

---

## Obtención de mutantes con características biológicas clorofílicas en *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae)

Obtaining mutants with biological chlorophyll characteristics in  
*Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae)

Andrei Cemionovich Ciminel<sup>1</sup>  Petr Petrovich Andreyev<sup>1</sup>  Héctor O. Chávez Angulo<sup>2, \*</sup> 

---

<sup>1</sup> Universidad Agraria Estatal de Moldavia. Comisia de admitere UASM Or. Chisinau, str. Mircesti, 42.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Autónoma de Chota. Ciudad Universitaria Colpamatara, 06120, Chota, Cajamarca, Perú.

\* Autor de correspondencia [e-mail: hochaveza@unach.edu.pe]

### RESUMEN

El objetivo en este estudio fue recopilar información del estado actual del conocimiento de la obtención de mutantes de *Phaseolus vulgaris* L con características fisiológicas y morfológicas importantes. Luego de una extensa búsqueda en la base de datos se seleccionaron y revisaron 12 artículos de investigación que cumplieron con los criterios científicos requeridos para ser considerados y aceptados en este trabajo. Los estudios revisados demuestran que existe un limitado número de intervenciones sobre la obtención de mutantes con características importantes en *P. vulgaris* L. Las mutaciones constituyen un método de mejora genética; muchos países obtienen mutantes de semillas por irradiación debido a que, si se aplica adecuadamente, cambia solo ciertos aspectos de los caracteres genéticos de la planta, pese a que sus resultados esperados puedan ser lentos. *Palabras clave:* inducción, mutagénesis.

### ABSTRACT

The objective of the study was to collect information on the current state of knowledge of obtaining mutants with physiological and morphological important characteristics in *Phaseolus vulgaris* L. After an extensive search in the database indexed to indexed journals, 12 investigations were selected and reviewed that met all the scientific criteria defined inclusion criteria. The reviewed studies show that there is a limited number of interventions on obtaining mutants with important characteristics in *Phaseolus vulgaris* L. and conclude with the evidence that mutations constitute a method of genetic improvement; Many countries obtain seed mutants by irradiation because, if applied properly, it changes only certain aspects of the genetic characteristics of the plant, although its expected results may be slow.

*Keywords:* Induction, Mutagenesis.

## INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una importante fuente de proteínas, considerado como una legumbre esencial de la canasta familiar en la dieta alimenticia diaria para la población mundial (Fernández *et al.*, 2016). Es por su gran importancia en la dieta a nivel mundial (incluyendo gran parte de países latinoamericanos), y la insuficiente cantidad de variedades obtenidas utilizando el método de inducción, que estimamos de vital importancia el estudio en la obtención de las variaciones genéticas existentes del frijol que han sido originadas por la recombinación de genotipos en poblaciones, por su acción recíproca constante con las fuerzas de la naturaleza y no por las mutaciones espontáneas (Salazar, 1984; Novak & Bruner, 1992).

Para desarrollar nuevas variedades de plantas, cultivarlas y lograr el consumo humano se utiliza la fitotecnia, la cual combina mejores propiedades de varias plantas en una sola. La utilización de radiaciones gamma como una alternativa para obtener variación genética por la vía de mutaciones inducidas es una técnica empleada hoy en día con bastante frecuencia en el mejoramiento genético de las plantas, que ha permitido la obtención de cultivares de alta adaptación en muchas especies, ya que puede permitir la obtención de genotipos superiores en corto tiempo (Novak & Brunner, 1992). No obstante, su uso, implica estar precedida de ensayos que permitan determinar la dosimetría adecuada, familiarizar al mejorador sobre el efecto que las radiaciones tienen sobre el material vegetal utilizado (Novak & Brunner, 1992).

La genética se ha convertido en una ciencia básica de la fitotecnia con el

desarrollo del método de hibridación. Este método, que a menudo se complementa con el uso del plasma germinal obtenido por mutación inducida, ha llegado a ser el más empleado para la multiplicación de las plantas por reproducción sexual (Novak & Brunner, 1992). La inducción de mutaciones ha resultado ser un método eficaz para lograr variaciones dentro de un tipo de cultivo, ya que ofrece la posibilidad de inducir características deseadas que no se pueden hallar en la naturaleza o se han perdido durante el proceso evolutivo (Novak & Brunner, 1992).

Cuando los fitogenetistas no encuentran en el banco de genes de que disponen, un gen, o genes, resistente a una enfermedad en particular o tolerante a los cambios del medio ambiente, no tienen otra opción evidente sino tratar de inducir la mutación (Novak & Brunner, 1992). El tratamiento con agentes mutágenos altera los genes o divide los cromosomas. La mutación de genes ocurre de forma natural como un error en la reproducción del ácido desoxirribonucleico (ADN). Algunos de estos tipos de error pueden subsanarse, pero otros pueden pasar a la próxima división de la célula y establecerse en el retoño de la planta como mutaciones espontáneas (Novak & Brunner, 1992).

El propósito de la presente revisión bibliográfica fue recopilar información, seleccionar datos específicos y mostrar el estado actual del conocimiento de mutantes con características importantes en *Phaseolus vulgaris* L. para presentarlos a los lectores como una síntesis.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación correspondió al enfoque cualitativo, de tipo documental,

que se caracteriza por abordar problemas teóricos y empíricos con el fin de recopilar información, seleccionar datos específicos y mostrar el estado actual del conocimiento de mutantes con síntesis.

El presente estudio estuvo compuesto por 30 investigaciones en texto que tratan del tema mutantes con características importantes en *Phaseolus vulgaris* L. (*Fabaceae*). Esta investigación utilizó documentos electrónicos procedentes de las bases de datos Scopus, Dialnet, Redalyc, Scielo y tesis de post grado. La búsqueda de información se realizó desde enero hasta abril del 2021, por tres investigadores, quienes seleccionaron los términos de búsqueda en español y su equivalente en inglés y portugués. Una vez definidos los términos en español, se limitó la búsqueda por fecha de publicación del 1980 al 2020, considerando a las opciones de búsqueda avanzada: "AND", "OR" y "AND NOT".

Los criterios de inclusión que se consideraron en el presente estudio fueron:

- Investigaciones escritas en inglés, español y portugués, indexados en publicaciones científicas internacionales disponibles en los buscadores en línea.
- Documentos electrónicos no mayores a 30 años de antigüedad de publicación.
- Documentos completos, se consideraron tesis y artículos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del análisis de la revisión realizada, los principales hallazgos se enmarcan en:

1) Efecto de bajas dosis de radiación de gamma en la germinación de semillas del frijol común

El uso de la radiación gamma y alginato de sodio puro e irradiado en la germinación y crecimiento inicial de semillas de frijol permitió analizar cómo se obtuvieron las

semillas, las cuales provinieron de un productor de alimentos orgánicos en Friburgo, RJ, sometidas a dosis de radiación que varían de 0 a 150 Gy en un radiador Gammacell Excel 220 de Nordion, equipado con una fuente de  $^{60}\text{Co}$  con una tasa de dosis de 70 Gy/min. Después de la germinación, las semillas se colocaron en un sistema hidropónico, donde las plantas crecieron y se desarrollaron en dos semanas.

El sistema utilizado fue el cultivo en agua con solución nutritiva donde se agregaron los elementos necesarios para el desarrollo de las plantas. Además de la solución nutritiva, se probó la influencia del alginato de sodio en el crecimiento, utilizando soluciones al 4% con alginato puro o alginato irradiado con concentraciones de 50 a 500  $\mu\text{g/g}$ . Al final de este período, las plantas tenían sus raíces separadas, se midieron sus alturas y la masa verde se secó para evaluar el peso. El análisis estadístico de los resultados mostró que no hubo diferencias significativas, entre los diferentes tratamientos, en el crecimiento de la semilla después de la germinación en los rangos de dosis utilizados. (Martirena *et al.*, 2019).

Sin embargo, se obtuvo una diferencia significativa para las concentraciones de alginato irradiado por encima de 400  $\mu\text{g/g}$ , lo que indica que parece influir en el crecimiento de las plantas.

2) Efecto de diferentes explantes irradiados en la regeneración in vitro de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar "Ica Pijao"

El mejoramiento genético convencional en frijol común resulta difícil debido a que presenta una base genética estrecha y muy estable. En este sentido, la combinación de la mutagénesis y el cultivo de tejidos es una alternativa para inducir variabilidad genética

en la búsqueda de tolerancia a factores bióticos y abióticos. Para determinar el efecto de diferentes explantes irradiados en la regeneración in vitro de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Martirena *et al.* (2019) aplicaron radiaciones gamma en callos, en el nudo cotiledonal con un cotiledón (NC-1) con dosis de 0, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 Gy, y semillas con 0, 100, 200, 300 y 400 Gy.

Además, se evaluó el porcentaje de germinación, longitud de las raíces, porcentaje de explantes que formaron callos, masa fresca (g) de los callos, número de brotes por callo y el número de brotes con raíces. La radiación gamma provocó una disminución en la masa fresca del callo y NC-1. Los callos y el NC-1 solamente formaron brotes con las dosis de 10 y 20 Gy, pero estos fueron hiperhíricos. Los resultados demostraron que la semilla irradiada fue el explante con el que se logró la regeneración in vitro de plantas con hojas definidas, por lo que se recomienda como explante inicial para el uso combinado de mutagénesis y regeneración in vitro de plantas para el cultivar *P. vulgaris* "ICA Pijao" a través de la organogénesis indirecta (Martirena, *et al.*, 2019).

### 3) Respuesta L. cultivar 'Ica Pijao' irradiadas con diferentes dosis de radiación gamma

La disminución de los rendimientos en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a nivel mundial, principalmente se debe a factores abióticos; por ello, buscar variedades tolerantes resulta esencial para los programas de mejoramiento genético en esta especie. El empleo de la mutagénesis unido a la variación somaclonal, constituye una herramienta para incrementar la variabilidad genética en el cultivo. El objetivo fue determinar la respuesta in vitro de semillas de frijol común cultivar 'Ica Pijao' expuesto a diferentes dosis de radiación

Gamma. Las dosis estudiadas fueron: 0, 80, 90, 100, 200, 300 y 400 Gy. Se evaluó la germinación in vitro de las semillas. En la formación y multiplicación de callos, se determinó la masa fresca (g) a los 21, 42 y 63 días de cultivo. Se logró el 100% de germinación de las semillas con las dosis de radiaciones estudiadas. Sin embargo, se observaron afectaciones en la formación de callos, ya que con las dosis de 300 y 400 Gy no se logró su formación. Con 80 y 90 Gy se alcanzaron valores superiores de masa fresca con diferencias significativas con las dosis de 100 y 200 Gy. La regeneración de plantas se afectó, y se formaron pequeños brotes con las dosis de 80, 90, 100 y 200 Gy. Los resultados mostraron que para la variedad 'Ica Pijao' dosis superiores a 90 Gy, comprometen la formación y multiplicación de callos, así como la regeneración de plantas (Veitía *et al.*, 2017).

### 4) Estudios sobre ontogenia y algunos caracteres del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) De semillas irradiadas con neutrones rápidos

Para investigar la ontogenia en semillas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), utilizando diferentes dosis de neutrones rápidos como tratamientos mutagénicos, se utilizó datos del recuento de mutaciones de clorofila, morfología y color del hipocótilo en progenies en la generación M<sub>3</sub> y tasas de segregación heterocigotas determinadas en progenies en la generación M<sub>2</sub>. El análisis topográfico de las plantas M<sub>1</sub> se realizó para localizar la posición de las mutaciones dentro de las inflorescencias, lo que permitió verificar la condición quimérica de las plantas M<sub>1</sub>. Se realizaron estudios adicionales determinando los parámetros: fertilidad de las plantas M<sub>1</sub>, germinación de semillas y supervivencia de las plantas M<sub>2</sub>, germinación de semillas M<sub>3</sub> y frecuencia de

mutaciones determinadas en la generación M<sub>3</sub> (Steagall, 1982).

Los resultados mostraron que el tratamiento con 2,0 krad de neutrones rápidos fue más eficiente que con 1,0 krad, causando una mayor tasa de segregación que correspondió a una disminución en el número de células iniciales. El análisis topográfico de las plantas M<sub>1</sub> mostró que el mismo tipo de mutación apareció en varias ramas primarias de una planta, y que más de un tipo de mutación ocurrió en la misma rama primaria. Esto sugirió que más de una célula inicial está involucrada en la formación de una rama primaria y que todas las ramas primarias de una planta se originan a partir de las mismas células iniciales. Teniendo en cuenta que las mutaciones aparecen al azar y, cuando se determinan por métodos convencionales, presentan baja frecuencia, los resultados obtenidos en este trabajo mostraron la aparición de un número relativamente alto de mutaciones por célula (Steagall, 1982).

#### 5) Inducción de mutaciones para mayor altura basal en frijol común usando rayos gamma

Para la inducción de mutantes con mayor altura basal (suma de la altura del hipocótilo y epicotilo), las semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se irradiaron con rayos gamma. Se obtuvo un mutante que tenía una altura basal 1,7 veces mayor que el control en la generación M<sub>2</sub>, del tratamiento con 24 krad. La mutación fue monogénica debido a un alelo recesivo. Es el primer mutante obtenido por inducción de mutación, por esta característica (Tulmann *et al.*, 1994).

#### 6) Resistencia o tolerancia al virus del mosaico dorado de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), obtenida por inducción de mutaciones

Los experimentos se llevaron a cabo con el

objetivo de seleccionar, evaluar y utilizar mutantes inducidos de *Phaseolus vulgaris* L. resistentes o tolerantes al mosaico dorado, una enfermedad viral del frijol. Las semillas de tres cultivares de frijoles se trataron con rayos gamma o con el químico mutágeno etil metano sulfonato (EMS). Después de la inoculación de mosaico dorado de 50,000 M<sub>2</sub> las plántulas, en un insectario, se realizó la selección y se seleccionó un mutante tolerante (TMD-1). La evaluación de TMD-1 se realizó comparándola con el cultivar progenitor Carioca, lo que indica que, aunque mostró una productividad menor que el material original, (lo que evitó que se usara directamente sobre una base comercial), mantuvo la misma reacción al óxido, tizón bacteriano y mosaico común. También se realizaron estudios sobre la base genética de la mutación. La posibilidad de utilizar este mutante en un programa de fitomejoramiento destinado a obtener resistencia al mosaico dorado se demostró en cruces entre TMD-1 y dos cultivares, a los que era posible la transferencia de tolerancia (Tulmann, *et al.*, 1979).

#### 7) Evaluación de materiales criollos y mejorados de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), irradiados con rayos gamma en la búsqueda de tolerancia a la sequía, San Andrés, municipio de Ciudad Arce, La Libertad

Se investigaron 4 genotipos de frijol irradiados en su segunda generación (M<sub>2</sub>) y sus testigos en el período de marzo a junio de 2013 en la Estación San Andrés 1 del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA), ubicado en el municipio de Ciudad Arce, Departamento de La Libertad; con el propósito de seleccionar plantas con características cualitativas y cuantitativas relacionadas con la tolerancia de sequía. Para ello, se suspendió el riego a

partir de la floración hasta la cosecha. El factor del estudio fueron los genotipos irradiados y sus testigos, quedando estos de la siguiente manera: Rojo de seda testigo (RS), Rojo de seda irradiado (RSM), Vaina blanca testigo (VB), Vaina blanca irradiado (VBM), Ferromás testigo (FE), Ferromás irradiado (FEM), Chaparrastique testigo (CH), y Chaparrastique irradiado (CHM); se sembraron bajo un diseño de bloques completos al azar, midiéndose en ellos las variables cualitativas más importantes como el color de hipocótilo, color de la flor, color de vaina madura, color y forma de la semilla; y entre las cuantitativas días a emergencia, porcentaje de plantas fuera de tipo, días a floración, días a madurez fisiológica, número de semillas por vaina, peso de 100 semillas, días a cosecha y rendimiento.

Para el análisis de los resultados, se aplicaron métodos descriptivos multivariados, como el análisis de correspondencia simple y métodos inferenciales, como el Diseño de Bloques Completos al Azar, con prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS), apoyándose del programa estadístico IBM SPSS Statistic versión 21, con una probabilidad  $P \leq 0,05$ . Presentaron mayor diferencia los materiales irradiados con respecto a sus testigos, para las variables cualitativas: color de cotiledón y epicotilo (Rojo de Seda y Ferromás), color de cáliz y cuello del estambre (Rojo de Seda), color de vaina madura y forma de la semilla para (Vaina Blanca y Ferromás), color primario de la semilla (Ferromás y Chaparrastique); mientras que para las variables cuantitativas, los genotipos irradiados que presentaron los mejores efectos fueron Rojo de Seda y Chaparrastique; para el porcentaje de plantas fuera de tipo, días a floración, días a maduración, peso de 100 semillas y

rendimiento por unidad de área Vaina Blanca y número de semillas por vaina Chaparrastique (Alvarado *et al.*, 2014).

#### 8) Concentración óptima de Metano Sulfonato de Etilo en *Phaseolus vulgaris* L. cv. 'DOR 364' para inducir variaciones fenotípicas

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la principal leguminosa utilizada para la alimentación humana a nivel mundial, por lo que es un objetivo importante en los programas de mejoramiento genético para favorecer determinados caracteres de interés agronómico. Con el propósito de determinar la concentración óptima de metano sulfonato de etilo, para inducir variaciones fenotípicas en *Phaseolus vulgaris* L. cv. 'DOR 364' se realizó este trabajo. Las semillas se trataron con diferentes concentraciones de metano sulfonato de etilo (0, 20, 30, 40, 50, 60 mM) y se sembraron en bolsas de polietileno que contenían 4 kg de sustrato. Las evaluaciones se realizaron en variables involucradas en la germinación, crecimiento, desarrollo foliar, morfología de las plantas, así como componentes del rendimiento. El metano sulfonato de etilo influyó sobre las diferentes etapas de desarrollo del cultivo que fueron analizadas. Basados en la germinación y desarrollo de las plantas, la supervivencia, los componentes del rendimiento y la frecuencia de variaciones fenotípicas se seleccionó 30 mM de metano sulfonato de etilo como la concentración óptima para establecer una población de posibles mutantes en frijol común cv. 'DOR 364'. Hasta la fecha no se han informado estudios previos al respecto. Con la concentración óptima se logró generar el mayor número de variaciones fenotípicas en la población analizada (Rojas *et al.*, 2016).

### 9) Identificación de nuevos SNP asociados con la tolerancia a la sequía en frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*)

Frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) es una leguminosa de alta demanda de nutrición humana y un producto agrícola muy importante. La producción de frijol común está limitada por tensiones ambientales como la sequía. Aunque la selección de plantas convencionales se ha utilizado para aumentar el rendimiento de producción y la tolerancia al estrés, la selección de tolerancia a la sequía basada en el fenotipo se complica por los cambios fisiológicos, anatómicos, celulares, bioquímicos y moleculares asociados. Estos cambios están modulados por la expresión diferencial de genes. Un método común para identificar genes asociados con fenotipos de interés es la caracterización de polimorfes de nucleótido único (SNP) para vincularlos con funciones específicas.

En este trabajo, se seleccionaron dos líneas parentales tolerantes a la sequía de Mesoamérica, Pinto Villa y Pinto Saltillo. Las líneas parentales se utilizaron para generar una población de 282 familias (F3: 5) y se caracteriza por 169 SNP. Asociamos la segregación de los marcadores moleculares en nuestra población con fenotipos que incluyen tiempo de floración, madurez fisiológica, período reproductivo, planta, semilla y biomasa total, índice de reutilización, rendimiento de semilla, peso de 100 semillas e índice de cosecha en tres ciclos de cultivo. Observamos 83 SNP con asociación significativa ( $p \leq 0,0003$  después de la corrección de Bonferroni) con nuestros fenotipos cuantificados. Los fenotipos más asociados fueron días de floración y biomasa de semillas con 58 y 44 SNP asociados, respectivamente. Treinta y siete de los 83 SNP se anotaron en un gen con

una función potencial relacionada con la tolerancia a la sequía o funciones moleculares/bioquímicas relevantes. Algunos SNP como SNP28 y SNP128 están relacionados con la biosíntesis de almidón, un protector osmótico común; y SNP18 está relacionado con la biosíntesis de prolina, otro protector osmótico bien conocido (Villordo-Pineda *et al.*, 2015).

### 10) Selección en poblaciones mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) para rasgos adaptativos

La existencia de variabilidad es fundamental para el éxito de la mejora. Los cultivares comerciales de frijol tienen poca variabilidad para los rasgos adaptativos. El uso de agentes mutagénicos puede aumentar la frecuencia de mutación, lo que permite el desarrollo de variaciones para las características de interés. Por lo tanto, cuatro genotipos de frijol fueron sometidos a rayos gamma de  $^{60}\text{Co}$ , a dosis de 0, 100, 200 y 400 Gy, en 2006/07. En la siguiente cosecha (2007/08) las poblaciones mutantes sometidas a dosis de 0, 100 y 200 Gy, se cultivaron en un diseño de bloque ampliado. La evaluación de familias mutantes y no mutantes reveló diferencias fenotípicas significativas. Al estimar la distancia de Mahalanobis (D2) fue posible formar cuatro grupos (Rocha *et al.*, 2009).

### 11) Estudio del efecto de la irradiación ( $^{60}\text{Co}$ ) en $M_1$ plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) cultivares y determinación de las dosis adecuadas para el mejoramiento por mutación

El objetivo de este estudio es determinar los cambios morfológicos y la dosis adecuada de irradiación gamma para el programa de mejoramiento por mutación de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*). Los efectos de diferentes dosis (100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 y 500 Gy) de irradiación gamma

(<sup>60</sup>Co) sobre los parámetros de crecimiento de las plántulas y las tasas de supervivencia de las plantas se investigaron. Para determinar la dosis adecuada y los cambios morfológicos; longitud del brote, longitud de la raíz, peso fresco del brote, peso seco del brote, peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz, diámetro del tallo, ancho de la hoja, longitud de la hoja, clorofila. Se evaluaron las plantas. Se ha determinado que las dosis de gamma y las variedades utilizadas son significativas en cuanto al número de plantas supervivientes y los parámetros de crecimiento de las plantas. Se determinó que la irradiación gamma de dosis bajas afectaba de manera estimulante el peso fresco de los brotes, el peso seco de los brotes, el peso seco de las raíces y el peso fresco de las raíces. Se obtuvo una correlación negativa entre todos los rasgos de crecimiento de las plantas y el diámetro del tallo, y los diámetros del tallo están engrosados debido al aumento de las dosis gamma. Las aplicaciones de rayos gamma se efectuaron sobre la tasa de supervivencia de la planta considerablemente más que el porcentaje de germinación. La dosis adecuada aplicable de Efsane se determinó en 318,22 Gy, mientras que la dosis apropiada de F16 se determinó en 303,17 Gy (Kamile Ulukapia y Süleyman Fatih Ozmenb, 1997).

12) Actividades de la clorofilasa y degradación de la clorofila durante la senescencia de la hoja en mutantes no amarillentos y de tipo salvaje de *Phaseolus vulgaris* L.

Las actividades de clorofilasa, contenido de pigmentos que incluyen clorofila a y b, clorofilida un y b, y phaeophorbide A Durante la senescencia de las hojas bajo baja de oxígeno (0,5% O<sub>2</sub>) y el control (aire) se investigaron en un no amarillea mutante

y de tipo salvaje tipo hojas de judías verdes (*Phaseolus vulgaris* L.). La clorofilasa de los tejidos de las hojas tuvo una actividad máxima cuando se incubó a 40 ° C en una mezcla que contenía 50% de acetona. Tanto en las mutantes como en las de tipo salvaje, la actividad de la clorofilasa fue la más alta en las hojas no senescentes recién cosechadas y disminuyó drásticamente en el transcurso de la senescencia, lo que indica que la pérdida de clorofilas en las hojas senescentes no está directamente relacionada con la actividad de la clorofilasa y esa actividad no se altera en el mutante. El tipo salvaje tenía proporciones más altas de clorofila a a clorofila b que el mutante y las proporciones de clorofila a: b aumentaron durante la senescencia en ambos tipos. En las hojas senescentes mutantes, acumulaciones de clorofilida una y clorofilida b se detectaron, pero no se encontró feoforbido a. El clorofiluro b tuvo una mayor acumulación que el clorofiluro a en la etapa temprana de senescencia. Tratamiento de bajo oxígeno no sólo retrasa la degradación de la clorofila, pero también mejoró las acumulaciones de clorofilida un y b y bajó las proporciones de clorofila una a la clorofila b. (Colmillo de Zhengyi et al., 1998).

13) Una mutación en la vía de biosíntesis del ácido indol-3-acético de *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* afecta el crecimiento de *Phaseolus vulgaris* y la producción de siringomicina

Homólogos de los genes para la biosíntesis del ácido indol-3-acético (IAA) de *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* se recuperaron de una biblioteca genómica de *P. syringae* pv. *syringae*, y se determinaron sus secuencias de nucleótidos. Relación de secuencia entre *P. syringae* pv. *syringae* y *P. syringae* pv. *savastanoi* *iaa operons* es

superior al 90% dentro de los loci *iaaM* e *iaaH* pero declina drásticamente en una posición de aproximadamente 200 pb 5' del codón de iniciación de la traducción *iaaM*. Se detectó un tercer marco de lectura abierto aguas abajo de *iaaH*. La producción de IAA fue indetectable en la cepa mutante Y30-53.29, que se generó por transposición de Tn5 en el gen *iaaM* de *P. syringae* pv. *syringae* Y30. El mutante deficiente en IAA (IAA-) retuvo la capacidad de colonizar el filoplano del frijol e indujo síntomas de enfermedad en el frijol que eran similares a los producidos por la cepa parental.

Sin embargo, la dinámica de la población de la cepa IAA- durante la fase parasitaria en las hojas difirió de las de la cepa parental y del mutante genéticamente restaurado para la biosíntesis de IAA. El mutante fue capaz de inducir síntomas de enfermedad cuando se estableció en tejidos de frijol a una densidad celular inicial más baja que cualquier cepa productora de IAA. La biosíntesis de siringomicina por la cepa IAA- se redujo en comparación con la cepa parental o el mutante genéticamente restaurado para la producción de IAA (Mazzola y Blanco, 1994).

14) Transporte de ácido fítico en *Phaseolus vulgaris*: Un nuevo mutante con bajo contenido de ácido fítico en el PvMRP1 gen y estudio de los promotores PvMRPs en dos sistemas vegetales diferentes

Ácido fítico (gen *InsP*, que codifica un transportador de ácido fítico tonoplástico putativo, se describió hasta ahora. Este mutante carece de efectos pleiotrópicos negativos que normalmente caracterizan a los mutantes, se examinó una población mutagenizada con metanosulfonato de etilo, lo que resultó en la identificación de un gen adicional. expresado en niveles

apreciables en cotiledones. *Arabidopsis thaliana* *Medicago truncatula* plantas transgénicas que albergan porciones de 1,5 kb de las secuencias intergénicas 5' de ambos 6) es la principal forma de almacenamiento de fosfato en las semillas. En la planta juega un papel importante en respuesta al estrés ambiental y los cambios hormonales. *InsP 6* es un fuerte quelante de cationes, reduciendo la biodisponibilidad de minerales esenciales en la dieta. Hasta ahora sólo se describió un mutante de frijol común con bajo contenido de ácido fítico (*lpa1*), afectado en el PvMRP1 tonoplástico mutantes *lpa*. Con el objetivo de aislar nueva *lpa* de frijol común reportero, fueron generados. La actividad de GUS en diferentes órganos sugiere un mecanismo refinado, específico de la especie, de regulación de la expresión génica para estos dos genes PvMRP. (Cominelli, et al., 2018).

15) Mutantes deficientes en superóxido-dismutasa en frijoles comunes (*Phaseolus vulgaris* L.): control genético, expresiones diferenciales de isoenzimas y sensibilidad al arsénico

Dos mutantes de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), *sodPv 1* y *sodPv 2*, que exhiben una actividad foliar de superóxido dismutasa (SOD) de solo el 25% y el 40% de su control madre (MC) cv. VL 63 se aisló en la progenie M<sub>2</sub> mutagenizada con EMS (0,15%, 8 h). El análisis de Native-PAGE reveló la presencia de isoenzimas Mn SOD, Fe SOD, Cu / Zn SOD I y Cu / Zn SOD II en MC, mientras que Fe SOD y Mn SOD no se formaron en *sodPv 1* y *sodPv 2* hojas, respectivamente. La actividad en gel de las isoenzimas individuales difirió significativamente entre los padres. La deficiencia de SOD se hereda como mutaciones recesivas, controladas por dos loci no alélicos diferentes. Las expresiones génicas usando qRT PCR

confirmaron expresiones más altas de transcripciones de Cu / Zn SOD en ambos mutantes y la ausencia de Fe SOD en sodPv 1 y Mn SOD en sodPv 2. En 50 M de arsénico, los genes de SOD de Cu / Zn se regularon aún más, pero otras isoformas se regularon negativamente en los dos mutantes, manteniendo la actividad de SOD en su nivel de control. En un F<sub>2</sub> dobles mutantes de sodPv 1 × sodPv 2, no se detectaron expresiones de Fe SOD y Mn SOD, mientras que ambos Cu / Zn SOD están regulados negativamente y apareció necrosis foliar inducida por arsénico. En contraste con ambos mutantes, el estudio de imágenes de ROS reveló una sobreacumulación de ambos superóxidos y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en las hojas del doble mutante. (Talukdar, et al., 2013).

#### 16) Color de flor inducido por rayos gamma y mutantes de semillas en frijol francés (*Phaseolus vulgaris* L.)

Se aplicaron dosis de rayos gamma de 0 (control), 15, 20 y 25 kR a semillas latentes de *Phaseolus vulgaris* L. cv. Waghya. En la generación M<sub>2</sub> se detectaron mutaciones que afectan el color de la flor y las características de las semillas. La mayor frecuencia de mutación para el color de la flor y las características de la semilla se indujo con una dosis de 20 kR. Se obtuvieron mutantes con diferente color de flor y tamaño, forma y color de pelaje alterados de las semillas. (Mahamune, et al., 2011).

#### 17) Mejoramiento por mutación de *Phaseolus vulgaris* L.: Estudios sobre los efectos de la dosis de irradiación

Se realizaron ensayos de invernadero y de campo para estudiar el crecimiento de plántulas de semillas de *Phaseolus vulgaris* irradiadas con rayos gamma. Una exposición a 100 krads fue letal al meristemo

apical. El crecimiento del epicotilo en condiciones de invernadero fue el más afectado por los rayos gamma. Con base en los resultados, se recomendó que: a) el nivel de radiación gamma más adecuado para utilizar en un programa de mejoramiento por mutación es de 30 krads; b) las semillas M<sub>1</sub> se deben sembrar al doble de la densidad de siembra del testigo; c) las plantas M<sub>1</sub> se deben cosechar de tal manera que la población de Bs (una semilla individual extraída al azar de la cuarta vaina) se pueda utilizar para la selección de mutantes. (Extracto-RA-CIAT). (Cheah, C.H.y Lim, E.S., 1982).

#### 18) Mejoramiento por mutaciones en los colores de la cubierta de semillas de frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.)

El color de la capa de la semilla es un carácter agronómico importante para determinar la comerciabilidad de una variedad de frijol seco. Las personas en un lugar tienen una preferencia específica por ciertos colores de frijoles. Se sabe que muchas variedades de frijol negro son superiores en cuanto a resistencia a enfermedades y capacidad de rendimiento, y debido al color de la cubierta de la semilla, el cultivo está restringido en muchas áreas de cultivo de frijoles.

Al tratar las semillas de las variedades de frijol negro con EMS o rayos gamma, es posible inducir una gama de colores de la cubierta de la semilla desde el blanco, el amarillo hasta el marrón grisáceo. Junto con la técnica de selección descrita en este documento, es posible aislar los mutantes del color de la cubierta de la semilla que se correlacionan con el color verde del hipocótilo en una etapa muy temprana del desarrollo de la plántula. Las pruebas genéticas mostraron que los mutantes inducidos se deben a cambios en un único

locus genético de dominante a recesivo. Por tanto, mediante el uso de la técnica de reproducción por mutación, se pueden conseguir líneas homocigotas de mutantes del color de la cubierta de la semilla en la segunda generación autofecundada. Se discuten las ventajas de usar la técnica de mutación inducida para el mejoramiento del color de la cubierta de la semilla en frijoles, en comparación con el método de hibridación convencional. (Moh, C. C., 1971).

19) Mutantes inducidos en frijol común (*Phaseolus vulgaris*) y su uso potencial en el mejoramiento de la calidad nutricional y el descubrimiento de genes

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*) es la leguminosa de grano más cultivada para el consumo humano y una fuente importante de proteínas y minerales en África Oriental y América Latina. También es una especie diploide simple con un genoma pequeño (650 Mb). A pesar de su importancia nutricional y económica y su genoma manejable, *P. vulgaris* tiene una escasez de recursos mutantes en comparación con otros cultivos, lo que dificulta la realización de un cribado genético en la especie. En esta revisión, analizamos estudios recientes sobre mutagénesis que tienen como objetivo producir poblaciones mutagenizadas a gran escala para la detección de rasgos generalizados, así como mutantes de radiación gamma y EMS (metanosulfonato de etilo) anteriores que se desarrollaron para la fijación biológica de nitrógeno o rasgos morfológicos de las plantas. Las existencias mutantes en este cultivo permitirán a los investigadores realizar experimentos de genética directa (cribado fenotípico sistemático) e inversa (como TILLING o focalización de lesiones locales inducidas en genomas) con el objetivo de comprender los genes

implicados en varios rasgos, incluida la tolerancia al estrés abiótico y biótico, calidad del grano y valor nutricional, así como genes involucrados en la simbiosis con *Rhizobia*. Por tanto, las reservas de mutantes serán importantes para el descubrimiento de genes y la creación de una variabilidad novedosa. En esta revisión, destacamos las aplicaciones del mejoramiento por mutación para la mejora de la calidad nutricional del frijol común, dando ejemplos de proteínas de semillas, contenido mineral y características de acumulación de taninos. (Blair, M. W., 2007).

20) Mutantes de nodulación de haba blanca (*Phaseolus vulgaris* L.) inducidos por etil-metano sulfonato

La semilla de los cultivares OAC Rico y Swan Valley de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se trató con 0,04 M de etil-metanosulfonato (EMS). El cribado de poblaciones M<sub>2</sub> en presencia de nitrato 8 mM + amonio 2 mM, que inhibió sustancialmente la nodulación de los cultivares parentales, reveló mutantes supernoduladores tolerantes a nitratos (ntsn), copiosos y no nodulantes. Se obtuvieron un mutante ntsn de 175 líneas M<sub>1</sub> de OAC Rico y dos mutantes ntsn de 467 líneas M<sub>1</sub> de Swan Valley. Las progenies M<sub>3</sub> derivadas del Rico y del fértil Swan Valley ntsn -mutants (M<sub>2</sub>) se reprodujeron verdaderas. Palabras clave: Nodulación, frijol comestible seco (azul marino, común), EMS, *Phaseolus vulgaris*. (Park S. J. y Buttery B. R., 1988).

21) Identificación y caracterización de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bien noduladas en presencia de alto contenido de nitrato

Se sabe que el frijol común, *Phaseolus vulgaris* L., es "ineficaz" en la nodulación y fijación de N<sub>2</sub>, aunque responde al nitrógeno aplicado. Se realizó un

experimento para identificar y caracterizar cultivares de frijol que nodulan en presencia de un alto nivel de nitrógeno.

Se inocularon dieciséis cultivares y un control de nodulación ineficaz, OAC Seaforth, y se cultivaron durante 40 días en macetas replicadas con cero, 3,5 y 10,5 m M de nitrógeno combinado como  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ . Siete rasgos relacionados con la nodulación y la fijación de  $\text{N}_2$  se vieron afectados significativamente por el nivel de N (N), el cultivar (Cv) y las interacciones  $\text{N} \times \text{Cv}$  (excepto el peso seco de la raíz), lo que indica que los cultivares respondieron de manera diferente a los tratamientos con N. El peso seco total (W) y la proporción de brotes aráíces (S / R) aumentaron con el aumento de los niveles de N. El peso seco del nódulo ( $W_n$ ), la puntuación de nodulación visual ( $N_v$ ) y el índice de nodulación ( $N_x$ ) disminuyeron a medida que aumentaba el N. El porcentaje de contenido de N y N por planta aumentó con el aumento del nivel de N. El peso de la planta (W) se correlacionó positivamente con el contenido de  $W_n$ ,  $N_v$  y N y se correlacionó negativamente con el % N. La puntuación de nodulación se asoció positivamente con el contenido de  $W_n$  y N de la planta. Genotipos superiores en nodulación y  $\text{N}_2$ . Se identificaron fijación en presencia de N. Se seleccionaron los cultivares Italian Barlotti, California Light Red Kidney, Kentucky Wonder A y Pueblo 152 para realizar más pruebas y utilizarlos para mejorar la característica de nodulación tolerante a nitratos del frijol. (Park S. J. y Buttery B. R., 1989).

22) Herencia de mutantes de no nodulación y no modulaciones ineficaces en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

Se indujeron dos mutantes de nodulación que carecen de nódulos efectivos en frijol

común (*Phaseolus vulgaris* L.) mediante el tratamiento de semillas con etilmetanosulfonato. Se determinó la herencia de nodulación ineficaz (IN) y no nodulación (NN) en cruces con tipos silvestres (W). Ambas características de nodulación fueron controladas por genes recesivos únicos. Las pruebas de complementación, incluidos los mutantes de supernodulación tolerantes a nitratos (NTSN), revelaron que los tres tipos de nodulación estaban bajo control no alélico con una función distinta. Los símbolos genéticos *nie* y *nnd-2* se asignaron para los tipos IN y NN, respectivamente. Un gen *nod* asignado previamente para NTSN de las líneas de frijol común R32 y SV145 se cambia a *nts*. Epistasis recesiva ocurrió con *nie* siendo epistático a *nts*, y *nnd-2* siendo epistático a *nts* y *nie*. (Park S. J. y Buttery B. R., 1994).

23) Mutantes de nodulación inducidos por etilmetanosulfonato (EMS) de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) que carecen de nódulos efectivos

Se trató semilla de frijol blanco (*Phaseolus vulgaris* L. cv. OAC Rico) con etilmetanosulfonato 0,04 M. Proyección de la  $M_2$  progenie de 175 m 1 líneas en la presencia de 1 m M de nitrato reveló dos mutantes de nodulación. Una línea no fue esencialmente nodulante en varias pruebas, pero ocasionalmente se observaron pequeños nódulos blancos en otras pruebas con 16 cepas de *Rhizobium* distintas. La otra línea formaba pseudonódulos diminutos, de color blanco cremoso, no funcionales (ineficaces) y parecidos a un tumor. Las progenies  $M_3$  y  $M_4$  fueron fértiles y se reprodujeron correctamente. (Park S. J. y Buttery B. R., 1992).

24) Controles del desarrollo de mutantes morfológicos de *Phaseolus vulgaris* L.:

expresión diferencial de loci mutantes en órganos vegetales.

Los controles del desarrollo de mutantes morfológicos de *Phaseolus vulgaris* L. condicionados por dos loci independientes, DL 1 y DL 2, se examinaron mediante experimentos de injerto y estudios hidropónicos. Los fenotipos de las clases mutantes se duplicaron mediante uniones de vástagos y cepas derivadas de diferentes genotipos. Los resultados indican que DL 1 y DL 2 regulan un factor de raíz y brote respectivamente, contribuyendo a los tipos mutantes. Las dosis alélicas de DL 1 en la raíz y DL 2 en el brote, más que en el genotipo de la planta completa per se, determina la severidad de la expresión del mutante. Se utilizaron plantas heterocigotas para ambos loci con una expresión sensible a la temperatura del fenotipo mutante para determinar los componentes fisiológicos involucrados. El evento de desarrollo anormal primario asociado con la aparición de fenotipos mutantes, el crecimiento restringido de la raíz a alta temperatura, podría superarse mediante la adición de citoquinina en solución hidropónica. Estas observaciones sugieren que DL 1 y DL 2 pueden estar relacionados con la regulación de la función hormonal o el metabolismo. (Shii, C., T., Mok, M., C., David W.S, Mok, 1981).

#### 25) Caracterización genética y fisiológica del mutante no nodulante de *Phaseolus vulgaris* L. -NOD125

Se ha investigado la fisiología y la genética del mutante no nodulante de *Phaseolus vulgaris* L., NOD125, inducido por metilsulfonato de etilo. El mutante no logró nodular con 21 cepas de *Rhizobium* que efectivamente nodularon el genotipo de tipo salvaje RIZ30. El carácter no nodulante se expresa específicamente en la raíz y no

puede transferirse injertando el brote mutante en la raíz de tipo salvaje. La herencia del fenotipo no nodulante muestra que está controlado por un único gen recesivo al que hemos denominado sym-I. El mutante se ha retrocruzado con el tipo salvaje como parental recurrente para obtener una isolina RIZ30 no nodulante. En una prueba preliminar, en presencia de altas concentraciones de nitrato de potasio, BC no nodulante Las líneas 1 F 3 tuvieron un mejor rendimiento en comparación con el genotipo mutante original, asimilando nitrógeno mineral con alta eficiencia. Por lo tanto, uno o dos ciclos más de retrocruzamiento deberían ser suficientes para lograr un material adecuado para usar como una planta de referencia que no se fije en los ensayos de campo del genotipo de frijol para la fijación de nitrógeno. (Pedalino M., et al., 1992).

#### 26) Inhibición de mutantes de polisacáridos de *Rhizobium etli* por compuestos de raíz de *Phaseolus vulgaris*

Se ensayaron extractos crudos de raíz de frijol de *Phaseolus vulgaris* para determinar la inhibición del crecimiento de varios polisacáridos mutantes de *Rhizobium etli* biovar *phaseoli* CE3. Los mutantes deficientes solo en exopolisacárido y algunos mutantes deficientes solo en el antígeno O del lipopolisacárido no eran más sensibles que la cepa de tipo salvaje a los extractos, mientras que los mutantes defectuosos tanto en lipopolisacárido como en exopolisacárido eran mucho más sensibles. La actividad inhibidora se encontró en niveles mucho más altos en raíces y nódulos que en tallos u hojas. Inoculación con *R. etli* de tipo salvaje o deficiente en polisacáridos no pareció afectar el nivel de actividad. Las extracciones secuenciales del material de la raíz en bruto

con éter de petróleo, acetato de etilo, metanol y agua dividieron la actividad inhibidora en cada disolvente excepto el metanol. Los principales inhibidores en los extractos de éter de petróleo y acetato de etilo se purificaron por C 18 Cromatografía líquida de alta resolución. Todos estos compuestos migraron de manera muy similar tanto en cromatografía líquida como en capa fina, pero se distinguieron por sus espectros de masas. Los espectros de absorbancia y las propiedades de fluorescencia sugirieron que eran cumestanos, uno de los cuales tenía el espectro de masas y las resonancias magnéticas nucleares del cumestrol. Estos resultados se discuten con respecto a la hipótesis de que una función de los polisacáridos *rizobianos* es proteger contra las toxinas de las plantas que se encuentran durante el desarrollo de los nódulos. (Eisenschenk, L., et al., 1994).

#### 27) Potencial agronómico del color de la cobertura de la semilla de un mutante inducido de (*Phaseolus vulgaris* L.)

En 1987, en Viosa (Minas Gerais, Brasil), se evaluaron 11 mutantes del color de la testa inducidos por MSE en frijol var. progenitora Millonario 1732 y en una versión de ella, Millonario Mulatinho 2104 (MM 2104), la cual se sometió a 5 generaciones de retrocruzamiento por color habano de la testa. Las diferencias en la capacidad de rendimiento entre los 5 mutantes y la var. original y entre los 6 mutantes y MM 2104 no fueron significativas. Sin embargo, un mutante, también con testa color habano, presentó rendimientos significativamente (P menor que 0,05) mayores que MM 2104. La evaluación de las líneas mutantes inducidas y de las var. testigo por otros caracteres indicó que los cambios globales inducidos por MSE en los mutantes de alto

rendimiento fueron similares a los introducidos mediante el método de retrocruzamiento convencional. En comparación con el método de retrocruzamiento, la técnica de mutación inducida permitió aislar varios mutantes útiles de color de la testa en menor tiempo y con menor costo y mano de obra. La inducción de mutaciones es un procedimiento valioso para fines especiales de mejoramiento, que merece mayor atención por parte de los fitomejoradores. (RA-CIAT). (Guimaraes, M., A., et al., 1989).

#### 28) Efecto del etileno y su inhibición en la inducción de novo de yemas adventicias de nudos cotiledonares in vitro del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

La presencia de 0.2-2.0 mg/l de aminoetoxivinil-glicina (AVG) o 5-10 mg/l de nitrato de plata (AgNO<sub>3</sub>) mejoró marcadamente la inducción de yemas y el crecimiento y desarrollo de ápices a partir de los tejidos del nudo cotiledonar de cuatro variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Contrariamente, la adición de etileno exógeno mediante la adición de Ethrel a las cajas de Petri, inhibió tanto la inducción de yemas como el crecimiento y desarrollo de los ápices. Etileno y CO<sub>2</sub> se acumularon en los recipientes de cultivo (cajas de Petri) durante el periodo de cultivo de los explantes, mientras que la concentración de O<sub>2</sub> se redujo. La producción endógena de Ácido Abscísico (ABA) en los nudos cotiledonares disminuyó en concentración en la preparación del explante. La interacción de ABA y etileno en la inducción de yemas y el crecimiento y desarrollo de ápices es discutida. (Hoyos Sánchez, R., 2000).

#### 29) 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

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 (M<sub>7</sub>) 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 T<sub>9</sub> (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 T<sub>20</sub> (M09ST20) mostró los mejores resultados, y dentro de los caracteres agronómicos las líneas mutantes T<sub>20</sub> (M09ST20) y T<sub>15</sub> (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. (Fernández-López, O., J., et al., 2015).

### 30) Evaluación de la mutación inducida por radiación gamma (60-Co) en dos variedades de *Phaseolus vulgaris*

Se irradiaron dos variedades de *Phaseolus vulgaris* (Jutiapan y San Martín) a dosis de 0, 8, 15, 20 y 30 kR en una fuente gamma de 60 cobalto, para identificar mutantes y una letalidad del 20%. M<sub>2</sub> se seleccionaron plantas que presenten mutaciones. Correlacionamos. Se observaron las diferencias en la sensibilidad a la irradiación de las dos variedades, utilizando datos y efectos fisiológicos de M<sub>1</sub>. La selección y el análisis del contenido de proteínas se realizaron en M<sub>3</sub>, así como los cambios hereditarios. (MAC). (Silva, R., M., et al., 1984).

### 31) Caracterización molecular de líneas mutantes de *Phaseolus acutifolius* A. Gray mediante marcadores AFLP's

*Phaseolus acutifolius* A. Gray, conocido comúnmente como frijol tépari, es una especie del norte de México y sur de Estados Unidos, que, por su tolerancia a altas temperaturas y condiciones de sequía, representa un cultivo promisorio ante el cambio climático. Sin embargo, debido a la baja diversidad genética de las accesiones cultivadas se ha requerido implementar alternativas como la inducción de mutaciones con etilmetano sulfonato (EMS) con el fin generar nuevas variantes en características de interés agronómico. Para evaluar el estado de la variación genética en las líneas mutantes de las generaciones M<sub>5</sub> y M<sub>6</sub> se utilizaron marcadores moleculares AFLP's con los que se determinó que existen variaciones considerables en los mutantes revelando que la mutagénesis con EMS funcionó exitosamente, además la diferenciación genética entre los materiales permitió establecer las agrupaciones de las diferentes líneas mutantes de acuerdo a su

origen, lo que indicó un avance en estabilización genética de las líneas. (Crespo M., S., 2017).

## CONCLUSIONES

Se concluye que, la mayoría de los trabajos realizados han sido enfocados básicamente a la forma en que los agentes mutagénicos afectan el desarrollo de la planta, posibilidades de uso de mutaciones clorofílicas para estimar la mutabilidad, frecuencia de mutaciones inducidas por diferentes agentes mutagénicos, respuestas biológicas y la inducción mutante del color de las semillas.

## REFERENCIAS

- Alvarado, O. A., Guevara, L. A. y López, C. Y. (2014). Evaluación de materiales criollos y mejorados de frijol (*Phaseolus vulgaris*), irradiados con rayos gamma en la búsqueda de tolerancia a la sequía, San Andrés, municipio de Ciudad Arce, La Libertad [tesis de doctorado, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional UES. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5914>.
- Blair, M., W., Porch, T., Cichy, K., Galeano, C., G., Lariguet P., Pankhurst C. y Broughton, W. (2007) Induced mutants in common bean (*Phaseolus vulgaris*), and their potential use in nutrition quality breeding and gene Discovery. DOI: <https://doi.org/10.1560/IJPS.55.2.191>
- Cheah, C.H.; Lim, E.S. (1982) Mutation breeding of *Phaseolus vulgaris* L.: Studies on the effects of irradiation dosage to resolve a suitable procedure of handling M<sub>1</sub> and M<sub>2</sub> generations. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Pertanika. <http://www.sidalc.net/>

- Colmillo de Zhengyi, J., Bouwkamp, C., Theophanes S., (1998) Chlorophyllase activities and chlorophyll degradation during leaf senescence in non-yellowing mutant and wild type of *Phaseolus vulgaris* L. *Journal of Experimental Botany*, Volume 49, Issue 320, March 1998, Pages 503–510, <https://doi.org/10.1093/jxb/49.320.503>.
- Cominelli, E., Confalonieri, M., Carlessi, M., Cortinovis, G., Daminati, M. G., Porche, T. G., Losa, A., Sparvoli, F. (2018) Phytic acid transport in *Phaseolus vulgaris*: A new low phytic acid mutant in the PvMRP1 gene and study of the PvMRPs promoters in two different plant systems. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.02.003>
- Crespo Muñoz, S., (2017) Caracterización molecular de líneas mutantes de *Phaseolus acutifolius* A. Gray mediante marcadores AFLP's. Trabajo de grado – Maestría. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59450>
- Eisenschenk, L., Diebold, R., Perez-Lesher, J., Peterson, A., C., Peters, N., K., Dale Noel, K., Inhibition of Rhizobium etli Polysaccharide Mutants by *Phaseolus vulgaris* Root Compounds Applied and Environmental Microbiology Sep 1994, 60 (9) 3315-3322; APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, Sept. 1994, p. 3315-3322 Vol. 60, No. 9 0099-2240/94/\$04.00+0 Copyright C 1994, American Society for Microbiolog <https://aem.asm.org/content/60/9/3315.short>
- Fernández-López, O., J., Artiga-Gil, D., A., Alejo-Martínez, M., H., Orellana-Núñez, M., A., (2015) Characters phonological, morphological and agronomical 26 mutant lines (*Phaseolus vulgaris* L.) in its seventh generation in search of promising genotypes yield potential, El Salvador. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55845207/agrociencia\\_sept-nov.pdf?1519075482=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRe vista\\_Agrociencia\\_septiembre\\_noviembre.pdf&Expires=1619202532&Signature=XB2sNsv1hOSgRa1fbj5qVVOek6YBPc52drhmZeOxxHIOkN2m-6~Yp2mmvQeu7-OWAMmgEk2eQll1JaBkGhW-35JVkF8moCXdzDBN0FaXU9DONpk42l2rPXdw3G2hQsdtRtKqRJ1MoUvY7iJXNJ oZaKIRc1mNZYld3CYlgnbjINfV6cavmWG2~Wd-JjdrC5n2oXVXJKpw~KNkllkp2F~C7-39g3QjaNVWlCJSPaA7T7IHUGwTe9mk7Vg0Vf3Avo0NDVeYrnLUMeAQtsi~ma0G-QwgyGmol7mvL1JiHGj9zpLOtL7L3coxDSKzs2fXdphxiq745WbrmiXAN0f5A62Ssg\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA#page=60](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55845207/agrociencia_sept-nov.pdf?1519075482=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRe vista_Agrociencia_septiembre_noviembre.pdf&Expires=1619202532&Signature=XB2sNsv1hOSgRa1fbj5qVVOek6YBPc52drhmZeOxxHIOkN2m-6~Yp2mmvQeu7-OWAMmgEk2eQll1JaBkGhW-35JVkF8moCXdzDBN0FaXU9DONpk42l2rPXdw3G2hQsdtRtKqRJ1MoUvY7iJXNJ oZaKIRc1mNZYld3CYlgnbjINfV6cavmWG2~Wd-JjdrC5n2oXVXJKpw~KNkllkp2F~C7-39g3QjaNVWlCJSPaA7T7IHUGwTe9mk7Vg0Vf3Avo0NDVeYrnLUMeAQtsi~ma0G-QwgyGmol7mvL1JiHGj9zpLOtL7L3coxDSKzs2fXdphxiq745WbrmiXAN0f5A62Ssg_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA#page=60)
- Guimaraes, M., A., Barbosa, H., M., Vieira, C., Sediya, C., S., (1989) Agronomic potential of seedcoat color mutants induced in *Phaseolus vulgaris* L. *Revista Brasileira de Genética*. 12(1):93-101. <http://web2.sbg.org.br/gmb/edicoesanteriores/v12n1/pdf/a09v12n1.pdf>
- Hoyos Sánchez, R. (2000). Efecto del etileno y su inhibición en la inducción de novo de yemas adventicias de nudos cotiledonares in vitro del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/60047>
- Kamile Ulukapi, S., Fatih Ozmen, T., &

- McCouch, 1997 Plucknett, Smith, W., YMurthi, 1983 García, Peña-Valdivia, Aguirre YMuruaga (1997) Koornneef, 2002 Jain, 2010 International Atomic Energy Agency (2016) journal homepage:<http://www.elsevier.com/locate/jrras><https://doi.org/10.1016/j.jrras.2017.12.004>1687-8507/©2017 The Egyptian Society of Radiation Sciences and Applications. Production and hosting by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). Journal of Radiation Research and Applied Sciences 11 (2018) 157e161.
- Mahamune, S., E., Kotheekar, V., S., (2011) Gamma ray induced flower colour and seed mutants in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal article: Recent Research in Science and Technology 2011 Vol.3 No.5 pp.33-35 ref.13. <http://recent-science.com/.../2830>
- Martirena, A., Veitía, N., Rodríguez, L., Collado, R., Rodríguez, D., Rivero, L. y Ramírez-López, M. (2019). Efecto de diferentes explantes irradiados en la regeneración in vitro de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar "Ica Pijao". *Biología colombiana*, 24(1),13-25. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n1.70422>
- Martirena, A., Veitía, N., García, L., Collado, R., Torres, D., Rivero, L., Ramírez López, M., (2019) Respuesta in vitro de semillas de *Phaseolus vulgaris* L. cultivar 'Ica Pijao' irradiadas con diferentes dosis de radiación Gamma. *Biología Vegetal*. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/5>
- Mazzola M., Blanco FF., (1994) A Mutation in the Indole-3-Acetic Acid Biosynthesis Pathway of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* Affects Growth in *Phaseolus vulgaris* and Syringomycin Production. *JOURNAL OF BACTERIOLOGY*, Mar. 1994, P. 1374-1382 Vol. 176, No. 5 DOI: 10.1128/jb.176.5.1374-1382.1994 Copyright © 1994, American Society for Microbiology. <https://jb.asm.org/content/176/5/1374.short>
- Moh, C.C. (1971) Mutation breeding in seed-coat colors of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica* 20, 119–125 (1971). <https://doi.org/10.1007/BF00146782>
- Novak, J. y Bruner, H. (1992). Fitotecnia: Tecnología de mutación inducida para el mejoramiento de los cultivos. *Boletín del OIEA*, 4(1), 25-33. [https://www.iaea.org/sites/default/files/34405682533\\_es.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/34405682533_es.pdf)
- Park, S., J. y Buttery, B., R. (1988) Nodulation mutants of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) induced by ethyl-methane sulphonate. *Canadian Journal of Plant Science* • January 1988 • <https://doi.org/10.4141/cjps88-019>.
- Park, S., J. y Buttery, B., R. (1989). Identification and characterization of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines well nodulated in the presence of high nitrate. *Plant Soil* 119, 237–244 (1989). DOI <https://doi.org/10.1007/BF02370414>.
- Park, S., J. y Buttery, B., R. (1992) Ethyl-methane sulphonate (EMS) induced nodulation mutants of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lacking effective nodules. *Plant Soil* 139, 295–298 (1992).DOI <https://doi.org/10.1007/BF00009321>

- Park, S., J. y Buttery, B., R. (1994) Inheritance of Non-Nodulation and Ineffective Nodulation Mutants in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Journal of Heredity, Volume 85, Issue 1, January 1994, Pages 1–3, <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a111383>.
- Pedalino, M., Giller, K., E., Kipe-Nolt, J. (1992) Genetic and Physiological Characterization of the Non-nodulating Mutant of *Phaseolus vulgaris* L. - NOD125. Journal of Experimental Botany, Volume 43, Issue 6, June 1992, Pages 843–849, <https://doi.org/10.1093/jxb/43.6.843>.
- Rocha, F., Barili, L., García, S., Módena, R., Coimbra, J., Guidolin, A. y Bertoldo, J. (2009). Seleção em populações mutantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) para caracteres adaptativos. *Biotemas*, 22(2), 19-27. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n2p19> DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n2p19>
- Rojas, L., Collado, R., León García, A., Rivero, L., Ocaña, B., Hernández, M., Veitía, N., Martirena-Ramírez, A., Torres, D., García, L., Concentración óptima de Metano Sulfonato de Etilo en *Phaseolus vulgaris* L. cv. 'DOR 364' para inducir variaciones fenotípicas. *Bioteología Vegetal* Vol. 16, No. 3: 179 - 188, julio - septiembre, 2016 Instituto de Bioteología de las Plantas. UCLV. MES. eISSN 2074-8647, RNPS: 2154 <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/526/pdf>
- Shii, C., T., Mok, M., C., David W.S, Mok (1981) Developmental controls of morphological mutants of *Phaseolus vulgaris* L.: Differential expression of mutant loci in plant organs. <https://doi.org/10.1002/dvg.1020020306>
- Silva, R., M., López, S., S., Montepeque R., R., (1984) Evaluación de mutaciones inducidas por radiación gamma (Co-60) en dos variedades de *Phaseolus vulgaris* L. Universidad de Sao Paulo (Brasil); Centro de Energía Nuclear na Agricultura, Piracicaba (Brasil); 275 p; 1984; pag. 27-31; Taller regional sobre técnicas nucleares en la producción de cultivos; Piracicaba, SP (Brasil); 19-23 de noviembre de 1984. [https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:17087608](https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:17087608)
- Steagall, M. L. (1982). *Estudos sobre a ontogenia e alguns caracteres do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) a partir de sementes irradiadas com neutrons rápidos* [tesis de doctorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz]. Repositorio Institucional ESALQ. <https://doi.org/10.11606/T.11.2020.tde-20200111-133906>.
- Talukdar, D., Talukdar, T. (2013) Superoxide-Dismutase Deficient Mutants in Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): Genetic Control, Differential Expressions of Isozymes, and Sensitivity to Arsenic. *BioMed Research International*, vol. 2013, Article ID 782450, 11 pages, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/782450>
- Tulmann Neto, A. (1979) Obtencao de resistencia ou tolerancia ao virus do mosaico dourado do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) atraves de inducao de mutacao <https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=12641330>

Ciminel, Andreyev y Chávez (2022). Obtención de mutantes con características ...

Tulmann Neto, Augusto, Ando, Akihiko, & Sabino, José Carlos. (1994). Indução de mutante para maior altura basal em feijoeiro através de raios gama.

Veitía, N., Martirena-Ramírez, A., Torres, A., García, L. R., Collado, R. y Rivero, L. (2017) Radiosensibilidad in vitro de dos tipos de explante de frijol común cultivar 'BAT-93'. *Bioteología Vegetal*, 17(4), 259 – 264. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/rt/printerFriendly/569/html>

Villordo-Pineda, E., González-Chavira, M.,

*Bragantia*, 53(2), 159-162. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051994000200005>

Giraldo-Carbajo, P., Acosta-Gallegos, J. y Caballero-Pérez, J. (2015). DISSECTING THE STAY GREEN PHENOTYPE IN COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris*) USING NATURAL VARIATION. *Frontiers in Plant Science*, 6, 2-9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00546>

Recibido: 16-06-2022 Aceptado: 29-07-2022 Publicado: 31-07-2022