

GUATEMALA

CATALOGO DE FRIJOLES

CRIOLLOS DE IPALA



Caracterización molecular y morfo agronómica

Proyecto Red de Innovación Agrícola Red SICTA

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA

Cooperación Suiza en América Central

GUATEMALA

Catálogo de frijoles criollos de Ipala

Caracterización molecular
y morfo agronómica

Managua, Nicaragua, 2011

© Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2011

El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio Web institucional en <http://www.iica.int>, <http://www.iica.int.ni>, <http://www.redsicta.org>

Coordinación Editorial: Armando Ferrufino

Diagramación: Darwin Granda, Néstor Bonilla

Diseño portada: Darwin Granda

Impresión: PRINTEX S.A.

Guatemala: catálogo de frijoles criollos de Ipala:
caracterización molecular y morfo agronómica / IICA, Red SICTA,
Cooperación Suiza en América Central.

Managua: IICA, 2011.

64 p., 17.06 x 23.01 cm

ISBN: 978-92-9248-361-6

1. Frijol - Semillas 2. Semillas - variedades 3. Frijol 4.
Características de las semillas 5. Calidad de las semillas 6.
Análisis de Datos 7. Guatemala I. IICA II. Título

AGRIS
FO3

DEWEY
633.372

Managua, Nicaragua
2011

Créditos

Dirección y edición: Dr. Armando Ferrufino Coqueugniot, Coordinador Ejecutivo del Proyecto Red SICTA julio 2006 - febrero 2011.

Equipo técnico: Ing. Néstor Bonilla Bird, consultor Proyecto Red SICTA; Ing. José Luis Sagüil, investigador, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas- ICTA; Ing. Israel Gálvez, gerente de la Asociación de Desarrollo Comunitario Granero de Oriente-ADEGO; Sr. Marlon Alejandro Paiz Osorio, estudiante de agronomía; Dr. Gerardo Gallego Sánchez, coordinador Laboratorio Biotecnología, Centro Internacional de Agricultura Tropical- CIAT; Mat. Myriam Cristina Duque Echeverri, consultora estadística, Centro Internacional de Agricultura Tropical- CIAT; Biol. Harold G. Suárez, asistente de investigación, Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT; Ing. Silvia Elena Castaño, coordinadora de laboratorio SIG, Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT.

Realización y diseño: Lic. Darwin Granda e Ing. Néstor Bonilla Bird, consultores del Proyecto Red SICTA.

Fotografías: ADEGO - Maynor Romero: fotografía de portada; Armando Ferrufino: fotografía productor Cristóbal Rosales; Darwin Granda: fotos de grupos de frijol; Harold G. Suárez: toma de muestras y proceso de caracterización molecular; Néstor Bonilla Bird: recolección y caracterización morfo-agronómica; Unidad de Recursos Genéticos, CIAT: semillas de frijol.

Agradecimientos

A los productores ipaltecos que ofrecieron gentilmente muestras de sus frijoles criollos para la realización de este trabajo. Al Alcalde de Ipala, Lic. Roel Pérez Argueta, por su interés en la realización de este estudio. A la Oficina del IICA-Guatemala, especialmente al Ing. Abelardo Viana por el apoyo logístico brindado. Adolfo Sagüil, por el apoyo brindado en la caracterización morfo-agronómica. A los Dres. Daniel Debouck y Joseph Tohme, del Centro Internacional de Agricultura Tropical, por sus orientaciones para el desarrollo del estudio.

INDICE

Presentación	4
Introducción	5
Metodología	6
Recolección de frijoles	6
Caracterización morfo-agronómica	12
Caracterización molecular	13
Extracción y cuantificación de ADN total	14
Selección y evaluación de marcadores microsatélites	15
Análisis de datos	15
Resultados y discusión	16
Análisis estadístico de los datos	16
Análisis haplotípico	16
Análisis por locus	16
Fichas de caracterización molecular y morfo-agronómica de frijoles	20
Copaneco	22
Rosita	23
Media Guía	24
Rabia del Gato	25
Arbolito	26
Turrialba	27
Surín Seda Negra	28
Americano	29
Vaina Blanca	30
Vaina Morada Pata de Sope	33
San Jacinto	34
Pecho Amarillo	35
Vaina Morada	36
San Francisco	37
Hombre	38
Vaina Morada Patón de Sope	41
Vaina Rosada	42
Rienda	43
Cordelín	46
Chapín	47
Patudo	48
Jamapa	51
Talete	52
Chivolo	55
Liberal Grande	56
Anexos	57
Glosario	62
Literatura citada	63

Presentación

El **Catálogo de Frijoles Criollos de Ipala, Guatemala**, es el resultado de una investigación molecular y morfo agronómica, promovida por el Proyecto Red SICTA, del IICA y la Cooperación Suiza en América Central, que consideró los siguientes aspectos: la recolección de muestras en campo, un análisis mediante criterios de localización georeferenciada, la identificación del productor que lo conserva y consume, el nombre local del material, la información sobre su uso y las opiniones sobre aspectos favorables y desfavorables de estos materiales.

Para la caracterización molecular de las muestras Red SICTA recibió la colaboración del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), que utilizó tecnología de punta; posteriormente, se realizó la evaluación en campo para obtener la caracterización morfo agronómica.

Todo el proceso está debidamente documentado en este catálogo, que deja como resultado información científica de 25 frijoles negros de Ipala.

El estudio es un reconocimiento al trabajo y esfuerzo de los productores de Ipala, que han sabido conservar y reproducir estos materiales por generaciones. Esperamos, además, que contribuya a su protección y ayude a impulsar una estrategia de promoción del consumo entre la población guatemalteca.

Finalmente, queremos agradecer en nombre de la Cooperación Suiza en América Central y del IICA, a todas las personas e instituciones que han participado en el estudio, así como aquellas que ayudaron en su diseño y edición. Todo este esfuerzo valora la importancia de los frijoles criollos de Ipala, en el Oriente de Guatemala, como parte de la diversidad agrícola centroamericana.

Dr. Francisco Enciso
Coordinador Encargado del Proyecto Red SICTA (a.i.)

Introducción

Los frijoles criollos de grano color negro cultivados en el municipio de Ipala, oriente de Guatemala, tienen una marcada preferencia de consumo en el país y son considerados los mejores frijoles de Guatemala. Sus cualidades culinarias, como excelente sabor y tipo de caldo, son la base de esta preferencia.

Estas particularidades también influyen en su demanda en los mercados locales, nacionales, regionales y el denominado “mercado nostálgico”, principalmente en los Estados Unidos (ADEGO, comunicación personal). Por otra parte, la arquitectura de estos frijoles se adapta muy bien al sistema de relevo con maíz, así como su precocidad que les permite tolerar sequía.

“Las indicaciones geográficas y las denominaciones de origen permiten identificar el origen de los productos, aumentar el valor de la diferenciación de las mercancías y hacer más competitivo el intercambio de bienes.”
Fuente: IICA (2011).

Es interesante anotar que los productores ipaltecos se quejan de que frijoles producidos en otras zonas del país, tienen una mejor demanda cuando se los vende como “frijoles de Ipala”. Esta situación afecta la competitividad del frijol ipalteco y las posibilidades de que los pequeños productores puedan obtener mejores precios por su producto. Por dichas razones, los productores de Ipala demandan la acreditación de sus frijoles con una indicación geográfica o una denominación de origen.

La caracterización molecular y morfo-agronómica de los frijoles criollos cultivados en Ipala, puede considerarse como una base técnica muy importante para eventuales procesos de obtención de indicaciones geográficas o denominaciones de origen, además para la protección de los recursos genéticos cultivados tradicionalmente por los pequeños agricultores de la zona.

Metodología

Para llevar a cabo este trabajo se formó una alianza inter-institucional, promovida por el Proyecto Red SICTA, entre la Asociación de Desarrollo Comunitario Granero de Oriente (ADEGO), el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). El personal de Red SICTA, ADEGO e ICTA realizó la recolección de los frijoles y efectuó la caracterización morfo-agronómica, mientras que personeros del CIAT procedieron con la caracterización molecular.

Recolección de frijoles



Entre el 17 y 20 de junio de 2008 se realizó un viaje de recolección a varias localidades de los municipios de Ipala, departamento de Chiquimula, donde tradicionalmente se cultivan frijoles criollos de grano color negro.

Los productores de los cuales se recolectó semilla de frijoles negros criollos, fueron seleccionados por ADEGO. Se recolectaron en campo 26 tipos de frijoles negros (que se denominarán también muestras o materiales). Los productores, además de suministrar semilla de sus frijoles contestaron una encuesta para conocer algunas características de los mismos, como su tolerancia a factores bióticos y abióticos y sus cualidades culinarias. Tam-



El productor Cristóbal de Jesús Rosales lleva 70 años produciendo su frijol criollo "Media Guía".



bién se registró la ubicación geográfica de los sitios de recolección usando un GPS portátil.

Las muestras obtenidas fueron trasladadas a instalaciones de ADEGO, donde fueron acondicionadas e identificadas, para luego ser enviadas al Banco de Semillas del Programa de Recursos Genéticos de la Universidad Nacional Agraria de Nicaragua (UNA), donde se secaron hasta 14% de humedad y se almacenaron en cuarto frío hasta el momento de ser utilizadas para caracterización molecular.

Otra parte de las muestras fue usada para siembra en campo en Ipala con el fin de realizar la caracterización morfo-agronómica.

El Cuadro 1 presenta los nombres de los productores que suministraron las muestras de frijoles, las localidades donde tienen sus parcelas de producción, los nombres locales de los frijoles y las coordenadas geográficas de los sitios de recolección.

El Mapa 1 muestra la ubicación geográfica de los sitios donde fueron recolectados los frijoles.

Cuadro 1. Localización de los sitios de recolección de accesiones de frijoles negros ipaltecos, nombres de los productores que suministraron los frijoles y nombres comunes de los mismos.

Código del material	Nombre del material	Nombre productor donante	Lugar de recolección			Coordenadas geográficas	Altitud (msnm)
			Departamento	Municipio	Localidad		
502-1	Chivolo	Adrián Monroy	Chiquimula	Ipala	Chagüitón	14°36'56.64"N 89°37'29.88"O	750
502-2	Vaina Morada, Pata de Sope	Ernesto Gálvez	Chiquimula	Ipala	El Sauce	*	*
502-3	Copaneco	Carlos Humberto Villafuerte	Chiquimula	Ipala	Las Cruces	14°34'46.68"N 89°39'45.66"O	850
502-4	Liberal Grande	Salvador Guerra	Chiquimula	Ipala	Ceniceras	14°34'46.68"N 89°39'45.66"O	854
502-5	Cordelin	Luis Antonio Mateo	Chiquimula	Ipala	Las Cruces	14°38'12.9"N 89°34'12.9"O	849
502-6	San Jacinto	Froilán de Jesús Ventura	Chiquimula	Ipala	La Granja	14°38'43.62"N 89°34'59.04"O	1,141
502-7	Jamapa	Froilán de Jesús Ventura	Chiquimula	Ipala	La Granja	14°38'43.62"N 89°34'59.04"O	1,141
502-8	Vaina Morada Patón de Sope	Froilán de Jesús Ventura	Chiquimula	Ipala	La Granja	14°38'43.62"N 89°34'59.04"O	1,141
502-9	Rosita	Froilán de Jesús Ventura	Chiquimula	Ipala	La Granja	14°38'41.76"N 89°34'59.04"O	1,141
502-10	Pecho Amarillo	Pedro Pablo Vasquez	Chiquimula	Ipala	El Sauce	14°32'6.96"N 89°40'7.5"O	985
502-11	Vaina Rosada	José Luis Ramirez	Chiquimula	Ipala	El Suyate	14°37'51.54"N 89°37'7.92"O	884
502-12	Vaina Morada	Iginio Martínez Martínez	Chiquimula	Ipala	El Jute	14°40'2.43"N 89°36'41.04"O	847
502-13	Talete	Herlindo Morales Argueta	Chiquimula	Ipala	Las Cruces	14°69'03"N 89°55'51"O	845
502-14	San Francisco	Víctor de la Concepción Miguel	Chiquimula	Ipala	Jicamapa	*	*

Código del material	Nombre del material	Nombre productor donante	Lugar de recolección			Coordenadas geográficas	Altitud (msnm)
			Departamento	Municipio	Localidad		
502-15	Media Guía	Cristobal de Jesús Rosales	Chiquimula	Ipala	Los Cimientos	14°34'46.68"N 89°39'45.66"O	850
502-16	Rabia del Gato	Hidalía Agustín	Chiquimula	Ipala	Cofradías	14°32'56.52"N 89°40'13.86"O	819
502-17	Arbolito	Manuel Recinos	Chiquimula	Ipala	Cacahuatepeque	*	*
502-18	Frijol Hombre	Juventino Gálvez	Chiquimula	Ipala	El Amatillo	14°31'42.9"N 89°35'59.07"O	889
502-19	Chapín	Santiago Cardona	Chiquimula	Ipala	El Chaguite	14°38'17.71"N 89°34'44.71"O	1,085
502-20	Turrialba	Francisco Rosales	Chiquimula	Ipala	Cececapa	14°40'11"N 89°37'11"O	873
502-21	Surín Seda Negra	Francisco Mejía	Chiquimula	Ipala	Agua Tibia	*	*
502-22	Americano	Servelio Romero	Chiquimula	Ipala	Cacahuatepeque	*	*
502-23	Vaina Blanca	Froilán Mejía	Chiquimula	Ipala	La Tuna	14°34'26.82"N 89°35'11.40"O	896
502-24	Patudo	Armando Vásquez	Chiquimula	Ipala	El Chaguite	14°38'17.71"N 89°35'19.49"O	971
502-25	Rienda	José Valentín Espino	Chiquimula	Ipala	La Coronada	14°37'6.32"N 89°34'50.77"O	1,022
502-26	San José	Israel Monroy	Chiquimula	Ipala	Ciracil	14°39'32.1"N 89°34'10.56"O	1,161

Nd: no determinado

* Materiales recolectados por ADEGO. No se registró su ubicación geográfica mediante GPS.

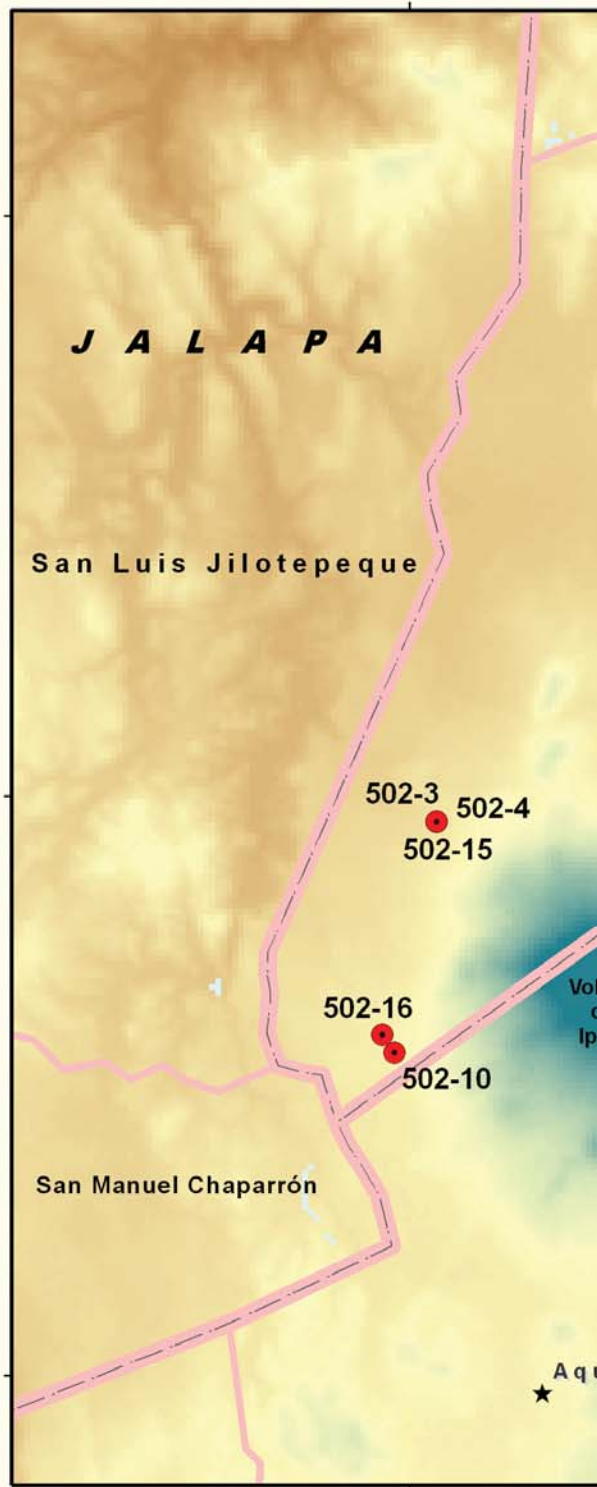
Nota: El frijol San José (502-26), no fue caracterizado molecularmente ni morfo-agronómicamente.

Mapa 1. Localización de los sitios de recolección de

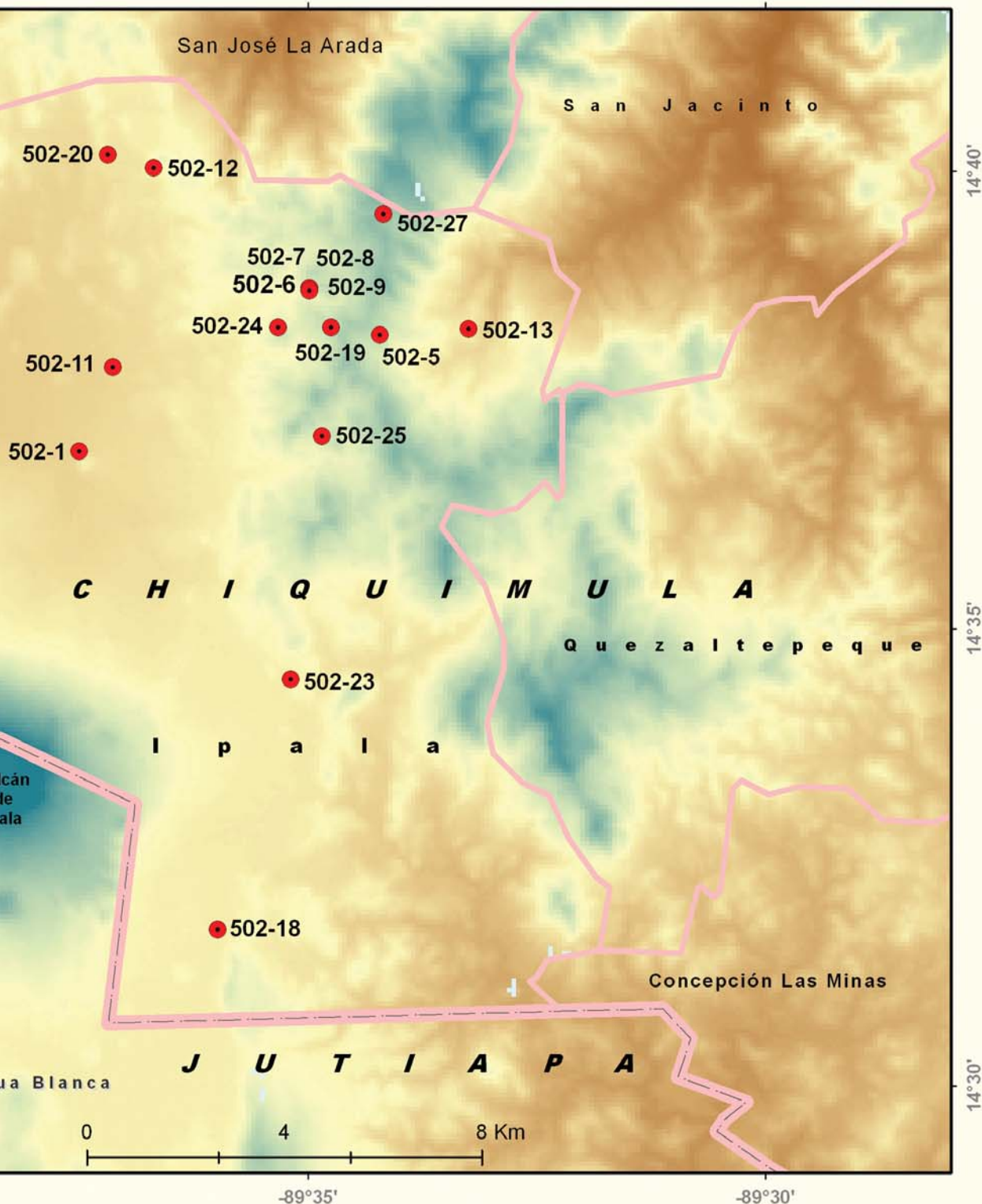
Guatemala en Centro América



Zona de Recolección en Guatemala



frijoles criollos negros de Ipala, Guatemala



Caracterización morfo-agronómica

Para realizar la caracterización morfo-agronómica se sembraron los materiales en Ipala, el 11 de septiembre de 2008.

La siembra fue efectuada en un campo donde se cultivó maíz, modalidad denominada “siembra de relevo”.

En el experimento, cada material se sembró en parcelas de 11.1m² (2.3 m de ancho y 4.81 m de largo), bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con dos repeticiones.

Se evaluó un total de 52 unidades experimentales. El registro de las variables se finalizó en diciembre de 2008. Las variables evaluadas se presentan en el Cuadro 2.



Arriba: siembra del ensayo de caracterización morfo-agronómica bajo la modalidad de relevo con el cultivo de maíz. Abajo: El frijol y el maíz en su punto de cosecha.

Cuadro 2. Características morfológicas y agronómicas evaluadas en distintas etapas de desarrollo de frijoles negros de Ipala, usando los descriptores de CIAT (1993).

Características Cualitativas	Características Cuantitativas
Estado de plántula	
Color del hipocotilo	Longitud del hipocotilo
Color del folíolo central	Longitud del epicótilo
Forma del folíolo central	Longitud del folíolo central
	Ancho del folíolo central
Al momento de la floración	
Color de la flor	Días a floración
Hábito de crecimiento	Ancho del estandarte
	Longitud del estandarte
	Ancho del ala
	Longitud del ala
Al momento de la madurez fisiológica	
Color de la vaina	Ancho de la vaina
Perfil de vaina	Longitud de la vaina
Tipo del ápice de la vaina	Número de semillas por vaina
Grado de la curvatura de la vaina	
Dirección de la sutura placentar	
Al momento de la cosecha	
Color de la semilla	Número de semillas por vaina
Forma de la semilla	Longitud de la semilla

Para el análisis estadístico se utilizó el programa estadístico SAS versión 9.1.3.

Caracterización molecular

A principios del año 2009, se enviaron muestras de los frijoles recolectados (200 semillas de cada material) al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Cali, Colombia, para su caracterización molecular. CIAT es un centro de excelencia y de amplia experiencia en uso de marcadores microsatélites para caracterizar molecularmente frijol (*Phaseolus vulgaris*). Las muestras fueron remitidas con certificado fitosanitario y todo su manejo se realizó siguiendo las regulaciones del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Extracción y cuantificación de ADN total



Recolección de muestras de tejido y extracción de ADN total.

En abril de 2009, cinco semillas de cada material fueron sembradas en macetas en un invernadero completamente cerrado con malla anti-áfidos. Un mes y medio después, se procedió a la toma de muestras de tejido (hojas apicales) para la caracterización molecular. Se consiguió recolectar tejido de 24 de los 25 materiales, puesto que uno de ellos no germinó (Liberal Grande).

Se colectaron trifolios foliares en el invernadero y las muestras fueron conservadas en viales (marca Eppendorf) debidamente marcados y conservados en hielo hasta el traslado del material al laboratorio para la extracción del ADN total. Inicialmente se maceró el tejido colectado con nitrógeno líquido y posteriormente se siguió el protocolo de extracción de ADN descrito por Mahuku (2004).

La visualización de las muestras de ADN se realizó en geles de agarosa al 1%, teñidos con SYBR Safe (DNA gel stain – Invitrogen), cada muestra contenía 2 μl de ADN y 3 μl de buffer de carga 3X. Las muestras se sirvieron en gel y se cuantificaron por comparación con ADN comercial del bacteriófago lambda, el cual

presentaba concentraciones conocidas que oscilaron entre 50 ng/ μl y 250 ng/ μl . Después de obtener las concentraciones de cada una de las muestras éstas fueron diluidas hasta una concentración de 4 ng/ μl .

Selección y evaluación de marcadores microsatélites

Se evaluaron 20 *loci*¹ de microsatélites descritos previamente por Gaitán-Solis *et al.* (2002) para el género *Phaseolus*. Estos marcadores fueron seleccionados inicialmente teniendo en cuenta que los marcadores estuvieran ampliamente distribuidos a través del genoma de *Phaseolus vulgaris*. Para lo anterior, se eligieron marcadores distribuidos en diferentes cromosomas, tomando como base el mapa genético propuesto por Blair *et al.* (2003). Las condiciones de amplificación fueron evaluadas y estandarizadas para cada microsatélite.

Para una reacción de amplificación por PCR de 20 μl de volumen final, se utilizaron 5 μl de ADN a una concentración de 4 ng/ μl , 2 μl de Buffer (10X), 2 μl de MgCl₂ (25mM), 0,25 μl de dNTPs (20 mM cada uno), 0,2 μl de cada cebador microsatélite (20 μM cada uno), 0,1 μl de Taq-ADN polimerasa (correspondiente a una unidad) y 5,25 μl de agua ultra pura Gibco. Cada coctel de PCR se sirvió en placas de 96 pozos, que contenían el ADN de cada uno de los individuos. El programa de amplificación se llevó a cabo en un termociclador PTC-100TM (Programmable Thermal Controller MJ Research, Inc.).

A partir de los resultados obtenidos en la estandarización, se seleccionaron nueve marcadores moleculares tipo microsatélite para la evaluación de cada una de las accesiones incluidas en el estudio. Los productos amplificados en todos los individuos y para cada uno de los nueve microsatélites, se separaron mediante electroforesis vertical en geles de poliacrilamida al 6 % y su visualización se llevó a cabo utilizando la técnica de tinción en plata. Para el cálculo del tamaño molecular de los alelos se usó un marcador de tamaño molecular de 10 pb (10 bp DNA Ladder, Invitrogen – Life Technologies) servido en diferentes posiciones dentro del gel de acrilamida.

Análisis de datos

El análisis se hizo a partir de los resultados obtenidos para cada uno de los microsatélites. La información fue organizada en una matriz que contenía los tamaños en pares de bases de cada uno de los alelos pertenecientes a un individuo específico. Para observar la estructura poblacional y las características diferenciales de cada uno de los grupos, así como las posibles relaciones genéticas de los individuos y su dispersión, se utilizó un análisis de correspondencia múltiple (ACM). El análisis de correspondencia múltiple relaciona diferentes variables, para ayudar a comprender cuál es la tendencia principal de los individuos observados, respecto a cada una de las variables evaluadas. Esto se logra debido a la generación de una representación gráfica, ubicada sobre un plano multidimensional, el cual

¹ *Loci*, plural de *locus*, expresión latina que hace referencia a un sitio en el genoma.

permite observar las diferencias y similitudes más significativas encontradas con una variable determinada (Mohammadi y Prasanna, 2003). Estos análisis fueron realizados usando el procedimiento CORRESP de SAS, versión 9.1.3.

Resultados y Discusión

Análisis estadístico de los datos moleculares de una muestra de 24 materiales de frijol negro de Guatemala

Análisis haplotípico

Al tomar todos los *loci* conjuntamente se define una huella o perfil molecular global, conocido como “fingerprint” o haplotipo. No se encontraron individuos que tuvieran el mismo haplotipo, lo que significa que la combinación de caracteres genéticos obtenidos para cada material de la muestra, fue única; no hubo duplicados. El haplotipo de cada muestra aparece en el Anexo 1.

Análisis por locus

El Cuadro 3 contiene los principales indicadores evaluados.

Se denomina “riqueza alélica” al número de alelos por locus y global. El análisis molecular permitió detectar la riqueza alélica presente en las 24 muestras, en cada uno de los 9 *loci* analizados.

La “frecuencia alélica” representa la presencia porcentual de un determinado alelo en la población. Dado que el frijol es una planta diploide, el número de alelos en la población es $2n$, siendo “ n ” el número de individuos considerados. Solamente tres alelos de los encontrados tuvieron una frecuencia inferior al 10%, pero teniendo en cuenta, que sólo hubo 24 materiales en la muestra, la estimación de las frecuencias alélicas y la consideración de éstos como “alelos escasos” puede estar sesgada.

A partir de las frecuencias alélicas puede calcularse la “heterocigocidad esperada” (también conocida como “heterogeneidad genética” o “HE”) como un indicador de diversidad genética. HE se calculó para cada marcador microsatélite y global. Se define como la probabilidad de tomar dos individuos al azar y que estos no compartan ningún alelo:

$$HE_j = 1 - \sum_{i=1}^k f_{ij}^2$$

j= 1,2 ... 9 identificador del locus considerado

i: 1,2.. k identificador del alelo i, del locus j

k: riqueza alélica del locus j

f_{ij} frecuencia del alelo i en el locus j

El HE Global es el promedio de HEJ sobre los nueve loci considerados.

La “heterocigocidad observada” (HO) es la proporción de individuos heterocigotos en la muestra, para cada locus marcador observado. También es un indicador de diversidad en la población. La comparación de la proporción representada por HO con el valor de HE, permite identificar la ocurrencia de algunos eventos en la genética de la población.

Cuadro 3. Riqueza, frecuencia alélica, heterocigocidad esperada (HE) y heterocigocidad observada(HO) por locus analizado, en una muestra de 24 materiales de frijol negro de Guatemala.

Locus	Riqueza	Alelo1	%	Alelo2	%	Alelo3	%	Alelo4	%	HE	HO
BM189	2	108	54	112	46					0.50	0.42
BM188	3	150	52	152	27	156	21			0.61	0.96
BM152	4	090	4	095	15	105	40	110	41	0.65	0.38
GATS91	4	212	6	214	12	218	80	220	2	0.35	0.08
BM183	2	140	31	148	69					0.43	0.46
BM205	3	136	40	138	19	4	41			0.63	0.17
BM175	2	160	42	162	58					0.49	0.83
AG1	2	136	75	140	25					0.38	0.00
BM210	2	182	83	188	17					0.28	0.25
Global	24									0.48	

Un análisis estadístico global evaluó las semejanzas entre los individuos en términos de sus perfiles moleculares. El método multivariado elegido fue el “análisis de correspondencia múltiple”, cuyos resultados se muestran en gráficas tridimensionales (Figura 1), en las cuales, la distancia entre cada par de individuos es proporcional a sus diferencias moleculares. A partir de su distribución espacial, un proceso “cluster” permitió definir grupos de individuos, buscando agrupar aquellos que compartan una mayor cantidad de rasgos genómicos (alelos). El software utilizado fue SAS, versión 9.1.3. La constitución de los grupos se presenta en el Anexo 1, los nombres locales de los materiales dentro de cada grupo, cluster o conglomerado, en el Anexo 2.

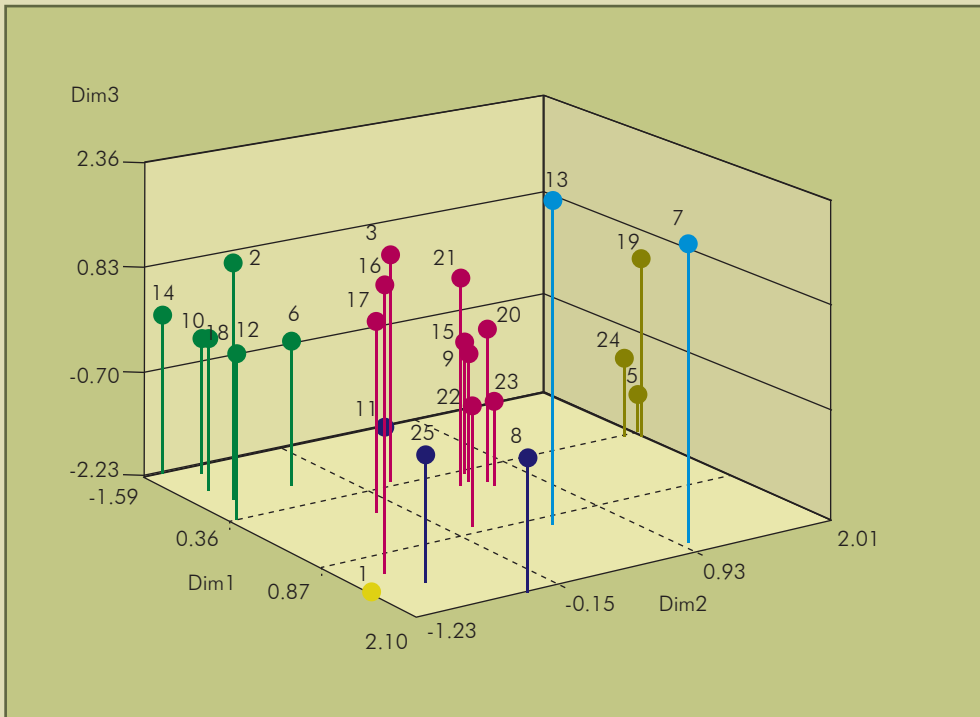


Figura 1. Distribución espacial de 24 materiales de frijoles criollos ipaltecos en grupos, con base en un análisis de correspondencia múltiple sobre datos genotípicos. Color: identificador del grupo, Número: Identificador del material.

La similitud entre individuos, a nivel de locus, se calculó a partir del concepto de “proporción de alelos compartidos”. Si dos individuos no comparten alelos, su similitud es 0. Si comparten ambos, su similitud es total y es 1. Si sólo comparten un alelo, por ser diploides, el valor de su similitud es 0.5. Tomando todas las posibles comparaciones entre 24 individuos se obtuvo 276 posibilidades. Sus estadísticas descriptivas están en el Cuadro 4.

La proporción de alelos compartidos también se aplicó a la estructura de grupos resultante de los procesos de análisis descritos anteriormente. Como resultado se obtuvo la similitud dentro de grupos y entre grupos. La similitud dentro de grupos corresponde al promedio de todas las similitudes calculadas en parejas de individuos pertenecientes al mismo grupo. La similitud entre grupos corresponde al promedio de todas las similitudes calculadas en parejas de individuos pertenecientes a diferente grupo. Los resultados se encuentran en el Cuadro 5 y los detalles en el Anexo 3.

Cuadro 4. Promedios, coeficientes de variación, desviación estándar, varianza y error estándar, de la variable “proporción de alelos compartidos”, evaluada en todas las posibles parejas de una colección de 24 materiales de frijol negro de Guatemala. Información por locus.

Locus	Comparaciones	Promedio	Coefficiente de Variación	Desviación Estándar	Varianza	Error Estándar
BM189	276	0.572	60.09	0.344	0.118	0.020
BM188	276	0.722	34.44	0.248	0.061	0.014
BM152	276	0.367	100.97	0.371	0.137	0.022
GATS91	276	0.634	70.23	0.445	0.198	0.027
BM183	276	0.661	46.56	0.307	0.094	0.018
BM205	276	0.349	118.25	0.413	0.170	0.024
BM175	276	0.855	26.57	0.227	0.051	0.013
AG1	276	0.608	80.32	0.488	0.239	0.029
BM210	276	0.742	41.18	0.305	0.093	0.018

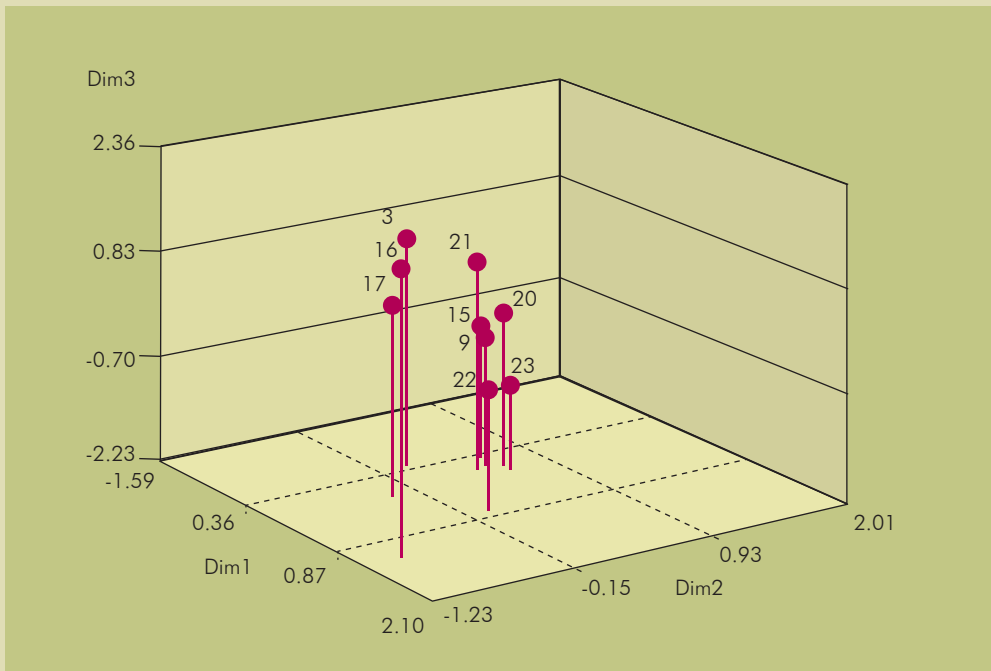
Cuadro 5. Número de comparaciones y promedio de proporción de alelos compartidos (PAC). En la diagonal (subrayados y resaltados): promedios dentro de grupo. Fuera de la diagonal: promedios entre grupos. Evaluación realizada en todas las posibles parejas dentro y entre grupos de una colección de 24 materiales de frijol negro de Guatemala.

	Grupo											
	1		2		3		4		5		6	
Grupo	Comp	PAC	Comp	PAC	Comp	PAC	Comp	PAC	Comp	PAC	Comp	PAC
1	<u>36</u>	<u>0.76</u>										
2	54	0.70	<u>15</u>	<u>0.82</u>								
3	27	0.67	18	0.62	<u>3</u>	<u>0.87</u>						
4	27	0.68	18	0.58	9	0.51	<u>3</u>	<u>0.79</u>				
5	18	0.68	12	0.56	6	0.71	6	0.60	<u>1</u>	<u>0.77</u>		
6	9	0.66	6	0.65	3	0.85	3	0.55	2	0.62	-	-

FRIJOLES DEL GRUPO # 1



Distancia entre genotipos para el Grupo # 1



Distribución espacial de frijoles criollos ipaltecos con base en un análisis de correspondencia múltiple sobre datos genotípicos. Color: identificador del grupo, Número: Identificador del material.

Copaneco

Latitud: 14°34'46.68"N
 Longitud: 89°39'45.66"O
 Altura: 850 msnm
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: Las Cruces
 Productor: Carlos Humberto Villafuerte

Semilla

Forma de semilla: elíptica
 Días a germinación: 8
 Color de testa: negro opaco
 Peso de 100 semillas: 30 g

Tallo

Pubescencia del tallo: glabro
 Tipo IV trepador indeterminado

Flor

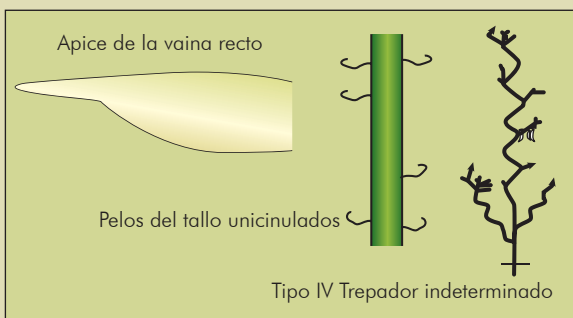
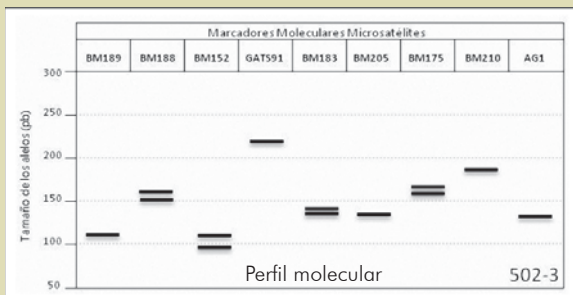
Color de flor: estandarte lila;
 alas lila
 Cáliz: verde
 Color cuello estandarte: verde con morado

Vaina

Color de vaina: crema
 Ápice de vaina: recto
 Semillas por vaina: 5.0 ± 1.0

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: una hora o menos
 Caldo: muy espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



Rosita

Latitud: 14°38'41.76"N
 Longitud: 89°34'59.04"O
 Altura: 1141 msnm
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: La Granja
 Productor: Froilán de Jesús Ventura

Semilla

Forma de semilla: alargada, ovoide
 Días a germinación: 8
 Color de testa: opaco
 Peso de 100 semillas: 20 g

Tallo

Pubescencia del tallo: intermedio
 Tipo II arbustivo indeterminado

Flor

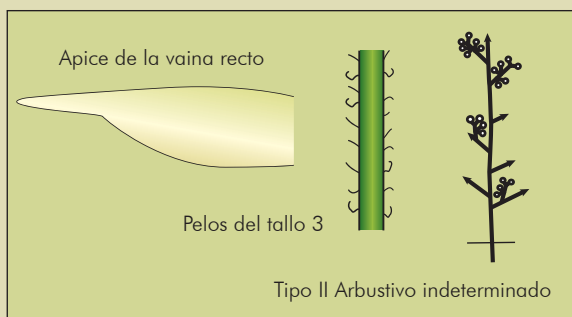
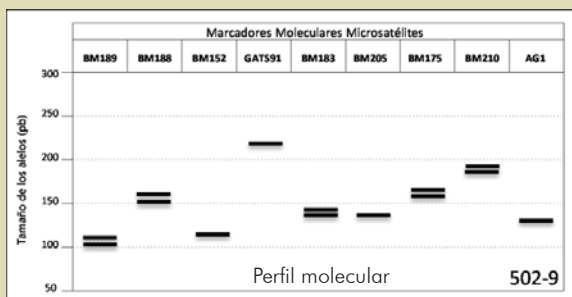
Color de flor: estandarte lila; alas lila
 Cáliz: verde
 Color cuello estandarte: blanco

Vaina

Color de vaina: crema
 Ápice de vaina: recto
 Semillas por vaina: 5.1 ± 0.8

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: una hora o menos
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



Media Guía

Latitud: 14°34'46.68"N
 Longitud: 89°39'45.66"O
 Altura: 850 msnm
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: Los Cimientos
 Productor: Cristóbal de Jesús Rosales

Semilla

Forma de semilla: arriñonada, recta en el lado del hilo
 Días a germinación: 9.5
 Color de testa: opaco
 Peso de 100 semillas: 24 g

Tallo

Pubescencia del tallo: glabro
 Tipo IV trepador indeterminado

Flor

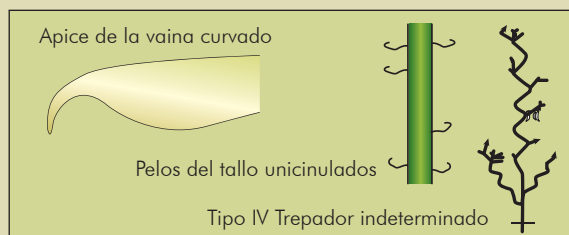
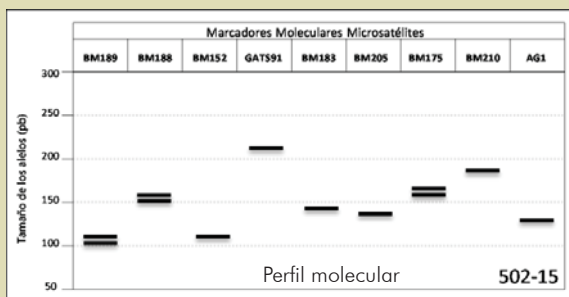
Color de flor: estandarte lila; alas lila
 Cáliz: verde
 Color cuello estandarte: morado

Vaina

Color de vaina: crema
 Ápice de vaina: curvado
 Semillas por vaina: 4.9 ± 0.9

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: una hora o menos
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



Rabia del Gato

Latitud: 14°32'56.52"N
 Longitud: 89°40'13.86"O
 Altura: 819 msnm
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: Cofradías
 Productor: Hidalia Agustín

Semilla

Forma de semilla: ovoide
 Días a germinación: 8
 Color de testa: opaco
 Peso de 100 semillas: 23.5 g

Tallo

Pubescencia del tallo: intermedio
 Tipo IV trepador indeterminado

Flor

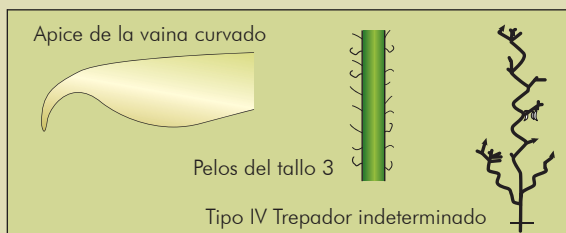
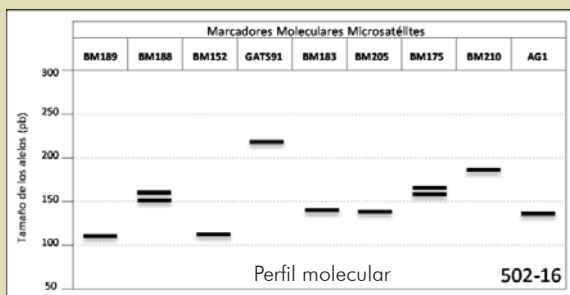
Color de flor: estandarte lila; alas lila
 Cáliz: verde
 Color cuello estandarte: verde con morado

Vaina

Color de vaina: crema
 Ápice de vaina: curvado
 Semillas por vaina: 4.9 ± 1.0

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: una hora o menos
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



Arbolito

Latitud: nd
 Longitud: nd
 Altura: nd
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: Cacahuatepeque
 Productor: Manuel Recinos

Semilla

Forma de semilla: Arriñonada, recta en el lado del hilo
 Días a germinación: 8.5
 Color de testa: negro opaco
 Peso de 100 semillas: 20 g

Tallo

Pubescencia del tallo: glabro
 Tipo IV trepador indeterminado

Flor

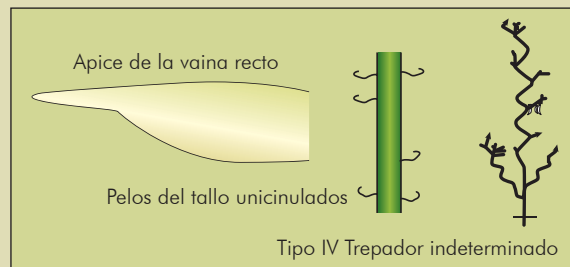
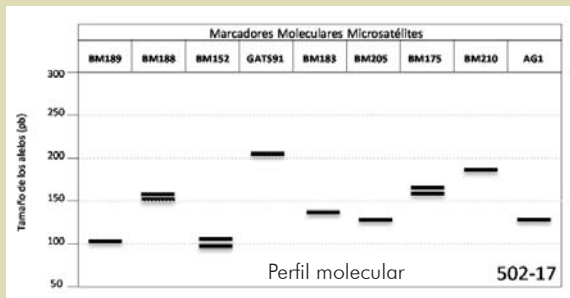
Color de flor: estandarte lila; alas lila
 Cáliz: verde con morado
 Color cuello estandarte: verde con morado

Vaina

Color de vaina: crema
 Ápice de vaina: recto
 Semillas por vaina: 4.9 ± 0.8

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: una hora o menos
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



Turrialba

Lat.: 14°40'11"N
 Long.: 89°37'11"O
 Altura: 873 msnm
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: Cececapa
 Productor: Francisco Rosales

Semilla

Forma de semilla: alargada, ovoide
 Días a germinación: 8.5
 Color de testa: negro opaco
 Peso de 100 semillas: 22.5 g

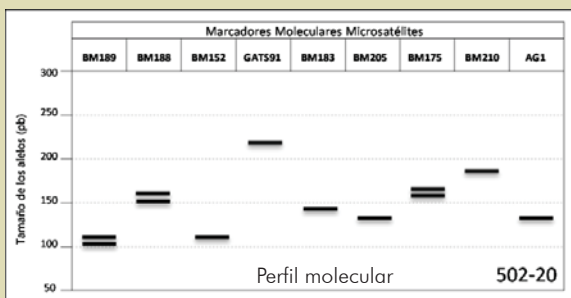


Tallo

Pubescencia del tallo: intermedio
 Tipo IV trepador indeterminado

Flor

Color de flor: estandarte lila; alas lila
 Cáliz: verde
 Color cuello estandarte: verde con café

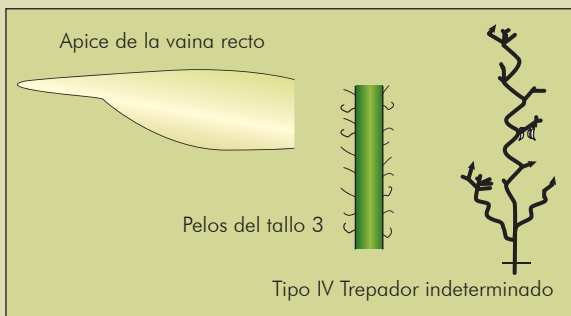


Vaina

Color de vaina: crema
 Ápice de vaina: recto
 Semillas por vaina: 4.9 ± 1.0

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: una hora o menos
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



Surín Seda Negra

Lat.: nd
 Long.: nd
 Altura: nd
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: Agua Tibia
 Productor: Francisco Mejía

Semilla

Forma de semilla: arriñonada, recta en el lado del hilo
 Días a germinación: 8
 Color de testa: negro opaco
 Peso de 100 semillas: 20 g

Tallo

Pubescencia del tallo: glabro
 Tipo IV trepador indeterminado

Flor

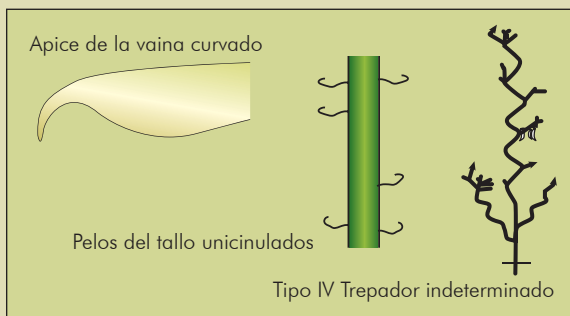
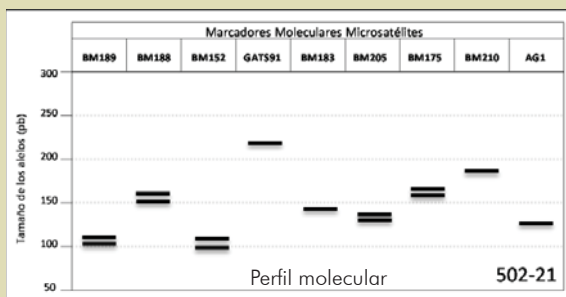
Color de flor: estandarte lila; alas lila
 Cáliz: verde
 Color cuello estandarte: verde con morado

Vaina

Color de vaina: Crema
 Ápice de vaina: Curvado
 Semillas por vaina: 4.9 ± 0.9

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: una hora o menos
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



Americano

Latitud: 14°52'93"N
 Longitud: 89°53'55"O
 Altura: 1,025 msnm
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: Cacahuatepeque
 Productor: Servelio Romero

Semilla

Forma de semilla: arriñonada, recta en el lado del hilo
 Días a germinación: 9
 Color de testa: negro brillante
 Peso de 100 semillas: 25 g

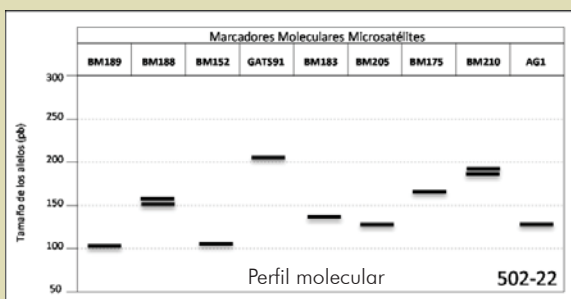


Tallo

Pubescencia del tallo: glabro
 Tipo I arbustivo determinado

Flor

Color de flor: estandarte lila; alas lila
 Cáliz: café rojizo
 Color cuello estandarte: verde con morado

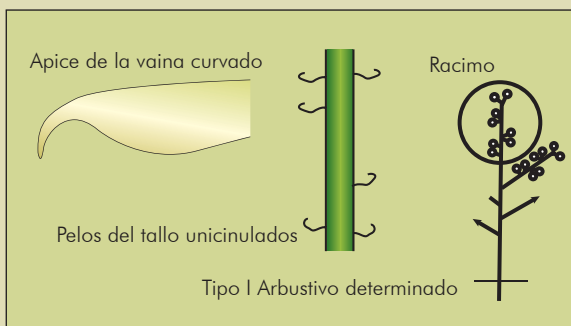


Vaina

Color de vaina: crema o morado
 Ápice de vaina: curvado
 Semillas por vaina: 4.8 ± 0.8

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: una hora o menos.
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



Vaina Blanca

Lat.: 14°34'26.82"N
 Long.: 89°35'11.404"O
 Altura: 896 msnm
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: La Tuna
 Productor: Froilán Mejía

Semilla

Forma de semilla: arriñonada, recta en el lado del hilo
 Días a germinación: 8.5
 Color de testa: negro brillante
 Peso de 100 semillas: 23.5 g

Tallo

Pubescencia del tallo: glabro
 Tipo I arbustivo determinado

Flor

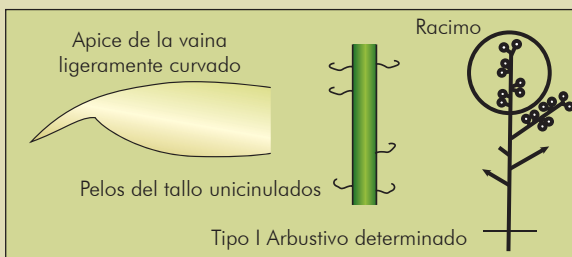
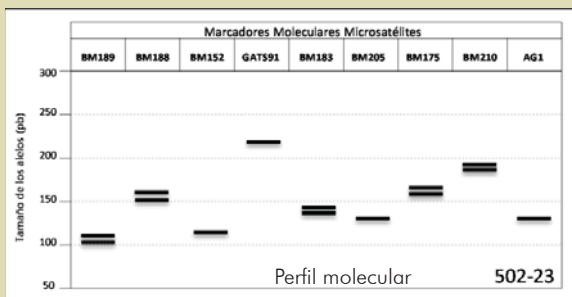
Color de flor: estandarte lila; alas lila
 Cáliz: verde
 Color cuello estandarte: morado

Vaina

Color de vaina: crema
 Ápice de vaina: ligeramente curvado
 Semillas por vaina: 5.0 ± 0.8

Criterios del productor

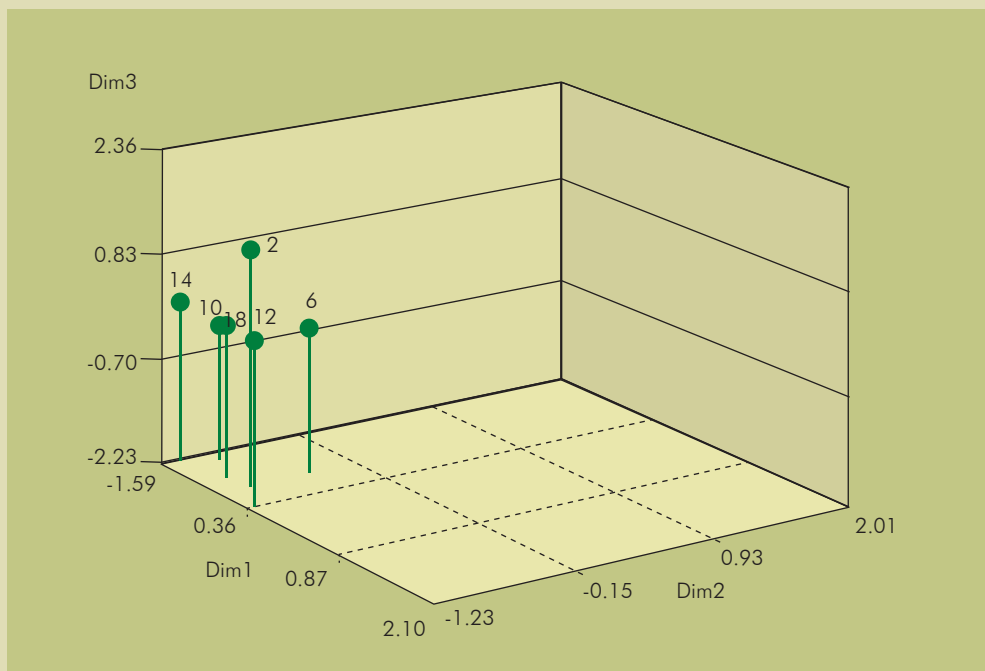
Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente.
 Cocción: una hora o menos
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



FRIJOLES DEL GRUPO # 2



Distancia entre genotipos para el Grupo # 2



Distribución espacial de frijoles criollos ipaltecos, con base en un análisis de correspondencia múltiple sobre datos genotípicos. Color: identificador del grupo, Número: Identificador del material.

Vaina Morada Pata de Sope

Latitud: nd
 Longitud: nd
 Altura: nd
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: EL Sauce
 Productor: Ernesto Gálvez

Semilla

Forma de semilla: arriñonada, recta en el lado del hilo
 Días a germinación: 9.5
 Color de testa: negro ceroso
 Peso de 100 semillas: 30 g

Tallo

Pubescencia del tallo: glabro
 Tipo IV trepador indeterminado

Flor

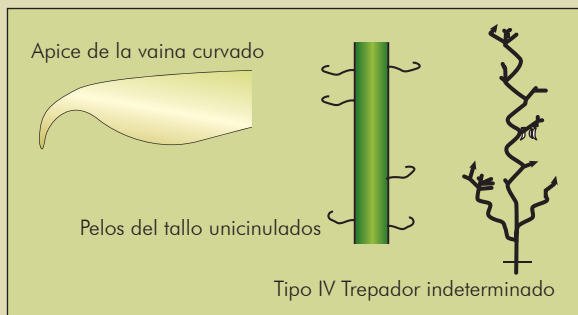
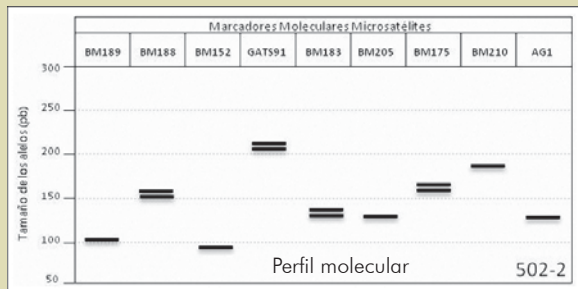
Color de flor: estandarte lila; alas lila
 Cáliz: verde con morado
 Color cuello estandarte: verde con morado

Vaina

Color de vaina: morado
 Ápice de vaina: curvado
 Semillas por vaina: 4.9 ± 1.0

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: una hora o menos
 Caldo: muy espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



San Jacinto

Latitud: 14°38'43.62"N
 Longitud: 89°34'59.04"O
 Altura: 1141 msnm
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala, Localidad: La Granja
 Productor: Froilán de Jesús Ventura

Semilla

Forma de semilla: elíptica
 Días a germinación: 10
 Color de Testa: negro opaco
 Peso de 100 semillas: 24 g

Tallo

Pubescencia del tallo: intermedio
 Tipo II arbustivo indeterminado

Flor

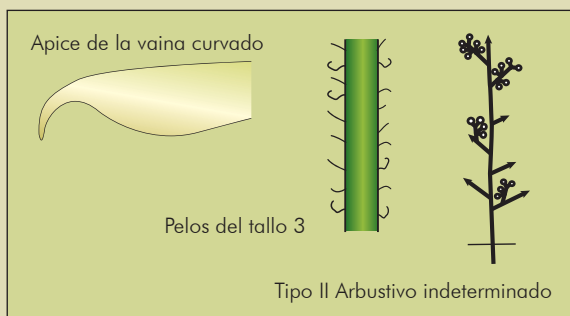
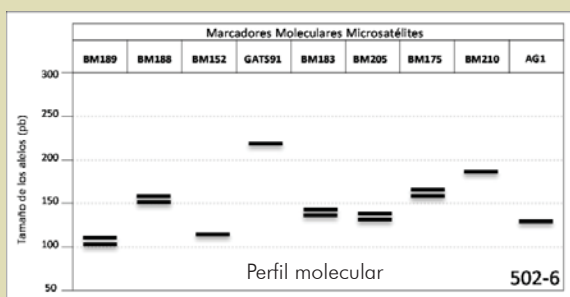
Color de flor: estandarte lila;
 alas lila
 Cáliz: verde
 Color cuello estandarte: verde

Vaina

Color de vaina: crema
 Ápice de vaina: curvado
 Semillas por vaina: 4.8 ± 1.1

Criterios del productor:

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: bueno
 Cocción: 75 minutos
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



Pecho Amarillo

Latitud: 14°32'6.96"N
 Longitud: 89°40'7.5"O
 Altura: 985 msnm
 Muestra: ADEGO
 Nombre común: Pecho Amarillo
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: El Sauce
 Productor: Pedro Pablo Vásquez

Semilla

Forma de semilla: arriñonada, recta en el lado del hilo
 Días a germinación: 8
 Color de testa: negro opaco
 Peso de 100 semillas: 22.5 g

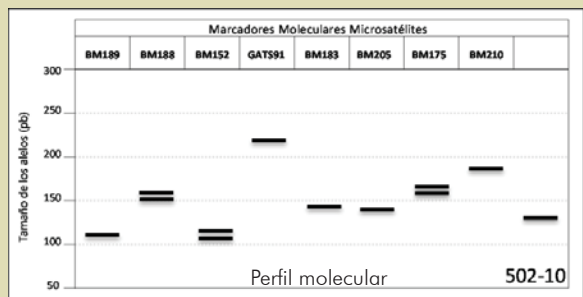


Tallo

Tipo IV trepador indeterminado
 Pubescencia del tallo: glabro

Flor

Cáliz: verde con morado
 Color cuello estandarte: verde con morado
 Color de flor: estandarte lila; alas lila

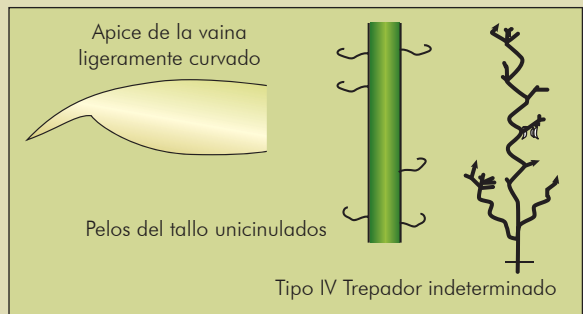


Vaina

Color de vaina: crema
 Ápice de vaina: ligeramente curvado
 Semillas por vaina: 5.1 ± 0.9

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Susceptible a sequía
 Susceptible a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: una hora o menos
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



Vaina Morada

Lat.: 14°40'2.43"N
 Long.: 89°36'41.04"O
 Altura: 847 msnm
 Departamento Chiquimula,
 Municipio de Ipala
 Localidad: El Jute
 Productor: Iginio Martínez
 Martínez

Semilla

Forma de semilla: arriñonada,
 recta en el lado del hilo
 Días a germinación: 8.5
 Color de testa: negro opaco
 Peso de 100 semillas: 20 g

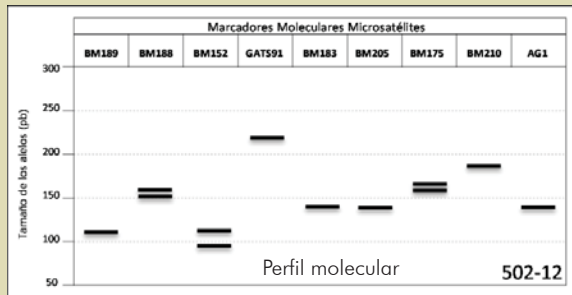


Tallo

Pubescencia del tallo:
 intermedio
 Tipo IV trepador indeterminado

Flor

Color de flor: estandarte lila;
 alas lila
 Cáliz: verde
 Color cuello estandarte:
 morado



Vaina

Color de vaina: morado
 Ápice de vaina: curvado
 Semillas por vaina: 5.1 ± 0.8

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Susceptible a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: 75 minutos
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y
 postrera.



San Francisco

Latitud: 14°66'08"N
 Longitud: 89°63'03"O
 Altura: 821 msnm
 Nombre común: San Francisco
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: Jicamapa
 Productor: Víctor de la Concepción Miguel

Semilla

Forma de semilla: arriñonada, recta en el lado del hilo
 Días a germinación: 9.5
 Color de testa: opaco
 Peso de 100 semillas: 24 g

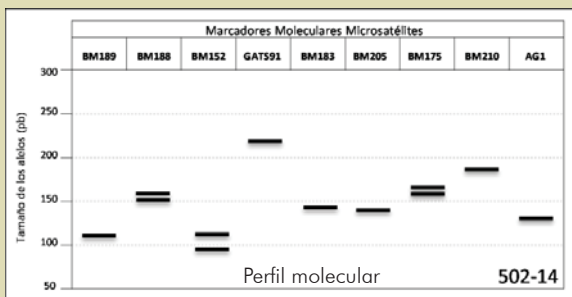


Tallo

Tipo IV Trepador indeterminado
 Pubescencia del tallo: glabro

Flor

Color de flor: estandarte lila; alas lila.
 Cáliz: verde con morado
 Color cuello estandarte: verde con morado

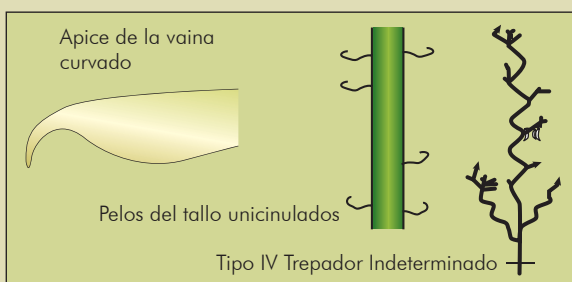


Vaina

Color de vaina: crema
 Ápice de vaina: curvado
 Semillas por vaina: 5.1 ± 0.9

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: hora
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



Hombre

Lat.: 14°31'42.905"N
 Long.: 89°35'59.069"O
 Altura: 889 msnm
 Nombre común: Frijol Hombre
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: El Amatillo
 Productor: Juventino Gálvez

Semilla

Forma de semilla: ovoide
 Días a germinación: 8.5
 Color de testa: negro brillante
 Peso de 100 semillas: 25 g

Tallo

Tipo IV trepador indeterminado
 Pubescencia del tallo: glabro

Flor

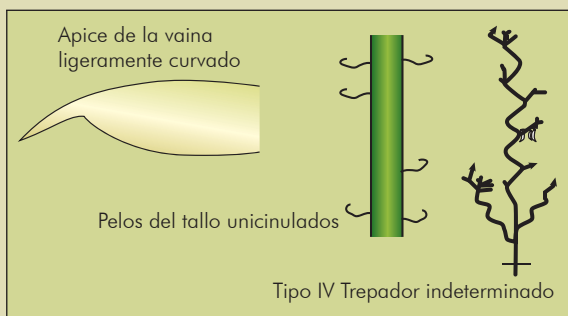
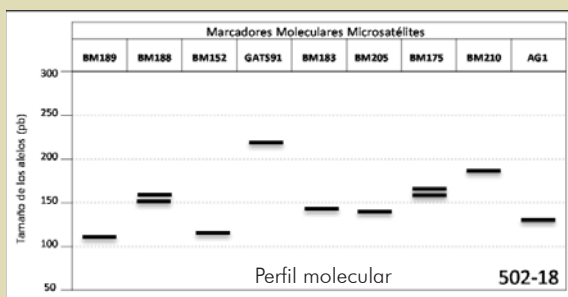
Color de flor: estandarte lila;
 alas lila
 Cáliz: verde
 Color cuello estandarte: verde

Vaina

Color de vaina: crema
 Ápice de vaina: ligeramente curvado
 Semillas por vaina: 4.7 ± 1.0

Criterios del productor

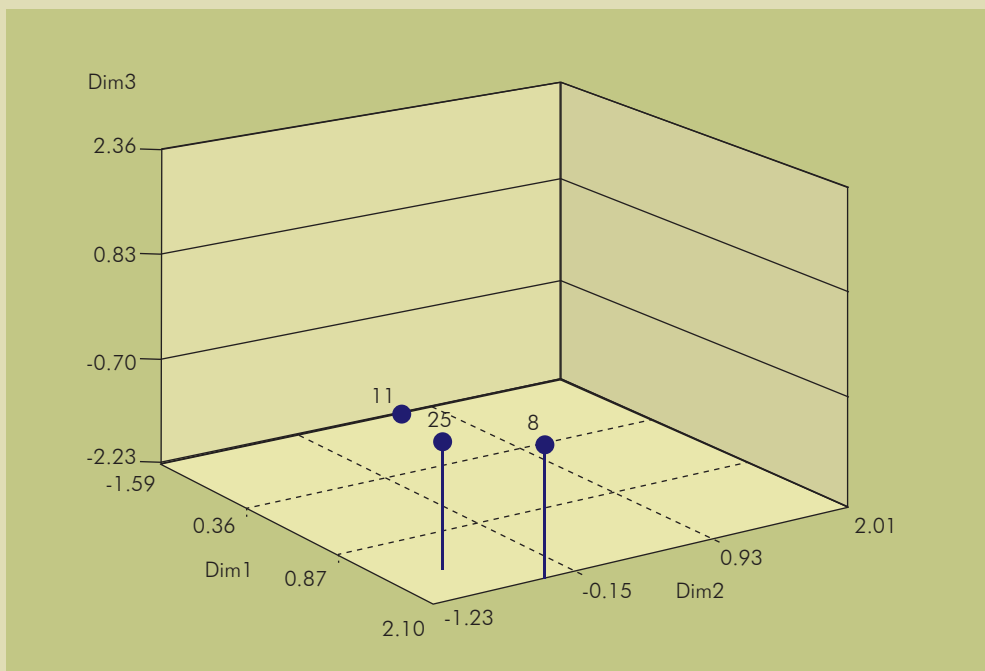
Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente.
 Cocción: una hora o menos.
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



FRIJOLAS DEL GRUPO # 3



Distancia entre genotipos para el Grupo # 3



Distribución espacial de frijoles criollos ipaltecos, con base en un análisis de correspondencia múltiple sobre datos genotípicos. Color: identificador del grupo, Número: Identificador del material.

Vaina Morada Patón de Sope

Latitud: 14°38'43.62"N
 Longitud: 89°34'59.04"O
 Altura: 1141 msnm
 Lugar de colecta: Departamento de Chiquimula, Municipio de Ipala, Localidad: La Granja
 Productor: Froilán de Jesús Ventura

Semilla

Forma de semilla: elíptica
 Días a germinación: 8
 Color de testa: negro opaco
 Peso de 100 semillas: 20 g

Tallo

Pubescencia del tallo: glabro
 Tipo IV trepador indeterminado

Flor

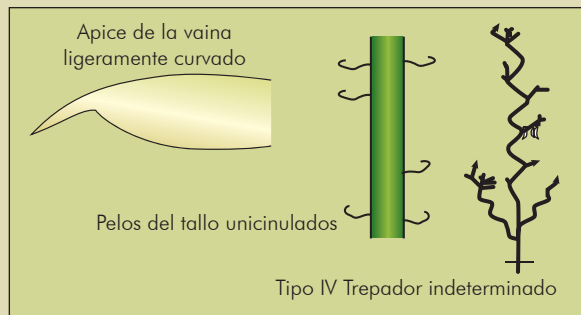
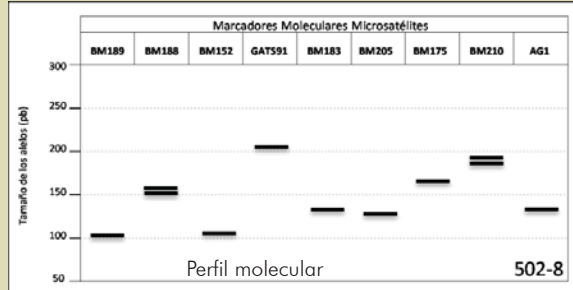
Color de flor: estandarte lila; alas lila
 Cáliz: verde con morado
 Color cuello estandarte: verde con morado

Vaina

Color de vaina: morado
 ápice de vaina: ligeramente curvado
 Semillas por vaina: 4.9 ± 1.0

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: una hora o menos
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



Vaina Rosada

Latitud: 14°37'51.54"N

Longitud: 89°37'7.92"O

Altura: 884 msnm

Lugar de colecta: Departamento

Chiquimula, Municipio de

Ipala, Localidad: El Suyate

Productor: José Luis Ramírez

Semilla

Forma de semilla: alargada, ovoide

Días a germinación: 8

Color de testa: negro opaco

Peso de 100 semillas: 26.5 g

Tallo

Pubescencia del tallo: glabro

Tipo IV trepador indeterminado

Flor

Color de flor: estandarte lila; alas lila

Cáliz: verde

Color cuello estandarte: verde con morado

Vaina

Color de vaina: rosado

Ápice de vaina: recto

Semillas por vaina: 4.9 ± 0.9

Criterios del productor

Color de grano: excelente

Precio comercialización: bueno

Rendimiento: bueno

Tolerancia a sequía

Tolerancia a plagas

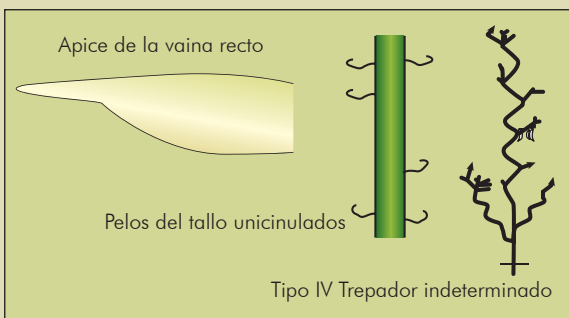
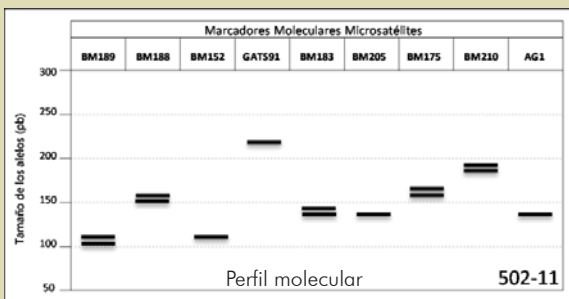
Calidad del grano: buena

Sabor del caldo: excelente

Cocción: una hora o menos

Caldo: espeso

Época de siembra: primera y postrera.



Rienda

Latitud: 14°37'6.318"N
 Longitud: 89°34'50.77"O
 Altura: 1022 msnm
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: La Coronada
 Productor: José Valentín Espino

Semilla

Forma de semilla: ovoide
 Días a germinación: 8.5
 Color de testa: negro brillante
 Peso de 100 semillas: 25 g

Tallo

Pubescencia del tallo: glabro
 Tipo IV trepador indeterminado

Flor

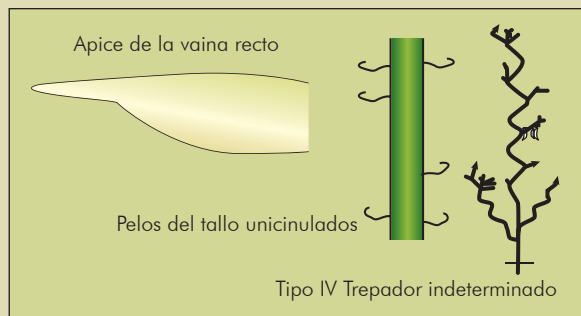
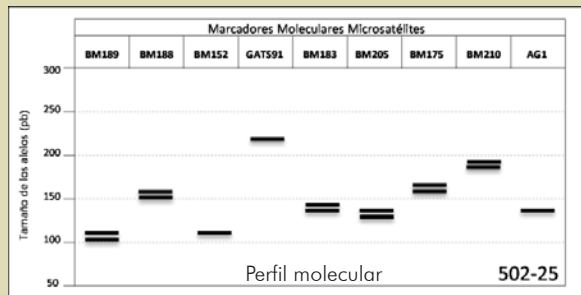
Color de flor: estandarte lila; alas lila
 Cáliz: verde con morado
 Color cuello estandarte: verde con morado

Vaina

Color de vaina: morado
 Ápice de vaina: recto
 Semillas por vaina: 4.6 ± 1.0

Criterios del productor

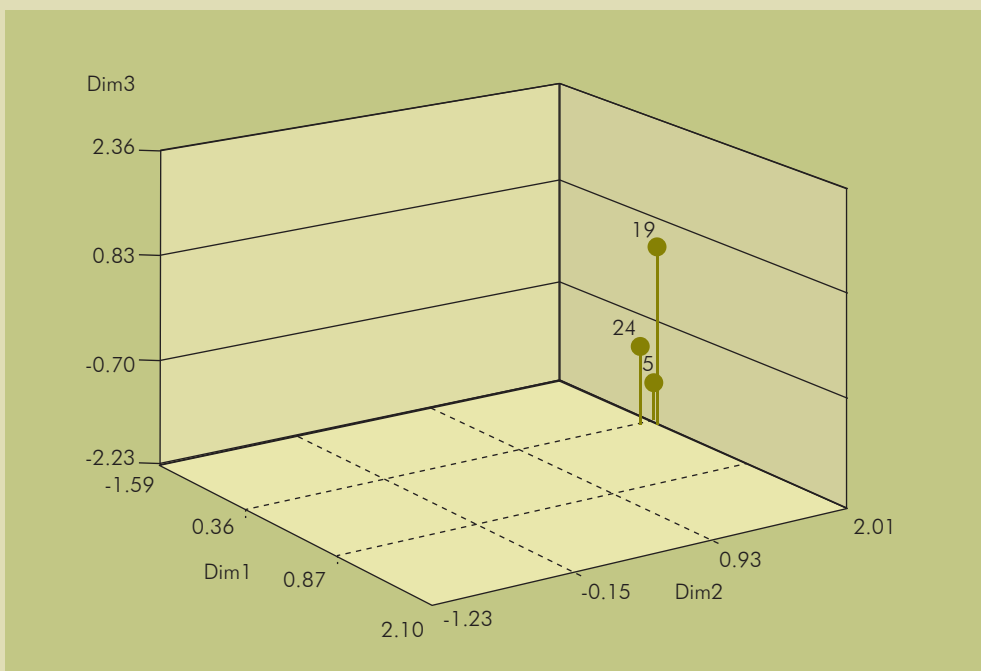
Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: una hora o menos
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



FRIJOLES GRUPO # 4



Distancia entre genotipos para el Grupo # 4



Distribución espacial de frijoles criollos ipaltecos, con base en un análisis de correspondencia múltiple sobre datos genotípicos. Color: identificador del grupo, Número: Identificador del material.

Cordelín

Lat.: 14°38'12.9"N

Long.: 89°34'12.9"O

Altura: 849 msnm

Lugar de colecta: Departamento

Chiquimula, Municipio de

Ipala, Localidad: Las Cruces

Productor: Luis Antonio Mateo

Semilla

Forma de semilla: arriñonada,

recta en el lado del hilo

Días a germinación: 8.5

Color de testa: negro opaco

Peso de 100 semillas: 22.5 g

Tallo

Pubescencia del tallo: glabro

Tipo IV trepador Indeterminado

Flor

Color de flor: estandarte lila;

alas lila.

Cáliz: café rojizo

Color cuello estandarte: blanco

Vaina

Color de vaina: morado o

crema

Ápice de vaina: curvado

Semillas por vaina: 4.7 ± 0.9

Criterios del productor

Color de grano: excelente

Precio comercialización: bueno

Rendimiento: bueno

Susceptible a sequía

Susceptible a plagas

Calidad del grano: excelente

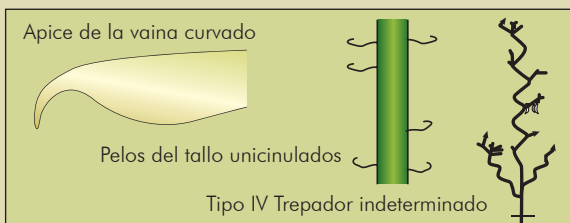
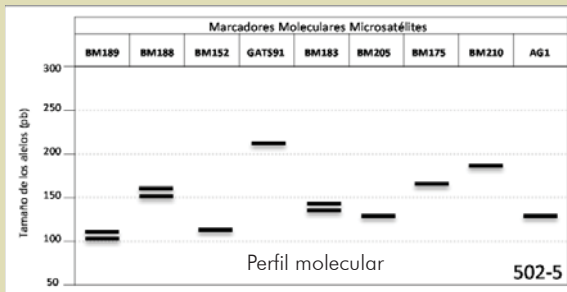
Sabor del caldo: excelente

Cocción: 75 a 90 minutos

Caldo: espeso

Época de siembra: primera y

postrera.



Chapín

Latitud: 14°38'17.71"N
 Longitud: 89°34'44.71"O
 Altura: 1085 msnm
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala, Localidad: El Chagüite
 Productor: Santiago Cardona

Semilla

Forma de semilla: ovoide
 Días a germinación: 9
 Color de testa: negro brillante
 Peso de 100 semillas: 15 g

Tallo

Pubescencia del tallo: glabro
 Tipo I arbustivo determinado

Flor

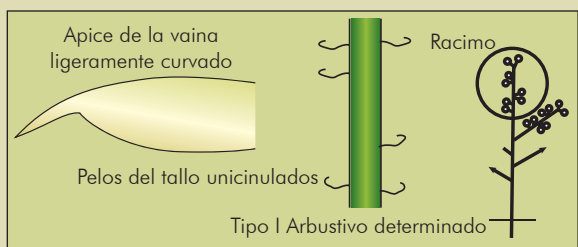
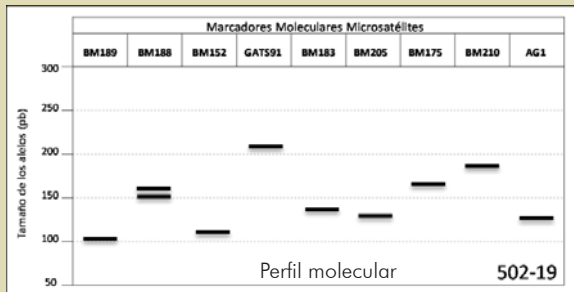
Color de flor: estandarte lila;
 alas lila
 Cáliz: verde
 Color cuello estandarte: morado

Vaina

Color de vaina: morado
 Ápice de vaina: ligeramente curvado
 Semillas por vaina: 5.0 ± 0.9

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: una hora o menos
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



Patudo

Latitud: 14°38'17.71"N
 Longitud 89°35'19.49"O
 Altura: 971 msnm
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala, Localidad: El Chagüite
 Productor: Armando Vásquez

Semilla

Forma de semilla: arriñonada, recta en el lado del hilo
 Días a germinación: 8
 Color de testa: negro opaco
 Peso de 100 semillas: 22.5 g

Tallo

Pubescencia del tallo: glabro
 Tipo IV trepador Indeterminado

Flor

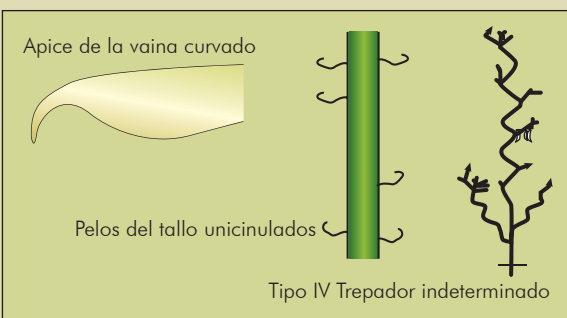
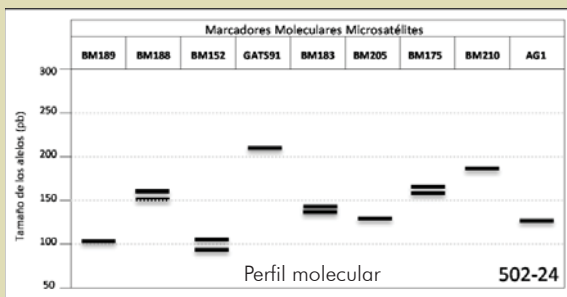
Color de flor: estandarte lila; alas lila
 Cáliz: verde
 Color cuello estandarte: blanco

Vaina

Color de vaina: crema o morado
 Ápice de vaina: curvado
 Semillas por vaina: 4.8 ± 0.8

Criterios del productor

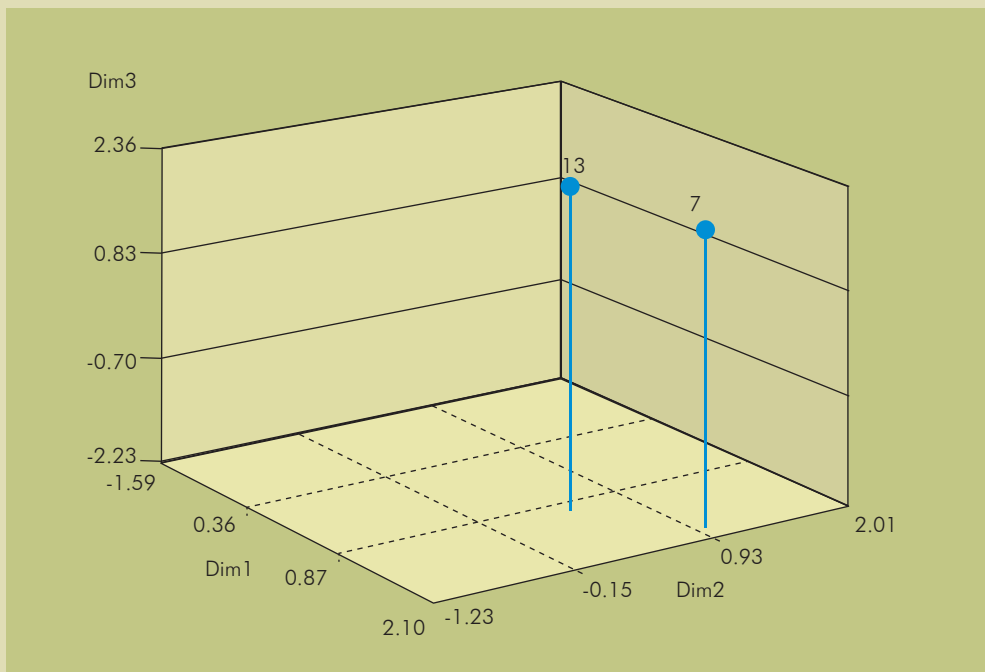
Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: una hora o menos
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



FRIJOLES GRUPO # 5



Distancia entre genotipos para el Grupo # 5



Distribución espacial de frijoles criollos ipaltecos, con base en un análisis de correspondencia múltiple sobre datos genotípicos. Color: identificador del grupo, Número: Identificador del material.

Jamapa

Latitud: 14°38'43.62"N
 Longitud: 89°34'59.04"O
 Altura: 1141 msnm
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: La Granja
 Productor: Froilán de Jesús Ventura

Semilla

Forma de semilla: arriñonada, recta en el lado del hilo
 Días a germinación: 8
 Color de testa: negro opaco
 Peso de 100 semillas: 22.5 g

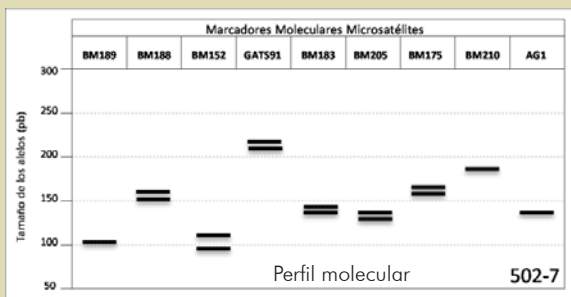


Tallo

Pubescencia del tallo: intermedio
 Tipo IV trepador indeterminado

Flor

Color de flor: estandarte lila; alas lila.
 Cáliz: verde
 Color cuello estandarte: morado

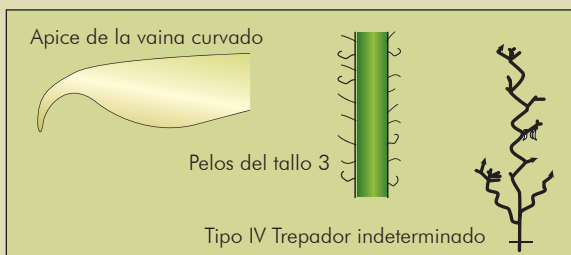


Vaina

Color de vaina: crema
 Ápice de vaina: curvado
 Semillas por vaina: 5.2 ± 1.0

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: excelente
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: 75 minutos
 Caldo: espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



Talete

Latitud: 14°69'03"N

Longitud: 89°55'51"O

Altura: 845 msnm

Lugar de colecta: Departamento

Chiquimula, Municipio de Ipala

Localidad: Las Cruces

Productor: Herlindo Morales

Argueta

Semilla

Forma de semilla: arriñonada,
recta en el lado del hilo

Días a germinación: 10

Color de testa: negro opaco

Peso de 100 semillas: 25 g

Tallo

Pubescencia del tallo: glabro

Tipo IV trepador indeterminado

Flor

Color de flor: estandarte lila;
alas lila

Cáliz: verde con morado

Color cuello estandarte: verde
con morado

Vaina

Color de vaina: crema

Ápice de vaina: ligeramente
curvado

Semillas por vaina: 4.9 ± 0.9

Criterios del productor:

Color de grano: excelente

Precio comercialización: bueno

Rendimiento: bueno

Tolerancia a sequía

Tolerancia a plagas

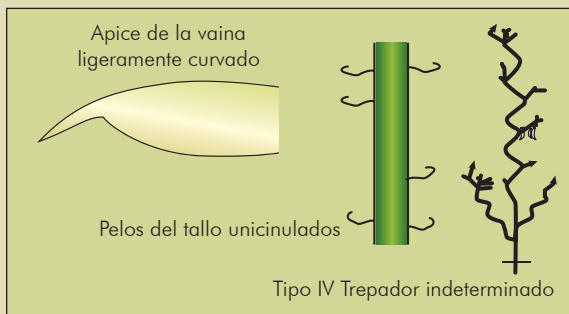
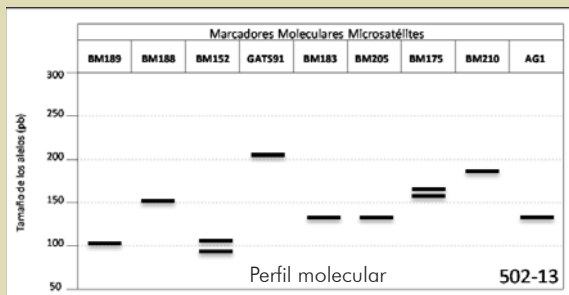
Calidad del grano: buena

Sabor del caldo: excelente

Cocción: una hora o menos

Caldo: espeso

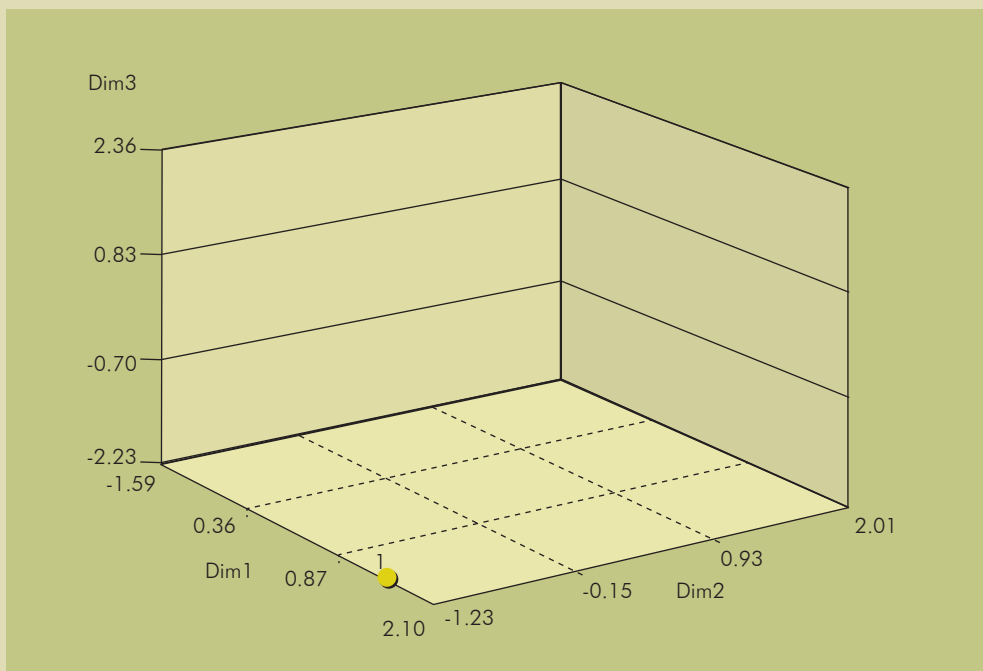
Época de siembra: primera y
postrera.



FRIJOLES GRUPO # 6



Distancia entre genotipos para el Grupo # 6



Distribución espacial de frijoles criollos ipaltecos, con base en un análisis de correspondencia múltiple sobre datos genotípicos. Color: identificador del grupo, Número: Identificador del material.

Chivolo

Latitud: 14°36'56.64"N
 Longitud: 89°37'29.88"O
 Altura: 750 msnm
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala
 Localidad: Chagüitón
 Productor: Adrián Monroy

Semilla

Forma de semilla: alargada, ovoide
 Días a germinación: 8.5
 Color de testa: negro brillante
 Peso de 100 semillas: 23.5 g

Tallo

Pubescencia del tallo: glabro
 Tipo II arbustivo indeterminado

Flor

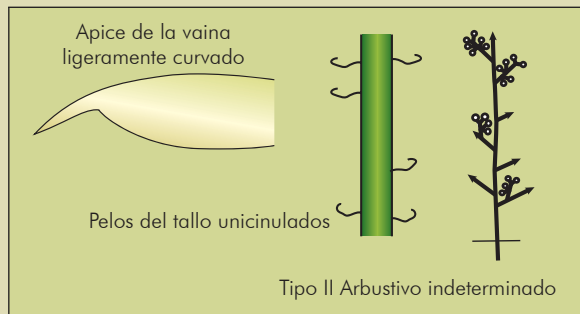
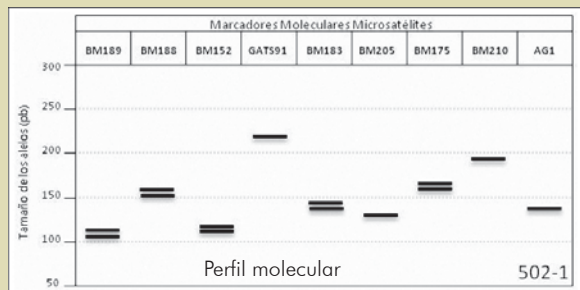
Color de flor: estandarte lila; alas lila
 Cáliz: verde
 Color cuello estandarte: verde con morado

Vaina

Color de vaina: morado o crema
 Ápice de vaina: ligeramente curvado
 Semillas por vaina: 4.7 ± 1.0

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Rendimiento: bueno
 Tolerante a sequía
 Tolerante a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: bueno
 Cocción: una hora o menos
 Caldo: muy espeso
 Época de siembra: primera y postrera.



Liberal Grande

Latitud: 14°34'46.68"N
 Longitud: 89°39'45.66"O
 Altura: 854 msnm
 Lugar de colecta: Departamento Chiquimula, Municipio de Ipala, Localidad: Cenicerias
 Productor: Salvador Guerra

Semilla

Forma de semilla: arriñonada, recta en el lado del hilo
 Días a germinación: 8.5
 Color de testa: opaco
 Peso de 100 semillas: 28.5 g

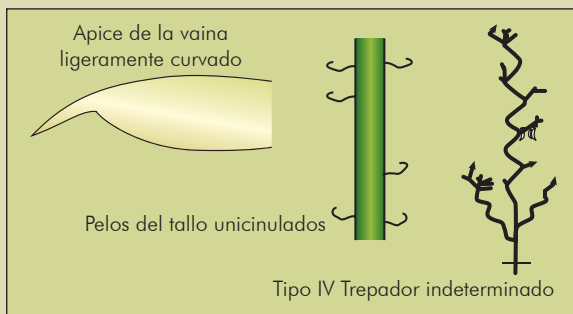


Tallo

Pubescencia del tallo: glabro
 Tipo IV trepador indeterminado

Flor

Color de flor: estandarte lila; alas lila
 Cáliz: verde
 Color cuello estandarte: blanco



Vaina

Color de vaina: crema
 Ápice de vaina: ligeramente curvado
 Semillas por vaina: 5.0 ± 0.8

Criterios del productor

Color de grano: excelente
 Precio comercialización: bueno
 Rendimiento: bueno
 Tolerancia a sequía
 Tolerancia a plagas
 Calidad del grano: buena
 Sabor del caldo: excelente
 Cocción: 90 minutos o más
 Caldo: muy espeso
 Época de siembra: primera y postrera.





Anexo 1. Haplotipos de los materiales de una colección de frijol negro de Guatemala, ordenados por el grupo obtenido de un análisis de cluster sobre los resultados del análisis de correspondencia múltiple (ACM).

		Locus marcador										
Grupos (Color en las gráficas)	Identificador 502_	BM189	BM188	BM152	GATS91	BM183	BM205	BM175	AG1	BM210		
1 magenta	3	112_112	150_156	95_105	218_218	140_148	140_140	160_162	136_136	182_182		
	9	108_112	150_156	110_110	218_218	140_148	140_140	160_162	136_136	182_188		
	15	108_112	150_152	105_105	214_214	148_148	140_140	160_162	136_136	182_182		
	16	112_112	150_156	110_110	218_218	148_148	140_140	160_162	136_136	182_182		
	17	108_108	150_152	95_105	218_218	148_148	136_136	160_162	136_136	182_182		
	20	108_112	150_156	105_105	218_218	148_148	136_136	160_162	136_136	182_182		
	21	108_112	150_156	95_105	218_218	148_148	136_140	160_162	136_136	182_182		
	22	108_108	150_152	105_105	218_218	148_148	136_136	162_162	136_136	182_188		
	23	108_112	150_156	110_110	218_218	140_148	136_136	160_162	136_136	182_188		
	2	108_108	150_152	95_95	218_220	140_148	138_138	160_162	136_136	182_182		
2 verde	6	108_112	150_152	110_110	218_218	140_148	138_140	160_162	136_136	182_182		
	10	112_112	150_152	105_110	218_218	148_148	138_138	160_162	136_136	182_182		
	12	112_112	150_152	95_110	218_218	148_148	140_140	160_162	140_140	182_182		
	14	112_112	150_152	95_110	218_218	148_148	138_138	160_162	136_136	182_182		
	18	112_112	150_152	110_110	218_218	148_148	138_138	160_162	136_136	182_182		

- Resultado en azul : haplotipo homocigoto, fijo para el grupo.
- Resultado en verde: haplotipo heterocigoto, fijo para el grupo

Anexo 1 (Cont...). Haplotipos de los materiales de una colección de frijol negro de Guatemala, ordenados por el grupo obtenido de un análisis de cluster sobre los resultados del análisis de correspondencia múltiple (ACM).

Locus marcador										
Grupos (color en gráficas)	Identificador 502_	BM189	BM188	BM152	GATS91	BM183	BM205	BM175	AG1	BM210
3 azul	8	108_108	150_152	105_105	218_218	140_140	136_136	162_162	140_140	182_188
	11	108_112	150_152	105_105	218_218	140_148	140_140	160_162	140_140	182_188
	25	108_112	150_152	105_105	218_218	140_148	136_140	160_162	140_140	182_188
4 verde amarillo	5	108_112	150_156	110_110	214_214	140_148	136_136	162_162	136_136	182_182
	19	108_108	150_156	110_110	212_212	148_148	140_140	162_162	136_136	182_182
	24	108_108	150_156	110_110	214_214	140_148	136_136	160_162	136_136	182_182
5 celeste	7	108_108	150_156	90_105	212_218	140_148	136_140	160_162	140_140	182_182
	13	108_108	150_150	90_105	218_218	140_140	140_140	160_162	136_136	182_182
6 oro	1	108_112	150_152	105_110	218_218	140_148	136_136	160_162	140_140	188_188

- Resaltado en azul : haplotipo homocigoto, fijo para el grupo.
- Resaltado en verde: haplotipo heterocigoto, fijo para el grupo

Anexo 2. Listado de materiales de una muestra de 24 frijoles negros de Guatemala analizados: Identificador, nombre común, grupo y color utilizados para su identificación en las gráficas tridimensionales resultado de ACM y Cluster.

Grupos (Color en las gráficas)	Identificador 502_	Nombre Común
1 magenta	3	COPANECO
	9	ROSITA
	15	MEDIA GUIA
	16	RABIA DEL GATO
	17	ARBOLITO
	20	TURRIALBA
	21	SURIN SEDA NEGRA
	22	AMERICANO
	23	VAINA BLANCA
2 verde	2	VAINA MORADA PATA DE SOPE
	6	SAN JACINTO
	10	PECHO AMARILLO
	12	VAINA MORADA
	14	SAN FRANCISCO
	18	FRIJOL HOMBRE
3 azul	8	VAINA MORADA PATON DE SOPE
	11	VAINA ROSADA
	25	RIENDA
4 verde amarillo	5	CORDELIN
	19	CHAPIN
	24	PATUDO
5 celeste	7	JAMAPA
	13	TALETE
6 oro	1	CHIVOLO

(*) El número que aparece en las gráficas corresponde al identificador de este cuadro.

Anexo 3

3a

Número de individuos, número de comparaciones, promedio, desviación estándar y valores extremos de la proporción de alelos compartidos entre individuos del mismo grupo. Grupo generado por Cluster sobre ACM de una colección de 24 materiales de frijol negro guatemalteco.

Grupo	Individuos	Comparaciones	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
1	9	36	0.756	0.094	0.545	0.928
2	6	15	0.817	0.087	0.640	0.956
3	3	3	0.870	0.085	0.800	0.965
4	3	3	0.790	0.109	0.727	0.916
5	2	1	0.769	.	0.769	0.769
6	1
Global	24	276	0.683	0.105	0.363	0.96

3b

Identificación de los grupos "a" y "b" en comparación, número de comparaciones, promedio, desviación estándar y valores extremos de la proporción de alelos compartidos entre individuos de diferente grupo. Grupos generado por Cluster sobre ACM de una colección de 24 materiales de frijol negro guatemalteco.

Grupo a	Grupo b	Comparaciones	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
1	2	54	0.698	0.062	0.521	0.857
	3	27	0.679	0.104	0.363	0.818
	4	27	0.682	0.077	0.545	0.846
	5	18	0.681	0.049	0.592	0.758
	6	9	0.668	0.071	0.56	0.785
2	3	18	0.625	0.102	0.434	0.785
	4	18	0.585	0.058	0.5	0.629
	5	12	0.566	0.08	0.444	0.72
	6	6	0.657	0.048	0.592	0.714
3	4	9	0.518	0.063	0.38	0.592
	5	6	0.716	0.057	0.636	0.8
	6	3	0.851	0.048	0.8	0.896
4	5	6	0.6	0.051	0.521	0.666
	6	3	0.549	0.114	0.416	0.615
5	6	2	0.624	0.091	0.56	0.689

GLOSARIO

ADN. Abr. de ácido desoxirribonucleico. El ADN constituye el material genético de la mayoría de los organismos que se conocen; normalmente se encuentra formando una doble hélice.

ADN mitocondrial. ADN circular de la mitocondria.

Alelo. Cada una de las formas posibles de un gen. En una célula diploide existen dos alelos de cada gen (cada uno heredado de un progenitor, aunque sean idénticos). Dentro de una población puede haber muchos alelos de un gen.

Amplificación. Creación de numerosas copias de un segmento del ADN mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

Bacteriófago (Abr. fago). Formas modificadas de fagos se utilizan como vectores de clonación.

Biopiratería. Patentado de líneas genéticas y posterior privatización de colecciones de recursos genéticos. El término implica falta de consentimiento por parte del inventor.

Caracterización. Descripción de las propiedades esenciales de un organismo o sistema.

Cebador. Oligonucleótido de tamaño pequeño que, al hibridar con un molde de ADN de una hebra, le proporciona una estructura bicatenaria a partir de la cual, la ADN polimerasa sintetizará una nueva hebra de ADN para producir una molécula dúplex.

Haplotipo. Constitución alélica específica para un determinado número de loci dentro de un bloque de ligamiento definido.

Heterocigoto. Individuo con alelos no idénticos para un determinado gen o genes. La condición se denomina "heterocigosis".

Homocigoto. Individuo con dos copias del mismo alelo para un determinado gen en sus dos cromosomas homólogos. La propiedad se denomina "homocigosis".

Locus (pl. loci). Posición de un gen en un cromosoma.

Marcador genético. Secuencia de ADN que permite identificar la posición de un locus específico en un determinado cromosoma.

Microsatélite. Segmento de ADN que se caracteriza por contener un número variable de copias (generalmente entre 5 y 50) de una secuencia de 5 o menos bases (llamada unidad de repetición). En una población, existen generalmente varios "alelos" diferentes en cualquier locus; cada alelo es identificable de acuerdo con el número de unidades de repetición. La existencia de alelos múltiples (alto nivel de polimorfismo) permite que los microsatélites se empleen como potentes marcadores en muchas especies diferentes. Se detectan por la reacción en cadena de la polimerasa.

PCR-Reacción en cadena de la polimerasa. Una de las técnicas más utilizadas de la biología molecular que permite la producción de millones de copias (amplificación) de una secuencia específica de ADN.

Fuente: FAO. 2004. Glosario de biotecnología para la agricultura y alimentación. <http://www.fao.org/docrep/004/y2775s/y2775s00.htm>.

Bibliografía

- Blair. M. W., Pedraza. F., Buendia. H. F., Gaitán-Solís. E., Beebe. S. E., Gepts. P., and Tohme. J. 2003. Development of a genome-wide anchored microsatellite map for common vean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor. Appl. Genet.* 107: 1362-1374.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1993. *Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo*. CIAT, Cali, Colombia. 169 p.
- Gaitán-Solís. E., Duque. M. C., Edwards. K. J., y Tohme. J. 2002. Microsatellite Repeats in Common Bean (*Phaseolus vulgaris*): Isolation, Caracterizacion, and Cross-Species Amplification in *Phaseolus* ssp. *Crop Science.* 42: 2128-2136.
- IICA. 2011. En el contexto de los acuerdos con la UE: Avances en América Latina en la implementación de las indicaciones geográficas y denominaciones de origen. *Boletín Técnico CAESPA*. San José, Costa Rica. 5p.
- Mahuku. G, S. 2004. A simple extraction method suitable for PCR-based analysis of plant, fungal, and bacterial DNA. *Plant Molecular Biology Reporter* 22: 71-81.
- Mohammadi, S.A. and B.M. Prasanna. 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. *Crop Science* 43:1235-1248.

