

Proyecto "Apoyo a la Producción de Semillas de Granos Básicos para la Seguridad Alimentaria de Nicaragua"

PAPSSAN DCI-FOOD/2009/021-586

Catálogo de semillas

criollas, acriolladas y parientes silvestres del frijol común





Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!

INTA

Instituto Nicaragüense de
Tecnología Agropecuaria

Catálogo de semillas

criollas, acriolladas y parientes silvestres del frijol común



Una Publicación del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional
a través del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Fuente de financiamiento : UNION EUROPEA

Contenido científico : MSc. Oswalt Jiménez Caldera (INTA)
MSc. Donald Juárez Gámez (INTA)

Revisión : Dr. Oscar Gómez Gutiérrez (UNA)
MSc. Marvin Fornos Reyes (UNA)

Fotografías : CNIA, INTA

Diseño y diagramación : Hauny Mendieta - Oficina de Comunicación INTA

© Reservados todos los derechos, no pudiéndose reproducir esta
publicación o transmitirse por ningún sistema mecánico, electrónico,
de fotocopia o similar sin previo permiso del INTA.

Tiraje: 2,000 ejemplares Managua - Nicaragua, diciembre del 2013

Índice de Contenido

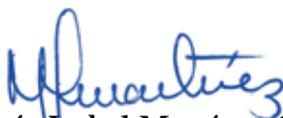
Presentación	1
Resumen	3
1. Introducción	5
2. Metodología	6
2.1 Colecta de materiales genéticos criollos y acriollados	6
2.2 Colecta de parientes silvestres	7
2.3 Caracterización morfológica de semillas	7
2.4 Caracterización molecular	8
2.4.1 Materiales genéticos	8
2.4.2 Extracción de ADN genómico	12
2.4.3 Análisis con marcadores microsatélites	13
2.5 Análisis estadísticos	14
3. Resultados	15
3.1 Diversidad genética	15
3.2 Relaciones filogenéticas entre grupos de accesiones	19
4. Descripción de materiales criollos y acriollados	21
Rojito (PV0038)	22
Orgullosa (PV0039)	23
Chile rojo seda (PV0040)	24
Chile rojo (PV0041)	25
Rojo nacional (PV0042)	26
Raflá (PV0043)	27
Chile de guía larga (PV0044)	28
Rojo nacional (PV0045)	29
Rojito (PV0046)	30
Rojo claro (PV0047)	31
Rojo claro (PV0048)	32
Rojito (PV0049)	33
Chile rojo (PV0050)	34
Cuarenteño (PV0051)	35

<i>Chile rojo (PV0052)</i>	36
<i>Breve (PV0053)</i>	37
<i>Frijol rojo (PV0054)</i>	38
<i>Rojo (PV0055)</i>	39
<i>Rojo (PV0056)</i>	40
<i>Rojo chile (PV0057)</i>	41
<i>Rojo vaina blanca (PV0058)</i>	42
<i>Rojito (PV0059)</i>	43
<i>Frijol balín (PV0060)</i>	44
5. Descripción de materiales silvestres	45
<i>CP1</i>	46
<i>CP2</i>	47
<i>CP4</i>	48
<i>CP5</i>	49
<i>CP6</i>	50
<i>CP8</i>	51
<i>CP10</i>	52
<i>CP11</i>	53
<i>CP12</i>	54
<i>CP13</i>	55
<i>CP14</i>	56
<i>CP16</i>	57
<i>CP17</i>	58
<i>CP18</i>	59
<i>CP19</i>	60
<i>CP20</i>	61
<i>CP21</i>	62
<i>CP22</i>	63
<i>P15</i>	64
<i>CP23</i>	64
<i>CP3</i>	65
<i>CP9</i>	65
6. Conclusiones	66
7. Agradecimientos	66
8. Glosario	67
9. Referencias	68

Presentación

El cultivo del frijol común, al igual que el maíz y el arroz, representa una de las principales fuentes de alimento para miles de familias nicaragüenses de escasos recursos económicos, por lo que ha sido uno de los rubros de mayor prioridad en el marco de la estrategia de seguridad alimentaria y nutricional que impulsa el Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional. Nicaragua por estar localizada en la región mesoamericana, considerada como uno de los centros de origen del frijol común, esta favorecida por una alta diversidad genética reflejada en los distintos materiales criollos, acriollados y en sus parientes silvestres del frijol común distribuidos en diferentes zonas agroecológicas. El estudio de estos valiosos recursos fitogenéticos reviste una gran importancia ya que permite conocer el nivel de diversidad genética que se encuentra conservado *ex situ* en bancos de germoplasma e *in situ* en fincas de agricultores. De estos recursos fitogenéticos, el frijol tipo “rojo chile” ha ocupado un lugar importante en la dieta de la población y goza de buena aceptación a nivel nacional e internacional.

En este sentido, el INTA a través del proyecto “Apoyo a la producción de semillas de granos básicos para la seguridad alimentaria de Nicaragua” (PAPSSAN) ha impulsado la colecta y caracterización molecular de frijoles criollos, acriollados y de sus parientes silvestres con el propósito de cuantificar la diversidad genética contenida en estos materiales, identificar poblaciones promisorias para programas de fitomejoramiento y al mismo tiempo promocionar la conservación de estos valiosos recursos que son un legado para las generaciones futuras. Como producto de estos esfuerzos, se presenta el “Catálogo de semillas criollas, acriolladas y parientes silvestres del frijol común”, el cual contiene una descripción molecular de la colección de frijoles rojos actualmente conservados en fincas de agricultores y en las instalaciones del banco de germoplasma ubicado en el CNIA. Esta publicación será una lectura muy valiosa para todas aquellas personas vinculadas a la agricultura e interesadas en conocer un poco más de la riqueza genética del frijol común nicaragüense y sus parientes silvestres.



Lic. María Isabel Martínez Chavarría
Directora General INTA

Preface

The common bean, in the same way than maize and rice, represents one of the most important sources of food for thousands of nicaraguan families with low incomes. This crop has been of major priority in the national strategy of food and nutritional security promoted by the Government of Reconciliation and National Unity. Nicaragua being located on the Mesoamerican region, center of origin of this species, is favored with a large amount of genetic diversity harboured in distinct landraces, old cultivars and wild relatives for common bean distributed on different agroecological regions. The study of these valuable resources resembles of importance, because it lets us to know the level of genetic diversity conserved *ex situ* at gene banks and *in situ* on farms. Of those plant genetic resources, the bean type “rojo chile” (with red light seed coloration) has been very important in our diet. In addition, it has good market acceptance at national and international level.

In this sense, INTA through the Project “Supporting to the seed production of basic grains for the food security of Nicaragua” (PAPSSAN) has carried out the collection and molecular characterization of landraces, old cultivars and wild relatives of common bean aiming to quantify the genetic diversity harboured in those materials, to identify promising ones for bean breeding programs and at the same time to promote the conservation of these valuable resources as a legacy for future generations. As a product of these efforts, the “Catalog of seeds of landraces, old cultivars and wild relatives of the common bean” is presented. This publication shows a molecular description of a red common bean collection currently conserved on farms and also at the gene bank located at CNIA. This document will be a valuable reference for people working on agriculture and interested in getting more knowledge about the genetic richness of the nicaraguan common bean and its wild relatives.

Lic. María Isabel Martínez Chavarría
General Director INTA



Resumen

El presente documento muestra los principales resultados obtenidos de la caracterización molecular de 23 poblaciones criollas y acriolladas del frijol común de color rojo y 22 poblaciones silvestres. Todos estos materiales genéticos fueron colectados en diferentes zonas agroecológicas de Nicaragua. Los resultados muestran una diversidad alélica de 100 alelos totales con un promedio de 10 alelos por locus. Individualmente, las poblaciones criollas y acriolladas mostraron mayor diversidad alélica (2.3 alelos por locus) en comparación con las poblaciones silvestres (1.8 alelos por locus). Sin embargo, estas últimas superaron a las primeras en el número de alelos únicos con 26 y 10, respectivamente. Cuando las poblaciones criollas y acriolladas fueron agrupadas por zonas agroecológicas se detectó mayor similitud genética entre las originarias de Centro Sur y Centro Norte con una diferenciación con las de Las Segovias. Asimismo, los parientes silvestres colectados en Estelí se diferenciaron genéticamente de los originarios de La Sabana, San José de Cusmapa y Quebrada Honda. Estos resultados demuestran la alta riqueza genética presente en Nicaragua en el género *Phaseolus* y lo indispensable de promover e implementar una estrategia de conservación del germoplasma del frijol común, esto último destacado por la presencia de alelos únicos concentrados en poblaciones muy específicas.

Abstract

The present document shows the main results obtained from the molecular characterization of 23 landraces and old cultivars of common bean (with red seed coloration), and 22 wild relatives. All those genetic materials were collected from different agroecological regions from Nicaragua. The results show an allelic diversity of 100 alleles with an average of 10 alleles per locus. Individually, landraces and old cultivar populations exhibited higher allelic diversity (2.3 alleles per locus) in comparison with wild relatives (1.8 alleles per locus). However, these last overcame landraces and old cultivars in number of unique alleles showing 26 and 10 respectively. When landraces and old cultivars were grouped by agroecological regions, it was detected higher genetic similarity between accessions collected from Centro Sur and Centro Norte in comparison with Las Segovias. Likewise, wild relatives collected from Esteli were different from La Sabana, San José de Cusmapa, and Quebrada Honda. Those results demonstrate the high genetic richness present in Nicaragua for genus *Phaseolus* and the importance of promoting and implementing a strategy for the conservation of common bean germplasm, this was highlighted by the presence of unique alleles concentrated in specific populations.

1. Introducción

Nicaragua está ubicada en la región Mesoamericana, considerada como uno de los principales centros de diversidad genética del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Los materiales criollos y acriollados de frijol común de grano rojo presentes en Nicaragua tienen un peso significativo en la producción de este cultivo y, por ende, en la economía nacional. Lo anterior obedece a que la mayor parte de las áreas productivas destinadas a este rubro, ya sea para el mercado nacional o internacional, es sembrada con semilla con los materiales antes descritos. No obstante a lo anterior, dichos materiales presentan dos limitantes principales: bajo rendimiento y susceptibilidad a plagas y enfermedades. Sin embargo, su bajo rendimiento y aparente susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades son las principales limitantes de estos materiales. Asimismo, hay que sumar la poca disponibilidad de tecnologías e infraestructura que permitan reducir las pérdidas postcosecha ocasionadas por insectos de almacén y excesos de humedad durante la cosecha.

En los últimos años muchos esfuerzos han sido realizados con el propósito de dar a conocer la riqueza fenotípica y genotípica de los materiales criollos, acriollados y silvestres del frijol común explotados en diferentes zonas agroecológicas. Un ejemplo es el “Catálogo de frijoles criollos rojo seda de Las Segovias” publicado en 2010 (IICA, 2010). En esta publicación se describe a nivel molecular y fenotípico los materiales genéticos tipo “rojo seda” provenientes de las Segovias. Sin embargo, se debe realizar este tipo de estudios en materiales genéticos que están siendo cultivados por su valor económico y cultural en otros agroecosistemas a fin de identificar características heredables útiles en el mejoramiento convencional y participativo del frijol común y de esta manera contribuir a la conservación de los mismos.

Actualmente, el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) a través del proyecto “Apoyo a la Producción de Semillas de Granos Básicos para la Seguridad Alimentaria de Nicaragua” (PAPSSAN) está llevando a cabo diversas actividades con el propósito de rescatar los recursos fitogenéticos de granos básicos por medio de la conservación y utilización de germoplasma. El objetivo del presente catálogo es mostrar las principales características moleculares y fenotípicas de una colección de 45 materiales criollos, acriollados y parientes silvestres del frijol común de grano rojo presentes en nuestro país.

2. Metodología

2.1 Colecta de materiales genéticos criollos y acriollados

Durante el año 2012 se realizaron, en conjunto con técnicos de las oficinas regionales de Semillas del INTA, colectas de materiales criollos y acriollados de frijol común de grano rojo en todo el país. Previo a las colectas, se elaboró un plan de colectas en el cual se describía el número de materiales potenciales a ser colectados por zona y las fechas probables de las expediciones. Este plan fue elaborado en base al conocimiento de los técnicos y productores de distintas zonas del país.



Figura 1. Entrevista con productor de semilla criolla de frijol común durante la colecta de germoplasma.

Posteriormente, los técnicos cada oficina regional de Semillas colectaron los materiales criollos y acriollados basándose en las reglas de muestreo de la ISTA (2004) y las recomendaciones vertidas en el “Manual práctico para el manejo de germoplasma de granos básicos” (INTA, 2013).

Una vez colectado el material genético, éste fue enviado al laboratorio de Agrobiotecnología del Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA) para el acondicionamiento de las muestras (limpieza, secado, control de insectos del almacén, etc.) y para su resguardo en condiciones óptimas controladas. En general debido al manejo inadecuado del grano a ser utilizado como semilla por los agricultores y la presencia de insectos del almacén las muestras colectadas mostraron baja calidad.

Debido a lo anterior todas las muestras colectadas fueron sometidas a la prueba de germinación estándar y en base a los resultados obtenidos se tomaron las decisiones siguientes: 1) realizar una colecta de aquellos materiales genéticos que presentaron un porcentaje de germinación estándar inferior al 60%; 2) regenerar aquellas muestras colectadas cuya germinación estándar osciló entre 60 y 70% y; 3) las accesiones con una germinación estándar mayor al 70% fueron conservadas en el banco de germoplasma del CNIA y de estas se tomaron 22 accesiones con semillas de color rojo. Pese a que en la descripción de los materiales criollos y acriollados se hace mención sólo del término “criollo” se mantienen ambos términos a lo largo del documento debido a la incertidumbre en el origen de algunos materiales.

2.2 Colecta de parientes silvestres

Las expediciones para la colecta de parientes silvestres se llevaron a cabo en conjunto con las oficinas de Semillas de la región de las Segovias, técnicos del CIPRES, y el personal del laboratorio de Agrobiotecnología del CNIA. Primeramente se identificó el nicho donde habitan las poblaciones y se procedió a verificar en las plantas la presencia de estructuras reproductivas (vainas, semillas). Luego se realizó el muestreo de la población tomando estructuras reproductivas de un número mínimo de cinco plantas. En algunos casos las poblaciones estaban compuestas por muy pocas plantas a distancias considerables (20-30m), por lo que se colectaron vainas de todos los individuos visualizados. Las semillas fueron acondicionadas y conservadas de manera similar a la de los materiales criollos y acriollados.

2.3 Caracterización morfológica de las semillas

En las semillas de las muestras colectadas se determinaron las características siguientes: color, forma y peso de 100 semillas, basado en la metodología propuesta por Muñoz et al. (1993). Mucha de la información brindada por los productores durante las colectas fue incorporada como características agronómicas para cada accesión.



Figura 2. Acondicionamiento de la muestra de semilla de parientes silvestres del frijol común colectada en La Sabana, Madriz.

2.4 Caracterización molecular

2.4.1 Materiales genéticos

Al final de la colecta se obtuvieron 300 muestras de frijol común con semillas de diferentes colores. De esta colección, se eligieron para la caracterización molecular 23 materiales genéticos criollos y acriollados de semillas de color rojo (Tabla 1) y 22 poblaciones silvestres (Tabla 2). Se le brindó preferencia a los materiales criollos y acriollados de color rojo ya que el interés era evaluar la diversidad genética de materiales con alto potencial de mercado y al mismo tiempo conocer los niveles de diversidad genética presentes en poblaciones silvestres.

Tabla 1. Accesiones de frijol rojo criollo y acriollado analizadas en el presente estudio.

Accesión	Grupo	Nombre común	Origen
PV0038	2	Rojito	El Ocotillo, Estelí
PV0039	2	Orgullosa	El Ocotillo, Estelí
PV0040	2	Chile rojo seda	La Grama, Madriz
PV0041	2	Chile rojo	Santa Isabel, Madriz
PV0042	1	Rojo nacional	Muelle de los Bueyes, RAAS
PV0043	2	Rafla	San Nicolás, Estelí
PV0044	2	Chile de guía larga	San Juan del Río Coco, Madriz
PV0045	1	Rojo Nacional	Muelle de los bueyes, RAAS
PV0046	3	Rojito	Terrabona, Matagalpa
PV0047	3	Rojo claro	San Isidro, Matagalpa
PV0048	3	Rojo claro	Ciudad Darío, Matagalpa
PV0049	3	Rojo criollo (rojito)	San Isidro, Matagalpa
PV0050	3	Chile rojo	Sébaco, Matagalpa
PV0051	1	Cuarenteño	Nueva Guinea, RAAS
PV0052	1	Rojo criollo	Nueva Guinea RAAS
PV0053	1	Breve	Nueva Guinea, RAAS
PV0054	1	Frijol rojo	San Miguel, Río San Juan
PV0055	1	Rojo	El Almendro, Río San Juan
PV0056	1	Rojo	San Carlos, Río San Juan
PV0057	1	Rojo Chile	San Carlos, Río San Juan
PV0058	1	Rojo vaina blanca	Nueva Guinea, RAAS
PV0059	3	Rojito	Sébaco, Matagalpa
PV0060	3	Frijol Balín	Sébaco, Matagalpa

Código PV = Código relativo a la especie *Phaseolus vulgaris*. nd= no determinadas.

Coordenadas		Productor	Colector
Norte	Oeste		
057° 02.119'	014° 38.176'	Darwin López Rayo	Alejo López
057° 02.119'	014° 38.176'	Darwin López Rayo	Mario Peralta
054° 03.676'	014° 84.994'	César Dionisio Gonzáles Vásquez	Marlon Lira
054° 4.110'	014° 86.729'	Pedro Gutiérrez	Douglas Peralta
078° 03.442'	013° 28.838'	Ceferino Ortega Suárez	Néstor Báez
057° 03.271'	014° 28.015'	Manuel de Jesús Gutiérrez Machado	Brendalí Molina
059° 4.714'	015° 02.330'	Francisco Chavarría	Ramón Molina
078° 02.973'	013° 30.080'	José Julio Alemán Gudiel	Néstor Báez
nd		Juan Gómez D.	Eddy Chavarría
nd		Hileana Salmerón	Róger Mendoza
nd		Arturo Martínez	Joselin Urbina
nd		Inés Martínez	Esnayder Ramírez
nd		Uriel Escorcía C.	Yalmin Miranda
078° 05.938'	012° 94.891'	Adilia Bolaños	William Sánchez
078° 04.769'	013° 05.000'	Santos Sánchez	Léster Jiménez
078° 07.171'	012° 93.704'	Magdiel Mejía Avilez	William Sánchez
073° 04.627'	012° 62.938'	Pedro Rafael Flete	Pedro Flete
076° 0.078'	013° 06.462'	Lenis José Mejía	Walter Paniagua
075° 09.769'	012° 46.605'	Guillermina Ponce	Rafael Martínez
074° 09.027'	012° 40.280'	Rafael Castellón	Rafael Martínez
077° 09.707'	012° 82.998'	Juan F. Castro Lazo	William Sánchez
nd		José Pilar Rivas	Juan Ariel Oporta
nd		José Agustín Centeno	Juan Ariel Oporta

Tabla 2. Accesiones de parientes silvestres de frijol común analizadas en el presente estudio.

Accesión	Grupo	Origen	Coordenadas		Altura (msnm)
			Norte	Oeste	
CP1	4	La Sabana, Madriz	013° 21.911',	086° 37.446'	1114
CP2	4	La Sabana, Madriz	013° 19.867',	086° 38.427'	1414
CP3	5	Quebrada Honda, Madriz	013° 19.326',	086° 37.173'	1365
CP4	5	Quebrada Honda, Madriz	013° 18.823',	086° 37.128'	1477
CP5	5	Quebrada Honda, Madriz	013° 19.320',	086° 37.203'	1390
CP6	5	Quebrada Honda, Madriz	013° 19.513',	086° 37.266'	1402
CP8	5	Quebrada Honda, Madriz	013° 19.570',	086° 37.214'	1456
CP9	5	Quebrada Honda, Madriz	013° 19.492',	086° 37.269'	1409
CP10	5	Quebrada Honda, Madriz	013° 19.473',	086° 37.418'	1365
CP11	5	Quebrada Honda, Madriz	013° 19.547',	086° 37.457'	1338
CP12	7	Managua km 14.1 c. norte	012° 08.557',	086° 08.810'	45
CP13	6	San José de Cusmapa, Madriz	013° 18.573',	086° 38.353'	1225
CP14	6	San José de Cusmapa, Madriz	013° 18.573',	086° 38.353'	1225
CP15	6	San José de Cusmapa, Madriz	013° 18.573',	086° 38.353'	1225
CP16	6	El Cipian, Madriz	013° 19.718',	086° 37.550'	1337
CP17	5	Quebrada Honda, Madriz	013° 19.259',	086° 37.082'	1393
CP18	5	Quebrada Honda, Madriz	013° 19.259',	086° 37.082'	1393
CP19	5	Quebrada Honda, Madriz	013° 19.259',	086° 37.082'	1393
CP20	7	INTA Estelí	013° 06.765',	086° 21.568'	797
CP21	7	INTA Estelí	013° 06.765',	086° 21.568'	797
CP22	7	INTA Estelí	013° 06.765',	086° 21.568'	797
CP23	7	INTA Estelí	013° 06.765',	086° 21.568'	797

El colector de las muestras fue Donald Juárez. CP = código provisional hasta que botánicamente se identifique el taxón.

2.4.2 Extracción de ADN genómico

La extracción de ADN genómico se realizó en el laboratorio de Agrobiotecnología del CNIA empleando una modificación al protocolo planteado por Jiménez (2009), siguiendo los pasos descritos a continuación:

1. Por cada accesión se tomaron cinco semillas las que se pusieron a germinar en arena estéril. Después del octavo día se tomó de las hojas simples de cada plántula, tejido vegetal con un peso total aproximado de 15 mg.
2. Las muestras de tejido vegetal fueron puestas en un tubo estéril tipo Eppendorf (1.5 mL) conteniendo 200 μ L de buffer de extracción [Tris-HCl (100 mM), EDTA (50 mM), NaCl (500 mM) y 2-mercaptoetanol (20 mM)].
3. El tejido vegetal fue macerado utilizando pistilos plásticos hasta homogenizar las muestras. Posteriormente se agregaron y mezclaron 26 μ L de sulfato dodecil sódico al 10%. Las muestras de tejido vegetal fueron colocadas en un incubador tipo baño maría a 65 °C por 10 minutos mezclándolas al menos tres veces en ese intervalo de tiempo. Posteriormente se agregaron 112 μ L de acetato de potasio (3M) a cada tubo tipo Eppendorf y se incubaron en hielo por 20 minutos.
4. Luego, las muestras fueron centrifugadas a una velocidad aproximada de 18000 \times g a 5 °C por 15 minutos.
5. El sobre-nadante fue extraído y transferido a un tubo tipo Eppendorf estéril y se agregaron 0.6 volúmenes de 2-propanol helado. Las muestras fueron conservadas a -24 °C por 20 minutos.
6. En un siguiente paso, las muestras fueron centrifugadas nuevamente a una velocidad aproximada de 18000 \times g a 5 °C por 15 minutos.
7. Luego, se extrajo del 2-propanol y se lavó el pellet de ADN en 100 μ L de etanol (70%) tres veces a una velocidad aproximada de 18000 \times g a 5 °C por 5 minutos.
8. Posteriormente, los pellets de ADN fueron secados, re-disueltos en 100 μ L de buffer TE [conteniendo Tris-HCl (10 mM) pH 8.0 y EDTA (1 mM)] y las muestras conservadas a -24 °C para su posterior utilización.

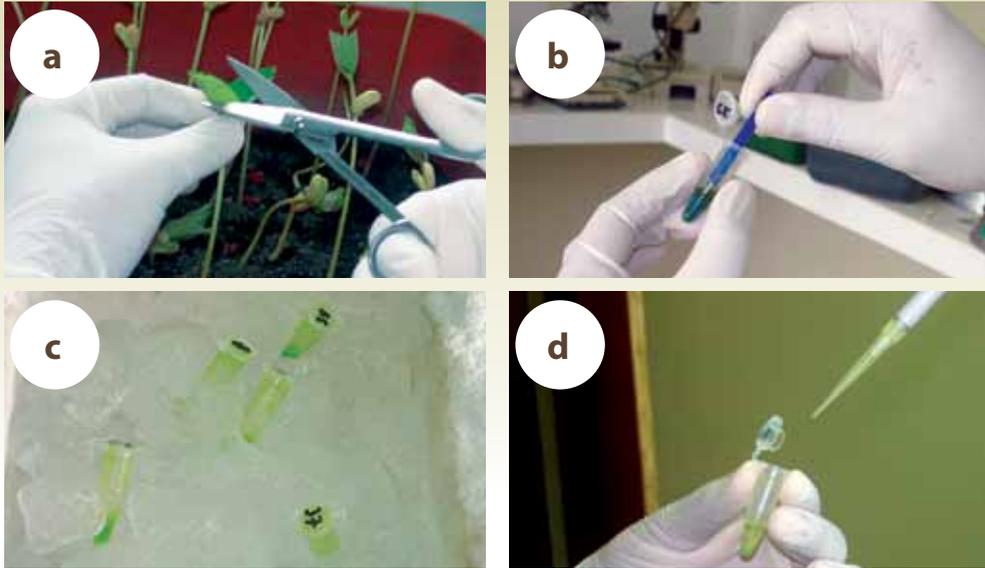


Figura 3 a) Toma de muestra de tejido en plántulas de frijol, b) Maceración de las muestras de tejido en buffer de extracción, c) Incubación de muestras en hielo, d) Recolección de sobrenadantes en muestras precipitadas.

2.4.3 Análisis con marcadores microsatélites

Para la caracterización molecular de los materiales sometidos a estudio, fueron seleccionados 10 marcadores tipo microsatélites codificados como: BM172, BM199, BM175, BM189, BM184, BM210, BM154, BM212, BM143, y BM156 (Gaitán-Solís et al. 2002). Esta selección fue basada en el alto polimorfismo reportado en la referencia de origen y su dispersión en diferentes grupos de ligamiento en el genoma del frijol común.

Las reacciones PCR fueron llevadas a cabo en volúmenes de 20 μL . Primeramente, para cada muestra se preparó una mezcla de los siguientes compuestos: 12 μL de agua libre de nucleasas, 2 μL de 10X buffer, 0.4 μL de dNTPs (mezcla de nucleótidos, 10mM de cada uno), 2 μL de cada primer o marcador (forward y reverse), y finalmente 0.6 μL de ADN polimerasa (2 U/ μL). Luego a la mezcla anterior se agregaron 1 μL de ADN genómico (20-40 ng/ μL). Las reacciones de amplificación se realizaron en un termociclador tipo Eppendorf. Los programas de amplificación para cada marcador fueron similares a los recomendados en la

literatura de origen. Una vez obtenidos los productos PCR, estos fueron corridos en gel de agarosa (TBE, 1%) y teñidos con bromuro de etidio (0.450 mg/mL). La visualización y cuantificación de los fragmentos de ADN fue realizada a través de un sistema transluminador ultravioleta utilizando como referencia una escalera molecular con fragmentos de 50-1000 pares de bases. Una parte de las muestras fueron posteriormente confirmadas utilizando un sistema de electroforesis capilar (3730 DNA Analyzer, Applied Biosystems) en el laboratorio de secuenciación del Instituto de Biotecnología, Universidad de Helsinki, Finlandia. Para esto, se utilizaron versiones de los marcadores fluorescentemente etiquetados y la lectura de los fragmentos se llevó a cabo utilizando el programa PeakScanner versión 1.0 (Applied Biosystems).

2.5 Análisis estadísticos

Se calculó el número de alelos totales por cada población y de alelos únicos, el número de loci polimórficos y el promedio de alelos para cada locus polimórfico. Se construyó también la matriz de presencia y ausencia de cada alelo en cada locus. Luego las accesiones fueron agrupadas de acuerdo al sitio de colecta en siete grupos principales. Para el caso de las accesiones criollas y acriolladas se agruparon en tres grupos de acuerdo a la zona geográfica siguiendo la distribución territorial del INTA en: Centro Sur (1), Las Segovias (2), y Centro Norte (3). Las poblaciones silvestres fueron agrupadas en 4 grupos: La Sabana (4), Quebrada Honda (5), San José de Cusmapa (6) e INTA Estelí (7). (Ver Tablas 1 y 2). Este agrupamiento se realizó con el propósito de determinar posibles diferencias genéticas entre accesiones provenientes de diferentes zonas agroecológicas, para este fin la población silvestre colectada en CNIA fue omitida de los análisis por tratarse de una muestra única. Las distancias genéticas fueron calculadas utilizando el método propuesto por Rogers (1972). Las frecuencias alélicas fueron consideradas de acuerdo a la raíz cuadrada de la frecuencia del genotipo nulo (recesivo). El re-muestreo sobre cada locus o “bootstrapping” se realizó empleando 10000 repeticiones. Estos cálculos fueron realizados utilizando el programa TFGA (Tools for Population Genetic Analyses) versión 1.3 (Miller 1997). El árbol filogenético para los diferentes grupos fue construido a partir de las distancias genéticas, utilizando el método Neighbor-Joining para lo cual se empleó el programa MEGA versión 5.05 (Tamura et al. 2012).

3. Resultados

3.1 Diversidad genética

En general todos los marcadores produjeron fragmentos de ADN luego de ser optimizados en diferentes programas. Sin embargo, algunas accesiones no lograron amplificar alelos pese a varios intentos. El marcador BM154 fue el más polimórfico con 22 alelos en total (Tabla 3). Y el menos polimórfico fue el marcador BM212 con solamente 4 alelos detectados en la colección.

Tabla 3. Diversidad alélica en 45 accesiones criollas, acriolladas y de parientes silvestres de frijol común colectadas en Nicaragua.

Locus	*Grupo de ligamiento	Número de alelos totales	Rango alélico (pb)
BM199	b04	12	138-286
BM172	b03	10	74-440
BM175	b05	9	104-188
BM189	b08	5	80-108
BM184	b09-b11	7	89-161
BM210	b07	10	89-191
BM154	b09	22	94-278
BM212	b10	4	198-216
BM143	b02	15	112-168
BM156	b02	6	104-224

*Grupo de ligamiento según CIAT (2013). pb= pares de bases.

En total se detectaron 100 alelos, para un promedio de 10 alelos por locus. En las accesiones criollas y acriolladas la diversidad alélica promedio por accesión fue de 2.3 alelos por locus, en cambio en las poblaciones silvestres fue de 1.8 alelos por locus. Las poblaciones criollas y acriolladas presentaron 10 alelos únicos que fueron detectados exclusivamente en una accesión en particular. Igualmente, 26 alelos fueron exclusivamente detectados en materiales silvestres (Figura 4). Cuando las poblaciones criollas y acriolladas fueron comparadas con las silvestres el índice de diferenciación de acuerdo a Rogers (1972) fue relativamente alto (0.1457). Asimismo, cuando las poblaciones fueron agrupadas y comparadas por origen hubo una clara diferenciación entre las accesiones criollas y acriolladas de las silvestres. La Tabla 4 brinda un resumen de la información alélica más relevante en este estudio.

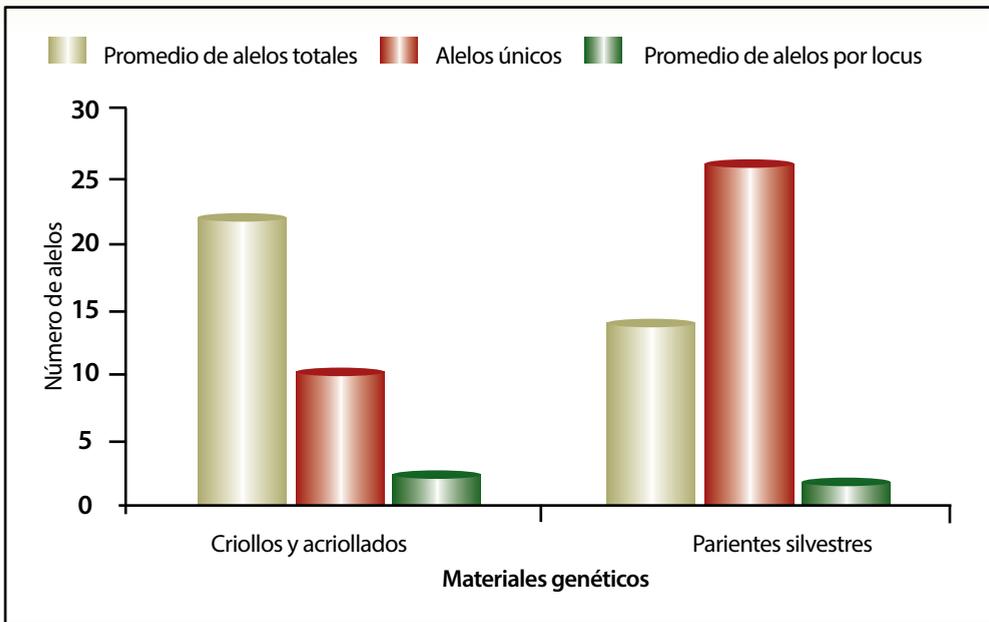


Figura 4. Comparación de la diversidad alélica entre poblaciones criollas, acriolladas y parientes silvestres de frijol común.

Tabla 4. Diversidad alélica en 45 accesiones criollas, acriolladas y de parientes silvestres de frijol común colectadas en Nicaragua.

Accesión	Grupo	Nº total de alelos	Nº de alelos únicos	Nº de alelos por locus	Nº de loci polimórficos
PV0038	2	19	0	2.1	9
PV0039	2	18	2	2.0	9
PV0040	2	20	0	2.0	10
PV0041	2	22	0	2.2	10
PV0042	1	21	0	2.1	10
PV0043	2	26	1	2.6	10
PV0044	2	23	0	2.3	10
PV0045	1	22	0	2.4	9
PV0046	3	24	1	2.4	10
PV0047	3	23	0	2.6	9
PV0048	3	24	0	2.7	9
PV0049	3	20	0	2.2	9
PV0050	3	19	0	2.1	9
PV0051	1	16	0	2.3	7
PV0052	1	15	0	2.1	7
PV0053	1	25	1	2.5	10
PV0054	1	20	0	2.2	9
PV0055	1	27	1	2.7	10
PV0056	1	22	0	2.2	10
PV0057	1	23	2	2.3	10
PV0058	1	24	0	2.4	10
PV0059	3	24	2	2.4	10
PV0060	3	24	0	2.4	10

Código PV = Código relativo a la especie *Phaseolus vulgaris*.

CP= Código provisional hasta que botánicamente se identifique el taxón.

Accesión	Grupo	Nº total de alelos	Nº de alelos únicos	Nº de alelos por locus	Nº de loci polimórficos
CP1	4	11	1	1.6	7
CP2	4	17	0	2.1	8
CP3	5	12	0	1.7	7
CP4	5	11	2	2.2	5
CP5	5	16	1	1.6	10
CP6	5	7	0	1.2	6
CP8	5	21	3	2.1	10
CP9	5	13	1	1.6	8
CP10	5	18	1	2.6	7
CP11	5	11	2	1.6	7
CP12	7	12	1	1.5	8
CP13	6	20	3	2.0	10
CP14	6	20	1	2.0	10
CP15	6	8	0	1.3	6
CP16	6	17	2	1.9	9
CP17	5	21	2	2.3	9
CP18	5	21	1	2.1	10
CP19	5	15	1	1.7	9
CP20	7	7	0	1.4	5
CP21	7	11	3	1.4	8
CP22	7	7	0	1.2	6
CP23	7	10	1	1.4	7
-	-	-	-	-	-

3.2 Relaciones filogenéticas entre grupos de accesiones

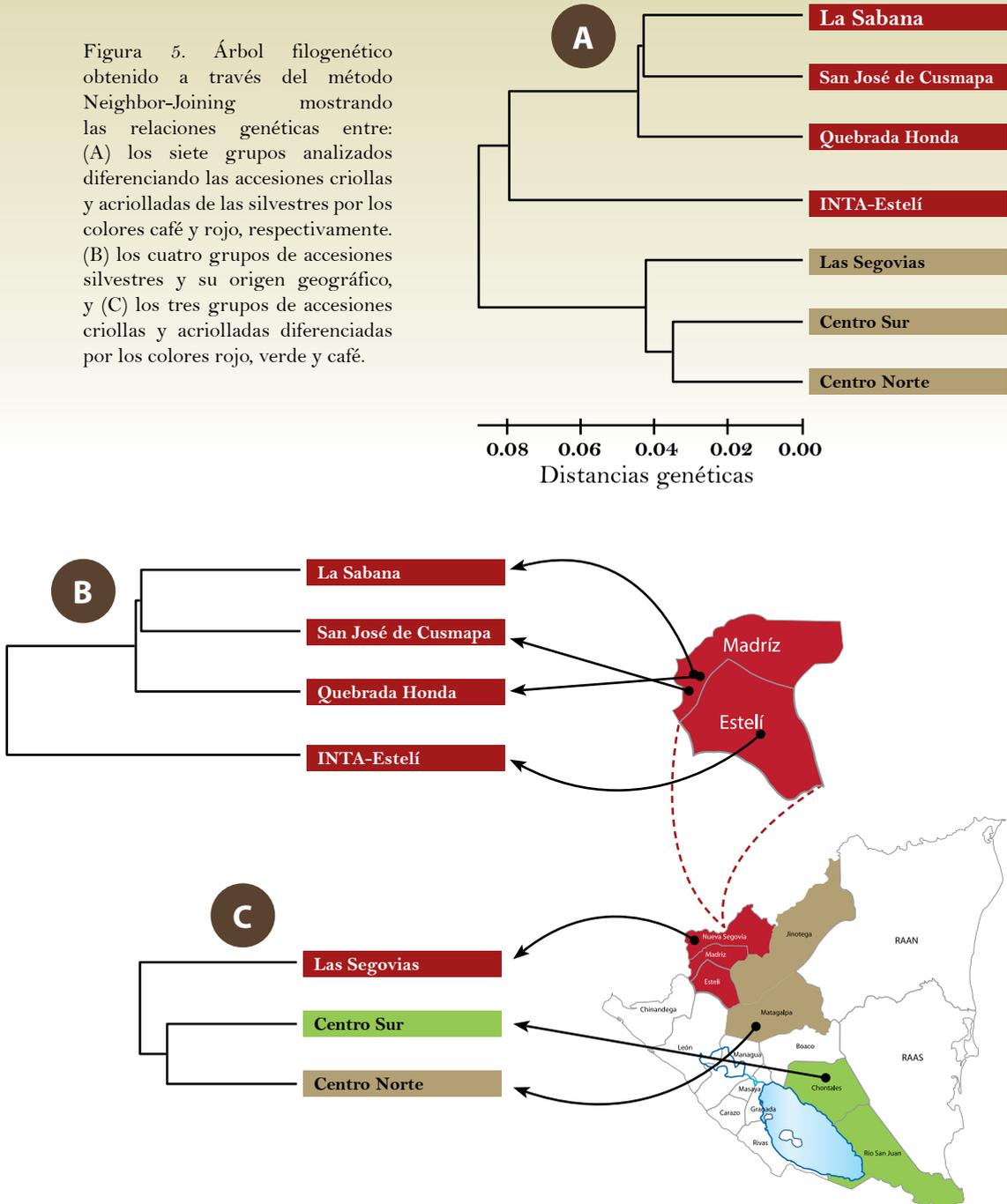
La Tabla 5 describe las distancias genéticas entre cada uno de los grupos propuestos en el estudio. Estos valores variaron de 0.0675 a 0.2340 con un promedio de 0.1400. El árbol filogenético derivado de las distancias genéticas es mostrado en la Figura 5. Básicamente, los grupos compuestos por poblaciones criollas y acriolladas se diferenciaron claramente de las silvestres, coincidiendo con lo esperado morfológicamente. Resulta curioso que las poblaciones criollas y acriolladas de Centro Sur y Centro Norte mostraron mayor similitud genética en comparación con Las Segovias. Es probable que exista un flujo de semillas entre estas dos regiones que explique estas tendencias. En las poblaciones silvestres las originarias de Madriz y Estelí se agruparon en correspondencia a su origen y hubo una clara diferenciación entre las poblaciones de Madriz (La Sabana, Quebrada Honda y San José de Cusmapa) con las poblaciones colectadas en las periferias de la oficina del INTA Estelí.

Tabla 5. Distancias genéticas entre 7 grupos de accesiones criollas, acriolladas y parientes silvestres agrupadas por sitios de origen.

Grupos	1	2	3	4	5	6	7
1	-						
2	0.0675	-					
3	0.0713	0.1019	-				
4	0.1686	0.1577	0.1769	-			
5	0.1517	0.1408	0.1795	0.1072	-		
6	0.1594	0.1433	0.1878	0.0865	0.0713	-	
7	0.2131	0.1919	0.234	0.1768	0.1437	0.1563	-

Centro Sur = 1, Las Segovias = 2, Centro Norte = 3, La Sabana = 4, Quebrada Honda = 5, San José de Cusmapa = 6, INTA Estelí = 7.

Figura 5. Árbol filogenético obtenido a través del método Neighbor-Joining mostrando las relaciones genéticas entre: (A) los siete grupos analizados diferenciando las accesiones criollas y acriolladas de las silvestres por los colores café y rojo, respectivamente. (B) los cuatro grupos de accesiones silvestres y su origen geográfico, y (C) los tres grupos de accesiones criollas y acriolladas diferenciadas por los colores rojo, verde y café.



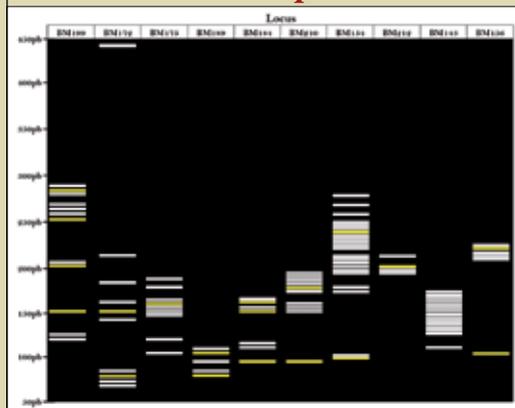
4. Descripción de materiales criollos y acriollados



Rojito



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Accesión: PV0038

Origen: El Ocotillo, Estelí

Coordenadas: 057° 02.119'
014° 38.176'

Altura: 1095 msnm

Grupo: 2

Tipo de material: Criollo

Años de uso: nd

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo chile

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 28.56 g

Características moleculares

Número total de alelos: 19

Alelos por locus: 2.1

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 9

Loci sin amplificar: 1

Características agronómicas

Es muy apreciado por los agricultores por su buen rendimiento (aproximadamente 1154 kg/ha). Asimismo, los productores aseguran que tiene un menor tiempo de cocción en comparación con las variedades mejoradas y buen mercado.

Orguloso

Información general

Accesión: PV0039

Origen: El Ocotillo, Estelí

Coordenadas: 057° 02.119'

014° 38.176'

Altura: 1095 msnm

Grupo: 2

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 10

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo chile

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 19.72 g

Características moleculares

Número total de alelos: 18

Alelos por locus: 2

Número de alelos únicos: 2

Loci polimórficos: 9

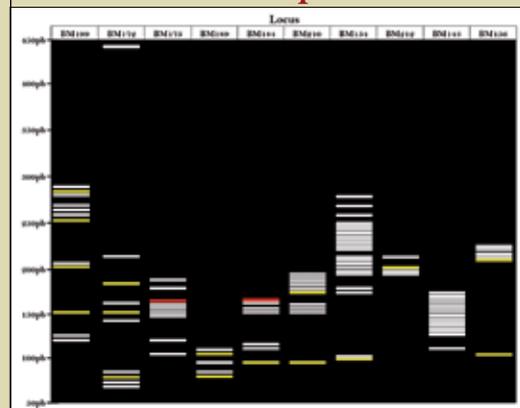
Loci sin amplificar: 1

Características agronómicas

Es muy apreciado en el mercado por su buen color de semilla, sabor y adaptación. Asimismo, los productores aseguran que tiene un menor tiempo de cocción en comparación con las variedades mejoradas.



Genotipo

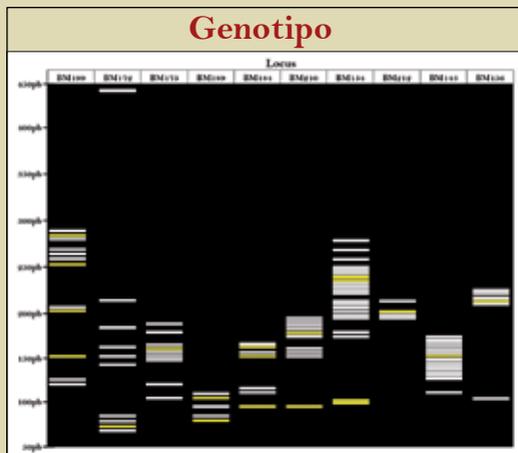


Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

Chile rojo seda



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Accesión: PV0040

Origen: La Grama, Madriz

Coordenadas: 054° 03.676'

014° 84.994'

Altura: 811 msnm

Grupo: 2

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 3

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo seda

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 19.23 g

Características moleculares

Número total de alelos: 20

Alelos por locus: 2

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 10

Loci sin amplificar: 0

Características agronómicas

Es preferido por sus abor y sus buenos rendimientos (aproximadamente 769 kg/ha) y por su adaptabilidad a la zona agroecológica. Asimismo, de acuerdo a los productores es un material muy precoz.

Chile rojo

Información general

Accesión: PV0041

Origen: Santa Isabel, Madriz

Coordenadas: 054° 04.110'

014° 86.729'

Altura: 771 msnm

Grupo: 2

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 10

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo chile

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 19.21 g

Características moleculares

Número total de alelos: 22

Alelos por locus: 2.2

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 10

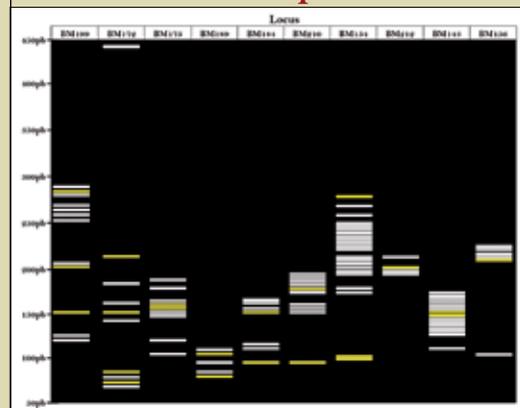
Loci sin amplificar: 0

Características agronómicas

Es preferido por su sabor y sus buenos rendimientos (aproximadamente 769 kg/ha) y por su adaptabilidad a la zona agroecológica. Asimismo, de acuerdo a los productores es un material muy precoz.



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.

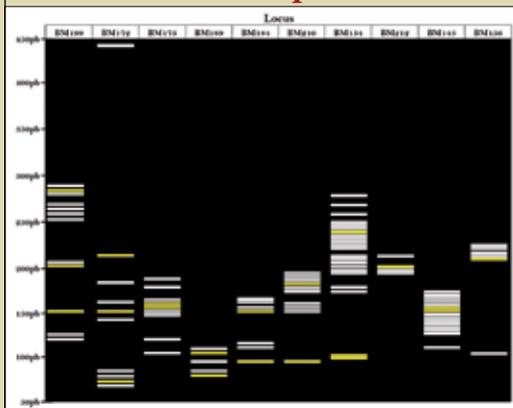


Ubicación geográfica de la accesión.

Rojo nacional



Genotipo



*Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta
accesión y los rojos son únicos en toda la colección.*



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Accesión: PV0042

Origen: Muelle de los Bueyes,
RAAS

Coordenadas: 078° 03.442'
013° 28.838'

Altura: 200 msnm

Grupo: 1

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 6

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo chile

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 17.65 g

Características moleculares

Número total de alelos: 21

Alelos por locus: 2.1

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 10

Loci sin amplificar: 0

Características agronómicas

Posee un rendimiento promedio de 769 kg/ha. Tiene un excelente sabor y buen precio en el mercado por su color de semillas.

Raflá

Información general

Accesión: PV0043

Origen: San Nicolás, Estelí

Coordenadas: 057° 03.271'

014° 28.015'

Altura: 1031 msnm

Grupo: 2

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 10

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo chile

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 21.58 g

Características moleculares

Número total de alelos: 26

Alelos por locus: 2.6

Número de alelos únicos: 1

Loci polimórficos: 10

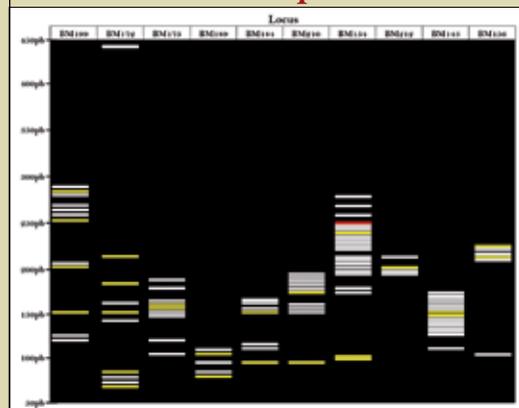
Loci sin amplificar: 0

Características agronómicas

Este frijol criollo es preferido por su buen rendimiento (aproximadamente 1282 kg/ha). Tiene muy buen sabor y buena aceptación en el mercado.



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.

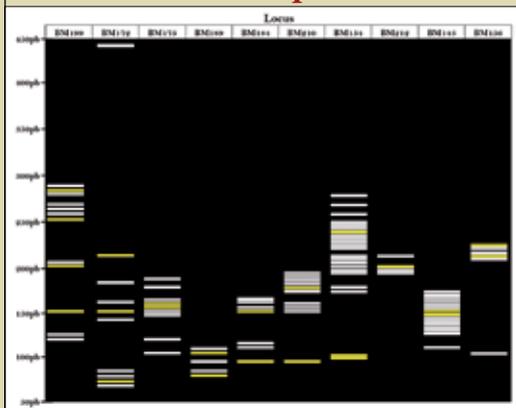


Ubicación geográfica de la accesión.

Chile de guía larga



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Accesión: PV0044

Origen: San Juan de Río Coco,
Madríz

Coordenadas: 059° 4.714'
015° 02.330'

Altura: 969 msnm

Grupo: 2

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 4

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo chile

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 20.64 g

Características moleculares

Número total de alelos: 23

Alelos por locus: 2.3

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 10

Loci sin amplificar: 0

Características agronómicas

Es preferido por su buen rendimiento (aproximadamente 1089 kg/ha). Tiene muy buen sabor y es tolerante a enfermedades.

Rojo nacional

Información general

Accesión: PV0045

Origen: San Juan de Río Coco,
Madríz

Coordenadas: 078° 02.973'
013° 30.080'

Altura: 214 msnm

Grupo: 1

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 7

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo chile

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 18.06 g

Características moleculares

Número total de alelos: 22

Alelos por locus: 2.4

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 9

Loci sin amplificar: 1

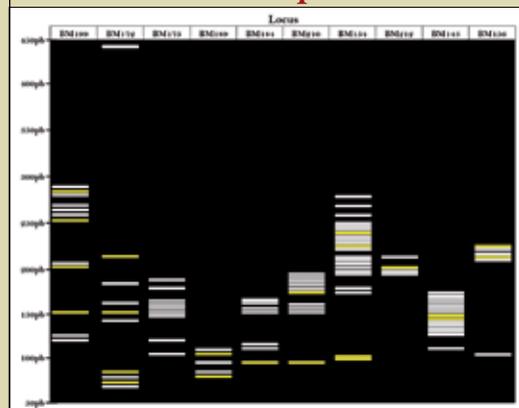
Características agronómicas

Es preferido por su buen rendimiento (aproximadamente 1153 kg/ha). Tiene muy buen sabor.



cm

Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.

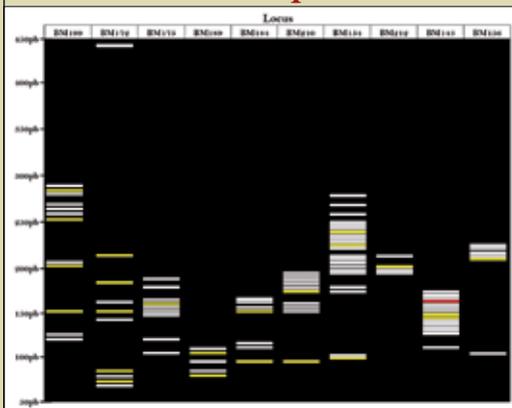


Ubicación geográfica de la accesión.

Rojito



Genotipo



*Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta
accesión y los rojos son únicos en toda la colección.*



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Accesión: PV0046

Origen: Terrabona, Matagalpa

Coordenadas: nd
nd

Altura: nd

Grupo: 3

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 10

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo chile

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 18.51 g

Características moleculares

Número total de alelos: 24

Alelos por locus: 2.4

Número de alelos únicos: 1

Loci polimórficos: 10

Loci sin amplificar: 0

Características agronómicas

Es preferido por su buen
rendimiento (aproximadamente
769 kg/ha). Tiene muy buen sabor
y aceptación en el mercado.

Rojo claro

Información general

Accesión: PV0047

Origen: San Isidro, Matagalpa

Coordenadas: nd
nd

Altura: nd

Grupo: 3

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 10

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo claro

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 19.42 g

Características moleculares

Número total de alelos: 23

Alelos por locus: 2.6

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 9

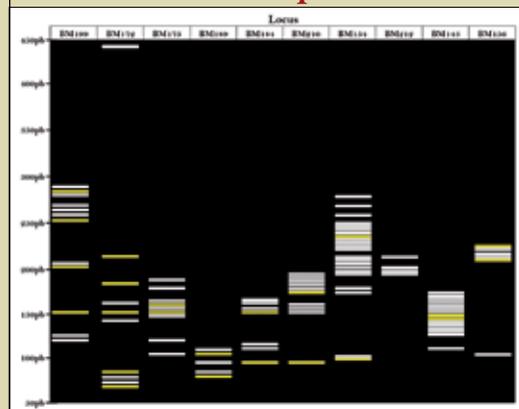
Loci sin amplificar: 1

Características agronómicas

Es preferido por su buen rendimiento (aproximadamente 769 kg/ha). Tiene muy buen sabor y aceptación en el mercado. Según el productor es 10 días más precoz en comparación con las variedades mejoradas.



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.

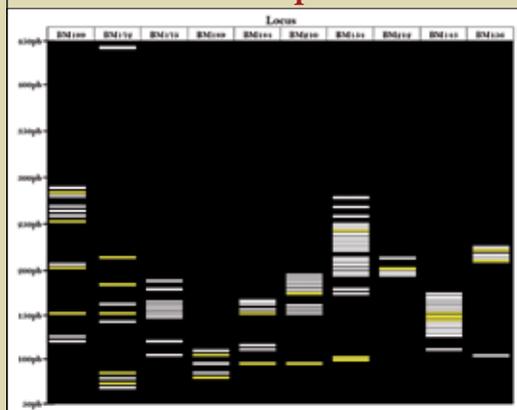


Ubicación geográfica de la accesión.

Rojo claro



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Accesión: PV0048

Origen: Darío, Matagalpa

Coordenadas: nd
nd

Altura: nd

Grupo: 3

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 15

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo claro

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 19.40 g

Características moleculares

Número total de alelos: 24

Alelos por locus: 2.7

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 9

Loci sin amplificar: 1

Características agronómicas

Es preferido por su buen rendimiento (aproximadamente 1282 kg/ha). Tiene muy buen sabor y aceptación en el mercado. Según el productor es resistente a algunas enfermedades.

Rojito

Información general

Accesión: PV0049

Origen: San Isidro, Matagalpa

Coordenadas: nd
nd

Altura: nd

Grupo: 3

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 30

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo claro

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 21.43 g

Características moleculares

Número total de alelos: 20

Alelos por locus: 2.2

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 9

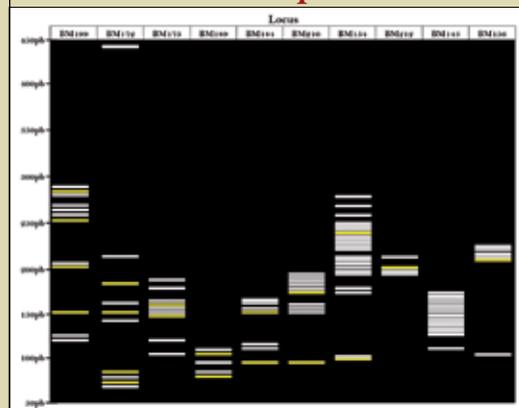
Loci sin amplificar: 1

Características agronómicas

Es preferido por su buen rendimiento (aproximadamente 1282 kg/ha). Tiene muy buen sabor y aceptación en el mercado. Según el productor es tolerante a exceso de lluvia y es muy precoz.



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.

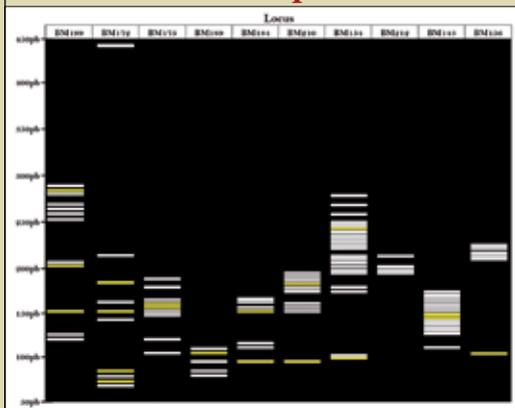


Ubicación geográfica de la accesión.

Chile rojo



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Accesión: PV0050

Origen: Sébaco, Matagalpa

Coordenadas: nd
nd

Altura: nd

Grupo: 3

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 8

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo claro

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 19.61 g

Características moleculares

Número total de alelos: 19

Alelos por locus: 2.1

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 9

Loci sin amplificar: 1

Características agronómicas

Es preferido por su buen rendimiento (aproximadamente 961 kg/ha). Tiene muy buen sabor y aceptación en el mercado. Según el productor es muy precoz.

Cuarenteño

Información general

Accesión: PV0051

Origen: Nueva Guinea, RAAS

Coordenadas: 078° 05.938'

012° 94.891'

Altura: 210 msnm

Grupo: 1

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 10

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo claro

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 21.47 g

Características moleculares

Número total de alelos: 16

Alelos por locus: 2.3

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 7

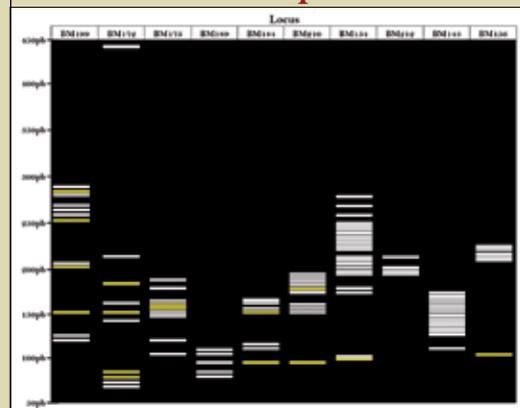
Loci sin amplificar: 3

Características agronómicas

Presenta un rendimiento aproximado de 641 kg/ha. Posee muy buena aceptación en el mercado por su color de semillas.



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.

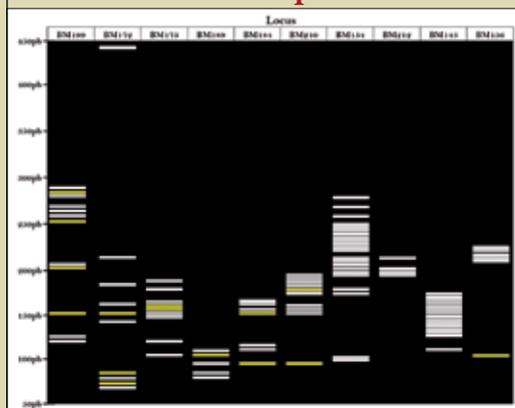


Ubicación geográfica de la accesión.

Chile rojo



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Accesión: PV0052

Origen: Nueva Guinea, RAAS

Coordenadas: 078° 04.769'
013° 05.000'

Altura: 203 msnm

Grupo: 1

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 1

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo claro

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 19.49 g

Características moleculares

Número total de alelos: 15

Alelos por locus: 2.1

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 7

Loci sin amplificar: 3

Características agronómicas

Es preferido por que tiene un rendimiento aproximado de 1025 kg/ha. Posee muy buena aceptación en el mercado por su color de semillas.

Breve

Información general

Accesión: PV0053

Origen: Nueva Guinea, RAAS

Coordenadas: 078° 07.171'

012° 93.704'

Altura: 203 msnm

Grupo: 1

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 1

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo claro

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 18.31 g

Características moleculares

Número total de alelos: 25

Alelos por locus: 2.5

Número de alelos únicos: 1

Loci polimórficos: 10

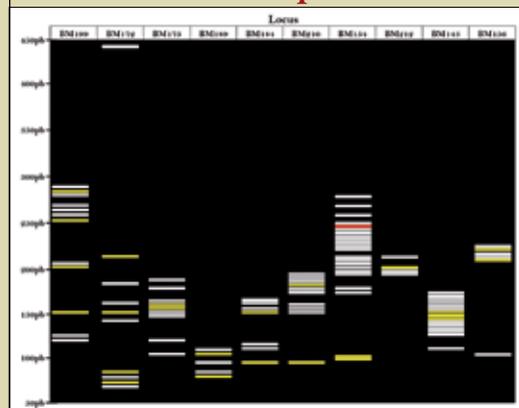
Loci sin amplificar: 0

Características agronómicas

Posee muy buena aceptación en el mercado por su color de semillas. Sin embargo, de acuerdo al productor es susceptible a enfermedades.



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.

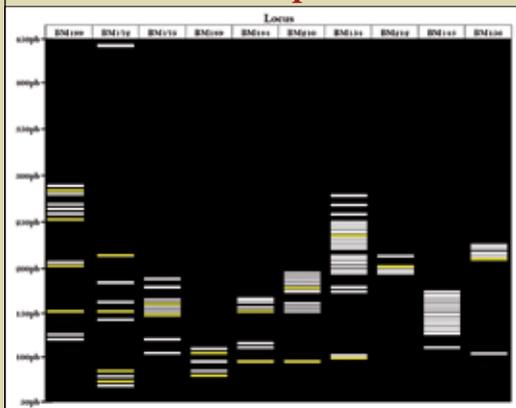


Ubicación geográfica de la accesión.

Frijol rojo



Genotipo



*Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta
accesión y los rojos son únicos en toda la colección.*



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Accesión: PV0054

Origen: San Miguel, Río San Juan

Coordenadas: 073° 04.627'

012° 62.938'

Altura: 127 msnm

Grupo: 1

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 30

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo claro

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 17.78 g

Características moleculares

Número total de alelos: 20

Alelos por locus: 2.2

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 9

Loci sin amplificar: 1

Características agronómicas

Posee muy buena aceptación en el mercado por su color de semillas y un rendimiento promedio de 897 kg/ha. El productor asegura que es fácil de aporrear.

Rojo

Información general

Accesión: PV0055

Origen: El almendro, Río San Juan

Coordenadas: 076° 0.078'

013° 06.462'

Altura: 245 msnm

Grupo: 1

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 2

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo claro

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 21.86 g

Características moleculares

Número total de alelos: 27

Alelos por locus: 2.7

Número de alelos únicos: 1

Loci polimórficos: 10

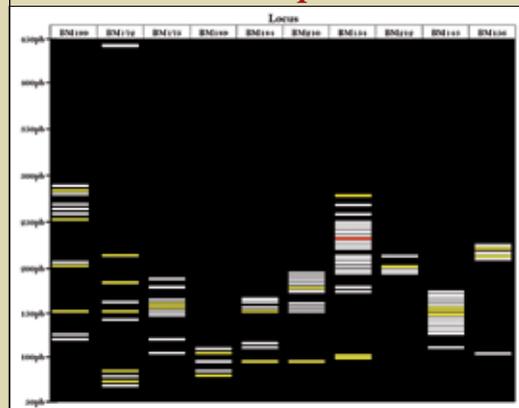
Loci sin amplificar: 0

Características agronómicas

Posee muy buena aceptación en el mercado por su color de semillas y un rendimiento promedio de 1474 kg/ha. El productor asegura que es tolerante a plagas y al exceso de humedad.



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.

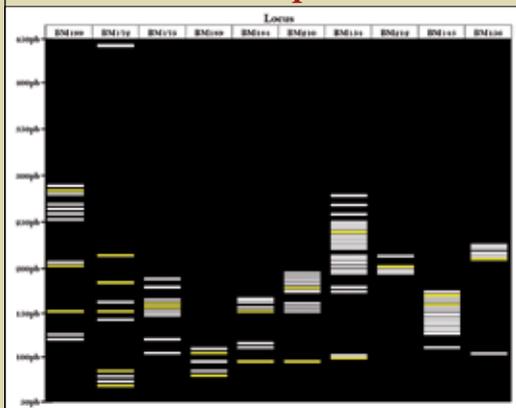


Ubicación geográfica de la accesión.

Rojo



Genotipo



*Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta
accesión y los rojos son únicos en toda la colección.*



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Accesión: PV0056

Origen: San Carlos, Río San Juan

Coordenadas: 075° 09.769'

012° 46.605'

Altura: 232 msnm

Grupo: 1

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 7

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo claro

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 18.01 g

Características moleculares

Número total de alelos: 22

Alelos por locus: 2.2

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 10

Loci sin amplificar: 0

Características agronómicas

Posee muy buena aceptación en el mercado por su color de semillas y un rendimiento promedio de 1282 kg/ha.

Rojo chile

Información general

Accesión: PV0057

Origen: San Carlos, Río San Juan

Coordenadas: 074° 09.027'

012° 40.280'

Altura: 84 msnm

Grupo: 1

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 6

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo claro

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 18.50 g

Características moleculares

Número total de alelos: 23

Alelos por locus: 2.3

Número de alelos únicos: 2

Loci polimórficos: 10

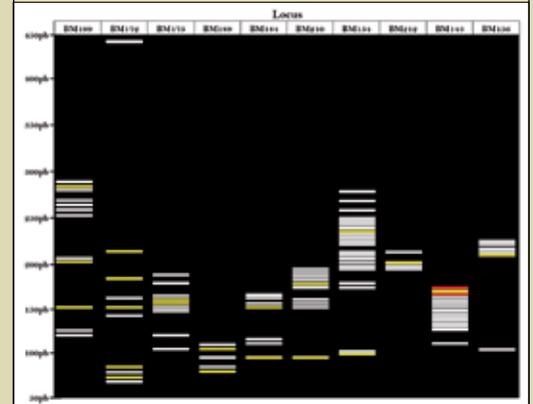
Loci sin amplificar: 0

Características agronómicas

Posee muy buena aceptación en el mercado por su color de semillas y un rendimiento promedio de 1538 kg/ha.



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.

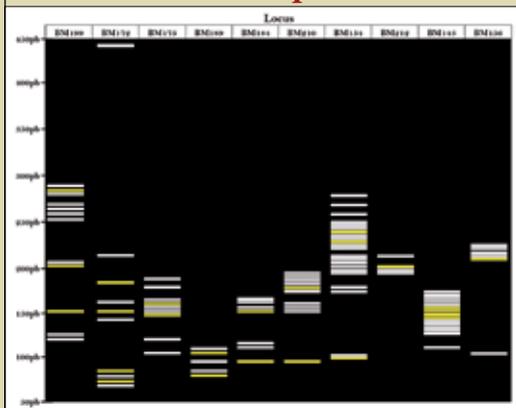


Ubicación geográfica de la accesión.

Rojo vaina blanca



Genotipo



*Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta
accesión y los rojos son únicos en toda la colección.*



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Accesión: PV0058

Origen: Nueva Guinea, RAAS

Coordenadas: 077° 09.707'

012° 82.998'

Altura: 237 msnm

Grupo: 1

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 10

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo claro

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 18.87 g

Características moleculares

Número total de alelos: 24

Alelos por locus: 2.4

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 10

Loci sin amplificar: 0

Características agronómicas

Posee muy buena aceptación en el
mercado por su color de semillas.

Rojito

Información general

Accesión: PV0059

Origen: Sébaco, Matagalpa

Coordenadas: nd
nd

Altura: nd

Grupo: 3

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 3

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo claro

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 18.71 g

Características moleculares

Número total de alelos: 24

Alelos por locus: 2.4

Número de alelos únicos: 2

Loci polimórficos: 10

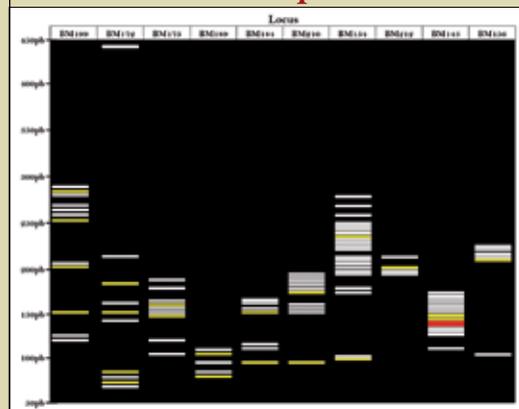
Loci sin amplificar: 0

Características agronómicas

Es preferido por poseer un buen rendimiento (aprox. 1922 kg/ha). Sin embargo, según el productor es susceptible a los daños por exceso de humedad. Es preferible su siembra en postrera.



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.

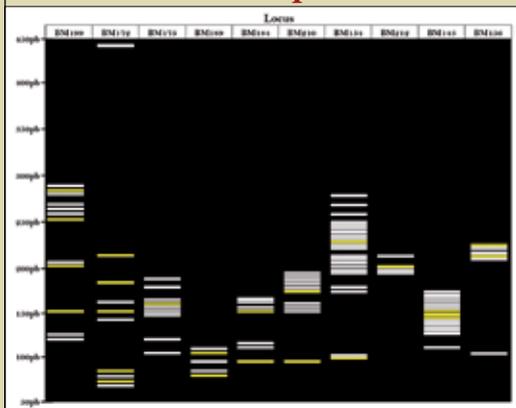


Ubicación geográfica de la accesión.

Frijol balín



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Accesión: PV0060

Origen: Sébaco, Matagalpa

Coordenadas: nd
nd

Altura: nd

Grupo: 3

Tipo de material: Criollo

Años de uso: 3

Características morfológicas

Color de semillas: Rojo claro

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 17.59 g

Características moleculares

Número total de alelos: 24

Alelos por locus: 2.4

Número de alelos únicos: 0

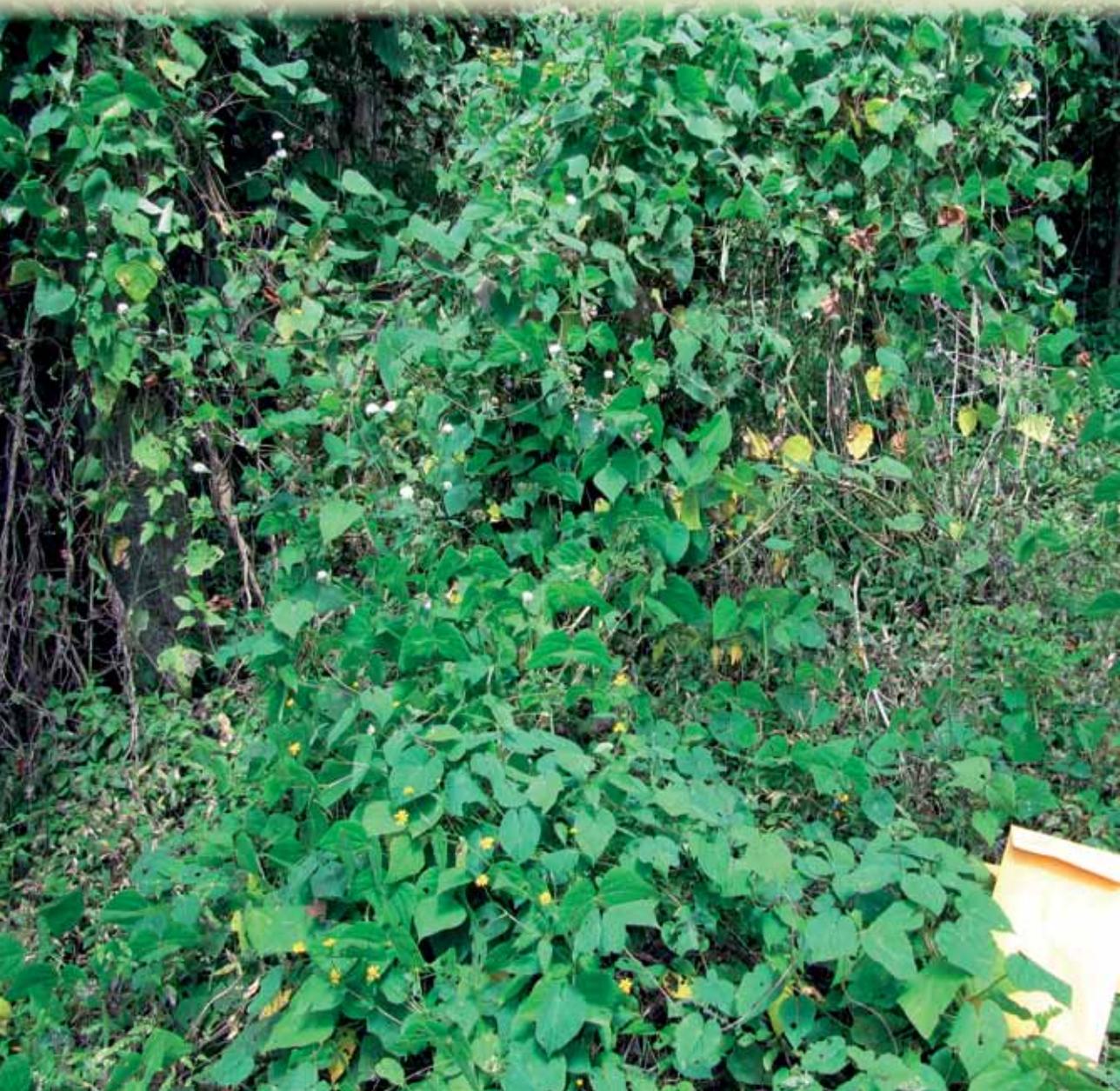
Loci polimórficos: 10

Loci sin amplificar: 0

Características agronómicas

Este frijol criollo posee un rendimiento de aprox. 961 kg/ha. Es preferido por ser muy precoz.

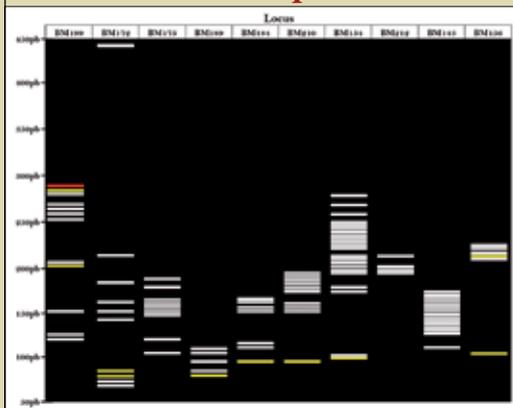
5. Descripción de materiales silvestres



CP1



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Origen: La Sabana, Madriz

Coordenadas: 013° 21.911'
086° 37.446'

Altura: 1114 msnm

Grupo: 4

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Café

Color secundario de semillas:
negro

Forma de semilla: Ovoide/
Redonda

Peso de 100 semillas: 4.75 g

Características moleculares

Número total de alelos: 11

Alelos por locus: 1.6

Número de alelos únicos: 1

Loci polimórficos: 7

Loci sin amplificar: 3



CP2

Información general

Origen: La Sabana, Madriz

Coordenadas: 013° 19.867'
086° 38.427'

Altura: 1414 msnm

Grupo: 4

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Café

Color secundario de semillas:
negro

Forma de semilla: Redonda

Peso de 100 semillas: 5.32 g

Características moleculares

Número total de alelos: 17

Alelos por locus: 2.1

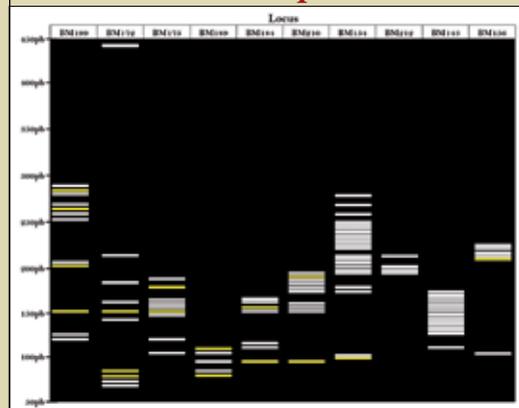
Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 8

Loci sin amplificar: 2



Genotipo



*Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta
acción y los rojos son únicos en toda la colección.*

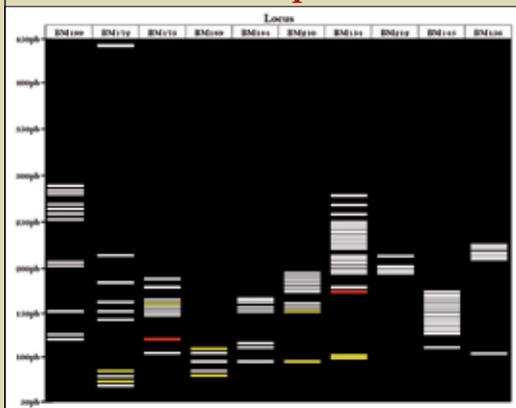


Ubicación geográfica de la acción.

CP4



Genotipo



*Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta
accesión y los rojos son únicos en toda la colección.*



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Origen: Quebrada Honda, Madriz

Coordenadas: 013° 18.823'

086° 37.128'

Altura: 1477 msnm

Grupo: 5

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Café

Color secundario de semillas:
Negro

Forma de semilla: Redonda

Peso de 100 semillas: 4.88 g

Características moleculares

Número total de alelos: 11

Alelos por locus: 2.2

Número de alelos únicos: 2

Loci polimórficos: 5

Loci sin amplificar: 5



CP5

Información general

Origen: Quebrada Honda, Madriz

Coordenadas: 013° 19.320'
086° 37.203'

Altura: 1390 msnm

Grupo: 5

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Gris

Color secundario de semillas:
Negro

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 16.63 g

Características moleculares

Número total de alelos: 16

Alelos por locus: 1.6

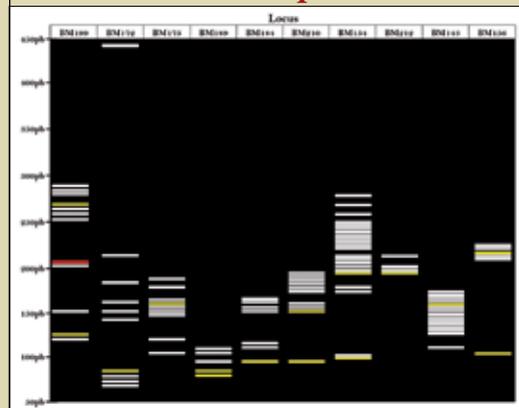
Número de alelos únicos: 1

Loci polimórficos: 10

Loci sin amplificar: 0



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.

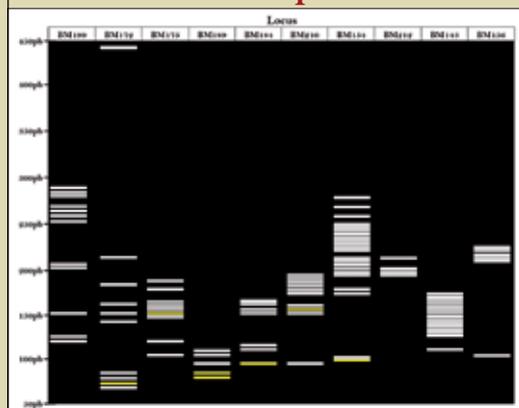


Ubicación geográfica de la accesión.

CP6



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Origen: Quebrada Honda, Madríz

Coordenadas: 013° 19.513'
086° 37.266'

Altura: 1402 msnm

Grupo: 5

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas:
Ambar

Color secundario de semillas:
Negro

Forma de semilla: Redonda

Peso de 100 semillas: 9.21 g

Características moleculares

Número total de alelos: 7

Alelos por locus: 1.2

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 6

Loci sin amplificar: 4



CP8

Información general

Origen: Quebrada Honda, Madriz

Coordenadas: 013° 19.570'
086° 37.214'

Altura: 1456 msnm

Grupo: 5

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Crema

Color secundario de semillas: na

Forma de semilla: Ovoides

Peso de 100 semillas: 38.58 g

Características moleculares

Número total de alelos: 21

Alelos por locus: 2.1

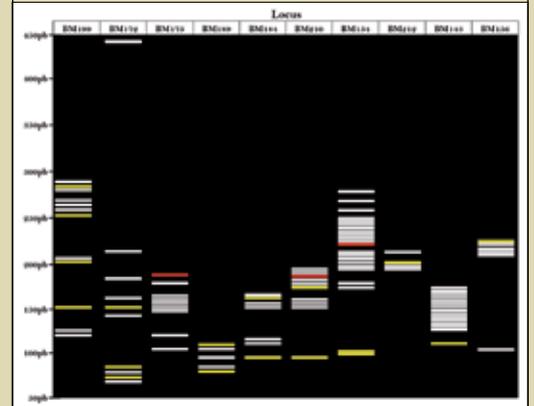
Número de alelos únicos: 3

Loci polimórficos: 10

Loci sin amplificar: 0



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.

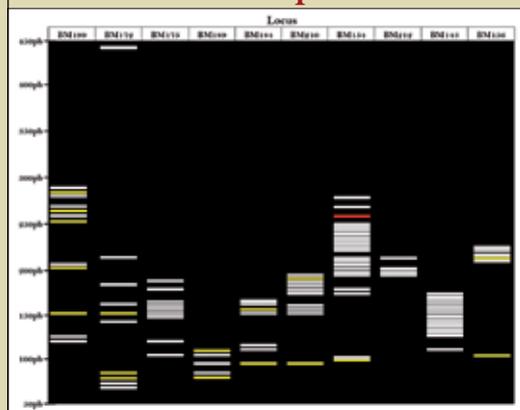


Ubicación geográfica de la accesión.

CP10



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Origen: Quebrada Honda, Madríz

Coordenadas: 013° 19.473'
086° 37.418'

Altura: 1365 msnm

Grupo: 5

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Café/
Ámbar

Color secundario de semillas:
Negro

Forma de semilla: Redonda

Peso de 100 semillas: 4.99 g

Características moleculares

Número total de alelos: 18

Alelos por locus: 2.6

Número de alelos únicos: 1

Loci polimórficos: 7

Loci sin amplificar: 3



CP11

Información general

Origen: Quebrada Honda, Madriz

Coordenadas: 013° 19.547'
086° 37.457'

Altura: 1338 msnm

Grupo: 5

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Crema

Color secundario de semillas:
Púrpura

Forma de semilla: Ovoide

Peso de 100 semillas: 2.88 g

Características moleculares

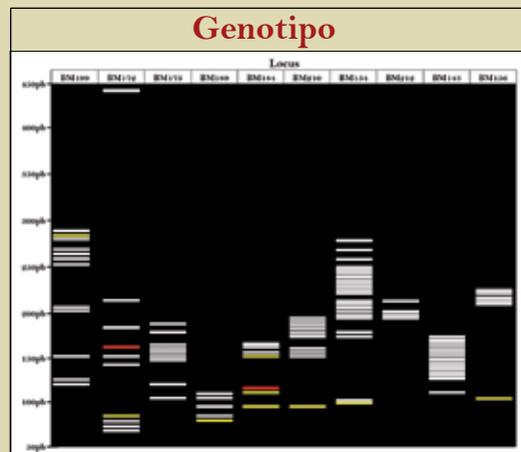
Número total de alelos: 11

Alelos por locus: 1.6

Número de alelos únicos: 2

Loci polimórficos: 7

Loci sin amplificar: 3



*Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta
accesión y los rojos son únicos en toda la colección.*

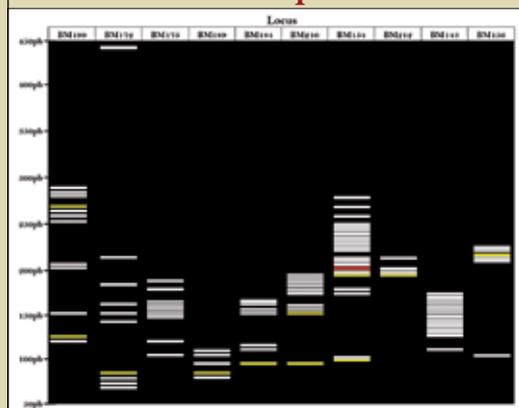


Ubicación geográfica de la accesión.

CP12



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Origen: Managua km 14.1 c. norte

Coordenadas: 012° 08.557'
086° 08.810'

Altura: 45 msnm

Grupo: 7

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Café

Color secundario de semillas:
Negro

Forma de semilla: Redonda

Peso de 100 semillas: 6.7 g

Características moleculares

Número total de alelos: 12

Alelos por locus: 1.5

Número de alelos únicos: 1

Loci polimórficos: 8

Loci sin amplificar: 2



CP13

Información general

Origen: San José de Cusmapa,
Madríz

Coordenadas: 013° 18.573'
086° 38.353'

Altura: 1225 msnm

Grupo: 6

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Gris

Color secundario de semillas:
Negro

Forma de semilla: Redonda

Peso de 100 semillas: 5.06 g

Características moleculares

Número total de alelos: 20

Alelos por locus: 2

Número de alelos únicos: 3

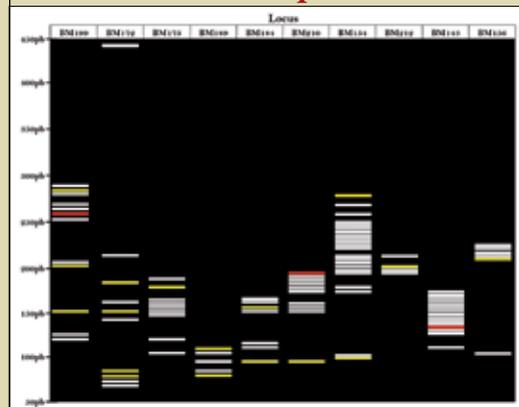
Loci polimórficos: 10

Loci sin amplificar: 0



cm

Genotipo



*Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta
accesión y los rojos son únicos en toda la colección.*

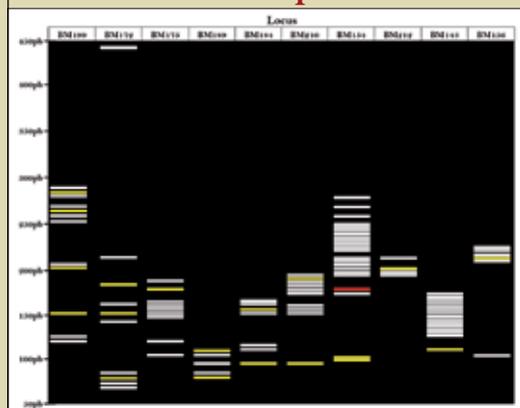


Ubicación geográfica de la accesión.

CP14



Genotipo



*Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta
accesión y los rojos son únicos en toda la colección.*



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Origen: San José de Cusmapa,
Madriz

Coordenadas: 013° 18.573'

086° 38.353'

Altura: 1225 msnm

Grupo: 6

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Negro

Color secundario de semillas: na

Forma de semilla: Redonda

Peso de 100 semillas: 5.54 g

Características moleculares

Número total de alelos: 20

Alelos por locus: 2

Número de alelos únicos: 1

Loci polimórficos: 10

Loci sin amplificar: 0



CP16

Información general

Origen: El Cipian, Madriz

Coordenadas: 013° 19.718'
086° 37.550'

Altura: 1337 msnm

Grupo: 6

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Negro

Color secundario de semillas: na

Forma de semilla: Redonda

Peso de 100 semillas: 5.09 g

Características moleculares

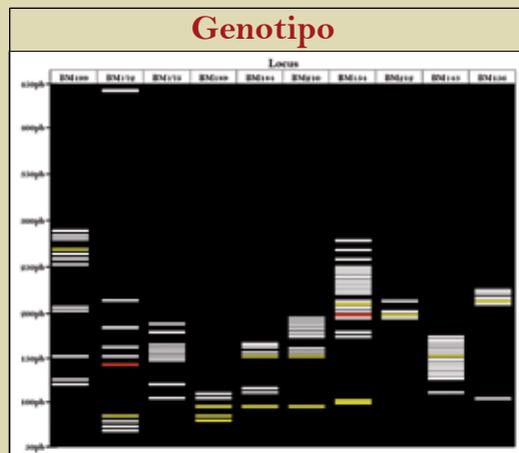
Número total de alelos: 17

Alelos por locus: 1.9

Número de alelos únicos: 2

Loci polimórficos: 9

Loci sin amplificar: 1



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.

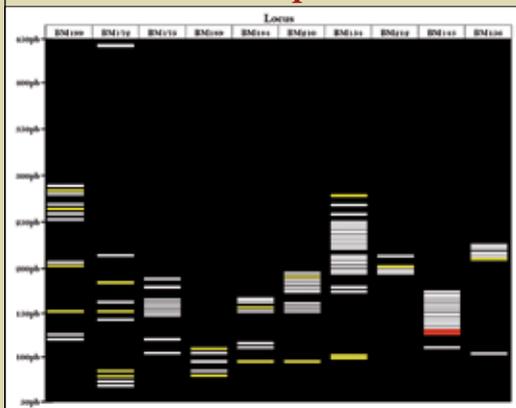


Ubicación geográfica de la accesión.

CP17



Genotipo



*Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta
accesión y los rojos son únicos en toda la colección.*



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Origen: Quebrada Honda, Madriz

Coordenadas: 013° 19.259'

086° 37.082'

Altura: 1393 msnm

Grupo: 5

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Crema

Color secundario de semillas:
Negro

Forma de semilla: Redonda

Peso de 100 semillas: 4.81 g

Características moleculares

Número total de alelos: 21

Alelos por locus: 2.3

Número de alelos únicos: 2

Loci polimórficos: 9

Loci sin amplificar: 1



CP18

Información general

Origen: Quebrada Honda, Madriz

Coordenadas: 013° 19.259'
086° 37.082'

Altura: 1393 msnm

Grupo: 5

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Café/
Crema

Color secundario de semillas:
Negro

Forma de semilla: Redonda

Peso de 100 semillas: 5.04 g

Características moleculares

Número total de alelos: 21

Alelos por locus: 2.1

Número de alelos únicos: 1

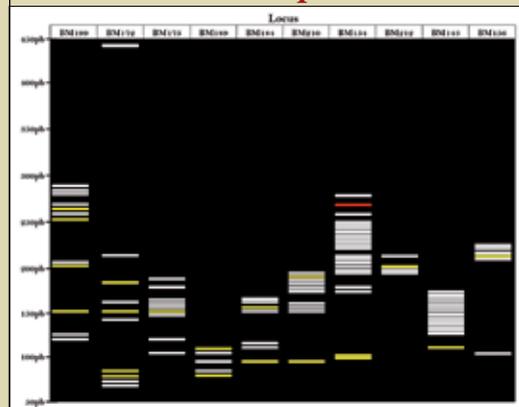
Loci polimórficos: 10

Loci sin amplificar: 0



cm

Genotipo



*Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta
acción y los rojos son únicos en toda la colección.*

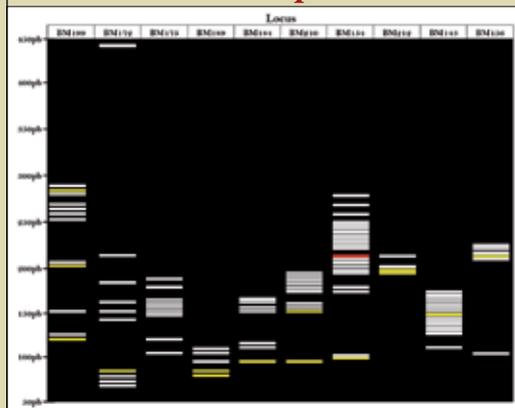


Ubicación geográfica de la acción.

CP19



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Origen: Quebrada Honda, Madriz

Coordenadas: 013° 19.259'

086° 37.082'

Altura: 1393 msnm

Grupo: 5

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Gris

Color secundario de semillas:
Negro

Forma de semilla: Redonda

Peso de 100 semillas: 4.16 g

Características moleculares

Número total de alelos: 15

Alelos por locus: 1.7

Número de alelos únicos: 1

Loci polimórficos: 9

Loci sin amplificar: 1



CP20

Información general

Origen: INTA, Estelí

Coordenadas: 013° 06.765'
086° 21.568'

Altura: 797 msnm

Grupo: 7

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Café/
Púrpura

Color secundario de semillas:
Negro

Forma de semilla: Redonda

Peso de 100 semillas: 1.74 g

Características moleculares

Número total de alelos: 7

Alelos por locus: 1.4

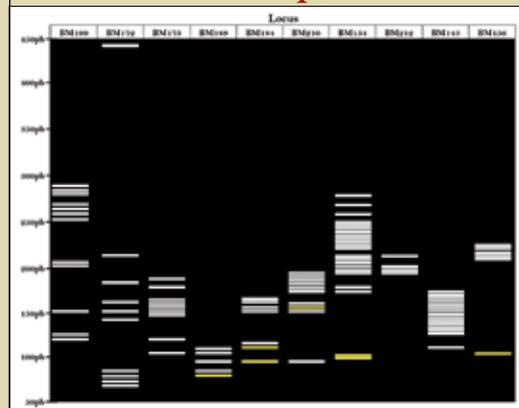
Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 5

Loci sin amplificar: 5



Genotipo



*Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta
accesión y los rojos son únicos en toda la colección.*

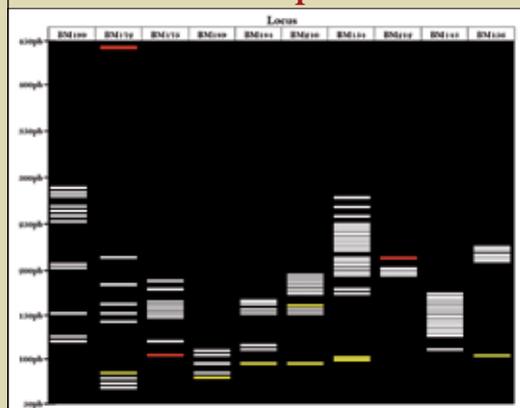


Ubicación geográfica de la accesión.

CP21



Genotipo



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

Información general

Origen: INTA, Estelí

Coordenadas: 013° 06.765'
086° 21.568'

Altura: 797 msnm

Grupo: 7

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Café/
Negro

Color secundario de semillas:
Negro

Forma de semilla: Ariñonada

Peso de 100 semillas: 2.05 g

Características moleculares

Número total de alelos: 11

Alelos por locus: 1.4

Número de alelos únicos: 3

Loci polimórficos: 8

Loci sin amplificar: 2



CP22

Información general

Origen: INTA, Estelí

Coordenadas: 013° 06.765'
086° 21.568'

Altura: 797 msnm

Grupo: 7

Tipo de material: Silvestre

Características morfológicas

Color primario de semillas: Café/
Purpura

Color secundario de semillas:
Negro

Forma de semilla: Ariñonada

Peso de 100 semillas: 0.89 g

Características moleculares

Número total de alelos: 7

Alelos por locus: 1.2

Número de alelos únicos: 0

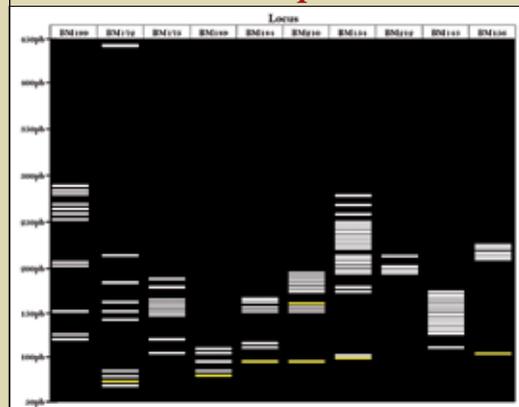
Loci polimórficos: 6

Loci sin amplificar: 4



cm

Genotipo



*Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta
accesión y los rojos son únicos en toda la colección.*



Ubicación geográfica de la accesión.

CP15

Información general

Origen: San José de Cusmapa, Madriz

Coordenadas: 013° 18.573'

086° 38.353'

Altura: 1225 msnm

Grupo: 6

Tipo de material: Silvestre

Características moleculares

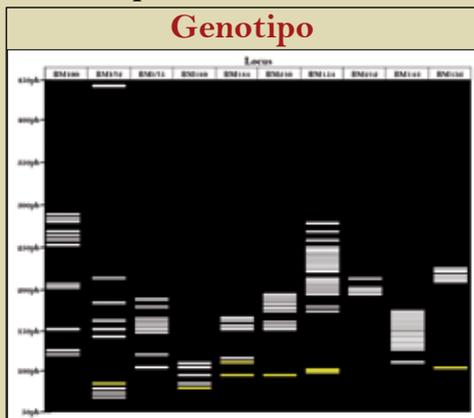
Número total de alelos: 8

Alelos por locus: 1.3

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 6

Loci sin amplificar: 4



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

CP23

Información general

Origen: INTA, Estelí

Coordenadas: 013° 06.765'

086° 21.568'

Altura: 797 msnm

Grupo: 7

Tipo de material: Silvestre

Características moleculares

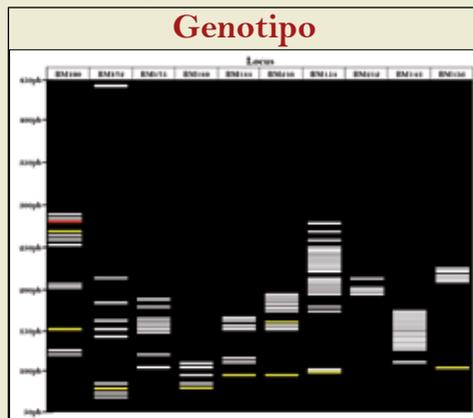
Número total de alelos: 10

Alelos por locus: 1.4

Número de alelos únicos: 1

Loci polimórficos: 7

Loci sin amplificar: 3



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

CP3

Información general

Origen: Quebrada Honda, Madriz

Coordenadas: 013° 19.326'
086° 37.173'

Altura: 1365 msnm

Grupo: 5

Tipo de material: Silvestre

Características moleculares

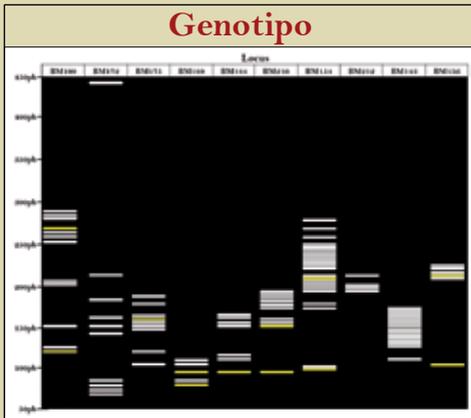
Número total de alelos: 12

Alelos por locus: 1.7

Número de alelos únicos: 0

Loci polimórficos: 7

Loci sin amplificar: 3



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

CP9

Información general

Origen: Quebrada Honda, Madriz

Coordenadas: 013° 19.492'
086° 37.269'

Altura: 1409 msnm

Grupo: 5

Tipo de material: Silvestre

Características moleculares

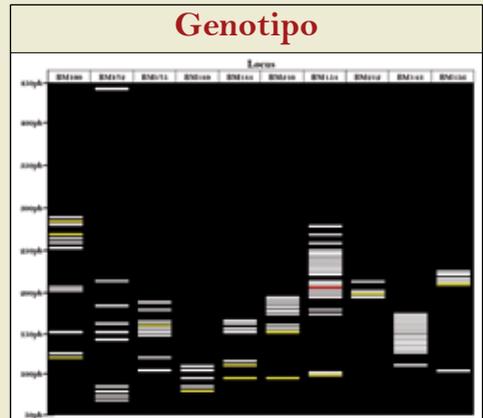
Número total de alelos: 13

Alelos por locus: 1.6

Número de alelos únicos: 1

Loci polimórficos: 8

Loci sin amplificar: 2



Nota: Alelos coloreados en amarillo están presentes en esta accesión y los rojos son únicos en toda la colección.



Ubicación geográfica de la accesión.

6. Conclusiones

En el presente catálogo se muestran las principales características moleculares y fenotípicas de una colección de 45 materiales criollos y acriollados de frijol común rojo y parientes silvestres presentes en Nicaragua. A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que existe una alta diversidad genética en las accesiones analizadas, mostrando una clara diferenciación de los materiales criollos y acriollados con respecto a sus contrapartes silvestres.

Por otro lado, la alta presencia de alelos únicos para una población específica demuestra la importancia de priorizar y conservar esas poblaciones que podrían ser en un futuro fuentes de genes importantes en programas de fitomejoramiento. Es sumamente clave integrar estrategias de conservación *in situ* y *ex situ* a fin de garantizar la conservación de germoplasma valioso para mitigar posibles pérdidas por erosión genética ocasionadas por el cambio climático, las actividades productivas y el crecimiento poblacional.

7. Agradecimientos

Se agradece a los productores y productoras que contribuyeron con muestras de semillas. Al personal de Semillas de las diferentes oficinas del INTA localizadas en las zonas de influencia del proyecto PAPSSAN. Al Ing. Miguel Obando por sus aportes al presente documento y al estudiante del Plan Comunal Universitario Freddy M. González Madrigal por su valiosa colaboración durante el trabajo de laboratorio. Finalmente se agradece al programa NIFAPRO (Nicaragua-Finland Agrobiotechnology Programme) por el apoyo económico para la confirmación de los datos genotípicos.

8. Glosario

Accesión: Muestra de semillas que se mantiene en un banco de germoplasma para su conservación y utilización.

Acriollado: Variedad o material genético cuyo mantenimiento varietal no se ha realizado en 20 años y que ha estado en uso continuo por parte de los productores.

ADN: Acido desoxiribonucleico.

Alelo: Es cada una de las formas alternativas de un gen.

Criollo: Material genético muy adaptado a un ambiente específico y cuyas características genéticas son el efecto de la selección natural y la realizada por los agricultores a través de generaciones.

Germoplasma: Es el conjunto de alelos que se transmiten por la reproducción a la siguiente generación por medio de gametos o células reproductoras. El concepto de germoplasma se utiliza también para designar a la diversidad genética de las especies cultivadas y silvestres conocido también como recursos fitogenéticos.

Grupo de ligamiento: Esta conformado por todos los loci ubicados en el mismo cromosoma y en proximidad por lo que tienden a heredarse juntos.

Loci: Plural de locus.

Locus: Es la ubicación específica de un gen o una secuencia de ADN o posición en un cromosoma.

Marcador molecular: Es un segmento de ADN con una ubicación física identificable (locus) en un cromosoma y cuya herencia se puede rastrear.

Pariente silvestre: Son especies de las que fueron seleccionadas las plantas cultivadas actuales y que son considerados sus ancestros.

PCR: Polymerase chain reaction (Reacción en cadena de la polimerasa).

Población: Es un conjunto de individuos que tienen muchas características en común, ocupan un lugar determinado y que son capaces de reproducirse.

9. Referencias

- CIAT. 2013. MOLPHAS: Phaseolus molecular diversity database. CIAT, Cali, Colombia. Database available at: <http://isa.ciat.cgiar.org/molphas/> (last accessed on October 31, 2013).
- Gaitán, E., Duque, M.C., Edwards, K.J. and Tohme, J. 2002. Microsatellite repeats in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): Isolation, characterization, and cross-species amplification in *Phaseolus* spp. *Crop Science* 42: 2128-2136.
- IICA. 2011. Catálogo de frijoles criollos rojo seda de las Segovias, Nicaragua: caracterización molecular y morfoagronómica. IICA/Red SICTA, Cooperación Suiza en América Central. Managua, Nicaragua, 108p.
- INTA. 2013. Manual práctico para el manejo de germoplasma de granos básicos. Managua, Nicaragua. 58p.
- ISTA. 2004. International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology, Geneva, Switzerland.
- Jiménez O.R. 2009. Genetic purity of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'INTA ROJO') during seed production in Nicaragua. Master's thesis. University of Helsinki, Finland.
- Miller M.P. 1997. Tools for population genetic analyses (TFPGA): A Windows® program for the analysis of allozyme and molecular population genetic data version 1.3. Software manual, 30p.
- Muñoz G., Guiraldo G. y Fernández de Soto J. 1993. Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz y sorgo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Publicación N°. 177. Cali Colombia.
- Rogers J.S. 1972. Measures of genetic similarity and genetic distance. p. 145-154 in "Studies in Genetics VII". University of Texas Publication no. 7213, Austin.
- Tamura K., Peterson D., Peterson N., Stecher G., Nei M. and Kumar S. 2011. MEGA5: molecular evolutionary genetics analysis using likelihood, distance, and parsimony methods. *Molecular Biology and Evolution* 28: 2731-2739.



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!

INTA

Instituto Nicaragüense de
Tecnología Agropecuaria

Delegaciones departamentales del INTA

Delegación Departamental de Tecnología Agropecuaria MASAYA

Restaurante La Torre 1/2 al oeste
Contiguo a la cancha, Masatepe, Masaya
Teléfono: 2252-3251

Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA)

Programa de Semilla y Agrobiotecnología 8335-4218
Programa de MIC 8335-4219
Dirección INTA-CNIA 8335-5800

Delegación Departamental de Tecnología Agropecuaria Chinandega

Empalme de Posoltega 2 km
hacia Posoltega, Chinandega
Teléfono: 2311-5446

Delegación Departamental de Tecnología Agropecuaria Chontales

Profamilia 1 c. al oeste
Juigalpa, Chontales
Teléfono: 2512-2149 / 2512-1935 / 2512-0754

Delegación Departamental de Tecnología Agropecuaria Estelí

Salida Norte, Carretera Panamericana, km 151, Estelí
Teléfono: 2713-2047 / 2713 - 6003 Fax: 2713-6002

Delegación de Tecnología Agropecuaria (RAAN)

Delegación Municipal de Tecnología Agropecuaria Waspán
Teléfono: 8832-2999

Delegación Departamental de Tecnología Agropecuaria Matagalpa

Citibank 2c. al este
Teléfono: 2772-6575 Fax: 2772-2255

Delegación Municipal de Tecnología Agropecuaria Siuna
Frente al Movimiento Paula Mendoza Vega,
Bo. Sol de Libertad
Teléfono: 2794-2245 / 8412-0829

INTA Central Centro de Documentación

Contiguo a la Estación 5 Policía Nacional,
Managua Nicaragua
Apartado postal A-1247
Teléfono: 2278-0471 / 2278-0373

Delegación de Tecnología Agropecuaria (RAAS)

Delegación Municipal de Tecnología Agropecuaria Bluefields
Planta baja de INPESCA, contiguo al Muelle del Yate.

Delegación Municipal de Tecnología Agropecuaria
La Cruz de Río Grande
Teléfono: 8403-0351

Escríbanos: oaip@inta.gob.ni
Búsquenos: www.inta.gob.ni
Véanos en  YouTube
Hazte Fans en  f
Síguenos en  t



Visítenos: Contiguo a la Estación V
de la Policía Nacional, Managua
Telf.: 2278-0471
2278-0373

INTA
20
años

Banco de germoplasma de frijol **fuentes de genes para programas de fitomejoramiento**



REPÚBLICA DE NICARAGUA



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
al Pueblo, Presidente!

INTA
Instituto Nicaragüense de
Tecnología Agropecuaria



UNIÓN EUROPEA

«La presente publicación ha sido elaborada con la asistencia de la Unión Europea. El contenido es responsabilidad exclusiva del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y en ningún caso debe considerarse que refleja los puntos de vista de la Unión Europea».

Proyecto "Apoyo a la Producción de Semilla de
Granos Básicos para la Seguridad Alimentaria de Nicaragua"
(PAPSSAN) DCI-FOOD/2009/021-586

La reproducción de este documento es financiado por la Unión Europea.

☺ Semillas para la Vida
Proyecto PAPSSAN