

Caracterización genética y productiva de variedades criollas de frijol cultivadas en Durango, México

Genetic and productive characterization of landrace cultivars grown in Durango, Mexico

Saúl Santana-Espinoza¹, Donaji Sierra-Zurita¹, Rigoberto Rosales-Serna^{1*}, Julio César Ríos-Saucedo¹

¹INIFAP - Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170.

*Autor para correspondencia: rosales.rigoberto@inifap.gob.mx

RESUMEN

La conservación y uso de la diversidad genética son actividades importantes en frijol (*Phaseolus vulgaris*), cultivo fundamental para la economía, nutrición y salud en México. El objetivo fue caracterizar la diversidad genética y productividad de variedades criollas de frijol cultivadas en Durango. En diferentes sitios, se colectaron 26 variedades criollas en sitios de acopio y comercialización de frijol. La caracterización se realizó con base en atributos de la semilla, fenología y reacción a enfermedades. Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva y análisis de componentes principales (ACP) y de clúster. Las clases comerciales con frecuencia más alta fueron: bayo y pinto. El frijol bayo mostró el número más alto de variedades y denominaciones; mientras que, el pinto presentó más frecuencia en sitios de colecta. Los sitios con diversidad alta estuvieron alejados de la zona principal de cultivo y la persistencia varietal se asoció con niveles altos de rendimiento y tolerancia a factores adversos. El color secundario de la testa y el peso y anchura del grano mostraron niveles altos en la explicación de la varianza. Se observó agrupamiento de las variedades con separación clara entre el germoplasma de las razas Durango y Jalisco. Las variedades de grano pinto fueron precoces a floración y la mayoría del germoplasma criollo mostró síntomas de enfermedades (antracnosis y bacteriosis común). La morfología de la semilla contribuyó en el estudio de la diversidad en variedades criollas de frijol. La fenología y reacción a enfermedades complementaron la diferenciación entre los grupos varietales.

Palabras clave: Calidad, conservación, *Phaseolus*, productividad., sostenibilidad,

ABSTRACT

The conservation and use of genetic diversity are important activities in common bean (*Phaseolus vulgaris*), considered as a fundamental crop for the economy, nutrition, and the health of the population in México. The objective was to characterize the genetic diversity and productivity of common bean landrace cultivars grown in Durango, México. In different sites, twenty-six landrace cultivars were collected at common bean storage and marketing sites. The characterization was carried out based on seed attributes, phenology, and disease reaction. The data obtained were analyzed using descriptive statistics, principal component analysis (PCA) and cluster analysis. The commercial classes showing the highest frequency were: bayo and pinto. Bayo beans also showed the highest number of varieties and denominations, while the pinto was the more frequent commercial class across collection sites. High diversity sites were located outside of the main common bean cultivation area where varietal persistence was associated to higher levels for yield and tolerance to adverse factors. The secondary color of the seed coat and the grain weight and width showed the highest level in the explanation of the observed variance. Cultivar groups showed clear separation between the germplasm of the Durango and Jalisco genetic races. The pinto cultivars showed the earliest flowering and most of the landraces showed high levels for disease symptoms (anthracnose and bacterial blight). Seed morphology partially contributed to the study of diversity in landrace common bean cultivars. Phenology and disease reaction complemented the differentiation between varietal groups.



Keywords: Quality, conservation, *Phaseolus*, productivity, sustainability.

INTRODUCCIÓN

La región de “Los Llanos” es la principal área productora de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el estado de Durango, donde se cuenta con germoplasma de tipo endémico e introducido de la especie. Algunas de las variedades criollas, cultivadas desde la década de los 40, persisten en siembras comerciales de esta entidad (Debouck, 1979; Cárdenas et al., 1996; Rosales et al., 2009), aunque en las últimas décadas se ha observado menor frecuencia de este tipo de germoplasma, debido al éxito productivo y comercial de las variedades mejoradas Pinto Villa, Pinto Saltillo y Pinto Centauro. Con información proporcionada por una empresa comercializadora de granos y semillas, se estableció que en 2019 la distribución de semilla a los productores de la región de “Los Llanos” fue: 60% para Pinto Saltillo (mejorada), 30% para Negro San Luis (criolla) y 10% para Pinto Centauro (mejorada). El avance de la superficie sembrada con variedades mejoradas de frijol, causó pérdida de diversidad genética en Durango y otros estados del Altiplano Semiárido de México. Por ello, es cada vez menos frecuente observar variedades criollas tradicionales, como es el caso de pinto nacional, negro bola (Negro San Luis), bayo rata, bayo blanco, canario (garbancillo) y ojo de cabra, que fueron cultivadas durante décadas por los productores locales. Con base en lo anterior, se decidió evaluar el estado actual de la diversidad genética que se maneja en siembras comerciales de frijol, especialmente en la región de “Los Llanos”, que es la zona más importante para la producción de esta leguminosa en Durango.

La colecta, caracterización y uso eficiente del germoplasma de frijol representan una necesidad para la conservación de la agrobiodiversidad. Además, se podrá avanzar en la evolución del frijol como especie; al mismo tiempo que, se incrementa el rendimiento y sostenibilidad de la producción de alimentos en Durango. Se han realizado diferentes fases de colecta de materiales silvestres, intermedios, criollos y mejorados de frijol (Debouck, 1979), lo que favoreció la conservación de la diversidad de frijol en diferentes Bancos de Germoplasma nacionales e internacionales

(Cárdenas et al., 1996; Bellon et al., 2009; Miranda et al., 2021). Además, los productores, comerciantes y consumidores han conservado algunas variedades criollas de frijol debido a que consideran que tienen niveles altos de adaptación local, tolerancia a factores adversos y producen grano con calidad alta para la cocción y sabor, al momento de su consumo (Gill et al., 2008 a y b; Santana et al., 2022 a y b).

Las variedades criollas de frijol son consideradas como fuentes de genes para el mejoramiento genético de la especie y entre ellas sobresalen: Pinto Nacional, bayo rata, Negro San Luis, Flor de Mayo Media Oreja, canario, Querétaro (Río Grande) y ojo de cabra. Una cantidad considerable de la diversidad genética del frijol común se encuentra bajo resguardo de los bancos de germoplasma del INIFAP, en los Campos Experimentales del Valle de México (CEVAMEX) y Zacatecas (CEZAC); así como, en el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG). A pesar de los esfuerzos para la representación adecuada de la diversidad genética de frijol, la selección e hibridación, natural y artificial, generan nuevos recombinantes que hacen necesaria la actualización constante de los niveles de variabilidad contenida en los Bancos de Germoplasma.

La caracterización del germoplasma de frijol es una actividad importante para facilitar su uso en los programas de mejoramiento genético de la especie. Se han establecido diferentes métodos para caracterizar el germoplasma de frijol, los cuales son de tipo morfológico (SNICS, 2017) y molecular (Gyang et al., 2017). La caracterización morfo-agronómica es la más factible de realizar por la facilidad de su implementación, ya que no requiere de equipo e insumos especiales. La caracterización morfo-agronómica incluye la evaluación de atributos de la semilla (Rosales et al., 2003), la cual puede ayudar en la determinación de la diversidad genética del frijol común. El objetivo de este estudio fue evaluar la persistencia y diversidad genética en germoplasma criollo de frijol cultivado actualmente en Durango, México.



MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Entre abril y mayo de 2022, se realizaron recorridos de colecta en sitios clave para el acopio, almacenamiento y comercialización de grano del frijol producido en ocho municipios del estado de Durango. Los municipios incluidos en el estudio fueron: Guadalupe Victoria, Pánuco de Coronado, Cuencamé, Durango, San Juan de Guadalupe, Santa Clara, Canatlán y Nombre de Dios. Se visitaron acopiadores y productores de grano de frijol en las localidades de Guadalupe Victoria, Francisco I. Madero, Ignacio Allende, Ramón Corona, San Bernardino de Milpillan, San Juan de Guadalupe, Santa Clara, Canatlán y Nombre de Dios. Se dio preferencia a la recolección de variedades criollas y se contó con la ayuda de personal especializado para descartar las variedades mejoradas que se detectaron en todos los centros de acopio, como fueron Pinto Saltillo, Negro San Luis y Pinto Centauro.

Manejo de muestras

Las muestras de semilla obtenidas de forma aleatoria, en los costales de cada variedad, mostraron variación en el peso con un intervalo entre tres y cinco kilogramos. El grano se limpió manualmente, para eliminar la materia inerte (piedras, terrones, paja) y semillas con daños que limitaban de forma evidente su viabilidad. Las muestras se almacenaron en bolsas de polietileno a temperatura ambiente hasta su caracterización, siembra y envío para resguardo en bancos de germoplasma.

Información obtenida

Se obtuvo información sobre la localidad de recolección de las variedades criollas, en la que se incluyó la fecha, sitio de colecta, nombre del acopiador rural y denominación local de la variedad.

Caracterización varietal

Se utilizó un grupo de 26 variedades, las cuales fueron caracterizadas mediante los atributos, medidos de forma continua y discreta, de la semilla. Dichos atributos están incluidos en la guía técnica para la descripción varietal de germoplasma de frijol

(SNICS, 2017). En 2022 (01 de julio), se sembraron las variedades en el CE Valle del Guadiana (INIFAP), para evaluar el número de días a floración y la reacción a la infestación natural de las enfermedades más comunes en Durango. Se utilizó un diseño en látice rectangular (6 x5) y la parcela experimental constó de dos surcos de 5 m, separados 0.81 m y dos repeticiones.

El número de días a floración se registró cuando más del 50% de las plantas de cada parcela mostró al menos una flor abierta (CIAT, 1987). La reacción a enfermedades se evaluó con base en la escala 1 a 9, con niveles de tolerancia (1 a 3), susceptibilidad intermedia (4 a 6) y susceptibilidad (7 a 9).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva (frecuencias y promedios) y algunos se utilizaron para el estudio de la diversidad genética, mediante el análisis de componentes principales (ACP) y clúster. El análisis de clúster incluyó la obtención de un dendrograma generado mediante el cálculo de distancias Euclídeas entre variedades criollas, se tomó como base el método UPGMA (Unweighted Pair Grouping with Arithmetic Averages) y el gráfico del clúster se generó con el método Ward. Todos los análisis se realizaron con el apoyo del programa de cómputo R ver. 2.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron 26 variedades criollas de frijol, recolectadas en seis sitios ubicados en diferentes municipios del estado de Durango (Cuadro 1). Las clases comerciales con más frecuencia en el germoplasma criollo colectado fueron el frijol bayo, pinto y flor de mayo. La clase comercial con el número más alto de nombres locales fue el bayo, del cual se registraron cuatro denominaciones (bayo, bayito, bayo blanco y bayo grueso) para la diferenciación de variedades. Otras clases como el canario, muestran confusión debido a que en otras entidades de México se conoce como garbancillo. Existe también, la variedad Río Grande que se conoce como Querétaro y bayo Río Grande; o la clase sangre de toro que, en algunos sitios se conoce como morado de agua. En la zona serrana de Durango, se colectó una variedad conocida

localmente como borroso, aunque en los mercados nacionales se denomina como rebocero.

Se pudo detectar diversidad genética y variaciones en la nomenclatura del germoplasma de frijol cultivado en el estado de Durango, a pesar de la predominancia general de las variedades mejoradas Pinto Saltillo, Pinto Villa, Pinto Centauro y las variedades criollas Negro San Luis, Negro Querétaro y Flor de Mayo Media Oreja. La clase comercial pinto fue la que mostró más frecuencia de sitios de colecta (cuatro) y diversidad genética, debido a que se pudieron detectar Pinto Nacional y Pinto Mexicano (semillas redondas y fondo gris). Otras clases comerciales con frecuencia alta (tres sitios) fueron bayo y flor de mayo, las cuales también mostraron diversidad y en el caso de las variedades de grano bayo son conocidas localmente como bayito, bayo blanco y bayo grueso.

Cuadro 1. Clases comerciales y frecuencia de recolecta de germoplasma criollo de frijol en Durango. 2022.

Clase Comercial	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa (%)	Sitios de Colecta
Bayo (Bayito, B. Blanco, B. Grueso)	7	26.9	*SJG, RC, SC
Blanquito	2	7.7	SC
Borroso	1	3.8	SBM
(Rebocero)			
Canario	2	7.7	GV, SBM
(Canario, Garbancillo)			
Sangre de Toro	2	7.7	SBM, IA
(morado)			
Flor de Mayo	3	11.6	SC, SBM, GV
Negro Brillante	1	3.8	SC
Ojo de Cabra	1	3.8	SJG
Ojo de Pato	1	3.8	GV
Pinto	4	15.5	SC, SJG, GV, IA
Querétaro (Río Grande)	2	7.7	GV, IA
Total	26	100	

*SJG = San Juan de Guadalupe (Siete Zacates), RC = Ramón Corona, SC= Santa Clara, SBM= San Bernardino de Milpillan, GV= Guadalupe Victoria e IA = Ignacio Allende.

Los sitios con mayor diversidad morfológica y genética de frijol estuvieron alejados de la zona principal de cultivo (Los Llanos de Durango) y entre éstos, sobresalió la localidad de Santa Clara con cinco clases (bayo, blanquito, flor de mayo, negro brillante y pinto). Otra localidad sobresaliente fue San Bernardino de Milpillan, ubicado en la zona serrana del municipio de Durango, donde se colectó frijol borroso (rebocero), canario (garbancillo), sangre de toro (morado), flor de mayo y otra especie conocida como frijol cualima, que pertenece al género *Vigna*.

Se observó avance considerable en la adopción de las variedades mejoradas de frijol, principalmente Pinto Saltillo, que ocupa buena parte de la superficie cultivada actualmente con frijol en Durango (>80%) y en 2021 alcanzó 172 mil ha (SIAP, 2022). Otras variedades comunes en las áreas de cultivo, centros de acopio y mercados fueron Negro Bola (Negro San Luis), Negro Querétaro (mejorada) y Flor de Mayo Media Oreja, las cuales provienen principalmente de material criollo, principalmente de la raza Jalisco (Singh et al., 1991), cultivado en el Altiplano Semiárido de México. A pesar del incremento en el uso de las variedades mejoradas se observó persistencia de los materiales criollos tradicionales y los comentarios de las personas que las conservan fueron que, tienen rendimiento alto y adaptación a las condiciones locales de cultivo.

Además, producen algo de grano en condiciones adversas, en años “buenos” pueden producir cosecha abundante (> 1.5 t/ha) y algunas personas consideran que tienen mejor sabor del grano cocido, con respecto a Pinto Saltillo y otras variedades mejoradas. Los resultados concuerdan con lo obtenidos en otros estudios estatales, en los que se demostró que se conserva la diversidad genética en frijol, aunque se redujo considerablemente la superficie sembrada con algunas variedades criollas y se incrementó la dedicada a las mejoradas, como fue el caso de Jamapa (Lagunes et al., 2008). Las características como sabor, calidad de cocción, estabilidad de rendimiento, más que el rendimiento *per se* y adaptabilidad local, son atributos importantes que llevan a los agricultores de recursos escasos a conservar sus variedades criollas, manteniendo la riqueza genética de sus cultivos agrícolas (Lagunes et al., 2008).

El ACP de las variables relacionadas con atributos morfológicos de la semilla mostró niveles bajos de explicación de la varianza, por lo que se requirieron siete componentes principales (CP7), para alcanzar

un nivel superior a 90% (Cuadro 2). Lo anterior, difirió de lo observado en otros estudios con frijol en los cuales se requirieron únicamente dos componentes principales para explicar 84% de la variación total observada, debido principalmente al uso de variables continuas (cuantitativas) de la semilla y el nivel mayor de variación, por la amplitud del área geográfica estudiada (Espinosa et al., 2015). En el CP1, el color secundario de la testa mostró el nivel más alto de explicación de la varianza (>15%), seguido por el tipo de grano e intensidad del color de la semilla (>10%). Para el CP2, se observó que el peso y anchura del grano (>20%), mostraron nivel alto para la explicación de la varianza. La respuesta observada pudo haber sido influenciada por la inclusión de variables discretas y continuas en el mismo análisis.

Cuadro 2. Importancia de los componentes obtenidos en el estudio de caracteres de la semilla de variedades criollas de frijol cultivadas en Durango.

Componente	Desviación Estándar	Proporción de Varianza (%)	Proporción Acumulada (%)
¹ CP1	2.3	32.4	32.4
CP2	2.0	22.7	55.1
CP3	1.7	17.6	72.7
CP4	1.1	7.3	80.0
CP5	0.9	5.1	85.1
CP6	0.9	4.6	89.7
CP7	0.7	3.2	92.9

¹CP= componente principal.

En el primer cuadrante (I) se agruparon principalmente variables relacionadas con el color del grano (Figura 1), el segundo (II) incluyó las variables morfológicas como grado de curvatura del grano, anchura clasificada en forma discreta y la intensidad del color secundario. Este grupo tuvo continuidad en el cuadrante III, por la relación con otras variables relacionadas con la apariencia del grano. En el mismo cuadrante III y en el cuadrante IV se observó un grupo de variables relacionadas con las dimensiones de la semilla evaluadas de forma cuantitativa, especialmente longitud, anchura y peso del grano. Por último, en el cuadrante IV se observaron dos variables que muestran el brillo de la testa y calificación discreta de la longitud de la semilla. El color secundario del grano y el tamaño de la semilla fueron características importantes en la diferenciación de las variedades de frijol incluidas en el estudio.

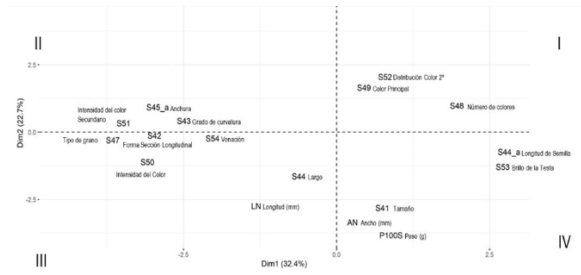


Figura 1. Agrupamiento con base en dos componentes principales de variables evaluadas en germoplasma criollo de frijol cultivado en Durango.

Se observó que uno de los grupos de variedades más cercanas entre sí, fue el frijol bayo, colectado en diferentes sitios de la región de “Los Llanos” y áreas aledañas (Figura 2). Entre estas variedades, se empezó a diferenciar la variedad conocida localmente como bayo blanco y en un nivel más alto se separó el bayo grueso. Otro grupo cercano fueron las variedades conocidas como garbancillo, canario y Querétaro, con grano crema-beige de tamaño pequeño, que puede provenir de la recombinación genética entre el germoplasma de las razas Durango y Jalisco. Lo anterior, debido a que dichos materiales muestran crecimiento exuberante, potencial alto de rendimiento y son tardíos (>115 días a madurez), que son características distintivas del frijol de la raza Jalisco. Otras variedades similares a dichos materiales fueron los de grano blanco pequeño, conocido como blanquito o güerito, que tienen tamaño y patrones de venación en la testa parecidos al frijol canario.

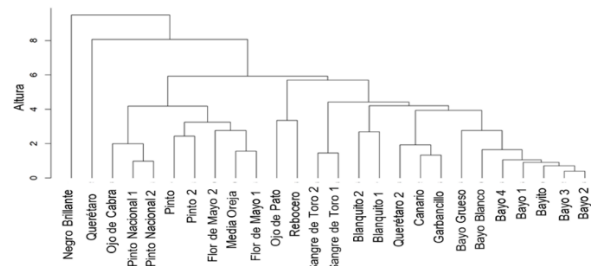


Figura 2. Dendrograma de variedades criollas cultivadas en Durango.



La distancia más avanzada hacia el germoplasma de la raza Jalisco, lo representaron las variedades con grano de la clase comercial sangre de toro, con testa de color morado. De la misma forma, las variedades rebocero y ojo de pato, resultaron similares a estas variedades, aunque por su coloración estuvieron más cercanas al grupo de variedades de granos con más de un color en la testa del grano, como son las clases comerciales flor de mayo, pinto y ojo de cabra. En ese grupo se observó la separación entre el germoplasma de la raza Durango (pinto y ojo de cabra) y las de la raza Jalisco (flor de mayo), con dos variedades recombinantes con grano pinto cercanas genéticamente a la raza Jalisco.

Las variedades con nivel más alto de diferenciación fueron Querétaro y aún más lejana, se encontró una variedad de grano brillante, la cual mostró heterogeneidad del grano, con algunos similares a Negro San Luis (Negro Bola). También, mostró granos arriñonados, posiblemente derivados de la recombinación genética con materiales de grano pinto; así como, de la mezcla mecánica con otras variedades de grano negro (Negro Querétaro) sembradas en algunas áreas de Durango. La variedad Querétaro (Río Grande), mostró granos con color crema y amarillo claro, por lo que debió agruparse con Querétaro 2, aunque ambas mostraron heterogeneidad y la separación se debió principalmente al grado en el que predominó la variedad original con grano beige, en relación con las semillas de grano del tipo garbancillo, conocido en Durango como canario. Los resultados mostraron que la morfología de la semilla contribuyó parcialmente en la diferenciación de las variedades criollas de frijol cultivadas en Durango; sin embargo, el uso de otros atributos morfo-agronómicos permitirá la evaluación integral de la diversidad genética de la especie.

Otros atributos importantes es el número de días a floración y reacción a las enfermedades que muestran las variedades criollas de frijol (Cuadro 3). Se observó que las variedades de grano pinto fueron precoces a floración, es decir florecieron en un número menor de días (46 días después de la siembra, DDS). Estas variedades fueron seguidas por los bayos, blanquito y rebocero (49 DDS). Los materiales más tardíos fueron los pertenecientes a la raza Jalisco, que alcanzaron 53 DDS para la floración, lo que corroboró los resultados obtenidos previamente (Rosales et al., 2001).

La reacción a enfermedades fue mayor en la variedad ojo de cabra, que presentó un nivel intermedio de susceptibilidad a antracnosis (5) y fue seguido por canario y sangre de toro, con síntomas moderados de la enfermedad (4). La variedad Pinto Saltillo mostró ausencia de síntomas de antracnosis, debido principalmente a los genes de resistencia presentes en el germoplasma mejorado de frijol (Sánchez et al., 2004). Otra variedad que mostró ausencia de síntomas de antracnosis fue Rebocero, la cual debe someterse a pruebas de inoculación para corroborar su respuesta al patógeno. Todas las variedades mostraron ausencia de síntomas de roya, debido a la falta de incidencia del patógeno causante de la enfermedad; así como, de las condiciones necesarias para su crecimiento y desarrollo. Para el caso del tizón común, todas las variedades, criollas y mejoradas, mostraron susceptibilidad intermedia (5) a síntomas intensos (7) de la enfermedad, debido a la falta de genes de resistencia confiables para el control del patógeno mediante el mejoramiento genético. Se ha demostrado diversidad alta de la bacteria *Xanthomonas campestris* (Syn. *axonopodis*) pv. *phaseoli* en las áreas productoras (Navarrete y Acosta, 2005), la cual ha co-evolucionado de manera conjunta con el frijol y esto dificulta la identificación de genes de resistencia y el uso de éstos para el mejoramiento genético de la especie.

Cuadro 3. Evaluación de días a floración y reacción a enfermedades en condiciones de campo para el germoplasma criollo de frijol colectado en Durango.

Clase Comercial	1 ^o DF	Reacción a:		
		A	R	B
Bayo (Blanco, Grueso) (210)	49	3	1	5
Blanquito (2)	49	3	1	6
Borroso	49	1	1	6
(Rebocero) (1)				
Canario (1)	52	4	1	6
Sangre de Toro (2)	53	4	1	6
Flor de Mayo (4)	53	2	1	5
Negro Brillante (2)	53	2	1	6
Ojo de Cabra (1)	50	5	1	7
Ojo de Pato (1)	53	2	1	6
Pinto (5)	46	2	1	6
Garbancillo (1)	52	2	1	6
Pinto Saltillo (1)	50	1	1	6
Negro San Luis (1)	53	2	1	6

¹DF = Días a floración, A= antracnosis, R= roya y B= bacteriosis común;
²número de variedades presentes en cada clase comercial.



CONCLUSIONES

Las variedades criollas que persisten en siembras comerciales en Durango mostraron variabilidad natural en color, tamaño y otras características de la semilla; así como fenológicas y reacción a los patógenos, que fue consistente con su origen genético y resultados del manejo inadecuado de la producción de semilla. El uso de características morfológicas de la semilla permitió la separación parcial de grupos de variedades similares en el germoplasma criollo de Durango.

LITERATURA CITADA

- Bellon, M. R., A. F. Barrientos P., P. Colunga G. M., H. Perales, J. Reyes A., R. Rosales S., D. Zizumbo V. (2009). Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas. Capítulo 8. In: R. Dirzo, R. González, I. J. March (comps.). Capital Natural de México Volumen II. Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México. p. 355-382.
- Cárdenas R., F. A., J. S. Muruaga M. y J. A. Acosta G. (1996). Catálogo: Banco de germoplasma de *Phaseolus* spp del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. INIFAP-CONABIO. Campo Experimental Toluca. Zinacancatepec, Edo. de Méx. México. 421 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). (1987). Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. In: A. van Shoonhoven y M. A. Pastor-Corrales (comps.). Cali, Colombia. 87 p.
- Debouck, D. G. (1979). Proyecto de recolección de germoplasma de *Phaseolus* en México CIAT-INIA, 1978-1979. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Palmira, Colombia. 149 p.
- Espinosa P., E. N., P. Ramírez V., M. M. Crosby G., J. A. Estrada G., B. Lucas F., y J. L. Chávez S. (2015). Clasificación de poblaciones nativas de frijol común del Centro-Sur de México por morfología de semilla. Revista Fitotecnica Mexicana 29(1): 29-38.
- Gill L., H. R., R. Rosales S., y N. Mayek P. (2008a). Caracterización morfoagronómica y molecular de variedades criollas de frijol del Altiplano de México. Memorias del Primer Congreso Internacional y Feria Nacional del Frijol 2008. Celaya, Gto. Méx. p. 139-140.
- Gill L., H. R., R. Rosales S., S. Hernández D., and N. Mayek P. (2008b). Morphological and molecular characterization of common bean landraces cultivated in semi-arid Mexican high plateau. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 49(4): 525-540.
- Gyang P. J., E. N. Nyaboga and E. K. Muge. (2017). Molecular characterization of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes using microsatellite markers. Journal of Advances in Biology & Biotechnology 13(2): 1-15. DOI:10.9734/JABB/2017/33519
- Lagunes E., L. del C., F. Gallardo L., H. Becerril H., y E. D. Bolaños A. (2008). Diversidad cultivada y sistema de manejo de *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata* en la región de La Chontalpa, Tabasco. Revista Chapingo Serie Horticultura 14(1): 13-21.
- Miranda, A., G. Tobar, C. Maldonado, M. Merida and M. Sørensen. (2021). Common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Biodiversity Online Journal 1(5): 1-4.
- Navarrete M., R., and J. A. Acosta G. (2005). Pathogenic diversity of *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* strains from Mexico. The Annual Report of the Bean Improvement Cooperative 48: 106-107.
- Rosales S., R., R. Ochoa M., y J. A. Acosta G. (2001). Fenología y rendimiento del frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperiodo. Agrociencia 35(5): 513-523.
- Rosales S., R., J. A. Acosta G., R. P. Durán D., H. Guillén A., P. Pérez H., G. Esquivel E., y J. S. Muruaga M. (2003). Diversidad genética del germoplasma mejorado de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. Agric. Téc. en Méx. 29(1): 11-24.
- Rosales, S. R., J. A. Acosta G., F. J. Ibarra P., E. I. Cuéllar R., y C. A. Nava B. (2009). Validación de líneas y variedades mejoradas de frijol en Durango. Publicación Especial Núm. 36. INIFAP-Campo Experimental Valle de Guadiana. Durango, Dgo., México. 84 p.
- Sánchez V., I., J. A. Acosta G., F. J. Ibarra P., R. Rosales S., and S. P. Singh. (2004). Registration of 'Pinto Saltillo' common bean. Crop Science 44(5): 1865-1866. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.1865a>



- Santana E., S., D. Sierra Z., y R. Rosales S. (2022a). SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). Consultado el 21 de julio de 2022 desde <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Santana E., S., D. Sierra Z., y R. Rosales S. (2022b). Diversidad genética en germoplasma criollo de frijol cultivado en diferentes municipios de Durango. Memoria de la XXXIV Semana Internacional de Agronomía. FAZ-UJED. Septiembre de 2022. Gómez Palacio, Dgo., México. pp. 336-341.
- Singh, S. P., P. Gepts, and D.G. Debouck. (1991). Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). Economic Botany 45: 379-396. DOI <https://doi.org/10.1007/BF02887079>
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). (2017). Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Guía técnica para la descripción varietal (2ª Edición 2017). SAGARPA-SNICS. CDMX, México. 41 p.