgado-Alvarado, A., Herrera-Cabrera, B. E., Sandoval-Castro, E. 2006. Germplasm of faba bean (*Vicia faba* L.) in México. *In*: International Workshop on Faba bean Breeding and Agronomy. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Junta de Andalucía. Córdoba, España. pp: 188-190.
- Duc, G., Boa, S., Baum, M., Redden, B., Sadiki, M. Suso, M. J., Vishniakova, M., Zong, X. 2010. Diversity maintenance and use of *Vicia faba* L. genetic resources. *Field Crops Research* 115: 270–278.
- Falconer, D. S. 1986. Introducción a la Genética Cuantitativa. Traducción: Fidel Márquez Sánchez. Editorial CECSA, México. 383 p.
- FAOSTAT. 2012. Base de datos estadísticos de la FAO. (disponible en línea). <http://www.faostat.fao.org/site/567>. Fecha de consulta: 31 de marzo de 2013.
- Filippetti, A., and L. Ricciardi. 1988. Development of new determinate growth habit in *Vicia faba* L. Mayor. Analysis of cross between determinate mutant and autofertile line. *Genet. Agr.* 42: 299-316.
- Filippetti, A., and C. de Pace. 1984. Genetic parameters and selection in *Vicia faba* L. VII. Variability in *Vicia faba* minor X *Vicia faba* mayor Progenies. *Genet. Agr.* 38:169-182.
- Flores, F., S. Nadal, I. Solís, J. Winkler, O. Sass, F.L. Stoddard, W. Link, B. Raffiot, F. Muel, and D. Rubiales. 2012. Faba bean adaptation to autumn sowing under European climates. *Agron. Sustain. Dev.* 32: 727-734.
- Fornés, J. J. 1983. Cultivo de habas y guisantes. Biblioteca Agrícola de Síntesis, S.A. Barcelona, España.

- Franco, L. T., y Hidalgo, R. 2003. Análisis estadístico de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico No.8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. 89 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 246 p.
- González, H. A., L. M. Vázquez G., J. Sahagún C., y J.E. Rodríguez P. 2008. Diversidad fenotípica de variedades e híbridos de maíz en el Valle Toluca – Atlacomulco, México. Revista Fitotecnia Mexicana 31:67-76.
- Graur, D., Wen-Hsiung, R. I. 2000. Fundamentals of Molecular Evolution. Sinauer Associates Inc. USA. 481p.
- IBPGR. 1985. Faba bean descriptors. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy. 116 p.
- Jacquard, A. 1983. Heredability: One word, three concepts. Biometrics 39: 465-477.
- Jaramillo, S., y Baena, M. 2000. Material de apoyo a la capacitación en conservación *ex-situ* de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. 210 p.
- Kalia, P., and S. Sood. 2004. Genetic variation association analyses for pod yield and other agronomic and quality characters in an Indian Himalayan collection of broad bean (*Vicia faba* L.). SABRAD. Journal of Breeding and Genetics 36(2): 55-61.

- Khare, D., and C.B. Singh. 1991. Genetic behavior of yield and quality traits of *Vicia faba* L. New Phytologist 72: 1293.
- Kuckuck, H., G. Kobabe, and G. Wenzel. 1991. Fundamental of Plant Breeding, (1st ed.), London. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Lawes, D. A., D.A. Bond, and M.H. Poulsen. 1983. Classification, origin, breeding methods and objectives. In: Hebblethwaite P.D. (ed). *Faba Bean*. Butterworth-Heinemann, pp. 23-76.
- Lush, J. L. 1948. The Genetics of Populations. Mimeographed notes. Iowa State University. Ames, USA. 354 p.
- Madriz, I. P. M., y Luciani M. J. F. 2002. Caracterización morfológica de 20 genotipos de frijol mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). Revista Facultad de Agronomía (Maracay), 28 (1): 27-39.
- Mohamed, M. Beshir. 1986. Responses of faba bean to sowing date at El Rahad, Sudan. FABIS Newsletter, 21:26-30.
- Nadal, S., Suso, M.J., y Moreno, M. T. 2003. Management of *Vicia faba* genetic resources: changes associated to the selfing process in the major, equina and minor groups. Genetic Resources and Crop Evolution 50: 183-192.
- Nadal, S., M.T. Moreno, y J.I. Cubero. 2004. Habas (*Vicia faba* L.) pp: 201-303. In: Las leguminosas de grano en la agricultura moderna. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 318 p.
- Neal, J.R. and P.B.E. Mcvetty. 1983. Yield structure of faba vean (*Vicia faba* L.) grown in Manitoba, *Field Crops Research*, 8:349-360.

- Ortíz, C. J., Solórzano, V. E., y Mendoza, O. L.E. 1983. Comportamiento de caracteres agronómicos y fisiotécnicos de diez colecciones de haba (*Vicia faba* L.) bajo diferentes condiciones ambientales. *Agrociencia* 55: 101-114.
- Pérez, H. P. 2007. Proceso de enlatado de haba verde. INIFAP. SAGARPA. Folleto técnico 24: 6
- Pérez, A. M. J. 2009. Justificación del Desarrollo de un Prototipo de Peladora de Habas Secas. Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades. Puebla, México. 9 p.
- Pérez, D. J., A. González, J. Sahagún, L. M. Vázquez., A. Rivera, O. Franco, and A. Domínguez. 2009. The Identification of outstanding potato cultivars using multivariate methods. *Ciencia e Investigación Agraria. Journal of Agriculture and Natural Resources* 36(3): 391-400.
- Pérez, L. D. J., y A. González H. 2003. Cultivo y mejoramiento de haba. Editorial UAEM. 1ª Edición. Toluca, México, 101 p.
- Pilbeam, C. J., J.K. Aktase, P. D. Hebblethwaite, and S.D. Wright. 1992. Yield production in two contrasting form of spring-sown faba bean in relation to water supply. *Field Crops Research* 29: 273-287.
- Puldón, P. V. 2006. Documentación, conservación y multiplicación de germoplasma. Instituto de Investigaciones del Arroz (IIArroz). I Curso de capacitación genético en arroz, Sanati Spiritus, Cuba, 30 de Octubre al 10 de noviembre de 2006.
- Reyes, C. P. 1985. Fitogenética Básica y Aplicada. AGT – Editor. 1ª Edición. México. 460 p.

- Sánchez, A. A., y García, G. F. 2005. Enciclopedia de los Municipios de México, Toluca. Instituto Nacional para el federalismo y el Desarrollo Municipal (<http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/opios/151069.htm>)
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 2001. Guía Técnica para la Descripción Varietal de Haba (*Vicia faba* L.). 12 p. (www.sagarpa.gob.mx/snics/haba.3.doc.2002. Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2011).
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Cierre de la Producción Agrícola por Estado. Producción Nacional de haba para grano (Disponible en línea: <http://www.siap.gob.mx>. Fecha de consulta: 30 de marzo de 2013).
- Shimelis, H., and R. Shiringani. 2010. Variance components and heritabilities of yield and agronomic traits among cowpea genotypes. *Euphytica* 176:385-389.
- Singh, S. P., N. P. Singh, and R.K. Pandey. 1987. Irrigation studies in faba bean. *Fabis Newsletter* 18: 24-26.
- Suso, M. J., and I. Cubero J. 1986. Primitive and modern forms of *Vicia faba* L.: differences concerning the quantitative inheritance of characters related to yield. *Kulturpflanze* 29 (Suppl.): 137-141.
- Suso, M. J., M. T. Moreno, and J. I. Cubero. 1993. New isozyme markers in *Vicia Faba*: inheritance and linkage. *Plant Breeding* 40:105 -111.
- Vandana and D. K. Dubey. 1993. Path analysis in Faba bean. *FABIS Newsletter* 32:23-24.

Yahia, Y., A. Guetat, W. Elfalleh, A. Ferchichi, H. Yahia and M. Loumerem. 2012.

Analysis of agromorphological diversity of southern Tunisia faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm. African Journal of Biotechnology. 11(56): 11913-11924.

VII.ANEXOS

Cuadro A1. Estadísticas de producción y rendimiento nacional en haba para grano del 2007.

Estado	Superficie sembrada ha	Superficie cosechada ha	Superficie siniestrada ha	Producción t	Rendimiento t ha ⁻¹
Puebla	16 800.00	14 462.16	2 337.84	16 389.99	1.13
Tlaxcala	3 070.00	3 070.00	0.00	2 516.20	0.82
Veracruz	2 412.00	2 086.49	325.51	3 647.00	1.75
Hidalgo	770.00	765.00	5.00	734.00	0.96
México	312.00	312.00	0.00	680.15	2.18
Morelos	300.00	300.00	0.00	1 174.60	3.92
Michoacán	244.00	244.00	0.00	250.30	1.03
Oaxaca	27.00	27.00	0.00	17.40	0.64
Zacatecas	11.00	11.00	0.00	5.50	0.50
Sonora	5.00	5.00	0.00	13.34	2.67
Guanajuato	4.00	4.00	0.00	4.00	1.00
Guerrero	3.50	3.50	0.00	7.00	2.00
Total	23 958.50	21 290.15	2 668.35	25 439.48	1.19

Fuente: SIAP (2010).

Cuadro A2. Estadísticas de producción y rendimiento nacional en haba para grano del 2008

Estado	Superficie sembrada ha	Superficie cosechada ha	Superficie siniestrada ha	Producción t	Rendimiento t ha ⁻¹
Puebla	14 392.12	13 937.12	455.00	19 140.32	1.37
Tlaxcala	2 743.00	2 743.00	0.00	2 652.33	0.97
Veracruz	2 655.00	2 655.00	0.00	3 725.00	1.40
Hidalgo	886.00	885.00	1.00	847.00	0.96
México	295.00	295.00	0.00	654.27	2.22
Michoacán	174.00	174.00	0.00	150.10	0.86
Oaxaca	63.00	63.00	0.00	59.72	0.95
Morelos	20.00	20.00	0.00	80.00	4.00
Zacatecas	18.00	18.00	0.00	12.50	0.69
Guanajuato	16.00	16.00	0.00	12.80	0.80
Sonora	9.00	9.00	0.00	22.50	2.50
Guerrero	3.00	3.00	0.00	6.00	2.00
Total	21 274.12	20 818.12	456.00	27 362.54	1.31

Fuente: SIAP (2010).

Cuadro A3. Estadísticas de producción y rendimiento nacional en haba para grano del 2009

Estado	Superficie	Superficie	Superficie	Producción	
Rendimiento	sembrada ha	cosechada ha	siniestrada ha	t	t ha ⁻¹
Puebla	17 909.00	11 453.70	6 455.30	10 096.23	0.88
Veracruz	3 073.50	2 908.50	165.00	4 449.50	1.53
Tlaxcala	2 848.00	2 842.00	6.00	2474.98	0.87
Hidalgo	469.50	469.50	0.00	578.55	1.23
México	236.00	232.00	4.00	499.27	2.15
Oaxaca	82.00	82.00	0.00	69.09	0.84
Morelos	60.00	60.00	0.00	198.20	3.30
Michoacán	58.00	58.00	0.00	55.20	0.95
Zacatecas	34.00	34.00	0.00	22.70	0.67
Sonora	10.00	10.00	0.00	24.70	2.47
Guerrero	3.00	3.00	0.00	6.00	2.00
Guanajuato	2.00	2.00	0.00	1.60	0.80
Total	24 785.00	18 154.70	6630.30	8 476.02	1.02

Fuente: SIAP (2010).

Cuadro A 4. Estadísticas de producción y rendimiento nacional en haba para grano del 2010

Estado	Superficie sembrada ha	Superficie cosechada ha	Superficie siniestrada ha	Producción t	Rendimiento t ha ⁻¹
Puebla	14 148.00	13 592.00	556.00	10 975.32	0.81
Tlaxcala	2 990.00	2 973.00	17.00	2 726.88	0.92
Veracruz	2 939.00	2 939.00	0.00	5 496.40	1.87
Hidalgo	289.00	267.00	22.00	252.64	0.95
México	248.00	248.00	0.00	526.04	2.12
Michoacán	116.00	116.00	0.00	121.49	1.05
Morelos	76.00	76.00	0.00	251.37	3.31
Oaxaca	70.00	70.00	0.00	72.08	1.03
Zacatecas	32.00	32.00	0.00	22.22	0.69
Sonora	7.00	7.00	0.00	16.54	2.36
Guanajuato	5.00	5.00	0.00	13.80	2.76
Guerrero	4.00	4.00	0.00	8.40	2.10
Baja California Sur	1.00	1.00	0.00	1.80	1.80
Total	20 925.00	20 330.00	595.00	20 484.98	1.01

Fuente: SIAP (2010).