



Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

## **DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

### **Trabajo de Tesis**

## **Parámetros genéticos y componentes de rendimiento en seis genotipos nativos de frijol común**

### **Autores**

**Br. José Adán Huete Pérez**  
**Br. Marcos Gabriel Rivera González**

### **Asesores**

**MSc. Donald Juárez Gámez**  
**MSc. Ronaldo Calderón Matey**  
**Ing. Néstor Cajina Acebedo**

Presentado a la consideración del Honorable Comité  
Evaluador como requisito final para optar al grado de  
Ingeniero Agrónomo

**Managua, Nicaragua**  
**Mayo, 2025**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agrícolas como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

---

Miembros del Comité Evaluador

**MSc. Marbell Aguilar Maradiaga**  
**Presidente**

**MSc. Evert Herrera Fuentes**  
**Secretario**

**MSc. Roberto Carlos Larios González**  
**Vocal**

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua 29 de mayo del 2025

---

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo especialmente a Dios y a nuestra Santísima Madre, por haberme dado la vida, salud y sobre todo guiarme por el buen camino permitiéndome culminar una etapa más en mi vida; gracias a su amor y misericordia he logrado superar los momentos difíciles y así poder lograr mis metas y objetivos.

A mis padres, Susana Marisela Pérez Cerda y Jesús Adán Huete Sandoval, que siempre han sido mi fuente de inspiración y fortaleza. Su amor, enseñanzas, sacrificio y fe en mí me han permitido obtener todas mis metas. A mi compañera de vida, por su apoyo incondicional en cada momento de este proceso.

A mi hermana Lic. Yerling Vanessa Huete Pérez por ser una excelente hermana quien me dio apoyo y consejos incondicional para salir adelante y poder culminar mis estudios. Y a todos aquellos que me brindaron su tiempo, apoyo y ánimo.

A mi amigo y compañero de tesis, Marcos Gabriel Rivera González, le agradezco profundamente su amistad, apoyo incondicional, los consejos y muestras de cariño. Sin su ayuda, esta investigación no hubiera sido posible.

***Br. José Adán Huete Pérez***

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, por darme sabiduría, paciencia, fortaleza y ser una guía en cada paso de este camino.

A mis padres y a mi abuelo, Gladys Cinthia González Herrera, Argel Antonio Rivera Blandino y Pascual Antonio Rivera Pineda, quienes me instruyeron y orientaron en la vocación de ser ingeniero agrónomo. A mi familia, por su amor incondicional, apoyo y comprensión, permitiéndome superar los obstáculos que se han presentado durante todo este periodo.

A mi abuela, Rosario Herrera Castro (q.d.e.p) y mi tía, María José Rivera (q.d.e.p), quien ya no está entre nosotros, pero sus enseñanzas y recuerdos siguen vivas en mi corazón, Aunque no puedan ver este logro, sé que estás conmigo en cada una de las etapas de mi vida.

A mi amigo y compañero de tesis, José Adán Huete Pérez, agradezco profundamente su amistad, apoyo incondicional, los consejos y muestras de cariño. Sin su ayuda, esta investigación no hubiera sido posible.

***Br. Marcos Gabriel Rivera González***

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios Padre Celestial quien nos ha brindado la vida, fortaleza y sabiduría durante los años de formación profesional. Así mismo, por permitirme vivir esta experiencia y abrirme las puertas a futuros llenos de posibilidades.

A mis padres, quienes siempre me han dado la fuerza y confianza necesarias para alcanzar mis sueños, incluso en los momentos de duda. Su sacrificio, dedicación y ejemplo de vida me han enseñado el valor del esfuerzo y la perseverancia. Gracias por sus palabras de ánimo y por compartir conmigo la felicidad de alcanzar esta meta.

A nuestra alma mater, Universidad Nacional Agraria por haberme brindado la oportunidad de formarme académica y profesionalmente. Gracias por proporcionarme los recursos, el conocimiento y el apoyo necesario para alcanzar este logro un paso muy importante en mi vida. Agradeciendo a nuestros asesores; MSc. Donald Juárez Gámez, Ing. Néstor Cajina Sotelo y MSc. Ronaldo Calderón Matey, quienes con su experiencia, sabiduría y dedicación han sido fundamentales en la realización de este trabajo.

De igual manera, agradecemos al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y a todo su personal, que de manera generosa y desinteresada nos brindó la oportunidad de realizar la investigación en sus instalaciones y de acceder a recursos clave para el desarrollo de este trabajo.

***Br. José Adán Huete Pérez***

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, quien me ha otorgado los conocimientos, voluntad y oportunidades para lograr mi metas personales y profesionales.

A mis padres, por su paciencia infinita y su apoyo constante a lo largo de mi vida. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la honestidad. Sus sacrificios y consejos han sido el pilar que me ha permitido llegar hasta aquí.

A nuestra alma mater, Universidad Nacional Agraria y todos sus docentes, que nos han brindado la oportunidad de formarnos académica y profesionalmente. Agradezco brindar los recursos, el conocimiento y el apoyo necesario para alcanzar este nuevo logro.

Agradeciendo a nuestros asesores; MSc. Donald Juárez Gámez, Ing. Néstor Cajina Sotelo y MSc. Ronaldo Calderón Matey, quienes con su experiencia, sabiduría y dedicación han sido fundamentales en la realización de este trabajo.

De igual manera, agradecemos al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y a todo su personal, que de manera generosa y desinteresada nos brindó la oportunidad de realizar la investigación en sus instalaciones y de acceder a recursos clave para el desarrollo de este trabajo.

***Br. Marcos Gabriel Rivera González***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>SECCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	iii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	vii
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	viii
<b>RESUMEN</b>	ix
<b>ABSTRACT</b>	x
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
2.1 Objetivo general	3
2.1 Objetivos específicos	3
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	4
3.1 Origen del frijol	4
3.2 Taxonomía del frijol	4
3.3 Requerimientos edafoclimáticos	5
3.4 Importancia socioeconómica	5
3.5 Conservación de germoplasma en Nicaragua	6
3.6 Mejoramiento de frijol en Nicaragua	7
3.7 Modelos mixtos aplicados a la experimentación agrícola	9
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	11
4.1 Área del estudio	11
4.2 Diseño metodológico	11
4.3 Manejo del ensayo y metodología	11
4.4 Manejo agronómico	12
4.4.1 Prueba de germinación	12

---

<b>SECCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
4.4.2 Establecimiento del experimento	12
4.4.3 Fertilización	12
4.4.4 Control malezas	13
4.4.5 Control de enfermedades	13
4.4.6 Registro de precipitación durante el ciclo del cultivo	13
4.5 Datos o variables evaluados	13
4.5.1 Parámetros genéticos	13
4.6 Registros de datos	14
4.7 Análisis de datos	14
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>16</b>
5.1 Parámetros genéticos	16
5.2 Selección de plantas superiores	17
5.3 Aporte varietal en el proceso de selección individual	20
5.4 Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	20
5.5 Correlación genética entre caracteres	22
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>24</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	<b>25</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	<b>26</b>
<b>IX. ANEXOS</b>	<b>31</b>

---

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Condiciones agroclimáticas óptimas para el cultivo de frijol	5
2.	Cantidad de recursos genéticos de varias especies de frijol conservadas en bancos de germoplasma ex situ	7
3.	Distribución de genotipos y variedad INTA Rojo según bloques aleatorizados en modelos mixtos	12
4.	Varianza genotípica, fenotípica y heredabilidad según componentes del rendimiento	17
5.	Plantas con valores genéticos aditivos superiores en los componentes de número vainas por planta, número de semillas por vaina y rendimiento	19
6.	Porcentaje de aporte de los genotipos en el proceso de selección individual	20
7.	Rendimiento por planta de los seis genotipos de frijol común	21
8.	Correlaciones genéticas entre los componentes de rendimiento	22

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Área del estudio	31
2.	Etapas fenológicas del cultivo de frijol	31
3.	Estimación de efectos genéticos aditivos en 80 plantas superiores correspondientes a seis genotipos de frijol común, basada en los componentes del rendimiento.	32
4.	Plano de campo	36
5.	Diseño de parcelas	37
6.	Distribución de bloques en campo	37
7.	Identificación individual de plantas	38
8.	Recolección individual de muestras	38
9.	Registro de datos para el análisis de variables	39
10.	Pesaje de semillas	40
11.	Áreas de producción de semillas del Centro Nacional de Desarrollo Tecnológico de Frijol “La Compañía”	41
12.	Departamentos con mayor producción de frijol a nivel nacional	41
13.	Banco Nacional de Germoplasma de Semillas Criollas y Mejoradas	42
14.	Conteo de semillas	42
15.	Señalizaciones en el área de experimento	43
16.	Distribución de parcela (surcos) en campo	43
17.	Registro de datos en campo	44
18.	Matriz de datos	45

## RESUMEN

En Nicaragua la producción de semillas de frijol depende en gran medida de variedades nativas/criollas o acriolladas; las que se encuentran en manos de agricultores con recursos limitados. Esta investigación tuvo como propósito analizar los componentes de rendimiento y parámetros genéticos en seis genotipos de frijol común, más un comparador el cual fue la variedad mejorada “INTA Rojo”. Para ello, se estableció un estudio en el Centro Experimental de Frijol “La Compañía” ubicado en San Marcos, Carazo, se estableció como un diseño de bloques aumentados utilizando el método de selección individual a través de modelos mixtos. El experimento constó de 4 bloques, con 525 plantas en cada uno, para un total de 2 100 plantas, entre las variables consideradas en el estudio están las variables de los componentes de rendimiento: Número de vainas por planta, número de semillas por vaina rendimiento por planta y peso de 100 semillas, para los parámetros genéticos: Varianza genotípica, varianza fenotípica y heredabilidad, dichas variables fueron analizadas utilizando el modelo 74 del software SELEGEN REML-BLUP de EMBRAPA. Los valores de heredabilidad para el número vainas por planta, número de semillas por vaina y rendimiento por planta fueron bajos: 0.038, 0.041 y 0.055, sin embargo, el peso de 100 semillas fue el que obtuvo un valor de heredabilidad (0.757) alto con respecto a los otros. En la selección de plantas superiores, únicamente 25 individuos de los genotipos analizados se destacaron por presentar valores genéticos aditivos elevados en tres de los cuatro componentes de rendimiento, al compararlos con los valores medios de la población. La correlación genética indicó que la relación entre los componentes: número de semillas por vaina y rendimiento por planta (0.924) resultó ser la más significativa. No obstante, el peso de 100 semillas fue la que menos contribuyó al rendimiento por planta (0.278).

**Palabras clave:** Genotipos de frijol, modelos mixtos, SELEGEN, mejora genética, heredabilidad.

## ABSTRACT

In Nicaragua, bean seed production largely relies on native, landrace, or locally adapted varieties, which are predominantly managed by resource-limited farmers. This research aimed to analyze yield components and genetic parameters in six common bean genotypes, along with a comparator—the improved variety "INTA Rojo." The study was conducted at the "La Compañía" Bean Experimental Center located in San Marcos, Carazo, and was designed as an augmented block design using the individual selection method through mixed models. The experiment consisted of 4 blocks, each containing 525 plants, totaling 2,100 plants. The variables considered included yield components: number of pods per plant, number of seeds per pod, yield per plant, and 100-seed weight. For genetic parameters, genotypic variance, phenotypic variance, and heritability were estimated. These variables were analyzed using Model 74 of the SELEGEN REML-BLUP software developed by EMBRAPA. The heritability estimates for number of pods per plant, number of seeds per pod, and yield per plant were low: 0.038, 0.041, and 0.055, respectively. However, 100-seed weight exhibited a high heritability value (0.757) compared to the other traits. In the selection of superior plants, only 25 individuals across the analyzed genotypes stood out for having high additive genetic values in three out of the four yield components, when compared to the population means. Genetic correlation analysis revealed that the relationship between the number of seeds per pod and yield per plant (0.924) was the most significant. In contrast, 100-seed weight contributed the least to yield per plant (0.278).

**Keywords:** Bean genotypes, mixed models, SELEGEN, genetic improvement, heritability.

## I. INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las principales leguminosas en el mundo, es considerado como una de las primeras plantas domesticadas del nuevo mundo al igual que el maíz y sobre la cual se basó la alimentación de los primeros asentamientos de meso América y Sudamérica (Ávila *et al.*, 2014). Según Gaucín (2019), este grano es un complemento indispensable en la dieta de gran parte de la población, especialmente en los países en vía de desarrollo, siendo no solamente una fuente proteica sino también una fuente energética. Uno de los principales atributos es su alto contenido de proteínas, aproximadamente del 27 %, superada únicamente por la soya (38 %), además de ser también una fuente importante de hierro (7.9 %) y vitamina B (2.2 %) (Somarriba, 1998).

Según el informe del Plan Nacional de Producción, Consumo y Comercio (2021), durante el ciclo productivo 2021/2022 se registró una producción de 4.6 millones de quintales, con un consumo aparente de 2.55 millones de quintales y exportaciones de 2.07 millones de quintales, equivalente a USD 109.7 millones. Dicha producción se distribuye entre los distintos departamentos de Nicaragua, destacándose para la producción de frijol rojo los siguientes: Jinotega (registra el 13.4 % de productores a nivel nacional y el 18.3 % del área total de producción), Nueva Segovia (con un 13.8 % de productores y el 13.3 % del área de producción) y Matagalpa (con un 8.9 % de productores y el 20.9 % del área de producción) (Ministerio Agropecuario [MAG], 2022).

Álvarez (2009) afirma que alrededor de 200 mil familias productoras se dedican a la producción de frijol en Nicaragua. El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2009) también señala que el 95 % de la producción de frijol en Nicaragua proviene de pequeños y medianos productores, quienes en su mayoría carecen de un sistema efectivo de transferencia tecnológica que garantice la adopción de prácticas y tecnologías eficientes para el manejo del cultivo. Esta situación vuelve a la producción de frijol vulnerable ante afectaciones climáticas severas, provocando que su rendimiento varíe en comparación con otros granos básicos como el arroz y el maíz.

Solo el 13 % de los productores de frijol utilizan semilla mejorada y el 85 % semilla nativa/criolla, debido principalmente a la falta de semilla certificada y su alto costo de adquisición. Esto hace que la producción de frijol dependa, en gran medida, de la semilla de poblaciones nativas/criollas o acriolladas en manos de los agricultores de recursos limitados; sin embargo, a pesar de sus limitaciones estas poblaciones son una alternativa que contribuyen a la seguridad alimentaria para este sector de agricultores (Orozco y López, 2013).

Las semillas son el componente más importante en la producción agrícola a nivel mundial, debido a esto, la producción de semillas deber ser manejada por organizaciones de gran capacidad, que promuevan la investigación y el mejoramiento genético con altos niveles de tecnología que permita obtener las semillas en los volúmenes necesarios, con una calidad apropiada y a costos razonables para los productores de la zona (Gómez y Minelli, 1990).

Hoy en día este cultivo presenta distintas limitantes, siendo las más destacadas: daños generados por plagas y enfermedades, mal manejo por parte de los productores y la poca o nula industrialización que tiene este rubro en el país, por lo que se hace de primera necesidad la creación de variedades que muestren niveles de tolerancia al estrés biótico y abiótico en las distintas zonas de producción del país. Esta investigación tiene como objetivo analizar los componentes de rendimiento y parámetros genéticos en seis genotipos de frijol común a partir del uso de los recursos fitogenéticos nativos en los procesos de mejoramiento genético para la obtención de variedades con mayor potencial productivo.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Determinar los parámetros genéticos y componentes de rendimiento en seis genotipos nativos de frijol común.

### **2.2 Objetivos específicos**

Identificar parámetros genéticos de heredabilidad, varianza fenotípica y genotípica en seis genotipos nativos de frijol común.

Seleccionar plantas individuales con superioridad genética productiva en genotipos nativos de frijol rojo empleando modelos mixtos, con base en la estimación de parámetros genéticos.

Estimar las correlaciones genéticas entre los componentes del rendimiento en genotipos nativos de frijol rojo.

### III. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 Origen del frijol

Según Hernández-López *et al.* (2013), las evidencias aportadas por estudios con enfoque arqueológico, morfológico-agronómico, bioquímico y molecular, indican que el frijol tiene su centro de origen en la región de Mesoamérica, particularmente en el occidente y sur de México (desde Jalisco hasta Oaxaca), y que hubo dos centros de domesticación: uno primario (Mesoamérica) y otro secundario (Sur Andino).

Saburido y Herrera (2015), señalan que la domesticación a partir de especies silvestres se inició en diferentes partes del mundo hace unos 12 000 años. Durante la domesticación, el frijol sufrió una multitud de cambios tanto morfológicos como fisiológicos que lo diferencian de sus parientes silvestres, como la dormancia de la semilla, la dehiscencia del fruto, el hábito de crecimiento, la sensibilidad al fotoperiodo, color, y la forma y talla tanto de la planta como de las semillas y frutos. La reproducción de estas especies provocó una selección artificial de las plantas que llevó al desarrollo de cultivos modernos, adaptados a ambientes artificiales.

#### 3.2 Taxonomía del frijol

El Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT, 1985) establece que el frijol se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta (plantas con flor)
- Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas)
- Subclase: Rosidae
- Orden: Rosales
- Familia: Leguminosae
- Género: *Phaseolus*
- Especie: *Phaseolus vulgaris* Linneo

Este mismo autor indica que el género *Phaseolus* incluye aproximadamente 35 especies, de las cuales cuatro se cultivan:

- *Phaseolus vulgaris* L.
- *Phaseolus lunatus* L.
- *Phaseolus coccineus* L.
- *Phaseolus acutifolius* A. Gray var. *latifolius* Freeman

### 3.3 Requerimientos edafoclimáticos

La producción agrícola se ve influenciada por distintos factores bióticos y abióticos, a continuación, en el cuadro 1 se detallan los requerimientos o condiciones agroclimáticas ideales para desarrollo del cultivo del frijol en Nicaragua.

Cuadro 1. Condiciones agroclimáticas óptimas para el cultivo de frijol

Descripción	Requerimientos
Temperatura (°C)	18 – 24
Altitud (msnm)	400 – 1200
Precipitaciones (mm)	200 – 350
Suelo (textura)	Franco, franco-arenoso
pH	6.5 – 7.5

Fuente: Rosas, (2003).

### 3.4 Importancia socioeconómica

Según López (2017), el frijol forma parte de la familia de las leguminosas y en conjunto con el maíz constituye una parte esencial en la dieta básica de la población de los países de América Latina y África. Es la principal fuente de proteínas de miles de nicaragüenses y se produce en casi todo el territorio nacional a diferentes escalas, teniendo un consumo per cápita de 50 libras anuales (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2009), y generando aproximadamente 200 mil empleos directos e indirectos (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2009).

### **3.5 Conservación de germoplasma en Nicaragua**

Los recursos fitogenéticos constituyen la materia prima a partir de la cual es posible obtener nuevas variedades, combinando técnicas tradicionales y biotecnología en el mejoramiento genético, la producción de semillas certificadas depende en gran medida de esto, cualquier avance registrado en potencial de rendimiento, resistencia a plagas, resistencia a enfermedades, calidad o características deseables de materiales nativos/criollos o acriollados son de suma importancia para la selección por parte de los fitomejoradores (Ramírez *et al.*, 2000).

En Nicaragua existen colecciones nacionales de recursos fitogenéticos *ex situ* que se encuentran bajo la custodia y responsabilidad de distintas instituciones, tales como: Los centros experimentales del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), el Centro Nacional de la Medicina Popular Tradicional (CNMPT), la UNAN - León y el Centro de Mejoramiento Genético y Banco de Semillas Forestales de Nicaragua que pertenece al Ministerio de Recursos Naturales y del Ambiente (MARENA) (UNA, 1995).

Con la visión de desarrollar el sector agrario del país, el gobierno de Nicaragua tomó la decisión de iniciar un programa de rescate, conservación y uso de los recursos fitogenéticos, en el que se plantea la creación del Centro Genético de Semillas (CGS); que estaría ubicado en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA) perteneciente al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). Actualmente, el INTA posee el Banco Nacional de Germoplasma (BNG), como referente nacional e internacional de la conservación de recursos fitogenéticos de naturaleza ortodoxa, útiles para la alimentación y la agricultura, que inició sus funciones a partir de octubre del año 2015 (Ortega *et al.*, 2008).

El Banco Nacional de Germoplasma (BNG), actualmente posee 823 accesiones nativas colectadas a nivel nacional, 359 accesiones pertenecen a frijol común. Adicionalmente, se resguarda más de 4 500 muestras de germoplasma introducido de centros internacionales (CIAT y CIMMYT), también de material experimental resultante de trabajos de investigación en los rubros de maíz, sorgo, frijol, ajonjolí, soya, arroz y hortalizas (Cabe destacar que, del total de

accesiones nativas, solo el 10 % ha sido caracterizado morfológicamente) (Nicaragua *et al.*, 2020).

Nadeem *et al.* (2021), afirman que el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) posee la colección de *Phaseolus* más grande del mundo con 37 938 accesiones. Esta colección es la más grande mantenida en condiciones *ex situ* del cultivo de frijol. Otros países que poseen colecciones de frijol son Estados Unidos, Brasil, México, Alemania y Turquía (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cantidad de recursos genéticos de varias especies de frijol conservadas en bancos de germoplasma *ex situ*

Origen del Banco de germoplasma	Accesiones	Nativas	Parientes silvestres
CIAT (Colombia)	37 938	30 507	2 153
USDA (USA)	14 674	9 832	880
EMBRAPA (Brasil)	14 460	5 784	–
INIFAP (México)	12 752	7 014	2 168
IPK (Alemania)	8 680	5 729	87
SBTU y BIABU (Turquía)	–	750	–

Fuente: Nadeem *et al.* (2021).

EL BNG en Nicaragua, surge con el objetivo conservar las semillas que producen y utilizan agricultores de todo el país (semillas de poblaciones nativas relevantes por sus atributos comerciales, productivos y tolerancia a plagas y enfermedades), de este modo, reduce y evita la erosión genética de estos recursos fitogenéticos. Sin embargo, en la actualidad existe una problemática relacionada a la reducción en la diversidad de variedades, causada por las tendencias del mercado hacia la uniformidad de los productos, incentivos inadecuados a los agricultores, problemas relacionados con la tenencia de la tierra en zonas rurales y falta de políticas nacionales sobre conservación *in situ* de Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y Alimentación (RFAA).

### 3.6 Mejoramiento de frijol en Nicaragua

La población de Nicaragua prefiere granos de frijol pequeños y de color rojo, mientras que en el pasado existía una mayor flexibilidad en lo que se refiere a preferencias de grano, debido a la

oferta de variedades de grano de diferentes tonalidades. Según registros de documentos de la década del 50, todas las variedades de frijol sembradas en Nicaragua eran criollas o nativas, a partir de eso, se procedió a coleccionar material nacional y a introducir frijoles de países vecinos como México y Colombia. Una de las introducciones más exitosas fue la variedad “Rico”, variedad de grano negro, enviada en 1952 por el IICA de Costa Rica. Otros ejemplos de introducciones de variedades notables fueron: Turrialba 1, Jamapa y Porrillo N° 1 (Voyses, 2000).

A través del PCCMCA (Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios) continuaron las introducciones y evaluaciones. En 1970, fue seleccionada y liberada la primera variedad de grano rojo oscuro y brillante, Honduras 46. Entre los años 1979 y 1984, a través de los ensayos IBYAN (Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Frijol) llegan materiales del CIAT, que sucesivamente son liberados como variedades, todos ellos de grano rojo. Con la consolidación del proyecto regional y el avance del Mosaico Dorado, desde 1990 los viveros de PROFIJOL son los que servirían de fuente de materiales promisorios a partir de las cuales surgen nuevas variedades de granos rojo como Estelí 90, DOR 364, Compañía y CNIGB 93, un buen material lamentablemente no comercial por sus características (Voyses, 2000).

En la actualidad, la mayor introducción de material avanzado para la generación de variedades comerciales sigue siendo por parte del CIAT. Las principales características de este germoplasma es su tolerancia a estrés biótico y abiótico y los altos contenidos de hierro y zinc. A pesar de dicho esfuerzo la adaptabilidad de estos materiales a las condiciones ambientales de Nicaragua es baja y por ende la generación de variedades es limitada. A menor escala y bajo el sistema de mejoramiento convencional, el Fitomejoramiento Participativo también ha abonado en la generación de material promisorio para el registro de variedades comerciales con mejor adaptación a las condiciones medioambientales locales.

### **3.7 Modelos mixtos aplicados a la experimentación agrícola**

Según Fernández *et al.* (2009), la agricultura está sujeta a continuos cambios, el desarrollo de nuevas técnicas aplicables en la agricultura pasa necesariamente por la experimentación, esta tiene el objetivo de obtener datos fiables que permitan establecer comparaciones entre tratamientos diferentes y apoyar o rechazar hipótesis de trabajo de investigación. El proceso experimental comprende diversas etapas, este exige la definición del problema a resolver, el establecimiento de los objetivos, la selección correcta de los tratamientos a aplicar, del material vegetal a emplear en el experimento, el diseño experimental, la toma correcta de datos, su análisis e interpretación y presentación correcta de los resultados.

La investigación y experimentación agrícola normalmente presenta situaciones en las que es difícil utilizar los modelos lineales clásicos de análisis de varianza y regresión porque no se cumplen algunos supuestos estadísticos, en estos casos, el modelo mixto es el que se adecua de buena manera en estas situaciones, como por ejemplo cuando existe algún tipo de estructura de bloqueo de unidades experimentales que afecta la covarianza entre las observaciones. Los modelos mixtos manejan estas correlaciones mediante la incorporación de variables aleatorias, existen muchos beneficios que se pueden obtener por el uso de estos modelos: En algunas situaciones se incrementa la precisión de las estimaciones, en otras se contempla mejor la estructura y se amplía el espacio de inferencia, sobre todo cuando la estructura de los datos es jerárquica (Balzaniri *et al.*, 2005).

Otros beneficios del uso de modelos mixtos en comparación con los modelos tradicionales son: mayor flexibilidad en la especificación del modelo, lo que permite la inclusión de múltiples variables predictoras y la modelización de interacciones entre variables, además, de poder manejar datos faltantes y mayor poder estadístico, especialmente cuando la muestra es pequeña o cuando hay una gran cantidad de varianza aleatoria en los datos.

Los modelos mixtos son una herramienta clave en el mejoramiento genético de cultivos, ya que tienen la capacidad de combinar, tanto efectos fijos (manejo del cultivo o fertilidad del suelo) como efectos aleatorios (condiciones climáticas o interacción genotipo-ambiente), lo permiten

manejar de mejor manera la variabilidad genética y ambiental en los ensayos o experimentos agrícolas, mejorando la toma de decisiones en el proceso de selección de variedades superiores.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Área del estudio**

Este experimento fue establecido en el Centro Nacional de Desarrollo Tecnológico de Frijol “La Compañía”, el cual está ubicado en el municipio de San Marcos del departamento de Carazo, en las coordenadas de 11°54'30.07" de latitud Norte y 86°10'44.55" de longitud Oeste (Anexo 4). Este centro está situado a una altura de 480 msnm, presenta precipitaciones anuales que oscilan entre 1 200 mm y 1 500 mm, su temperatura media anual es de 24.2 °C y su humedad relativa igual a 85 % (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER], 2016).

### **4.2 Diseño metodológico**

El estudio se estableció bajo un Diseño de Bloques Aumentados, y empleando la selección individual como estrategia de mejoramiento. Se consideraron como unidades experimentales las plantas individuales. Los seis genotipos fueron replicados en cuatro bloques. Cada bloque contaba con siete parcelas de 12 m<sup>2</sup> y cada parcela con tres surcos de 25 plantas cada uno (Cuadro 3, Anexo 5).

### **4.3 Manejo del ensayo y metodología**

El material experimental evaluado consistió en seis genotipos (tratamiento no común) de frijol rojo nativo colectadas en distintos departamentos del país y conservadas en el Banco Nacional de Germoplasma y un comparador (tratamiento común) el cual fue semilla genética de la variedad INTA Rojo. En todas las variedades se evaluó productividad y presencia de enfermedades, los tratamientos fueron distribuidos en el campo de acuerdo con un sorteo aleatorizado (Anexo 4).

Se consideraron dos tipos de tratamientos, uno denominado tratamiento común constituido por la variedad estable INTA Rojo categoría Genética, que sirvió en este proceso como un comparador para corregir varianza y ajustar medias. El segundo tipo fue el tratamiento no

común, constituido por los seis genotipos nativos de frijol rojo conservadas en el Banco Nacional de Germoplasma.

Cuadro 3. Distribución de genotipos y variedad INTA Rojo según bloques aleatorizados en modelos mixtos

Nº	Genotipo	Nombres	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
1	0563	Parcela	I04	II01	III05	IV01
2	0329	Rojo Seda	I02	II04	III07	IV05
3	0559	INTA Rodeo	I01	II06	III06	IV04
4	0383	Seda Rojo	I03	II07	III04	IV03
5	0646	INTA Rojo Acriollado	I07	II05	III03	IV07
6	0671	Rojo Seda Carrizal	I05	II03	III02	IV06
7	---	INTA Rojo	I06	II02	III01	IV02

#### 4.4 Manejo agronómico

##### 4.4.1 Prueba de germinación

Previo al establecimiento del experimento, se realizó una prueba estándar de germinación con los genotipos seleccionados según la metodología descrita por Jiménez y Juárez (2013), tomando en cuenta los porcentajes o niveles de germinación para la estimación de la cantidad de semilla a utilizar de cada genotipo.

##### 4.4.2 Establecimiento del experimento

La siembra se realizó en la época de primera 2022 (23 de mayo), utilizando siembra manual con labranza mínima (chapoda y rayado mecanizado), posteriormente se hicieron las mediciones del área de experimento y se inició con el establecimiento del estudio. La distancia de siembra fue de 20 centímetros entre planta y 60 centímetros entre surco.

##### 4.4.3 Fertilización

La fertilización edáfica se realizó en dos momentos, en la siembra se utilizó la fórmula completa 18-46-0 a razón de 52 kg ha<sup>-1</sup> y 20 días después de germinación de las semillas se utilizó Urea

al 46 % a razón de 52 kg ha<sup>-1</sup>. De igual manera, se realizaron aplicaciones adicionales de fertilizantes foliares (en floración y llenado de vaina), TACRE 10-11-7 a razón de 1 L mz<sup>-1</sup> y Triple 20 (polvo mojable) a razón de 1 kg ha<sup>-1</sup>.

#### **4.4.4 Control malezas**

Se efectuó de forma manual y química, utilizando el herbicida Glifosato 48 % SL a razón de 2 L ha<sup>-1</sup>.

#### **4.4.5 Control de enfermedades**

Se manejó con aplicaciones de los fungicidas Carbendazim a razón de 0.5 L ha<sup>-1</sup> y Phyton con dosis de 1 L ha<sup>-1</sup>.

#### **4.4.6 Registro de precipitación durante el ciclo del cultivo**

Los datos para esta variable fueron recolectados a través de un pluviómetro establecido en el centro experimental donde se realizó el estudio, con el objetivo de tener un registro sobre las precipitaciones en la zona.

### **4.5 Variables evaluadas**

#### **4.5.1 Parámetros genéticos**

Se estimaron los parámetros de varianza genotípica, varianza fenotípica, heredabilidad, ganancia genética y correlación genética en función de los componentes del rendimiento.

*Número de vainas por planta.* El registro de esta variable se efectuó en la fase reproductiva (R<sub>9</sub>) del cultivo (Anexo 2), según la metodología propuesta por el CIAT (1993).

*Número de semillas por vaina.* Se realizó un conteo del número total de semillas por vaina en cada planta, seleccionando semillas con buen desarrollo. Posteriormente, se dividió por el número total de vainas por planta, obteniendo como resultado el promedio de semillas por vainas.

*Peso de 100 semillas.* Se pesaron 100 semillas por planta (g), en el caso de las plantas que presentaron menos de 100 semillas, sus datos fueron extrapolados, determinando así el peso supuesto de las 100 semillas.

*Rendimiento por planta.* Se realizó un pesaje de las semillas obtenidas por cada planta, una vez obtenido los resultados, estos se extrapolaron a la unidad de medida de  $\text{kg ha}^{-1}$ .

#### **4.6 Registro de datos**

La recolección de datos en campo inició en la etapa de cosecha del cultivo, las plantas de cada uno de los bloques fueron etiquetadas y cosechadas de manera individual. Posteriormente fueron llevadas al Banco Nacional de Germoplasma ubicado en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA), en donde se registraron los datos correspondientes a las variables correspondientes.

#### **4.7 Análisis de datos**

Los datos fueron registrados en hojas electrónicas del software Microsoft Excel (2023), para las variables y tratamientos del estudio. Los parámetros genéticos y selección de plantas superiores se estimaron conforme a los componentes del rendimiento, utilizando el modelo lineal mixto 74 del software SELEGEN REML-BLUP sigla en inglés (Restricted Maximun Likelihood-Best Linear Unbiased Prediction) y su traducción en español (Máxima Verosimilitud Restringida-Mejor Predicción Lineal Insegada) de EMBRAPA (Resende, 2002).

Descripción del modelo:  $Y = Xf + Zg + Wb + E$

Donde:

$Y$ = Vector de datos

$Xf$ = Es el vector de los efectos considerados como fijos (Media general para el modelo 74)

$Zg$ = Es el vector de efectos genotípicos aleatorios.

$Wb$ = Es el vector de efectos ambientales aleatorios de bloques.

$E$ = Es el error aleatorio o vector de residuos.

Las letras mayúsculas representan las matrices de incidencia para dichos efectos

Adicionalmente, para conocer cuál de los genotipos evaluados mostraba el mayor desempeño productivo considerando el conjunto de sus plantas, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), utilizando un modelo lineal mixto donde los bloques fueron considerados como factor de efecto aleatorio y los tratamientos como factor de efectos fijo; también una comparación de medias usando la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Ambos análisis se realizaron con el paquete estadístico R versión 4.3.2 (R Core Team, 2023).

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Parámetros genéticos

La heredabilidad es un concepto fundamental para el mejoramiento genético, indica en qué medida la influencia de los genes y los factores ambientales (no genéticos) contribuyen en la expresión del fenotipo de una población; se considera que la heredabilidad es alta cuando el valor de ésta es mayor que 0.5, media cuando el valor se encuentra entre 0.2 y 0.5 y baja cuando es menor a 0.2 (Stansfield, 1984). Vencovsky y Barriga (1992), afirman que la heredabilidad en sentido amplio puede ser útil en la comparación de caracteres, además de ser un punto importante al momento de considerar las expectativas de selección.

Los valores de heredabilidad para los componentes número vainas por planta, número de semillas por vaina y rendimiento por planta fueron bajos (Cuadro 4), por lo tanto, la variación fenotípica en estos componentes es mayormente debida a factores ambientales. En contraste, el componente peso de 100 semillas presentó un valor alto (0.757), esto indica que la variación fenotípica para este carácter está mayormente influenciada por la estructura genética de los genotipos, existiendo diferencias genéticas aditivas en la población y permitiendo una alta eficiencia para la selección individual (Cuadro 5).

Valores similares reportaron Anunda *et al.* (2019) y Bagheri *et al.* (2017), quienes obtuvieron datos altos de heredabilidad para el componente peso de 100 semillas (0.86 y 0.89 respectivamente), ambos evaluando variedades de frijol común. Al igual que Checa *et al.* (2011), en líneas de frijol arbustivo (0.86). En estudios de variabilidad genética en líneas frijol Caupí, Araméndiz-Tatis *et al.* (2021) y Cardona-Ayala *et al.* (2013), presentaron datos que concuerda con los anteriores (0.94 y 0.97), demostrando que el peso de 100 semillas es el componente de rendimiento que más destacó en sus investigaciones.

Los componentes de rendimiento pueden clasificarse como caracteres cuantitativos debido a que muestran una variación continua en la población y están influenciados por múltiples genes y factores ambientales, en ese contexto, Klug *et al.* (2006) afirma que en general, muy pocos de estos caracteres cuantitativos presentan valores altos de heredabilidad. Acqaah (2007), afirma que los caracteres más relacionados a la robustez reproductiva tienden a tener baja heredabilidad estimada para el caso del frijol, siendo el carácter con la mayor heredabilidad el peso de 100 semillas.

Cuadro 4. Varianza genotípica, fenotípica y heredabilidad según componentes del rendimiento

Parámetro	Número de vainas por planta	Número de semillas por vaina	Rendimiento por planta (kg ha <sup>-1</sup> )	Peso de 100 semillas (g)
Vg	3.344	70.052	3.674	61.841
Vf	87.903	1 680.511	66.683	81.683
h <sup>2</sup> g	0.038	0.041	0.055	0.757
$\bar{x}$	12.024	50.435	9.454	18.221

Vg: varianza genotípica, Vf: varianza fenotípica, h<sup>2</sup>g: heredabilidad en sentido estricto,  $\bar{x}$ : media.

## 5.2 Selección de plantas superiores

La población original del estudio fue de 2 100 plantas, sin embargo, debido a factores ambientales (precipitaciones de 361 mm desde la siembra hasta la etapa V<sub>4</sub>, como se indica en la Figura 1), actuaron como un proceso de selección natural en el que muchas plantas se perdieron por el exceso de lluvia y la población total se redujo a 1 710 plantas, de las que se seleccionaron los mejores 80 genotipos sobre la base del resultado obtenido con el programa SELEGEN, que representan el 4.6 % de la población evaluada. La selección fue individual y se basó en los mayores valores de ganancia genética para cada uno de los componentes de rendimiento estudiados dentro del conjunto de genotipos que superaban la media poblacional (Anexo 3).



Cuando se estudian poblaciones que son muy similares entre si (con poca variabilidad) la selección de individuos superiores se vuelve compleja, en estos casos, la selección individual se vuelve una de las metodologías más eficientes para la evaluación de estos genotipos. Este tipo de selección es efectiva para caracteres con baja heredabilidad, usualmente caracteres cuantitativos como los componentes de rendimiento, los cuales están influenciados por múltiples genes y factores ambientales (Biasutti, 2020).

Cuadro 5. Plantas con valores genéticos aditivos superiores en los componentes de número vainas por planta, número de semillas por vaina y rendimiento

Número	Código de planta	Genotipo	Procedencia
1	IR*	INTA Rojo	Managua
2	854	INTA Rojo Acriollado	Nueva Guinea
3	636	Rojo Seda Carrizal	Matagalpa
4	554	INTA Rojo Acriollado	Nueva Guinea
5	618	Rojo Seda Carrizal	Matagalpa
6	589	Rojo Seda	Matagalpa
7	1092	Rojo Seda	Matagalpa
8	587	Rojo Seda	Matagalpa
9	62	INTA Rodeo	Matagalpa
10	146	Seda Rojo	Matagalpa
11	90	Rojo Seda	Matagalpa
12	547	INTA Rojo Acriollado	Nueva Guinea
13	560	INTA Rojo Acriollado	Nueva Guinea
14	321	INTA Rojo Acriollado	Nueva Guinea
15	573	Rojo Seda	Matagalpa
16	48	INTA Rodeo	Matagalpa
17	98	Rojo Seda	Matagalpa
18	180	Seda Rojo	Estelí
19	598	Rojo Seda	Matagalpa
20	417	Seda Rojo	Estelí
21	723	Parcela	Jinotega
22	1351	INTA Rodeo	Matagalpa
23	1275	Rojo Seda	Matagalpa
24	594	Rojo Seda	Matagalpa
25	583	Rojo Seda	Matagalpa

El número asignado a los genotipos no indica su nivel jerárquico en la selección.

\* IR representa al conjunto de todas las plantas de la variedad INTA Rojo.

### 5.3 Aporte varietal en el proceso de selección individual

Considerando las 80 mejores plantas, se logró destacar el aporte individual de cada genotipo a través del proceso de selección para cada uno de los componentes de rendimiento, siendo INTA Rodeo el que más aportó en el número de vainas por planta, Rojo Seda Carrizal en el peso de 100 semillas y Rojo Seda en el número de semillas por vaina y rendimiento por planta Cuadro 6).

El aporte del INTA Rojo en la selección individual, no fue para obtener sus mejores plantas, sino, para corregir la variabilidad generada por factores ambientales en los componentes de rendimiento de las plantas individuales y ajustar sus medias.

Cuadro 6. Porcentaje de aporte de los genotipos en el proceso de selección individual

Genotipo	NVP (%)	NSV (%)	RPP (%)	PS100 (%)
Rojo Seda Carrizal (6)	12.50	13.75	21.25	21.25
INTA Rojo Acriollado (5)	11.25	13.75	17.50	17.50
Seda Rojo (4)	11.25	13.75	16.25	13.75
INTA Rodeo (3)	30.00	16.25	7.50	11.25
Rojo Seda (2)	23.75	31.25	25.00	18.75
Parcela (1)	10.00	10.00	11.25	17.50

### 5.4 Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)

Los valores promedios experimentales del rendimiento fueron mayores en comparación al rendimiento promedio nacional (900 kg ha<sup>-1</sup>) de frijol en el año 2023 (MAG, 2024). La variedad INTA Rojo obtuvo el mayor rendimiento global (2 871.6 kg ha<sup>-1</sup>), seguido por los genotipos Rojo Seda Carrizal y Seda Rojo con rendimiento de 2 453.9 kg ha<sup>-1</sup> y 2 424.4 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, dichos promedios se obtuvieron considerando una densidad de siembra de 160 000 plantas por manzana o 227 000 plantas por hectárea (Cuadro 7).

Cuadro 7. Rendimiento por planta de los seis genotipos de frijol común

Tratamiento	Genotipos	Rendimiento por planta (g)	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	Categorías
IR	INTA Rojo	12.65	2 871.6	a
T6	Rojo Seda Carrizal	10.81	2 453.9	ab
T4	Seda Rojo	10.68	2 424.4	ab
T3	INTA Rodeo	9.74	2 211	b
T1	Parcela	8.83	2 004.4	bc
T5	INTA Rojo Acriollado	8.79	1 995.3	bc
T2	Rojo Seda	7.31	1 659.4	c

Rendimientos similares mostraron Mercado y Muñoz (2016), en la evaluación de cinco variedades criollas de frijol común, comparadas con la variedad mejorada INTA Sequia Precoz, que alcanzó el mayor rendimiento (1 271 kg ha<sup>-1</sup>) mientras que las variedades Rojo Maravilla y Nutritivo produjeron 1 260 kg ha<sup>-1</sup> y 1 167 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Sin embargo, estos promedios se obtuvieron con una densidad de siembra aproximada de 83 000 plantas por hectárea.

De igual manera, Marengo y Montserrat (2003) en la evaluación de seis poblaciones de frijol común, las variedades mejoradas DOR-364 e INTA Masatepe fueron las que registraron un mayor rendimiento (2 190 kg ha<sup>-1</sup> y 1 994 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente), promedios obtenidos con una densidad de siembra aproximada de 200 000 plantas por hectárea.

Los datos anteriores muestran un mayor rendimiento de las variedades mejoradas (liberadas y comercializadas por el INTA), en comparación con las poblaciones o genotipos nativos/criollos y acriollados de frijol común, posiblemente debido a la estabilidad y homogeneidad productiva que resulta de los procesos de mejoramiento.

## 5.5 Correlación genética entre caracteres

La correlación es la relación mutua entre caracteres, una de sus funciones es determinar la efectividad en los procedimientos de selección de genotipos superiores. Cuando existe una correlación positiva entre los principales componentes del rendimiento, las estrategias de mejoramiento son efectivas, pero, a la inversa, la selección se vuelve complicada (Agrawal *et al.*, 2018). Así mismo, Resende y Duarte (2007), mencionan que estas correlaciones son de gran importancia para detectar posibles ligamientos entre caracteres, lo que permite que en la selección de variedades o líneas se puedan mejorar de manera simultánea múltiples rasgos de interés.

En este estudio se detectó una alta correlación genética entre los componentes de rendimiento número de semillas por vaina y rendimiento por planta (0.924), resultando ser significativa, esto implica que, al aumentar el número de semillas por vaina se aumenta el rendimiento por planta. Gonçaves *et al.* (2017) y Bagheri *et al.* (2017), para estos mismos componentes obtuvieron correlaciones poco significativas (0.38 y 0.43 respectivamente). Por otro lado, Ghobary y Allah (2010), en su estudio con 12 genotipos de frijol común presentan una correlación negativa (-0.23).

Cuadro 8. Correlaciones genéticas entre los componentes de rendimiento

VARIABLES	Número de vainas por planta	Número de semillas por vaina	Rendimiento por planta (kg ha <sup>-1</sup> )	Peso de 100 semillas (g)
Número de vaina por planta	1	0.811	0.720	0.021
Número de semillas por vaina		1	0.924	0.067
Rendimiento por planta (kg ha <sup>-1</sup> )			1	0.278
Peso de 100 semillas (g)				1

Similarmente, la correlación entre número de vaina por planta y número de semillas por vainas (0.811), resultó ser proporcionalmente significativa. Resultado compartido también por Ahmed (2011), quién presentó una correlación altamente significativa (0.94) para estos mismos componentes en el análisis genético de 10 líneas de frijol común.

El mismo comportamiento de relación presentaron las variables número de vainas por planta y rendimiento por planta (0.72). Este hallazgo coincide con el resultado obtenido por López y Ligarreto (2006), quienes encontraron una correlación significativa de 0.80 al evaluar el potencial productivo de 12 genotipos promisorios de frijol voluble. Al contrario, Araméndiz-Tatis *et al.* (2021) obtuvo una correlación baja (0.03) para estos mismos componentes de rendimiento en 30 cultivares de fríjol Caupí.

El componente peso de 100 semillas fue el que menos contribuyó al rendimiento por planta (0.278). Bagheri *et al.* (2017), estudió nueve variedades de frijol común y reporta una correlación altamente significativa entre estos mismos componentes.

## **VI. CONCLUSIONES**

El componente de rendimiento peso de 100 semillas fue el único parámetro que destacó en los valores de heredabilidad.

En la selección de plantas con superioridad genética productiva, 25 mostraron valores genéticos aditivos elevados en tres de los cuatro componentes de rendimiento (número vainas por planta, número de semillas por vaina y rendimiento).

Las correlaciones genéticas mostraron que el número de semillas por vaina resultó ser el componente más influyente en el rendimiento por planta, mientras que el peso de 100 semillas fue el que menos contribuyó al rendimiento.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Utilizar parámetros genéticos (heredabilidad, varianza fenotípica, varianza genotípica y ganancia genética) en los componentes de rendimiento para mejorar la efectividad en la selección de plantas superiores en los ciclos de selección de procesos de mejoramiento genético del frijol.

En las siguientes etapas del proceso de mejoramiento genéticos utilizar como principales caracteres de selección los componentes del rendimiento, número de semillas por vaina y número de vainas por planta.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Acqaah, G. (2007). *Principles of Plant Genetics and Breeding*. Blackwell Publishing.
- Agrawal, T., Kumar, A., Kumar, S., Kumar, A., Kumar, R., Kumar, S y Singh, P.K. (2018). Correlation and path coefficient analysis for grain yield and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under normal and late sown conditions of Bihar, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(2), 1633-1642. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.702.197>
- Ahmed, S. (2011). Variability, correlation, and path analysis for seed yield and yield related traits in common beans. *Indian Journal of Horticulture*, 68(1), 61-65. <https://journal.iahs.org.in/index.php/ijh/article/view/1853>
- Álvarez, G. (2 de marzo del 2009). El frijol hace germinar la economía. *El Nuevo Diario*, párr. 4. <https://www.elnuevodiario.com.ni/especiales/41606-frijol-hace-germinar-economia/>
- Anunda, H. N., Nyaboga, E. N., & Amugune, N. O. (2019). Evaluation of genetic variability, heritability, genetic advance and correlation for agronomic and yield components in common bean landraces from Southwestern Kenya. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 11(5), 144-157. <https://doi.org/10.5897/JPBCS2018.0800>
- Araméndiz-Tatis, H., Cardona-Ayala, C y Espitia-Camacho, M. (2021). Heredabilidad, ganancia genética y correlaciones en frijol caupí (*Vigna unguiculata* [L.] (Walp.)). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 15(2). 1-9. <https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i2.12321>
- Ávila, J., Ávila, M., Rivas, F. y Martínez, D. (2014). *El cultivo del frijol: Sistemas de producción en el noroeste de México*. <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRIJOL.pdf>
- Bagheri, M., Kahrizi, D., & Zebarjadi, A. (2017). Study on genetic variation and morphophenologic traits in Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biharean Biologist*, 11(1), 43-47. <https://biozoojournals.ro/bihbiol/v11n1.html>
- Balzarini, M., Macchiavelli, R. y Casanoves, F. (2005). *Aplicaciones de modelos mixtos en agricultura y forestería*. Aplicaciones de modelos mixtos en agricultura y forestería. <https://www.researchgate.net/publication/283491085>
- Biasutti, C. (2 de septiembre del 2020). *Selección Masal e Individuos en Plantas Autógamas* [Video]. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=hTA1Cq\\_CQCI&list=LL&index=2&t=14s](https://www.youtube.com/watch?v=hTA1Cq_CQCI&list=LL&index=2&t=14s)

- Cardona-Ayala, C., Araméndiz-Tatis<sup>1</sup>, H., y Jarma-Orozco, A. (2013). Variabilidad genética en líneas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. WALP). *Agronomía*, 21 (2), 7-18. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20143359173>
- Centro de Investigación Agrícola Tropical. (1993) *Descriptores varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo*. Cali, Colombia. <https://hdl.handle.net/10568/54651>
- Centro de Investigación Agrícola Tropical. (CIAT). (1985). *Morfología de la planta del frijol común. Frijol: Investigación y Producción*. <https://hdl.handle.net/10568/81884>
- Checa, O., Yama, V., y Fuel, S. (2011). Evaluación por componentes de rendimiento de nueve genotipos y un testigo de frijol arbustivo *Phaseolus vulgaris* L. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 28 (1), 73 - 90. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/11303>
- Fernández, R., Trapero, A. y Domínguez, J. (2009). *Experimentación en agricultura*. <https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941EXPERIMENTACION.pdf>
- Gaucín, D. (28 de marzo del 2019). El mercado mundial y nacional del frijol. *El economista*. <https://www.economista.com.mx/opinion/El-mercado-mundial-y-nacional-del-frijol-20190328-0088.html>
- Ghobary, H y Abd Allah, S. (2010). CORRELATION AND PATH-COEFFICIENT STUDIES IN COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Plant Production*. Vol.1(9), 1233-1239. doi: 10.21608/jpp.2010.86576
- Gómez, O. y Minelli, M. (1990). *La producción de semillas*. <https://repositorio.una.edu.ni/2802/1/nf03g633.pdf>
- Gonçalves, L., Barelli, A., Oliveira, D., Santos, D., Silva, D., Poletine, P., & Neves, G. (2017). Genetic correlation and path analysis of common bean collected from Caceres Mato Grosso State, Brazil. *Ciência Rural*, 47(8). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160815>
- Hernández-López, V., Vargas-Vázquez, M., Muruaga-Martínez, J., Hernández-Delgado, S., & Mayek-Pérez, N. (2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común: avances y perspectivas. *Revista Fitotécnica Mexicana*, 36 (2), 95-104. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v36n2/v36n2a2.pdf>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (2009). *Guía técnica para el cultivo del Frijol*. <http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF>
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). (2016). *Datos meteorológicos y geográficos*. Managua.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2009). *Guía tecnológica para la producción de frijol común*.

- Jiménez, O. y Juárez, D. (2013). *Manual práctico para el manejo de germoplasma de granos básicos*.  
[https://www.researchgate.net/publication/343971880\\_Manual\\_practico\\_para\\_el\\_manejo\\_de\\_germoplasma\\_de\\_granos\\_basicos](https://www.researchgate.net/publication/343971880_Manual_practico_para_el_manejo_de_germoplasma_de_granos_basicos)
- Klug, W., Cummings, M., y Spencer, C. *Genetics concept*. Pearson Education Inc. Prentice Hall. 2006. (pp. 707-712).
- López, A. (2017). *Análisis de la medición de productividad de granos básicos, en Nicaragua, periodo 1961-2013*. [Tesis de Doctorado]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Lopez, J y Ligarreto, G. (2006). Evaluación por rendimiento de 12 genotipos promisorios de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo Bola roja y Reventón para las zonas frías de Colombia. *Agronomía Colombiana*, 24(2). 238-246.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180316239005>
- Marengo, I. y Montserrat, G. (2003). *Evaluación de crecimiento y rendimiento de seis poblaciones de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) en la localidad de San Marcos, Carazo*. [Tesis de Ingeniería]. Universidad Nacional Agraria.
- Mercado, B. y Muñoz, N. (2016). *Evaluación del rendimiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.) de cinco variedades criollas, y una mejorada, en la comunidad Los Chocoyos, El Crucero, Managua 2016*. [Tesis de Ingeniería]. Universidad Nacional Agraria.
- Ministerio Agropecuario. (2022). *Mapa interactivo de la producción por rubro. Frijol Rojo*.  
<https://www.mag.gob.ni/index.php/mapas/produccion>
- Ministerio Agropecuario. (2024). *Presentan Plan Nacional de Producción, Consumo y Comercio 2023/2024*.  
<https://www.mag.gob.ni/index.php/noticias?view=article&id=95:nicaragua-presento-plan-de-produccion-consumo-y-comercio-2023&catid=11>
- Nadeem, M., Yeken, M., Shahid, M., Habyarimana, E., Yılmaz, H., Alsaleh, A., Hatipoğlu, R., Çilesiz, T., Khawar, K., Ludidi, N., Ercişli, S., Aasim, M., Karaköy, T & Baloch, F. (2021). Common bean as a potential crop for future food security: an overview of past, current and future contributions in genomics, transcriptomics, transgenics and proteomics. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 35 (1), 759-787.  
<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/13102818.2021.1920462?needAccess=true>
- Nicaragua, W., Juárez, D., Cajina, N., López, B., Castellón, R., Moreno, L., Rivas, M., Parrillas, N., Aguirre, L., Calvo, H. y Aguilar, M. (2020). *Tercer Informe País – (Nicaragua) Referido a la evaluación periódica del estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFAA)*. 2014-2019.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2009). *Análisis de la cadena de valor de frijol rojo y negro en Nicaragua con enfoque de Seguridad Alimentaria y Nutricional*. [https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/14/13540579183450/libro\\_frijol\\_30-07-2012-2.pdf](https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/14/13540579183450/libro_frijol_30-07-2012-2.pdf)
- Orozco, J. y López, M. (2013). *Caracterización, evaluación preliminar y adaptabilidad de cuatro variedades de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) en cuatro localidades de San Dionisio, Matagalpa, postrera, 2012*. [Tesis de Ingeniería]. Universidad Nacional Agraria.
- Ortega, I., Pol, A., Aguilar, M., Laguna, T., Cisne, J., Obando, R., Montalván, D., Orúe-Cruz, R., Gutiérrez, C., Pavón, H y Vega-Jarquín, C. (2008). *Segundo Informe Nacional sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y Alimentación, Nicaragua*. <https://www.fao.org/3/i1500e/Nicaragua.pdf>
- Plan Nacional de Producción, Consumo y Comercio 2021/2022 (2021). Producción agrícola. Granos básicos. [https://www.el19digital.com/app/webroot/tinymce/source/2021/Mayo/19May/PLAN%20NACIONAL%20DE%20PRODUCCION%202021-2022%20\(08May21\)3.pdf](https://www.el19digital.com/app/webroot/tinymce/source/2021/Mayo/19May/PLAN%20NACIONAL%20DE%20PRODUCCION%202021-2022%20(08May21)3.pdf)
- R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing*. <https://www.R-project.org/>.
- Ramírez V., Ortega P., López H., Castillo G., Livera M, Rincón S. y Zavala G. (2000). *Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura, Informe Nacional*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/317882/Informe\\_Nacional\\_RFAA\\_2000.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/317882/Informe_Nacional_RFAA_2000.pdf)
- Resende, M. 2002. *Seleção REML/BLUP. EMBRAPA Florestas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*.
- Resende, M., Duarte, J. (2007). Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 37 (3), 182-194. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/313450/1/Pecisaoecontroledequali dadeemexperimentos.pdf>
- Saburido, M. y Herrera, A. (2015). Domesticación del Frijol. El frijol en la Era Genómica. *Revista digital universitaria*. Vol.16 (2), art 11. <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art11/#>
- Somarriba, C. (1998). *Granos Básicos*. Universidad Nacional Agraria.
- Rosas, J. (2003). *El cultivo del frijol común en América tropical*. Zamorano.
- Stansfield, W. (1984). *Genética. Teoría y 400 problemas resueltos*. McGraw Hill.
- Universidad Nacional Agraria (UNA). (1995). *Informe Nacional Para La Conferencia Técnica Internacional De La FAO Sobre Los Recursos Fitogenéticos*.

Vencovsky, R. & Barriga, P. (1992). *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Sociedade Brasileira de Genética.

Voysest, O. (2000). Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Legado de variedades de América Latina 1930-1999.

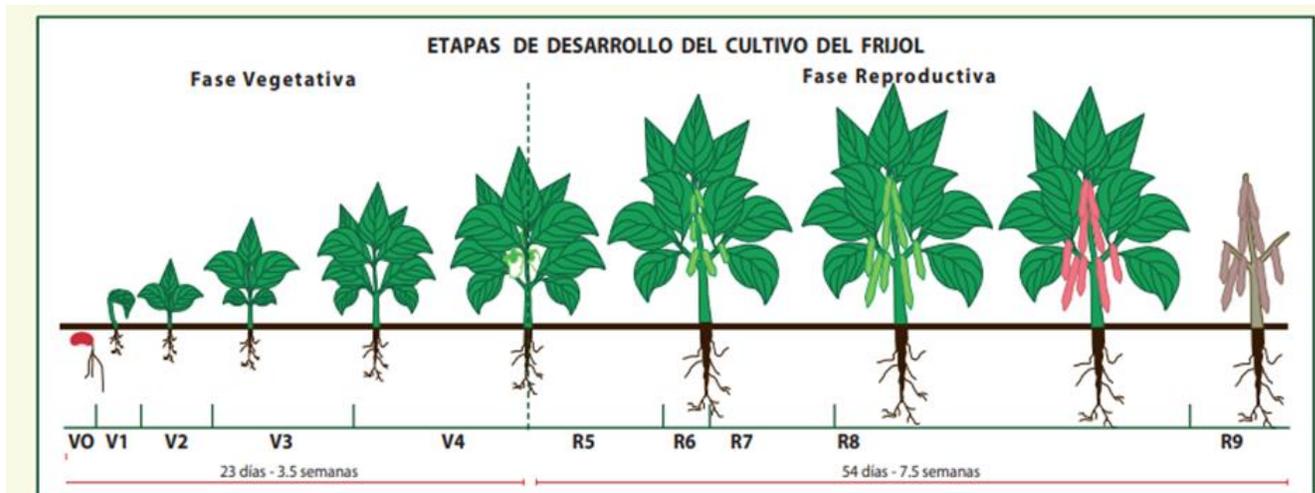
## IX. ANEXOS

### Anexo 1. Área del estudio



Fuente: Google Earth Pro (2023).

### Anexo 2. Etapas fenológicas del cultivo de frijol



Fuente: IICA (2009).

Anexo 3. Estimación de efectos genéticos aditivos en 80 plantas superiores correspondientes a seis genotipos de frijol común, basada en los componentes del rendimiento.

Orden	Número de vainas por planta					Número de semillas por vainas					Rendimiento por planta					Peso de 100 semillas				
	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media
1	IR	3.1	15.1	3.1	15.1	IR	19.7	70.2	19.7	70.2	387	2.3	11.8	2.3	11.8	99	196.9	215.2	196.9	215.2
2	48	2.0	14.0	2.6	14.6	347	8.0	58.5	13.9	64.3	IR	2.3	11.8	2.3	11.8	530	93.8	112.0	145.3	163.6
3	57	1.9	13.9	2.3	14.4	90	7.5	57.9	11.7	62.2	530	2.2	11.7	2.3	11.7	701	44.1	62.3	111.6	129.8
4	547	1.8	13.8	2.2	14.2	48	7.0	57.4	10.6	61.0	347	2.2	11.7	2.3	11.7	1333	34.1	52.3	92.2	110.4
5	587	1.7	13.7	2.1	14.1	589	6.9	57.4	9.8	60.3	664	2.0	11.4	2.2	11.7	169	25.7	43.9	78.9	97.1
6	461	1.6	13.6	2.0	14.0	136	6.4	56.8	9.3	59.7	136	2.0	11.4	2.2	11.6	113	24.4	42.7	69.8	88.1
7	598	1.6	13.6	1.9	14.0	1348	6.3	56.7	8.8	59.3	74	1.9	11.3	2.1	11.6	778	15.8	34.0	62.1	80.3
8	34	1.4	13.5	1.9	13.9	664	5.9	56.3	8.5	58.9	589	1.8	11.3	2.1	11.5	95	15.7	33.9	56.3	74.5
9	33	1.4	13.4	1.8	13.9	243	5.9	56.3	8.2	58.6	169	1.8	11.2	2.1	11.5	932	10.2	28.4	51.2	69.4
10	414	1.3	13.4	1.8	13.8	854	5.6	56.0	7.9	58.3	90	1.7	11.1	2.0	11.5	387	9.4	27.6	47.0	65.2
11	185	1.3	13.4	1.7	13.8	112	5.6	56.0	7.7	58.1	677	1.6	11.0	2.0	11.4	1022	9.1	27.3	43.6	61.8
12	480	1.3	13.3	1.7	13.7	547	5.5	55.9	7.5	58.0	48	1.6	11.0	1.9	11.4	616	8.4	26.6	40.6	58.8
13	589	1.3	13.3	1.7	13.7	98	5.5	55.9	7.4	57.8	1348	1.5	10.9	1.9	11.4	994	8.4	26.6	38.1	56.4
14	636	1.3	13.3	1.6	13.7	677	5.3	55.7	7.2	57.6	952	1.4	10.8	1.9	11.3	1322	8.3	26.5	36.0	54.2
15	42	1.3	13.3	1.6	13.6	74	5.1	55.6	7.1	57.5	723	1.4	10.8	1.8	11.3	1152	8.1	26.3	34.1	52.4
16	455	1.2	13.2	1.6	13.6	33	5.0	55.5	6.9	57.4	601	1.3	10.8	1.8	11.3	1252	8.1	26.3	32.5	50.7
17	17	1.2	13.2	1.6	13.6	62	5.0	55.4	6.8	57.3	1155	1.3	10.8	1.8	11.2	934	7.9	26.1	31.1	49.3
18	90	1.2	13.2	1.5	13.6	387	4.9	55.3	6.7	57.2	622	1.3	10.8	1.8	11.2	301	7.7	25.9	29.8	48.0
19	62	1.2	13.2	1.5	13.6	553	4.7	55.1	6.6	57.0	658	1.3	10.8	1.7	11.2	607	7.7	25.9	28.6	46.8
20	583	1.1	13.1	1.5	13.5	407	4.6	55.0	6.5	56.9	639	1.3	10.7	1.7	11.2	65	7.5	25.7	27.5	45.8
21	593	1.1	13.1	1.5	13.5	417	4.5	54.9	6.4	56.8	854	1.3	10.7	1.7	11.1	1161	7.5	25.7	26.6	44.8
22	423	1.1	13.1	1.5	13.5	1351	4.4	54.8	6.3	56.8	407	1.3	10.7	1.7	11.1	958	7.4	25.6	25.7	43.9
23	437	1.1	13.1	1.5	13.5	657	4.4	54.8	6.2	56.7	1092	1.2	10.7	1.6	11.1	923	7.4	25.6	24.9	43.1
24	557	1.1	13.1	1.4	13.5	658	4.4	54.8	6.2	56.6	547	1.2	10.7	1.6	11.1	605	7.2	25.4	24.2	42.4

Anexo 3. Continuación...

Orden	Número de vainas por planta					Número de semillas por vainas					Rendimiento por planta					Peso de 100 semillas				
	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media
25	620	1.1	13.1	1.4	13.4	34	4.3	54.8	6.1	56.5	1080	1.2	10.6	1.6	11.1	696	7.1	25.3	23.5	41.7
26	677	1.1	13.1	1.4	13.4	455	4.3	54.7	6.0	56.5	98	1.2	10.6	1.6	11.1	964	6.9	25.1	22.9	41.1
27	98	1.1	13.1	1.4	13.4	1124	4.3	54.7	6.0	56.4	383	1.2	10.6	1.6	11.0	226	6.9	25.1	22.3	40.5
28	280	1.0	13.1	1.4	13.4	132	4.3	54.7	5.9	56.3	657	1.2	10.6	1.6	11.0	545	6.8	25.1	21.7	39.9
29	460	1.0	13.0	1.4	13.4	146	4.3	54.7	5.8	56.3	1351	1.2	10.6	1.6	11.0	1173	6.8	25.1	21.2	39.4
30	548	1.0	13.0	1.4	13.4	791	4.3	54.7	5.8	56.2	568	1.2	10.6	1.5	11.0	456	6.8	25.0	20.7	38.9
31	554	1.0	13.0	1.3	13.4	414	4.2	54.7	5.7	56.2	617	1.2	10.6	1.5	11.0	586	6.7	25.0	20.3	38.5
32	595	1.0	13.0	1.3	13.4	636	4.2	54.6	5.7	56.1	636	1.1	10.6	1.5	11.0	1287	6.7	24.9	19.8	38.1
33	707	1.0	13.0	1.3	13.4	723	4.1	54.6	5.6	56.1	587	1.1	10.6	1.5	11.0	924	6.7	24.9	19.4	37.7
34	1106	0.9	13.0	1.3	13.3	235	4.1	54.5	5.6	56.0	575	1.1	10.6	1.5	10.9	706	6.6	24.9	19.1	37.3
35	573	0.9	12.9	1.3	13.3	554	4.1	54.5	5.5	56.0	560	1.1	10.6	1.5	10.9	1151	6.6	24.8	18.7	36.9
36	35	0.9	12.9	1.3	13.3	1080	4.1	54.5	5.5	55.9	325	1.1	10.6	1.5	10.9	883	6.6	24.8	18.4	36.6
37	1050	0.9	12.9	1.3	13.3	575	4.1	54.5	5.5	55.9	426	1.1	10.6	1.5	10.9	484	6.5	24.7	18.1	36.3
38	891	0.9	12.9	1.3	13.3	1083	4.0	54.4	5.4	55.9	717	1.1	10.6	1.5	10.9	887	6.5	24.7	17.8	36.0
39	1420	0.8	12.9	1.3	13.3	1409	4.0	54.4	5.4	55.8	180	1.1	10.6	1.4	10.9	927	6.4	24.6	17.5	35.7
40	594	0.8	12.9	1.3	13.3	114	4.0	54.4	5.4	55.8	741	1.1	10.5	1.4	10.9	1176	6.4	24.6	17.2	35.4
41	672	0.8	12.9	1.2	13.3	952	4.0	54.4	5.3	55.8	628	1.1	10.5	1.4	10.9	388	6.4	24.6	16.9	35.1
42	58	0.8	12.9	1.2	13.3	320	3.8	54.3	5.3	55.7	243	1.1	10.5	1.4	10.9	314	6.3	24.5	16.7	34.9
43	736	0.8	12.9	1.2	13.2	1275	3.8	54.2	5.3	55.7	1275	1.1	10.5	1.4	10.9	939	6.3	24.5	16.4	34.6
44	1325	0.8	12.8	1.2	13.2	57	3.8	54.2	5.2	55.7	554	1.0	10.5	1.4	10.9	214	6.3	24.5	16.2	34.4
45	463	0.8	12.8	1.2	13.2	321	3.8	54.2	5.2	55.6	389	1.0	10.5	1.4	10.8	638	6.3	24.5	16.0	34.2
46	1	0.8	12.8	1.2	13.2	560	3.8	54.2	5.2	55.6	23	1.0	10.5	1.4	10.8	959	6.2	24.4	15.8	34.0
47	312	0.8	12.8	1.2	13.2	601	3.8	54.2	5.1	55.6	62	1.0	10.5	1.4	10.8	1203	6.2	24.4	15.6	33.8
48	791	0.8	12.8	1.2	13.2	1018	3.7	54.2	5.1	55.5	321	1.0	10.5	1.4	10.8	342	6.1	24.4	15.4	33.6
49	1442	0.8	12.8	1.2	13.2	1092	3.7	54.2	5.1	55.5	598	1.0	10.5	1.4	10.8	960	6.1	24.3	15.2	33.4
50	1092	0.8	12.8	1.2	13.2	585	3.7	54.1	5.0	55.5	248	1.0	10.5	1.4	10.8	1195	6.1	24.3	15.0	33.2

Anexo 3. Continuación...

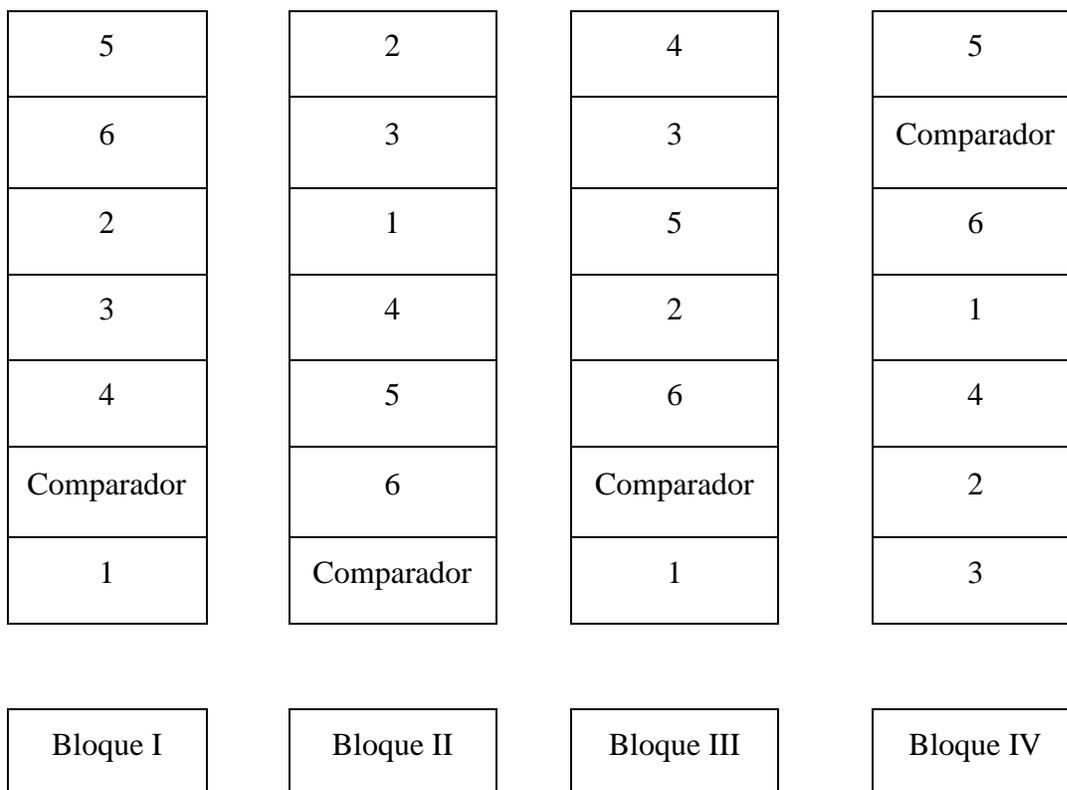
Orden	Número de vainas por planta					Número de semillas por vainas					Rendimiento por planta					Peso de 100 semillas				
	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media
51	428	0.8	12.8	1.2	13.2	742	3.7	54.1	5.0	55.5	320	1.0	10.5	1.3	10.8	1099	6.1	24.3	14.8	33.0
52	560	0.8	12.8	1.1	13.2	480	3.7	54.1	5.0	55.4	159	1.0	10.5	1.3	10.8	1147	6.1	24.3	14.6	32.9
53	854	0.8	12.8	1.1	13.2	568	3.7	54.1	5.0	55.4	641	1.0	10.4	1.3	10.8	1202	6.0	24.2	14.5	32.7
54	1178	0.7	12.7	1.1	13.2	573	3.7	54.1	4.9	55.4	594	1.0	10.4	1.3	10.8	1074	6.0	24.2	14.3	32.5
55	457	0.7	12.7	1.1	13.1	583	3.7	54.1	4.9	55.4	553	1.0	10.4	1.3	10.8	972	5.9	24.1	14.2	32.4
56	103	0.7	12.7	1.1	13.1	587	3.7	54.1	4.9	55.3	51	1.0	10.4	1.3	10.8	1002	5.9	24.1	14.0	32.2
57	115	0.7	12.7	1.1	13.1	594	3.7	54.1	4.9	55.3	1203	1.0	10.4	1.3	10.8	207	5.9	24.1	13.9	32.1
58	132	0.7	12.7	1.1	13.1	1155	3.6	54.0	4.9	55.3	778	1.0	10.4	1.3	10.8	1277	5.9	24.1	13.7	32.0
59	146	0.7	12.7	1.1	13.1	389	3.5	54.0	4.8	55.3	549	1.0	10.4	1.3	10.8	777	5.9	24.1	13.6	31.8
60	194	0.7	12.7	1.1	13.1	1106	3.5	54.0	4.8	55.2	706	1.0	10.4	1.3	10.7	1039	5.8	24.1	13.5	31.7
61	233	0.7	12.7	1.1	13.1	622	3.5	53.9	4.8	55.2	585	0.9	10.4	1.3	10.7	1174	5.8	24.0	13.4	31.6
62	235	0.7	12.7	1.1	13.1	139	3.5	53.9	4.8	55.2	618	0.9	10.4	1.3	10.7	1198	5.8	24.0	13.2	31.5
63	321	0.7	12.7	1.1	13.1	617	3.5	53.9	4.7	55.2	114	0.9	10.4	1.3	10.7	1063	5.8	24.0	13.1	31.3
64	1244	0.7	12.7	1.1	13.1	17	3.4	53.9	4.7	55.2	146	0.9	10.4	1.3	10.7	1167	5.8	24.0	13.0	31.2
65	1351	0.7	12.7	1.1	13.1	325	3.4	53.9	4.7	55.1	573	0.9	10.4	1.3	10.7	1196	5.8	24.0	12.9	31.1
66	417	0.7	12.7	1.1	13.1	717	3.4	53.8	4.7	55.1	417	0.9	10.4	1.3	10.7	1104	5.7	24.0	12.8	31.0
67	78	0.7	12.7	1.0	13.1	741	3.4	53.8	4.7	55.1	1297	0.9	10.4	1.3	10.7	980	5.7	24.0	12.7	30.9
68	305	0.7	12.7	1.0	13.1	1069	3.4	53.8	4.6	55.1	112	0.9	10.4	1.2	10.7	600	5.7	23.9	12.6	30.8
69	1028	0.7	12.7	1.0	13.1	891	3.4	53.8	4.6	55.1	767	0.9	10.4	1.2	10.7	1155	5.7	23.9	12.5	30.7
70	1275	0.6	12.7	1.0	13.1	1297	3.3	53.8	4.6	55.0	583	0.9	10.4	1.2	10.7	1192	5.7	23.9	12.4	30.6
71	396	0.6	12.7	1.0	13.1	23	3.3	53.8	4.6	55.0	143	0.9	10.3	1.2	10.7	1164	5.7	23.9	12.3	30.5
72	430	0.6	12.7	1.0	13.0	180	3.3	53.8	4.6	55.0	1217	0.9	10.3	1.2	10.7	190	5.6	23.8	12.2	30.4
73	435	0.6	12.7	1.0	13.0	570	3.3	53.8	4.6	55.0	730	0.9	10.3	1.2	10.7	537	5.6	23.8	12.1	30.3
74	497	0.6	12.7	1.0	13.0	618	3.3	53.8	4.5	55.0	199	0.9	10.3	1.2	10.7	1169	5.6	23.8	12.0	30.2
75	618	0.6	12.7	1.0	13.0	598	3.3	53.7	4.5	55.0	1173	0.9	10.3	1.2	10.7	1088	5.6	23.8	11.9	30.1
76	661	0.6	12.7	1.0	13.0	408	3.2	53.7	4.5	54.9	570	0.9	10.3	1.2	10.7	639	5.5	23.7	11.8	30.1

Anexo 3. Continuación...

Orden	Número de vainas por planta					Número de semillas por vainas					Rendimiento por planta					Peso de 100 semillas				
	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media	Individuo	g	u + g	G	Nueva Media
77	723	0.6	12.7	1.0	13.0	628	3.2	53.7	4.5	54.9	1192	0.9	10.3	1.2	10.7	201	5.5	23.7	11.8	30.0
78	16	0.6	12.7	1.0	13.0	639	3.2	53.6	4.5	54.9	147	0.9	10.3	1.2	10.7	768	5.5	23.7	11.7	29.9
79	80	0.6	12.7	1.0	13.0	13	3.2	53.6	4.5	54.9	865	0.9	10.3	1.2	10.7	1182	5.5	23.7	11.6	29.8
80	180	0.6	12.7	1.0	13.0	103	3.2	53.6	4.4	54.9	869	0.9	10.3	1.2	10.6	345	5.5	23.7	11.5	29.7

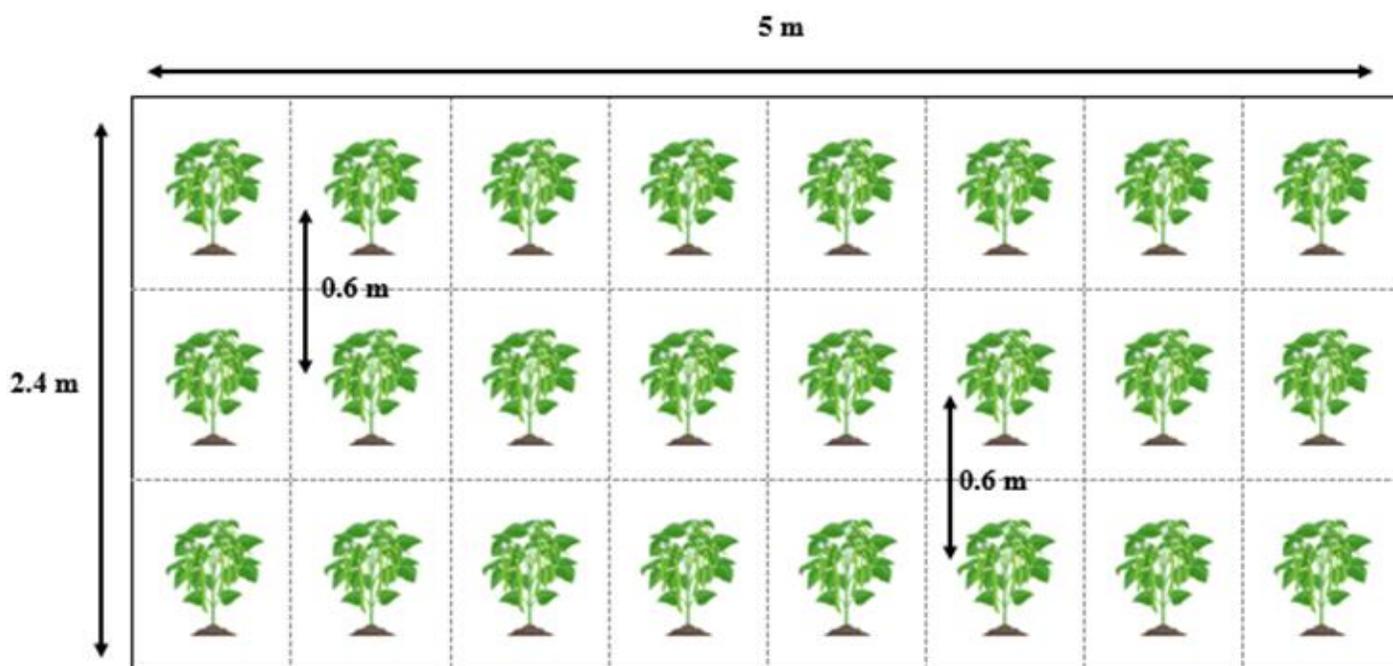
Efectos genotípicos predichos (g), valores genotípicos (u+g) Ganancia genética (G),

Anexo 4. Plano de campo



Nº	Genotipo	Nombres
1	0563	Parcela
2	0329	Rojo Seda
3	0559	INTA Rodeo
4	0383	Seda Rojo
5	0646	INTA Rojo Acriollado
6	0671	Rojo Seda Carrizal
Comparador	----	INTA Rojo (Tratamiento Común)

### Anexo 5. Diseño de las parcelas



### Anexo 6. Distribución de bloques en campo



Anexo 7. Identificación individual de plantas



Anexo 8. Recolección individual de muestras



Anexo 9. Registro de datos para el análisis de variables



Anexo 10. Pesaje de semillas



Anexo 11. Áreas de producción de semillas del Centro Nacional de Desarrollo Tecnológico de Frijol “La Compañía”



Anexo 12. Departamentos con mayor producción de frijol a nivel nacional



Anexo 13. Banco Nacional de Germoplasma de Semillas Criollas y Mejoradas



Anexo 14. Conteo de semillas



## Anexo 15. Señalizaciones en el área de experimento



## Anexo 16. Distribución de parcela (surcos) en campo



Anexo 17. Registro de datos en campo



Anexo 18. Matriz de datos

	A	B	C	D	E	F
	Bloque	Variedad	N° Planta	N° Vaina	N° Semilla	Rendimiento por planta (g)
	Bloque I	INTA Rodeo (3)	1	34	91	15.43
	Bloque I	INTA Rodeo (3)	2	28	23	3.40
	Bloque I	INTA Rodeo (3)	3	26	78	13.14
	Bloque I	INTA Rodeo (3)	4	15	25	4.12
	Bloque I	INTA Rodeo (3)	5	11	33	6.98
	Bloque I	INTA Rodeo (3)	6	7	26	3.96
	Bloque I	INTA Rodeo (3)	7	4	5	0.81
	Bloque I	INTA Rodeo (3)	8	15	101	16.33
0	Bloque I	INTA Rodeo (3)	9	23	19	3.72
1	Bloque I	INTA Rodeo (3)	10	17	20	3.93
2	Bloque I	INTA Rodeo (3)	11	10	30	5.55
3	Bloque I	INTA Rodeo (3)	12	7	22	3.20
4	Bloque I	INTA Rodeo (3)	13	26	131	20.85
5	Bloque I	INTA Rodeo (3)	14	3	6	0.82
6	Bloque I	INTA Rodeo (3)	15	2	8	0.85
7	Bloque I	INTA Rodeo (3)	17	30	94	14.97
8	Bloque I	INTA Rodeo (3)	18	44	137	24.18
9	Bloque I	INTA Rodeo (3)	19	20	82	10.85
0	Bloque I	INTA Rodeo (3)	20	5	14	1.74
1	Bloque I	INTA Rodeo (3)	21	22	73	15.79
2	Bloque I	INTA Rodeo (3)	22	5	22	3.30
3	Bloque I	INTA Rodeo (3)	23	11	42	6.07
4	Bloque I	INTA Rodeo (3)	24	29	135	28.59
5	Bloque I	INTA Rodeo (3)	25	24	71	10.06
6	Bloque I	INTA Rodeo (3)	26	16	55	10.19
7	Bloque I	INTA Rodeo (3)	27	21	61	9.38
8	Bloque I	INTA Rodeo (3)	28	5	11	1.73
9	Bloque I	INTA Rodeo (3)	29	9	20	3.54
0	Bloque I	INTA Rodeo (3)	30	14	38	7.00
1	Bloque I	INTA Rodeo (3)	31	9	30	4.88
2	Bloque I	INTA Rodeo (3)	32	17	34	5.51
3	Bloque I	INTA Rodeo (3)	33	15	64	11.39