

# Caracteres fenológicos, morfológicos, y agronómicos de 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en su séptima generación en la búsqueda de genotipos promisorios a potencial de rendimiento, El Salvador

Characters phonological, morphological and agronomical 26 mutant lines (*Phaseolus vulgaris* L.) in its seventh generation in search of promising genotypes yield potential, El Salvador.

Fernández-López, OJ

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, El Salvador.  
Correo electrónico: josuefernandez8711@gmail.com

Artiga-Gil, DA

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, El Salvador.  
Correo electrónico: diegoartiga@hotmail.com

Alejo-Martínez, MH

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, El Salvador.  
Correo electrónico: alejomarvin\_hm@hotmail.com

Orellana-Núñez, MA

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, El Salvador.  
Correo electrónico: m\_orellan@yahoo.com

## Resumen

La investigación se desarrolló en Los Naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, en el periodo de noviembre 2014 a febrero 2015. Las mutaciones son un método de mejoramiento genético, se está buscando obtener mutantes de semillas por irradiación y esto es posible porque si se aplica adecuadamente cambia solamente ciertos aspectos de los caracteres genéticos de la planta. El objetivo fue evaluar los componentes fenológicos, morfológicos y agronómicos de líneas mutantes promisorias de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en su séptima generación, en la búsqueda de nuevos genotipos.

Las 26 líneas utilizadas provienen de un proceso en el que fueron sometidas a irradiación gamma para crear un cambio a nivel molecular, utilizando una sola variedad que fue 'Sangre de Toro' por lo que se derivan de un tipo particular pero hasta esta etapa se comportaron de una manera diferente.

Los factores en estudio fueron las 26 líneas mutantes en su séptima generación (M7) con su respectiva codificación (M09ST01, M09ST02, M09ST03, M09ST04, M09ST05, M09ST06, M09ST07, M09ST08, M09ST09, M09ST10, M09ST11, M09ST12, M09ST13, M09ST14, M09ST15, M09ST16, M09ST17, M09ST18, M09ST19, M09ST20, M09ST21, M09ST22, M09ST23, M09ST24, M09ST25, M09ST27 y el testigo Sangre de Toro T26). Con el propósito de estudiar y seleccionar líneas mutantes promisorias para obtener materiales relacionados a potencial de producción. Se tomaron datos cada semana, de las Variables fenológicas cuantitativas como: días a emergencia, días a prefloración, días a floración, días a fructificación, días a madurez fisiológica, y días a cosecha. Variables morfológicas cuantitativas: longitud de tallo principal, número de nudos, número de ramas, vainas por planta, longitud de vaina inmadura y a cosecha, semillas por vaina, tamaño de semilla. Variables morfológicas cualitativas: hábito de crecimiento, tipo de ramificación, color de flor, color de vaina en estado inmaduro, maduro y cosecha, perfil de la vaina, color y forma de semilla. Variables agronómicas cuantitativas: rendimiento ton/ha y Variables agronómicas cualitativas: resistencia a plagas y enfermedades. El ensayo se estableció bajo un diseño de bloques completamente al azar, cuatro bloques y 27 tratamientos en las que se tenían cuatro repeticiones del promedio de cinco plantas, esto debido a la limitancia de material genético; se realizó análisis de correspondencia simple y prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) con un nivel de significancia del 5%.

Los parámetros utilizados para las variables se midieron de acuerdo al descriptor varietal de frijol (Muñoz *et al.* 1993). Donde se estudiaron las variables más representativas.

Los resultados obtenidos dentro de los caracteres fenológicos, la línea mutante T9 (M09ST09) fue la que presentó mayor precocidad en todas las variables con respecto al testigo y demás líneas, así en cuanto a los caracteres morfológicos

cuantitativos, se encontró que el T20 (M09ST20) mostró los mejores resultados, y dentro de los caracteres agronómicos las líneas mutantes T20 (M09ST20) y T15 (M09ST15) presentaron los mayores potenciales de rendimientos con 4.71 ton/ha y 3.79 ton/ha respectivamente, en comparación con las demás líneas y el testigo.

**Palabras clave:** Líneas Mutantes, Irradiados, Frijol, Evaluación fenológica, Genotipos de Frijol.

## Abstract

The research was conducted in Los Naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, in the period November 2014 to February 2015. Mutations are a method of genetic improvement is seeking to obtain mutant seed irradiation and this is possible because if properly applied changes only certain aspects of the genetic characteristics of the plant. The objective was to evaluate the phenological, morphological and agronomic components promising mutant lines bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in its seventh generation in search of new genotypes.

The 26 lines used come from a process in which they were subjected to gamma irradiation to create change at the molecular level, using a single variety that was 'Sangre de Toro' so are derived from a particular type but until this stage behaved in a different way.

The factors under study were the 26 mutant lines in its seventh generation (M7) with their respective coding (M09ST01, M09ST02, M09ST03, M09ST04, M09ST05, M09ST06, M09ST07, M09ST08, M09ST09, M09ST10, M09ST11, M09ST12, M09ST13, M09ST14, M09ST15, M09ST16, M09ST17, M09ST18, M09ST19, M09ST20, M09ST21, M09ST22, M09ST23, M09ST24, M09ST25, M09ST27 and Blood witness Toro T26). In order to study and select promising mutant lines for production potential related materials. Data were taken every week, phenological quantitative variables such as emergency days, days before flowering, days to flowering, fruiting days, days to physiological maturity and days to harvest. Quantitative morphological variables: length of main stem, number of nodes, number of branches, pods per plant, pod length and harvest unripe seeds per pod, seed size. Qualitative morphological variables: growth habit, branching type, flower color, pod color immature, mature and harvest, profile pod, seed color and shape. Quantitative agronomic variables: yield ton / ha and qualitative agronomic variables: resistance to pests and diseases. The trial was conducted under a complete block design random, four blocks and 27 treatments in four repetitions of the average of five plants had, and this due to the limitancia of genetic material; simple correspondence analysis and testing Minimum Significant Difference (DMS) with a significance level of 5% was performed.

The parameters used for the variables were measured according to varietal bean descriptor (Munoz *et al.* 1993). Where the most representative variables were studied.

The results obtained within the phenological characters, the mutant line T9 (M09ST09) was the one that presented earlier age in all variables with respect to the control and other lines as well as to the quantitative morphological characters, it was found that the T20 (M09ST20) showed the best results, and within agronomic characters mutant lines T20 (M09ST20) and T15 (M09ST15) had the highest potential yield with 4.71 t / ha and 3.79 t / ha respectively, compared with other lines and witness.

**Key Words:** Mutants Lines Irradiated, Beans, Phenological Evaluation, Bean Genotypes.

## Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un componente esencial de la canasta básica familiar y de la dieta diaria para la mayoría de población salvadoreña; por ser una fuente económica de proteínas con un promedio de 22%. En nuestro país el consumo de proteínas alcanza 52.4 g por persona por día, de las cuales se estima que 4.2 g son provenientes de frijol, por lo que suministra el 8% del total de proteínas (CENTA 2008).

Desde hace algunos años el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), junto con instituciones internacionales han unido esfuerzos para buscar nuevas alternativas a través de procesos de mejoramiento, siendo su principal objetivo aumentar la productividad del cultivo de manera que permita un mejor abastecimiento para el consumo y aceptación del producto en el mercado, mediante procesos de fitomejoramiento participativo (CENTA 2012).

La utilización de radiaciones gamma por la vía de mutaciones inducidas es una técnica empleada con bastante frecuencia y ha permitido la obtención de cultivares de alta adaptación en muchas especies. Sin embargo, su utilización debe estar precedida de ensayos que permitan determinar la dosimetría adecuada. El método de mejoramiento genético mediante mutaciones inducidas se basa en el principio de exponer plantas o semillas a las radiaciones (Novak y Brunner 1992).

El mejoramiento debe ser llevado a cabo dentro de parámetros de hábito de crecimiento, madurez, adaptación local, factores específicos de resistencia a plagas y enfermedades, tamaño de semilla y las principales preferencias en cada región, donde se consume frijol (Iriarte *et al.* 2006).

La descripción morfológica, fenológica y agronómica de líneas, híbridos y variedades cultivadas benefician tanto al mejorador de plantas y productor de semillas como al agricultor y al comerciante del producto final. Una descripción precisa permite que el agricultor y el comerciante adquieran una variedad específica o que el productor de semilla genere un producto que reúna un estándar aceptable de calidad y pureza (Smith y Smith 1989).

Las variables antes mencionadas permitieron evaluar los componentes morfo agronómicos y fenológicos de líneas mutantes promisorias de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en su séptima generación, en la búsqueda de nuevos genotipos. A fin de encontrar líneas que puedan aportar para la producción y completar la demanda nacional, reduciendo en cierta medida las importaciones de este grano que puede ser aprovechado en nuestras tierras.

## Materiales y Métodos

**Ubicación:** La investigación se realizó en el Cantón Los Naranjos, municipio de Cojutepeque, Departamento de Cuscatlán, con una altura de 880 msnm, con una precipitación promedio anual de 1,847.5 milímetros y temperatura promedio de 22.9°C.

**Duración:** En el periodo de noviembre de 2014 a febrero de 2015, estuvo dirigida al desarrollo de una fuente de información y resultados; utilizando 26 líneas mutantes de frijol irradiado y un testigo que fue ‘Sangre de Toro’.

**Unidades Experimentales:** El área total de la parcela fue de 580.0 m<sup>2</sup> (36.2 m de largo por 16 m de ancho), con una población total de 1,350 plantas. La muestra dentro de cada tratamiento fue de 20 plantas en un área de 9.0 m<sup>2</sup> y dentro de cada tratamiento se tenían cuatro repeticiones, las cuales representaron 20 repeticiones por cada tratamiento, que represento 1.35 m<sup>2</sup> de área útil en cada unidad experimental, cada repetición (bloque) es el promedio de 5 plantas. El total de plantas muestreadas por las 27 unidades experimentales fue de 540.

Se realizó la prueba de germinación a las semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) que se utilizó para la investigación, previamente estuvo en un proceso de conservación bajo ambiente controlado, 24 horas antes de realizar la prueba de germinación, se sacaron para evitar un shock térmico, se contaron diez semillas de cada línea mutante y se depositaron en platos desechables de durapax con papel toalla humedecida, luego se colocaron bajo condiciones de sombra y se les aplico riego según lo necesitaron. Finalizado el tiempo se verifico que la semilla estaba viable para ser utilizada en el establecimiento del ensayo.

Medición de la humedad de la semilla, de los granos de frijol cosechados y previamente secados al sol, se tomó una muestra de 30 g. que se utilizó para medir el porcentaje de humedad de estos, con la ayuda de un medidor de humedad marca GEHAKA AGRI modelo G 600.

## Metodología de campo

A inicios de noviembre de 2014, 15 días antes de la siembra, se limpió el terreno y se dio un paso de arado con bueyes a una profundidad de 20 a 30 cm. En un área de 580.0 m<sup>2</sup> se establecieron unidades experimentales de 3.0 m de ancho por 3.0 m de largo, cada uno tenía un área de 9 m<sup>2</sup> dejando 1.20 m entre línea y 1 m entre unidad experimental, las calles entre cada bloque tenían 1 m, los surcos dentro de cada línea fueron a 0.60 m.

En el año 2009 docentes de la facultad de Ciencias Agronómicas iniciaron el proyecto de mutaciones en semillas de frijol, utilizando la variedad ‘Sangre de Toro’, la mutación se realizó con rayos gamma utilizando Co60 en una dosis de 175 Gray, esta práctica se realizó en Guatemala. Al principio de este proyecto se contaban con un número mayor de líneas pero en el estudio de cada fase se hicieron valoraciones llegando a las 26 líneas de frijol que se encontraban en la M7. Los materiales utilizados fueron los que se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Material genético utilizado para la siembra, variedad sangre de toro T26 (Testigo) y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Código	Línea	Código	Línea	Código	Línea
M09ST01	T1	M09ST11	T11	M09ST21	T21
M09ST02	T2	M09ST12	T12	M09ST22	T22
M09ST03	T3	M09ST13	T13	M09ST23	T23
M09ST04	T4	M09ST14	T14	M09ST24	T24
M09ST05	T5	M09ST15	T15	M09ST25	T25
M09ST06	T6	M09ST16	T16	Sangre de Toro	T26
M09ST07	T7	M09ST17	T17	M09ST27	T27
M09ST08	T8	M09ST18	T18		
M09ST09	T9	M09ST19	T19		
M09ST10	T10	M09ST20	T20		

La siembra se realizó el 26 de noviembre de 2014, de forma manual, colocando 2 semillas por postura a 2 cm de profundidad, los distanciamientos fueron 30 cm entre postura y 60 cm entre surco. Durante la fase vegetativa y reproductiva del cultivo se aplicó riego manteniendo a capacidad de campo, dependiendo de las condiciones climáticas en el terreno se aumentaba o se mantenía el riego por lo que la lámina de riego se mantuvo dependiendo de los factores climáticos. La frecuencia de riego fue de un día intermedio entre riego.

Durante el ciclo del cultivo se aplicaron dos fertilizaciones con fertilizantes granulados y cuatro aplicaciones de fertilizantes foliares, la primera ocho días después de la siembra, se utilizaron 200 libras de fórmula, es decir se incorporaron 19.48 Kg de N/Ha, 19.48 Kg de P/Ha y 19.48 Kg de K/Ha; la segunda 35 días después de la siembra, se utilizaron 100 libras de Urea, es decir se incorporaron 29.87 Kg de N/Ha. En ambas se incorporó el fertilizante de forma manual a 4-5 cm del tallo de la planta. Las fertilizaciones foliares se aplicaron: la primera en la prefloración, la segunda en la floración, la tercera y la cuarta aplicación con intervalos de cuatro días entre una y otra; el producto utilizado contenía macro y micro nutrientes y la aplicación fue a una dosis de 1.0 L/Mz.

Se realizó un control químico siete días antes de la siembra utilizando Glifosato a dosis de un litro por manzana, y el control manual en dos épocas; el primero a los 20 y el segundo a los 35 días después de la siembra. El control de las plagas y enfermedades se desarrolló de forma preventiva, después de la siembra se aplicó Imidacloprid WG (Confidor 70 WG) a dosis de 0.25 Kg/Ha para prevenir o controlar gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) y gusanos cortadores (*Agrotis ipsilon*, *Agrotis bilitora*, *Feltia experta*, *Feltia subterranea*). Durante el desarrollo del cultivo se aplicó Clorotnilo-Piretroide (Monarca 11,5 SE) a una dosis de 0.25 L/Ha, para prevenir o controlar gusanos desfoliadores (*Trichoplusia ni*, *Estigmene acrea*, *Anticarsia gemmatalis*, *Spodoptera eridania*, *Spodoptera frugiperda*, *Spodoptera ornithogalli*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y tortuguillas (*Ceratomyza* spp., *Diabrotica* spp.), en intervalos de aplicación de una semana.

También se aplicó Spinosyn (Exalt SC) a una dosis de 8 ml/L para el control de trips (*Empoasca* spp.), en intervalos de 15 días según la incidencia de estos, para la prevención o control de ácaros (*Tetranychus* spp.) se aplicó Abamectina (Verlaq 1.8 EC) a dosis de 0.25 L/Ha. Para la prevención y control de enfermedades durante el desarrollo del cultivo, como mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*), mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), y antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) se aplicó un fungicida orgánico Regalia Maxx 20 SC (*Reynoutria sachalinensis*) a una dosis de 2 L/Ha. en intervalos de una semana según el ataque de las enfermedades. También se aplicó Oxicloruro de cobre (Cupravit) a dosis de 0.35 Kg/Mz. para la prevención o control de mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) y bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) en intervalos de aplicación de dos semanas según lo requería el cultivo.

En la toma de datos cada semana se midieron las características de acuerdo al descriptor varietal de arroz, frijol, maíz y sorgo de Muñoz *et al.* (1993). Se tomaron datos a 20 plantas por cada tratamiento, las variables fenológicas cuantitativas evaluadas fueron: días a emergencia, días a prefloración, días a floración, días a fructificación, días a madurez fisiológica, días a cosecha; Las variables morfológicas cuantitativas evaluadas fueron: número de ramas, nudos, y vainas por planta, longitud del tallo principal, longitud de vaina inmadura y a cosecha,

semillas por vaina, tamaño de la semilla; Las variables morfológicas cualitativas evaluadas fueron: hábito de crecimiento, tipo de ramificación, color de flor, color de vaina en estado inmaduro, maduro y a cosecha, perfil de la vaina, orientación del ápice de la vaina, grado de curvatura del ápice de la vaina, sutura placentar del ápice de la vaina, color y forma de la semilla; La variable agronómica cuantitativa evaluada fue: rendimiento ton/ha; la variable agronómica cualitativa evaluada fue: resistencia a plagas y enfermedades.

### Metodología Estadística

Para el establecimiento del experimento se utilizó el diseño de bloques completos al azar (BCA). Constituido por 4 bloques y 27 tratamientos, debido a que el terreno presentaba una gradiente de humedad. Cada tratamiento conformaba las unidades experimentales y estaban compuestos por cinco surcos de 3.0 m de largo y 0.60 m entre surco. El área total de la parcela fue de 580.0 m<sup>2</sup> (36.2 m de largo por 16 m de ancho), con una población total de 1350 plantas y cada unidad experimental con 50 plantas en un área de 9.0 m<sup>2</sup> (3 m de largo y 3 m de ancho).

La muestra dentro de unidad experimental fue de 5 plantas, las cuales representaron una repetición por cada tratamiento, que represento 0.90 m<sup>2</sup> de área útil en cada unidad experimental.

Para la caracterización cualitativa se utilizó el Análisis multivariado específicamente el análisis de correspondencia simple, el cual nos mide las cercanías de las observaciones con los atributos o variables medidas en un espacio de dos dimensiones, analizándose estos atributos por la cercanía existente entre ellos. Mientras que para el análisis cuantitativo se utilizara la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) con un nivel de significancia del 5%. Se procesaron los datos en el Software Estadístico InfoStat.

En la figura 1 se observa que el Componente 1 (CP1- eje X) explica el 51.4% de la variación y el componente 2 (CP2- Eje Y) explica el 20.6%. Es decir que en el eje X, las variables días a prefloración, días a floración, días a madurez fisiológica y días a cosecha, están siendo mejor explicadas por las líneas mutantes T9, T23, T24 y T25; las cuales fueron más tempranas, no así las líneas mutantes T13, T6 y T18; que fueron más tardías en mostrar las variables antes mencionadas. Mientras que en el eje Y la variable que mejor explica es días a fructificación con las líneas mutantes T2 y T5. Las variables que mejor explican a la fenología de cultivo; días a prefloración, días a fructificación, días a madurez fisiológica y días a cosecha, y tal como se observa en el cuadro de autovectores (Cuadro 2); En el análisis exploratorio utilizando componentes principales se determina que la línea mutante más precoz fue el T9 y la línea mutante más tardía fue la T18.

En la figura 2 se puede observar con relación a la variable días a cosecha, existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0.05% entre el testigo sangre de toro (T26) y las líneas mutantes (Cuadro 3 y 4).

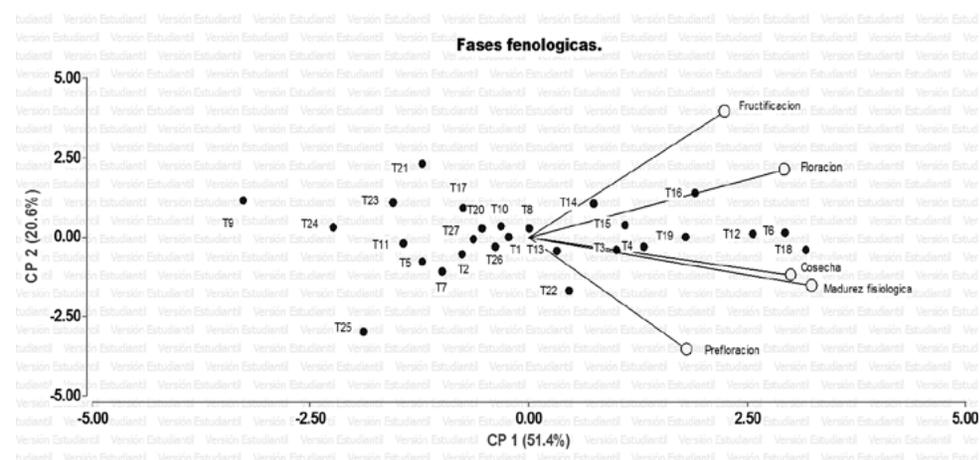


Figura 1. Análisis exploratorio entre las fases fenológicas del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Los Naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.

Cuadro 2. Autovectores que conforman los componentes 1 y 2, de componentes principales de las etapas fenológicas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Cantón Los Naranjos. UES-FF. CC.AA. Tesis 2015.

Autovectores		
Variables	e1	e2
Prefloración	0,30	-0,59
Floración	0,49	0,35
Fructificación	0,37	0,65
Madurez fisiológica	0,54	-0,26
Cosecha	0,50	-0,20
<b>Correlacion cofenetica=0.879</b>		

Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cantón Los Naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

F.V	S.C	gl	C.M	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	441.10	29	15.21	230.45	<0.0001
<b>Tratamientos</b>	389.00	26	14.96	226.68	<0.0001
<b>Bloques</b>	52.10	3	17.37	263.13	<0.0001
<b>Error</b>	5.15	78	0.07		
<b>Total</b>	446.25	107			

Cuadro 4. Prueba estadística de la de la variable cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cantón Los Naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Trat.	Media	n	E.E.	Clasificación
T18	84.75	4	0.13	A
T19	84.25	4	0.13	B
T12	84.00	4	0.13	B
T6	84.00	4	0.13	B
T16	83.00	4	0.13	C
T22	83.00	4	0.13	C
T4	83.00	4	0.13	C
T26	83.00	4	0.13	C
T3	82.00	4	0.13	D
T20	82.00	4	0.13	D
T14	82.00	4	0.13	D
T15	82.00	4	0.13	D
T13	81.75	4	0.13	D
T8	81.25	4	0.13	E
T7	81.00	4	0.13	E F
T10	81.00	4	0.13	E F
T11	81.00	4	0.13	E F
T25	81.00	4	0.13	E F
T17	81.00	4	0.13	E F
T1	80.75	4	0.13	F
T2	80.25	4	0.13	G
T27	80.00	4	0.13	G
T5	80.00	4	0.13	G
T23	79.00	4	0.13	H
T9	78.00	4	0.13	I
T21	78.00	4	0.13	I
T24	77.25	4	0.13	J

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Existiendo una variación entre las medias de los tratamientos de la manera siguiente: la línea mutante más precoz fue la T24 con 77.25 días después de la siembra, la línea mutante más tardía la T18 con 84.75 días después de la siembra y el testigo sangre de toro T26 con 83 días después de la siembra. Con respecto a las demás líneas mutantes se expresaron entre un rango de 78 y 84.25 días después de la siembra.

El IICA (2009), expresa que en condiciones óptimas las variedades “Vaina blanca” y “Ferromas” se cosechan a los 80 días después de la siembra. Araya R, Hernandez JC (2009) reportan que la variedad “Diquis” evaluada mediante ensayos reporto de 76 a 82 días a cosecha después de la siembra

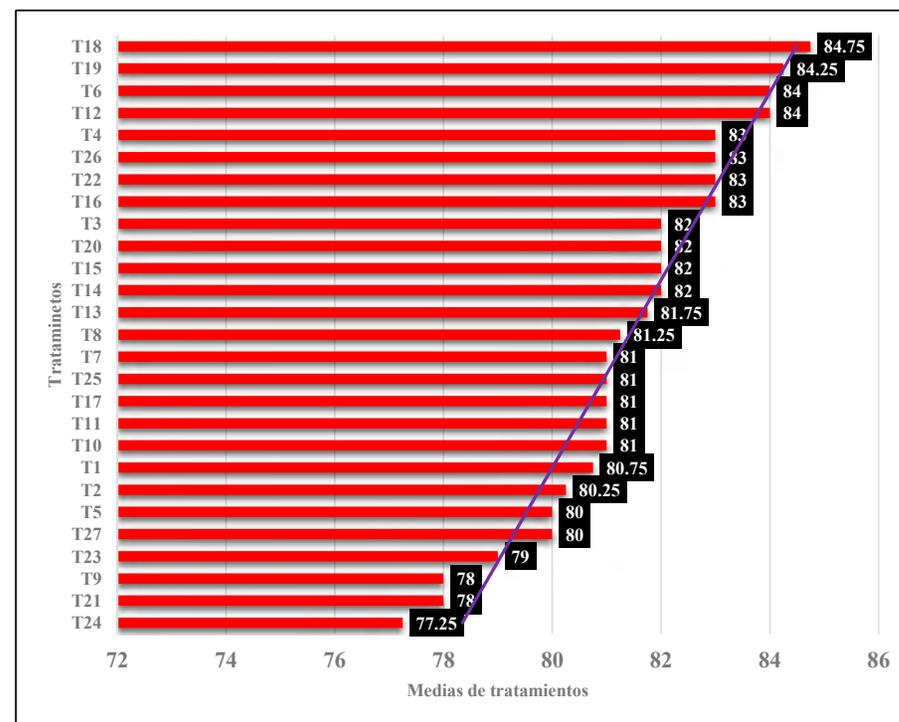


Figura 2. Días a cosecha del testigo sangre de toro (T26) y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Los Naranjos, Cojutepeque, UES-FFCAA. Tesis 2015.

Morfológicos cuantitativos en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

### Número de vainas por plantas

En la figura 3, se puede observar con relación a la variable número de vainas por planta, existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0.05% entre el testigo (T26) y las líneas mutantes (Cuadro 5 y 6), existiendo una variación entre las medias de los tratamientos de la manera siguiente; la línea mutante T6 presentó menor promedio con 21.35 vainas por planta, la línea mutante T20 con mayor promedio de 45.9 vainas y el testigo sangre de toro T26 presentó un promedio de 24.95 vainas. Con respecto a las demás líneas mutantes se expresaron entre un rango promedio 22.75 y 38.95 vainas

De acuerdo a datos recopilados por Amaya AE y Gómez VE (2011), en evaluación de variedades de frijol en zonas bajas en los departamentos de La Unión, Usulután y San Miguel; obtuvieron promedios de vainas por planta de la siguiente manera, “Capitán” 10.7, “Rojo de Seda” 5.9, “Segoviano” 9.8, “Centa Cuscatleco” 13.8, “Dor 582” 8.1, “Centa Costeño” 10.8, “Rojo Salvadoreño” 12.1, “Centa 2000” y “Centa Pipil” con 13 vainas por planta. Y determinaron que las variedades “Centa cuscatleco”, “Centa pipil”, “Rojo Salvadoreño”, “Centa Costeño” y “Capitán”, poseen el mayor número de vainas por planta y son estadísticamente iguales; le siguen las variedades “Centa 2000” y “Segoviano”, que son estadísticamente iguales y las variedades que poseen el menor número de vainas por planta se encuentran la “Dor 582” y el “Rojo de seda”, que son estadísticamente iguales. Estos reflejan un número menor de acuerdo a los materiales en estudio es quizá sea influenciado por la altura en la cual fueron cultivados las variedades.

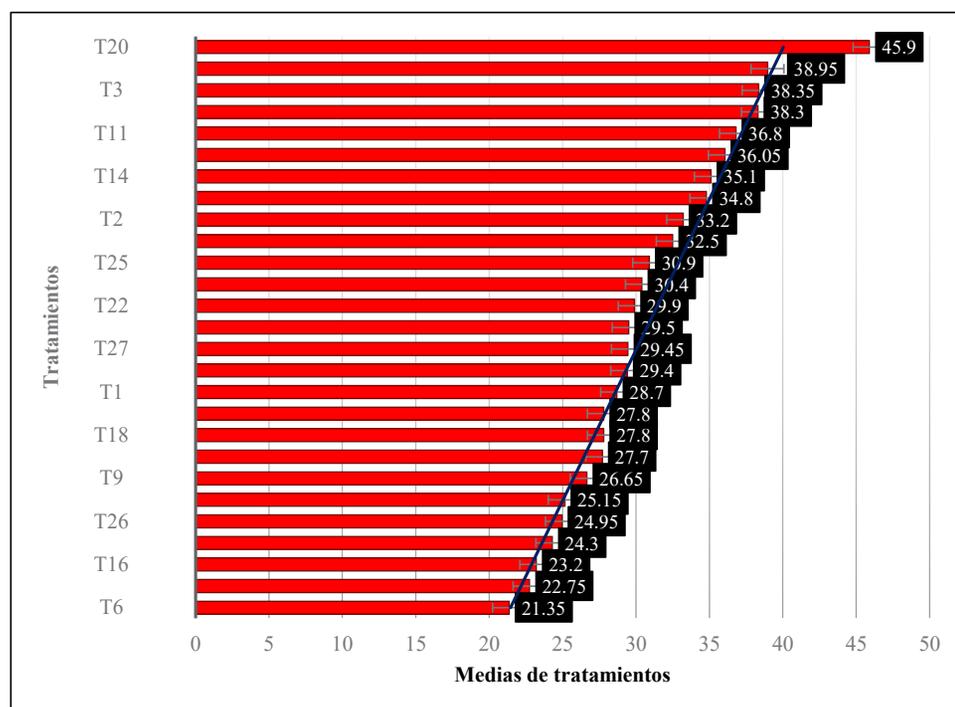


Figura 3. Número de vainas por planta del testigo sangre de toro (T26) y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Los Naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable número de vainas por planta del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cantón Los Naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

F.V	S.C	gl	C.M	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	3637.43	29	125.43	8.09	<0.0001
<b>Bloques</b>	76.51	3	25.50	1.64	0.1860
<b>Tratamientos</b>	3560.92	26	136.96	8.83	<0.0001
<b>Error</b>	1209.92	78	15.51		
<b>Total</b>	4847.35	107			

Cuadro 6. Prueba estadística de la de la variable número de vainas por del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cantón Los Naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Trat	Media	n	E.E	Clasificación
T20	17.05	4	1.97	A
T15	16.65	4	1.97	A B
T3	16.60	4	1.97	A B C
T17	16.40	4	1.97	A B C
T11	16.00	4	1.97	A B C D
T19	16.00	4	1.97	A B C D E
T14	15.70	4	1.97	A B C D E F
T23	15.70	4	1.97	A B C D E F G
T2	15.70	4	1.97	A C D E F G H
T7	15.50	4	1.97	A D E F G H
T25	15.50	4	1.97	E F G H I
T8	15.40	4	1.97	F G H I J
T22	15.30	4	1.97	F G H I J
T4	15.25	4	1.97	G H I J K
T27	15.25	4	1.97	G H I J K
T12	15.20	4	1.97	G H I J K
T1	15.15	4	1.97	H I J K L
T18	15.15	4	1.97	H I J K L M
T21	15.05	4	1.97	H I J K L M
T5	14.80	4	1.97	H I J K L M
T9	14.65	4	1.97	I J K L M N
T24	14.55	4	1.97	J K L M N
T26	14.45	4	1.97	J K L M N
T10	14.20	4	1.97	K L M N
T16	14.15	4	1.97	L M N
T13	13.90	4	1.97	M N
T6	13.65	4	1.97	N

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Caracteres morfológicos cualitativos en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

### Forma predominante de la semilla

Como se representa en la figura 4, para la variable en estudio se obtuvieron los siguientes resultados, forma ovoide un 6%, elíptica el 2%, pequeña casi cuadrada el 18%, alargada ovoide el 14%, alargada casi cuadrada el 27%, y arriñonada recta en el lado del hilo el 34%. Teniendo de esta manera la forma arriñonada y alargada como las más similares dentro de la población de plantas en estudio con los mayores porcentajes.

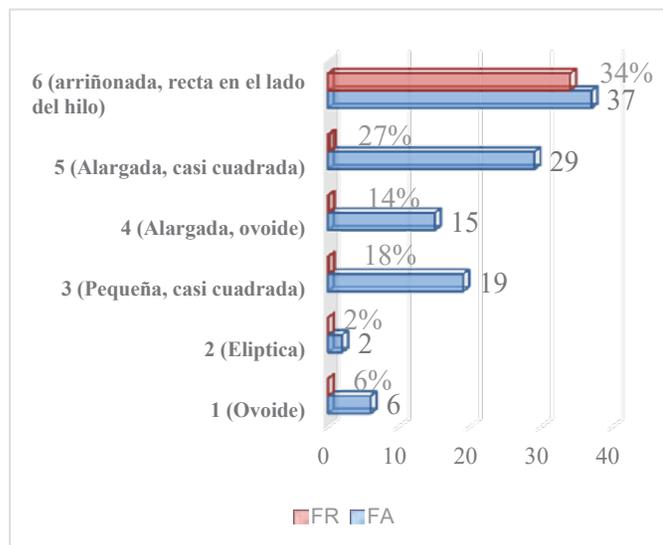


Figura 4. Forma predominante de la semilla del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Los Naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.

El CENTA (2011), da a conocer una nueva variedad de frijol rojo con alto potencial de rendimiento el “Ferromas” y afirma que dentro de las características de la semilla posee forma ovoide. De igual forma el MAG *et al.* (2015), da a conocer la variedad “Centa ssc” con forma de semillas ovoide. Según Clará (2015), en condiciones óptimas las variedades “Vaina blanca” y “Rojo de seda” poseen forma arriñonada curva en el lado opuesto al hilo, y las variedades “Chaparrastique” y “Ferromas” forma arriñonada recta en el lado del hilo, asimismo afirma que este carácter puede cambiar en condiciones de estrés hídrico.

Para Vallejos y Martínez (2005), la forma de semilla es un carácter de gran importancia para los consumidores de frijol, ya que prefieren que el tamaño sea de pequeño a mediano.

## Caracteres agronómicos cuantitativos en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Las características agronómicas son muy importantes para medir la potencialidad del frijol como cultivo.

### Rendimiento en ton/ha

En cuanto a la variable se muestran en la figura 5, que existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0.05% entre el testigo sangre de toro (T26) y las líneas mutantes (Cuadro 7 y 8), existiendo una variación entre las medias de los tratamientos de la manera siguiente; la línea mutante T16 presento menor promedio potencial de 2.85 ton/ha, la línea mutante T20 con mayor promedio potencial de 6.74 ton/ha, el testigo sangre de toro T26 con un promedio potencial de 3.14 ton/ha y las cuatro líneas mutantes que siguen en mejor potencial de rendimiento son; T15 con 5.43 ton/ha, T17 con 5.43 ton/ha y T3 con 5.15 ton/ha,

Márquez citado por Oporta y Rivas (2006), menciona que el rendimiento del frijol está en función de varias características anatómicas y morfológicas que tienen que ver con el número de vainas por planta, número de semillas por vaina y el peso de la semillas, tal y como se ha obtenido en la investigación los mejores resultados son representados por el T20 y T15 y de la misma forma son lo que presentan los mayores resultados en cuanto a la variable número de vainas por planta.

El MAG y CENTA (2008), reportan que las variedades “Centa 2000”, “Centa San Andrés” y “Centa Pipil” presentan un rendimiento de 35 qq/mz (2.5 ton/ha), notándose que es un resultado por debajo de algunos tratamientos utilizados en esta investigación, esto podría ser efecto de la mutación.

En el estudio realizado por Granados (1966), en frijol irradiado en segunda generación, indica que los rendimientos que se obtienen en los genotipos irradiados, son mayores con respecto a sus testigos. Sandoval (1987), determino que los mejores resultados los presentan las semillas irradiadas con respecto a las variedades originales y que los resultados de rendimiento se ven influidos por la competencia inter e intra específica. Las afirmaciones de los estudios anteriores son similares a los resultados obtenidos en esta investigación ya que los mayores rendimientos fueron presentados por los tratamientos irradiados a diferencia del testigo que está representado por el T26.

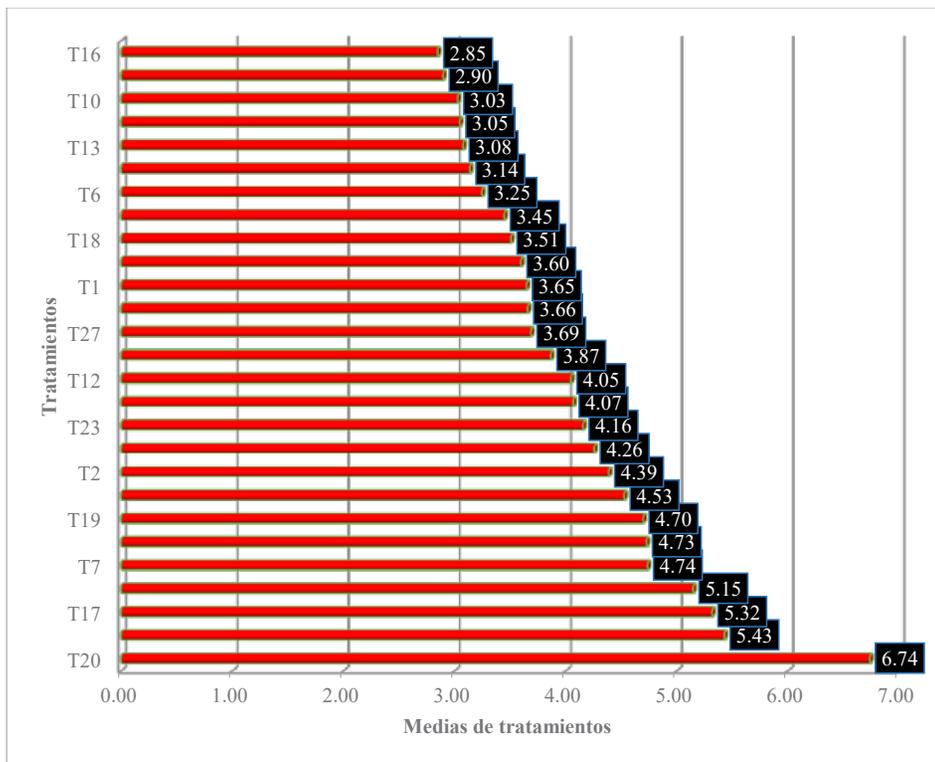


Figura 5. Rendimiento potencial ton/ha del testigo sangre de toro (T26) y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Los Naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable toneladas/hectárea del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cantón Los Naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FFCCAA. tesis 2015.

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	91.82	29	3.17	8.18	<0.0001
Bloques	2.73	3	0.91	2.35	0.0789
Tratamientos	89.09	26	3.43	8.85	<0.0001
Error	30.21	78	0.39		
Total	122.03	107			

Cuadro 8. Prueba estadística de la de la variable toneladas/hectárea del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cantón Los Naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FFCCAA. tesis 2015.

Trat	Media	n	E.E	Clasificación
T20	6.74	4	0.31	A
T15	5.43	4	0.31	B
T17	5.32	4	0.31	B C
T3	5.15	4	0.31	B C D
T7	4.74	4	0.31	B C D E
T11	4.73	4	0.31	B C D E F
T19	4.70	4	0.31	B C D E F
T14	4.53	4	0.31	C D E F
T2	4.39	4	0.31	D E F G
T22	4.26	4	0.31	E F G H
T23	4.16	4	0.31	E F G H I
T25	4.07	4	0.31	E F G H I
T12	4.05	4	0.31	E F G H I J
T8	3.87	4	0.31	F G H I J
T27	3.69	4	0.31	G H I J K
T4	3.66	4	0.31	G H I J K L
T1	3.65	4	0.31	H I J K L
T5	3.60	4	0.31	H I J K L
T18	3.51	4	0.31	I J K L
T9	3.45	4	0.31	I J K L
T6	3.25	4	0.31	J K L
T26	3.14	4	0.31	K L
T13	3.08	4	0.31	K L
T24	3.05	4	0.31	K L
T10	3.03	4	0.31	K L
T21	2.90	4	0.31	L
T16	2.85	4	0.31	L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Conclusiones

La irradiación de semillas de frijol sangre de toro, utilizando Co60 en dosis de 170 Gray. Puede inducir a mutaciones que se mantienen hasta la M7.

La línea mutante T9 fue la que presentó mayor precocidad en la mayoría de las etapas fenológicas con respecto al testigo sangre de toro T26.

Las líneas mutantes presentaron diferencias notables en algunas variables morfológicas cualitativas estudiadas, con respecto al testigo sangre de toro T26.

La línea mutante T20 presentó el mejor resultado en las variables número de vainas por planta y potencial de rendimiento en comparación con las demás líneas y el testigo sangre de toro T26.

El uso de Co60 en dosis de 170 Gray para inducción a mutaciones con rayos gamma, durante la evaluación hasta llegar a la M7, ha dado como resultado líneas mutantes con excelentes características en cuanto a las variables en estudio.

## Recomendaciones

Realizar evaluaciones en diferentes época de siembra para determinar e identificar que líneas mutantes, tienen a generar resultados diferentes según las variables en estudio.

Realizar evaluaciones en diferentes zonas del país con las líneas mutantes T20, T15, T17 y T3, las cuales presentaron los mejores resultados con respecto a la variable potencial de rendimiento.

Realizar análisis bromatológico del contenido nutricional de las todas las líneas mutantes.

Realizar investigaciones con las 26 líneas mutantes para determinar tolerancia a herbicidas, resistencia a plagas y enfermedades, altitud de siembra, distanciamientos de siembra, asocio con otros cultivos, tolerancia a la salinidad.

Realizar una caracterización molecular de las 26 líneas mutantes de frijol en la M7 obtenidas por mutación utilizando rayos gamma.

## Bibliografía

Araya, R; Hernández, JC. 2009. Programa colaborativo de fitomejoramiento participativo en Mesoamérica: DIQUIS (en línea). Ed. PITTA frijol. Costa Rica, UCR. 6 p. Consultado 1 feb. 2016. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/pitta-frijol-plegable-Diquis.pdf>

Amaya, AE; Gómez, VE. 2011. Evaluación de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en zonas bajas en los departamentos de La Unión, San Miguel y Usulután (en línea). Revista de Investigación. 2(1):20-23. Consultado 22 ene. 2016. Disponible en [http://www.univo.edu.sv:8081/revista/021457/021457\\_Par4.pdf](http://www.univo.edu.sv:8081/revista/021457/021457_Par4.pdf)

Clará, A. 2015. Caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos en frijol. (Correo electrónico). La Libertad, SV, CENTA.

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, SV. 2011. CENTA FERROMAS: Variedad de frijol grano rojo con mejor valor nutricional, alto potencial de rendimiento y tolerante a las principales plagas y enfermedades (en línea). La Libertad, SV, CENTA. 2 p. Consultado 1 abr. 2016. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Boletin%20CENTA%20Ferromas.pdf>

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuario y Forestal Enríquez Álvarez Córdova, SV). 2008. Guía Técnica para el Manejo de Variedades de Frijol: Programa de granos básicos (en línea). La Libertad, SV. Consultado 25 mar. 2014. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf>

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, SV). 2012. Variedades de frijol rojo desarrolladas a través de fitomejoramiento participativo en El Salvador. La Libertad, SV. 2p.

Granados Vásquez, R. 1966. Efecto de la irradiación gamma en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis, Ing. Agr. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. p 1.

Hernández, CJ; Sánchez, HH; Azpiroz, HS; Acosta, JA; Bernal, I. 2002. Caracterización de una población de líneas endogámicas de frijol común por su calidad de cocción y algunos componentes nutrimentales. Agrociencia. 36(4):451-459.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR). 2009. Guía técnica para el cultivo de frijol: Innovaciones para mejorar la competitividad de la cadena agroindustrial de granos y semillas de frijol de los socios de ASOPROL (en línea). Boaco, NI, ASOPROL. p. 9. Consultado 1 ene. 2016. Disponible en <http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF>

Iriarte, G; Blair, MW; Hoyos, A; Beebe, S. 2006. Evaluación agronómica de una retrocruza avanzada entre una accesión silvestre colombiana y la variedad cultivada de frijol común, ICA Cerinza. Fitotecnia Colombiana. 6(1):24-32.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV); CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, SV); ZAMORANO (Escuela Agrícola Panamericana, HN); PIF (Programa de Investigaciones en frijol, HN). 2015. CENTA SSC: Variedad de frijol color rojo claro (en línea). Eds. MA Mejía; BN Menjivar. La Libertad, SV, CENTA. 8 p. Consultado 14 abr. 2016. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/BOLETIN%20FRIJOL%20CENTA%20SSC.pdf>

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV); CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, SV). 2008. Guía técnica para el manejo de variedades de frijol: Programa de granos básico (en línea). La Libertad, SV, CENTA. 24 p. Consultado 13 feb. 2016. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf>

Muñoz, G; Giraldo, G; Fernández, J. 1993. Descriptores varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo (en línea). Cali, CO, CIAT. P. 51-86. Consultado 1 nov. 2015. Disponible en [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos\\_ciat/descriptores\\_varietales.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/descriptores_varietales.pdf)

Novak, FJ; Brunner, H. 1992. Fitotecnia: Tecnología de mutación inducida para el mejoramiento de los cultivos (en línea). Boletín del OIEA 4:25-33. Consultado 3 nov. 2014. Disponible en [https://www.iaea.org/sites/default/files/34405682533\\_es.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/34405682533_es.pdf)

- Oporta Pichardo, ES; Rivas Cáceres, AM. 2006. Efecto de la densidad poblacional y la época e siembra en el rendimiento y la calidad de la semilla de una población de caupi rojo (*Vigna unguiculata* L.) en la finca El Plantel (en línea). Tesis Ing. Agr. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 31 p. Consultado 11 abr. 2016. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/2006/1/tnf01o61.pdf>
- Oporta Pichardo, ES; Rivas Cáceres, AM. 2006. Efecto de la densidad poblacional y la época e siembra en el rendimiento y la calidad de la semilla de una población de caupi rojo (*Vigna unguiculata* L.) en la finca El Plantel (en línea). Tesis Ing. Agr. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 31 p. Consultado 11 abr. 2016. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/2006/1/tnf01o61.pdf>
- Sandoval Recinos, HN. 1987. Selección de líneas con alto potencial de rendimiento en dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) mutagenizadas con rayos gamma Co60 (en línea). Tesis, Lic. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos. Consultado 15 feb. 2016. Disponible en [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_1021.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1021.pdf)
- Smith, I; Smith, O. 1989. La descripción y evaluación de la distancia entre las líneas endogámicas de frijol: en el uso de rasgos morfológicos como descriptores. *Maydica*. 34(2): 141-15
- Vallejos Treminio, B; Martínez Maltez, LH. 2005. Caracterización y evaluación de 7 genotipos de frijol común grano rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Estación Experimental La Compañía, Carazo. 2004-2005 (en línea). Tesis Ing. Agr. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 51 p. Consultado 21 ene. 2016. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30v182c.pdf>