



“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

**Evaluación de 16 líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofortificado en la comunidad San Antonio de Padua, Somoto-Madriz en primera 2019**

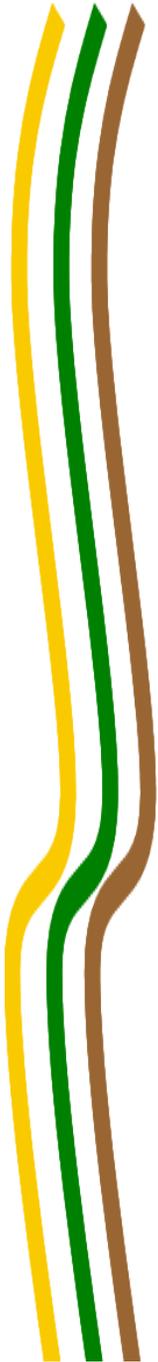
#### Autores

**Br. Cristhian Fernando Albir López  
Br. Kevin Antonio Sandoval Alemán**

#### Asesor

**Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez**

**Managua, Nicaragua  
Noviembre 2020**





“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

**Evaluación de 16 líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofortificado en la comunidad San Antonio de Padua, Somoto-Madriz en primera 2019**

#### Autores

**Br. Cristhian Fernando Albir López**  
**Br. Kevin Antonio Sandoval Alemán**

#### Asesor

**Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez**

Presentado a la consideración del honorable tribunal  
examinador como requisito final para optar al grado  
de Ingeniero Agrónomo

**Managua, Nicaragua**  
**Noviembre 2020**



Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la Facultad de Agronomía sede central como requisito final para optar al título profesional de:

***Ingeniero Agrónomo***

---

Miembros del Honorable Comité Evaluador

---

Presidente (Grado académico y nombre)

Secretario (Grado académico y nombre)

---

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_

## DEDICATORIA

A mi madre **Silvia Elena López Canales**, que ha sido uno de los grandes motores de impulso en mi vida, desde mi infancia hasta la actualidad, por todos sus buenos consejos, los valores transmitidos y el ejemplo que para mí es. A mi padre **Heriberto Albir** que se ha destacado a ser más que un apoyo, un compañero, un amigo, un maestro.

A mis hermanos que siempre han creído en mí y me han inculcado sentimientos de superación y desempeño en mí día a día.

A mi hijo, **Ackerly Izanagi Albir Guillen (q.e.p.d)**, que en los últimos años fue el principio de mi dedicación y mi centro de fuerza para darle un propósito más a lo que quiero ser.

A toda mi familia, y buenos camaradas, compañeros de salón y todos los que de una u otra manera contribuyeron a mi formación académica.

A la familia **Cerrato Jirón** por haberme permitido realizar mis prácticas pre-profesionales II en su finca, además del apoyo.

*Br. Cristhian Fernando Albir López*

## **DEDICATORIA**

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien. Enfáticamente a mi madre; **María Mercedes Alemán** por los ejemplos de perseverancia y constancia que la caracterizan y que nos ha inculcado siempre, por el valor mostrado para seguir adelante, pero más que todo por su amor.

A mis hermanos por ser el motor que impulsa el cambio, la razón de ser mejor persona cada día, por los años de peleas, risas y jovialidad compartidos conmigo.

A la familia **Talavera – Olivas** en especial al Ing. **Norman Augusto Talavera (q.e.p.d)** por su ejemplo y apoyo incondicional durante transcurrían mis prácticas pre-profesionales.

A mis compañeros y maestros, por la motivación para culminar mis estudios profesionales, por todos los conocimientos transmitidos, por llevarnos pasó a paso a través del sendero del aprendizaje.

**Br. Kevin Antonio Sandoval Alemán**

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a:

- La Universidad Nacional Agraria sede central y sus programas de becas
- La unión europea por financiar a través de amigos de la tierra Nicaragua, la presente investigación

*Br. Cristhian Fernando Albir López*  
*Br. Kevin Antonio Sandoval Alemán*

# ÍNDICE DE CONTENIDO

---

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 General	3
2.2 Específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 El hierro (Fe) y su importancia en la alimentación humana	4
3.2 Biofortificación del cultivo de frijol común ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	5
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	9
4.1 Ubicación del estudio	9
4.2 Diseño metodológico	9
4.2.1 Material biológico	9
4.2.2 Diseño experimental	10
4.2.3 Manejo agronómico	11
4.3 Variables cuantitativas evaluadas	12
4.4 Variables cualitativas evaluadas	14
4.5 Análisis de los datos	16
4.6 Materiales y equipos	16
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5.1 Comportamiento agronómico de las 16 líneas de frijol común biofortificado	17
5.2 Comportamiento comercial de las 16 líneas de frijol común biofortificado	22
VI. CONCLUSIONES	24
VII. LITERATURA CITADA	25
VIII. ANEXOS	28

---

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Identificación y contenidos de Fe y Zn de las 16 líneas de frijol común biofortificado ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) evaluadas en la comunidad San Antonio de Padua, Somoto-Madriz en la época de primera de 2019	10
2. Escala de clasificación para el peso de 100 granos de frijol común ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	12
3. Escala de clasificación para el color primario del grano de frijol común ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	14
4. Escala de clasificación para la forma del grano de frijol común ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	15
5. Escala de clasificación del aspecto de la testa del grano de frijol común ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	15
6. Ausencia o presencia de color alrededor del hilium en el grano de frijol común ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	15
7. Significancia estadística, coeficiente de variación, valores de R <sup>2</sup> ajustados y normalidad para seis variables evaluadas en 16 líneas de frijol común biofortificado ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la comunidad San Antonio de Padua, Somoto-Madriz en la época de primera de 2019	17
8. Valores promedios de las variables rendimiento de grano y sus componentes, en 16 líneas de frijol común biofortificado ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la comunidad San Antonio de Padua, Somoto-Madriz en la época de primera de 2019	18
9. Niveles relativos de productividad en frijol común para dos situaciones en Latinoamérica	20
10. Valores r y valores p de la correlación entre el rendimiento de grano y sus componentes en 16 líneas de frijol común biofortificado ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la comunidad San Antonio de Padua, Somoto-Madriz en la época de primera de 2019	21
11. Caracteres cualitativos evaluados en 16 líneas de frijol común biofortificado ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.), en la localidad San Antonio de Padua, Somoto-Madriz, época de primera de 2019	23

## ÍNDICE DE ANEXOS

---

ANEXO	PÁGINA
1. Ubicación de la unidad experimental, finca del productor Eddy Amador, comunidad San Antonio de Padua, Somoto, Madriz	28
2. Líneas evaluadas	29
3. Testigos evaluados	30
4. Cuadro de colores usados para comparar colores primarios de los granos de frijol	31

---

## RESUMEN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) posee propiedades nutricionales prometedoras para prevenir y combatir enfermedades como la anemia. En Nicaragua durante los últimos 11 años se han fomentado programas de mejoramiento genético orientados a seleccionar variedades de frijol ricas en Hierro (Fe) y Zinc (Zn). El objetivo del experimento fue identificar las mejores líneas en cuanto a rendimiento. Para lograr lo anterior se evaluaron seis variables cuantitativas y cuatro cualitativas en 16 líneas de frijol común biofortificado. El experimento se estableció en junio y finalizó en agosto, correspondiente a la época de primera 2019, en la comunidad San Antonio de Padua, municipio de Somoto, departamento de Madriz, Nicaragua. El diseño utilizado fue bloques completos al azar con 16 tratamientos y cinco bloques. Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para comprobar la calidad de los datos cuantitativos. Luego, se procedió a realizar un análisis de varianza (ANDEVA), análisis de covarianza entre el rendimiento y el número de plantas cosechadas, análisis de correlación según Pearson entre el rendimiento de grano y sus componentes y separación de medias por Tukey al 5%. Los datos cualitativos se analizaron según la moda. El rendimiento no varió significativamente, no obstante se identificó las líneas SMR 181, INTA FERROSO y C17D 2973, que obtuvieron altos valores promedio respecto a la media general. El número de granos por vainas tuvo variación genética, las líneas C17D 3595 e INTA ROJO mostraron la mayor cantidad de granos por vainas. La relación entre el número de vainas por plantas y el rendimiento, fue positiva y moderada ( $r=0.59$ ). Todas las líneas presentaron granos de color café rojizo. En las líneas predominó la forma del grano arriñonada recta en lado del hilium, el aspecto de la testa brillante y la presencia de color alrededor de hilium.

**Palabras clave:** anemia, rendimiento de grano, mejoramiento por introducción

## ABSTRACT

Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) has promising nutritional proprieties to prevent and fight with diseases such as anemia. In Nicaragua during the last 11 years, genetic improvement programs have been promoted aimed to select bean varieties rich on Iron (Fe) and Zinc (Zn). The objective of this experiment was identify the best lines in terms of performance. To fulfill the above were evaluated six quantitative characters and four qualitative characters on 16 bio fortified lines of common beans. The experiment took place in June & ends in August, at primera period 2019, in San Antonio of Padua community, Somoto municipality, Madriz department, Nicaragua. The design used was complete block random with 16 treatments and five blocks. Shapiro-Wilk test was performed to check the quality of the quantitative data. Then, an analysis of variance (ANOVA), analysis of covariance among yield and harvested plants number, Persons correlation test between yield and its components & separation test according to Tukey 5%, were carried out. Qualitative data were analyzed according statistical trend. Performance has not statistical differences, even though we identified SMR 181, INTA FERROSO and C17D 2973 lines, they had high mean values compared to the general average. The grains per pod had genetic variation, CD17D-3595 and INTA ROJO lines shown bigger amounts. The relation between grain per pod and yield was positive and moderate ( $r=0.59$ ). All the lines evaluated have reddish.-brown beans. In all lines the kidney bean shape, shiny head appearance and coloration in the hilium predominated.

**Keywords:** anemia, grain yield, improvement by introduction

## I. INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa más importante del mundo que provee proteínas, carbohidratos, hierro (Fe) y zinc (Zn), a más de 500 millones de habitantes en América Latina y África (Calderon, 2018). Cada 100 g de porción comestible de frijol común contienen 127 kcal, 8.67g de proteína, 1.5g de grasa, 1.07mg de Zn, 2.94mg de Fe y 22.8 g de carbohidratos, Instituto de nutrición de Centroamérica y Panamá y la Organización Panamericana de la Salud (INCAP y OPS, 2012). Sin embargo la cantidad de vitaminas, proteínas y minerales en el grano del vegetal varían según el genotipo, la fertilización y las características de los suelos.

Según Tofiño et al., (2011) el Fe y Zn presentes en el frijol común son muy importantes para los humanos en especial el Fe, siendo esencial para las mujeres durante el embarazo e indispensable para prevenir enfermedades. Además el Fe es componente central de la hemoglobina. A nivel mundial 38.9 % de la población está en riesgo de sufrir deficiencia de Zn y un 25.9 % sufre de anemia ocasionada en la mayoría de los casos por deficiencia de Fe (Stein y Qaim, 2007).

“Los niños menores de cinco años del sector rural en Nicaragua se caracterizan por presentar un 68% de mortalidad, 20% de baja estatura y 28% de anemia” (Calderon, 2018, p. 1). Por otro lado la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2010) dice que de la población nicaragüense uno de cada tres niños tiene deficiencia de vitamina "A" y anemia, y también que una de cada tres mujeres está afectada por anemia. Y estos comportamientos tienden a ser mayores en los grupos rurales y urbanos de bajo nivel socioeconómico.

La condición anémica antes descrita se ha venido combatiendo en Nicaragua y en el mundo, con diversas estrategias como la suplementación gratuita de Fe oral a niños y mujeres embarazadas, la fortificación de alimentos de manera industrial y una de las más recientes, el aumento del valor nutricional de los cultivos o biofortificación de cultivos. Esta última estrategia es la más asequible y exitosa a través del tiempo.

La diferencia entre la fortificación y la bio fortificación, es que la primera hace referencia a un proceso meramente industrial en el que se agregan vitaminas y minerales a los productos antes de ser empacados. Y la segunda es un proceso que interviene con la planta en algún punto de su vida y está diseñado para mejorar el contenido de micronutrientes en el grano, ya sea por intervención agronómica, mejoramiento genético (fitomejoramiento) o ingeniería genética.

En el caso del cultivo del frijol común, en Nicaragua se han realizado investigaciones de mejoramiento genético orientadas a seleccionar genotipos ricos en Fe y Zn, entre ellas la de Ramirez y Bency (2009), Gutierrez (2014), INTA (2020) y Calderon (2018). En estos trabajos se identificaron genotipos con contenidos de Fe y Zn, que sobrepasaron el criterio establecido por Beebe, Gonzales, y Rengifo (2016) quienes mencionan que una variedad es biofortificada cuando los contenidos mínimos de Fe y Zn son, 80 y 33 ppm, respectivamente.

Aunque en Nicaragua se tienen estos genotipos biofortificados, estos pueden perder sus cualidades a través del tiempo, obligando esto a la búsqueda de nuevas alternativas tecnológicas. El objetivo de este trabajo fue, identificar líneas de frijol común biofortificado en base a un alto potencial agronómico.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Identificar líneas de frijol común biofortificado (*Phaseolus vulgaris* L.) de alto potencial agronómico

### **2.2 Específicos**

1. Comparar 16 líneas de frijol común biofortificado en base a rendimiento de grano y caracteres cualitativos, en la comunidad San Antonio de Padua, Somoto-Madriz, época de primera 2019
2. Calcular la correlación entre el rendimiento de grano y sus componentes en 16 líneas de frijol común biofortificado, en la comunidad San Antonio de Padua, Somoto-Madriz, época de primera 2019

### III. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 El hierro (Fe) y su importancia en la alimentación humana

El Fe es un nutriente esencial, componente de muchas moléculas, enzimas y proteínas necesarias para el metabolismo celular y el funcionamiento del organismo, dentro de las cuales se encuentra la hemoglobina, molécula encargada de transportar el oxígeno a todos los tejidos.

Alrededor del 15% del Fe total del organismo o sea unos cuatro gramos, se almacena para futuras necesidades y se moviliza cuando la ingesta alimentaria no es adecuada. El resto se encuentra en los tejidos del cuerpo formando parte de las proteínas que colaboran en las funciones orgánicas (Giménez, 2004).

Las gestantes requieren altas cantidades de Fe para satisfacer las demandas por la síntesis acelerada de glóbulos rojos, la placenta, el crecimiento y el desarrollo fetal, además para reponer las futuras pérdidas de este mineral durante el parto y el post parto. La necesidad de Fe aumenta casi linealmente hasta el término de la gestación y se calcula que la mujer requiere entre 800 y 900 mg durante el embarazo: en promedio, necesita absorber cerca de 5.6 mg por día durante el segundo y tercer trimestre, es decir 4.2 mg más que las mujeres no embarazadas. (Mero et al., 2019).

Cuando no se satisfacen las necesidades de Fe se desarrolla anemia, que es una enfermedad de la sangre definida como la disminución de la concentración de hemoglobina en el organismo, siendo generalmente los valores normales por encima a los 12 g por decilitro en la mujer, y 13.5 g por decilitro en el hombre (Bastos, 2009). La deficiencia de Fe afecta por igual el desarrollo cognoscitivo de todos los grupos de edad, sin embargo los efectos de la anemia durante la infancia son irreversibles aun después de tratamiento (Orozco y Maltez, 2015).

Cuando el médico establece que la causa de la anemia es el déficit de Fe tiene a su vez que investigar y establecer la razón de la disminución. Las causas pueden ser, una baja ingesta de Fe, un incremento de las necesidades de consumo (embarazo, infancia), pérdidas en algún punto del organismo (sangrado menstrual, sangrado digestivo), o a la combinación de estas (Bastos, 2009). FAO, (2010) agrega que la anemia puede ser causada por pérdidas aumentadas de Fe no compensadas por la alimentación.

La deficiencia de Fe se puede prevenir mediante modificaciones de la dieta, consumo de alimentos fortificados y biofortificados, o la suplementación con Fe nutricional. Ninguna de las estrategias antes mencionadas es excluyente. Pero la forma ideal de combatir la anemia es la combinación de la primera y segunda estrategia, y esto, no siempre es posible de lograr por limitaciones económicas o hábitos muy arraigados.

Dentro de los candidatos a alimentos biofortificados resalta el frijol común por sus propiedades nutricionales. Bennink, (2005) propone que el frijol común posee propiedades medicinales, y su consumo ayuda a reducir el riesgo de enfermedades como la anemia, algunos tipos de cáncer, diabetes tipo II, enfermedades del corazón y del sistema sanguíneo. Y, según Tofiño et al., (2011) el Fe presente en el frijol común resulta esencial por ser indispensable para las mujeres durante el embarazo y para prevenir enfermedades.

### **3.2 Biofortificación del cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Mertz, Bates, y Nelson (1964) llevaron a cabo un estudio en Estados Unidos que los convirtió en los pioneros de la biofortificación de alimentos, porque descubrieron un gen recesivo en maíz (*Zea mays* L.) que incrementaba la cantidad de lisina y triptófano en el endospermo, estos aminoácidos son muy importantes en la dieta humana.

La biofortificación es una estrategia útil para prevenir y manejar las deficiencias de micronutrientes y consiste en la selección de genotipos con buenas características nutricionales y agronómicas, a través de métodos de mejoramiento convencional o mediante biotecnología (ingeniería genética). Gómez (2017) agrega que este proceso incrementa la concentración de elementos esenciales en la parte comestible de los productos cosechados y también se puede realizar a través de intervención agronómica.

La biofortificación por intervención agronómica consiste en la aplicación de fertilizantes ricos en Fe, generalmente de manera foliar. La biofortificación a través de ingeniería genética consiste en la identificación y manipulación de segmentos de ADN (de la misma especie o no), involucrados en el aumento del contenido de Fe en el grano, luego se trata de agregar este segmento de ADN en el ADN del cultivo de interés. Finalmente la biofortificación por mejoramiento genético consiste en la identificación, cruce y selección de genotipos con altos contenidos de Fe y Zn.

Sin embargo, para llevar a cabo el mejoramiento genético se necesitaba variabilidad genética para los contenidos de Fe y Zn. En frijol, estas características se han fijado a través de cruces entre poblaciones de frijol mesoamericano y andino, este último es el que aporta el mayor contenido de minerales debido a genes específicos (Beebe et al., 2000; Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, 2003). Beebe et al., (2000) agregan que también se ha logrado aumentar el contenido de minerales en frijol común con cruzamientos inter específicos con *Phaseolus coccineus* L. y *Phaseolus dumosus* Macfad.

Desde el año 2004, el proyecto Harvest Plus coordinado por el International Food Policy Research Institute (IFPRI) y el CIAT, tiene como objetivo cruzar y difundir genotipos de frijol común con altos contenidos de Fe y Zn: siendo los beneficiados los agricultores de Asia y África. En el año 2005, se creó el proyecto AgroSalud a través de una donación de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA), y tenía como objetivo atender la mejora del contenido nutricional de cuatro cultivos de alto consumo en América Latina y el Caribe, incluido el frijol común (CIAT, 2015).

En Nicaragua, algunos investigadores han introducido y evaluado el rendimiento de diferentes líneas de frijol común biofortificado en distintas localidades. Ramirez y Bency (2009) evaluaron 11 líneas avanzadas de frijol común biofortificado (*Phaseolus vulgaris* L.) en el centro norte de Nicaragua. Las líneas obtuvieron en promedio 80 ppm de Fe, y en cuanto a rendimiento se determinó que la línea 628SM 15212 33 3 obtuvo el mejor rendimiento de grano promedio con 517.2 kg ha<sup>-1</sup> superando en 15.2% al testigo INTA ROJO que obtuvo 449.1 kg ha<sup>-1</sup> de rendimiento de grano.

Calderon (2018) evaluó el rendimiento de grano de 14 genotipos biofortificados de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en 11 ambientes de Nicaragua, y encontró que el mayor contenido de Fe se obtuvo con el genotipo SMR 115 con 88 ppm superando en 37.5% a los testigos que mostraron en promedio 64 ppm. En los demás genotipos el contenido de Fe osciló de 70 a 80 ppm. El mayor contenido de Zn lo obtuvo el genotipo SMR 106 con 35 ppm superando en 20.6% a los testigos que mostraron en promedio 29 ppm de Zn. Los demás genotipos mostraron contenidos de Zn entre 29 y 34 ppm.

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), (2019) registró a través de distintas evaluaciones tres variedades de frijol común biofortificado: INTA Ferroso con una cantidad de 68 ppm de Fe y 29 ppm de Zn, INTA Nutritivo y Rendidor con una cantidad de 83 ppm de Fe

y 31 ppm de Zn, e INTA SMR 100 con una cantidad de 85 ppm de Fe y 33 ppm de Zn. De este registro se debe considerar que solo INTA Nutritivo y Rendidor e INTA SMR 100, cumplen con el criterio propuesto por Beebe, Gonzales, y Rengifo (2016).

Una investigación llevada a cabo por INTA, (2020) en la estación experimental La Compañía-Carazo, evaluó e identificó la línea de frijol común SMR 88, que resultó tolerante a la sequía y con altos contenidos de Fe y Zn, 83 y 31 ppm, respectivamente. Luego de esto se le sometió a una evaluación multiambiental de tres años (2014-2017) en 76 ambientes, de 34 municipios de Nicaragua; los resultados de esta última investigación mostraron que esta línea tiene un rendimiento de grano promedio de 2 258.8 kg ha<sup>-1</sup>.

Bajo esta misma línea de investigación, Rodriguez, Gordon, y Gonzales (2016) evaluaron 567 líneas de frijol poroto biofortificado de grano rosado en Panamá, después de varios ciclos de selección encontraron la línea P-02-29 con el mejor rendimiento de grano 3 389 kg ha<sup>-1</sup>. El mejor contenido de Fe y Zn lo obtuvo la línea P-09-11 con 87.3 ppm de Fe y 32.5 ppm de Zn, que en comparación con el testigo ROSADO FAO, lo superó 54.8% en Fe y 8.7 % en Zn.

Tofiño et al., (2011) evaluó la aceptación de 35 líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) biofortificado en el norte del departamento del Cesar, Colombia obteniéndose ocho líneas a las cuales se les evaluó nuevamente sus características agronómicas y culinarias, de las que se encontró cuatro líneas, de las cuales el mejor rendimiento de grano lo obtuvo la línea SCR 3 con 1 526 kg ha<sup>-1</sup>, superando al testigo que obtuvo un rendimiento de grano de 700 kg ha<sup>-1</sup>. A su vez esta línea presentó 74.4 ppm de Fe y 25.1 ppm de Zn, que superaron en 156.5% y 25.5% respectivamente, al testigo que obtuvo 29 ppm de Fe y 20 ppm de Zn.

Gutiérrez (2014), evaluó 178 líneas avanzadas de frijol común con altos contenidos de Fe y Zn y tolerantes a la sequía, después de cuatro ciclos de selección encontró, tres líneas de grano negro (SEN 115, SMN 27 y SMN 39) y dos líneas de grano rojo (BFS 24 y SEF 70); que presentaron los mejores resultados refiriéndose a los contenidos de Fe y Zn. Las líneas grano rojo tuvieron en promedio 37 ppm de Zn y 63 ppm de Fe, superando en 38% el contenido de Fe del testigo Amadeus 77 que alcanzó 40 ppm de Zn y 51 de ppm Fe. En contraste las líneas grano negro presentaron en promedio 37.6 ppm de Zn y 70.6 ppm de Fe, superando un 23% el contenido de Fe del testigo Amadeus 77. Pero los contenidos de Fe encontrados aún no cumplen el criterio de Beebe, Gonzales, y Rengifo (2016).

Las investigaciones mencionadas anteriormente muestran que en la mayoría de los casos los resultados han sido positivos. También se muestra la necesidad de una continua evaluación de genotipos biofortificados, para poder encontrar los que mejor se adapten en un espacio y tiempo determinado, y tratar de responder a las necesidades de los agricultores y de la población.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación del estudio

El estudio se estableció el siete de junio de 2019 y finalizó el 22 de agosto correspondiente al ciclo agrícola de primera 2019, en la comunidad San Antonio de Padua, municipio de Somoto, departamento de Madriz, que pertenece al corredor seco del país. Específicamente en la finca del señor Eddy Amador, que posee suelo con textura franco arcillosa y un pH neutro (6.83). La finca se sitúa a 742 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas, 13° 28' 29.56'' latitud norte y 86° 32' 04.25'' latitud oeste, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2003), (Anexo 1).

Los límites de la comunidad San Antonio de Padua son al norte con la comunidad el Cascabel, al sur con Santa Bárbara, al este con San Antonio de Yalagüina y al oeste con la comunidad el Rodeo, Consejo Nacional de Pueblos Indígenas del Pacífico, Centro y Norte de Nicaragua (CNPIPCN, 2020). El clima de Somoto está clasificado como sabana tropical de altura y es húmedo en la parte alta montañosa y seco en las partes bajas. La temperatura oscila entre los 23 y 32 grados Celsius, las temperaturas más elevadas se presentan en los meses de Febrero a Julio y las más bajas de Agosto a Enero (INEC, 2003). Las precipitaciones del municipio de Somoto varían de 800 a 1000 mm al año (Lira, Rivera, y Toruño, 2016).

### 4.2 Diseño metodológico

#### 4.2.1 Material biológico

El material biológico consistió en 16 líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) las que se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Identificación y contenidos de Fe y Zn de las 16 líneas de frijol común biofortificado (*Phaseolus vulgaris* L.) evaluadas en la comunidad San Antonio de Padua, Somoto-Madriz en la época de primera de 2019

Línea	Contenido Fe/Zn (ppm)
SMR 186	93/30
C17D 2973	87/32
SMR 181	86/30
C17D 2970	98/33
C17D 2883	92/27
C17D 2856	87/31
C17D 2860	88/32
C17D 2853	83/30
C17D 3596	90/31
C17D 3595	106/35
S17A 1777	101/35
S17A 1857	98/36
S17A 2473	83/35
S17A 2980	98/33
*INTA ROJO	48/29
*INTA FERROSO	68/28

\*: Testigo; Las líneas fueron introducidas y provienen del vivero internacional del CIAT

#### 4.2.2 Diseño experimental

Se estableció un experimento de campo en diseño de bloques completos al azar con cinco bloques. Los tratamientos fueron 14 líneas nuevas, más dos testigos (Cuadro 1). El área experimental fue de 438 m<sup>2</sup>. La parcela útil fue un surco de 3 m de largo y se dejó una distancia de 0.5 m entre surcos, para un área de 1.5 m<sup>2</sup>.

A continuación se detalla el modelo aditivo lineal del diseño experimental (MAL) y sus componentes:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

i = 1, 2, 3,.....16 líneas de frijol común

j = 1, 2, 3,.....5 bloques

$Y_{ij}$  = Denota el valor promedio de la variable medida en el i-ésimo material genético, en el j-ésimo bloque

$\mu$  = Es el valor de la media general a estimar a partir de los datos del experimento

- $\tau_i$  = Efecto del i-ésimo material genético a estimar a partir de los datos del experimento
- $\beta_j$  = Efecto debido al j-ésimo bloque
- $\varepsilon_{ij}$  = Efecto aleatorio de variación

### 4.2.3 Manejo agronómico

El experimento de campo se llevó a cabo en la época de primera 2019. La preparación del terreno se realizó manualmente 15 días antes de la siembra del cultivo mediante chapoda y la eliminación de los rastrojos sobrantes de la actividad, además se levantaron surcos separados a 0.5 metros. La siembra se realizó el siete de junio, al espeque y se depositaron de dos a tres semillas cada 25 centímetros.

Se instaló un sistema de riego complementario por goteo. Y se aplicó durante dos horas en intervalos de tres días entre cada riego. Por cada riego se aplicó en promedio de 1.5 litros de agua y desde la siembra hasta la etapa de floración se suministró 42 l de agua. Durante el transcurso del experimento las precipitaciones fueron de 163.8 mm de agua en el mes de mayo, 32.6 mm en el mes de junio, 41.1 mm en el mes de julio y 49.2 mm en agosto.

La fertilización se realizó al momento de la siembra utilizando el fertilizante edáfico fosfato diamónico (18-46-0) a razón de 130 kg ha<sup>-1</sup>. Posteriormente se hicieron tres aplicaciones a los 15, 25 y 40 días después de la siembra (dds) del fertilizante foliar plus a una dosis de 0.7 l ha<sup>-1</sup>. El manejo de las arvenses se realizó a los 10 y a los 23 dds usando el herbicida difenil éter, propanoato arilico (Dupla), que es selectivo para frijol y controla malezas de hoja ancha y gramíneas; su dosis fue 0.6 l ha<sup>-1</sup>. Para prevenir las enfermedades se usó Sulfato de cobre pentahidratado (Promet Cu), se hicieron tres aplicaciones a los 12, 25 y 40 dds, a una dosis de 0.6 l ha<sup>-1</sup>.

Para el manejo de las plagas del suelo (gusano alambre, zompos, cuerudo) se aplicó clorpirifos antes de la siembra a una dosis de 4.3 kg ha<sup>-1</sup>. Posteriormente, para controlar las plagas del follaje y vainas se realizaron: dos aplicaciones a los 10 y 20 dds, de carbamato oxamil (Vydate) a una dosis de 0.7 l ha<sup>-1</sup>; tres aplicaciones a los cinco, 35 y 45 dds de tiametoxan más lambdaciaolotrina (Engeo) a una dosis de 0.3 l ha<sup>-1</sup>. La cosecha se realizó manualmente cuando todas las plantas de la parcela útil, de cada línea mostraron aproximadamente un 90% de sus hojas secas.

### 4.3 Variables cuantitativas evaluadas

#### *Número de plantas cosechadas*

Se contabilizó el total de plantas cosechadas de cada parcela útil.

#### *Número de vainas por planta*

El número de vainas por planta se evaluó a partir de seleccionar diez plantas de cada parcela útil. Se consideró como vaina aquella que tuviese al menos una semilla. Con los datos obtenidos se calculó el valor promedio de esta variable.

#### *Longitud de la vaina*

Esta variable se midió en cinco vainas seleccionadas al azar de dos plantas centrales de cada parcela útil. Se usó una regla milimetrada para medir la longitud, considerándose esta desde el ápice de la vaina hasta el pedicelo. Seguidamente se calculó el valor promedio.

#### *Número de granos por vainas*

Se contabilizaron el número de granos a partir de las cinco vainas que se seleccionaron para medir la longitud de vainas. Luego se determinó el valor promedio del número de granos por vaina.

#### *Peso de 100 granos*

Se tomaron cuatro muestras de 100 granos por cada línea o tratamiento, usando una balanza electrónica a cada repetición se le registro su peso en gramos. Después se calculó el valor promedio. Para clasificar los granos de acuerdo a su peso se utilizó el Cuadro 2.

Cuadro 2. Escala de clasificación para el peso de 100 granos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

Número	Categoría
1	peso menor de 25 g (grano pequeño)
2	peso entre 25 g y 40 g (grano mediano)
3	peso mayor de 40 g (grano grande)

Tomado de Schoonhoven y Pastor, (1987) p. 13

### ***Rendimiento del grano***

Se determinó cosechando todas las plantas de la parcela útil y se registró el peso obtenido en gramos. Luego de esto se procedió a determinar el contenido de humedad con ayuda del medidor de humedad DOLE 400. Se realizaron tres lecturas para todas las líneas al momento de la cosecha, luego se promediaron y el resultado se expresó en porcentaje.

Posteriormente se hizo un ajuste del rendimiento al 14% de contenido de humedad aplicando la siguiente expresión:

$$P_F(100 - H_F) = P_I(100 - H_I)$$

Dónde:

$P_F$ : Rendimiento ajustado a 14% de humedad (g)

$P_I$ : Rendimiento obtenido en el campo en (g)

$H_I$ : Contenido de humedad inicial del grano al momento de cosecha (%)

$H_F$ : Contenido de humedad final después del secado (14%)

#### 4.4 Variables cualitativas evaluadas

Las variables color primario del grano, forma del grano, aspecto predominante de la testa y presencia de color alrededor de hiliun se evaluaron de forma visual, y se ocupó la misma muestra de 100 granos. Para su medición se utilizaron las escalas propuestas en la guía de Muñoz et al., (1993) p. 75-79.

##### *Color primario del grano*

Se compararon los granos con el cuadro de colores (Anexo 4) y se determinó su categoría. Obtenida su categoría se utilizó el Cuadro 3 para determinar su color.

Cuadro 3. Escala de clasificación para el color primario del grano de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

Número	Color	Categoría
1	Blanco limpio	76
2	Blanco sucio	76
3	Amarillo	84
4	Amarillo dorado	64,65
5	Amarillo azufrado	82
6	Crema suave	73
7	Crema oscuro	69
8	Café	54, 55, 56, 57
9	Café rojizo	4, 5, 6, 10, 11
10	Café oscuro	1, 51, 53
11	Café casi-verde	52
12	Rosado	13, 15
13	Rojo	7, 8, 9
14	Morado	23
15	Negro	25, 100
16	Gris	97, 98, 99
17	Azul	21, 22, 24
18	Verde	36, 37, 38, 39, 43

### ***Forma del grano***

Se clasificó la forma del grano usando el Cuadro 4.

Cuadro 4. Escala de clasificación para la forma del grano de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

Número	Categoría
1	Redonda
2	Ovoide
3	Elíptica
4	Pequeña, casi cuadrada
5	Alargada, ovoide
6	Alargada, ovoide en un extremo e inclinada en el otro
7	Alargada, casi cuadrada
8	Arriñonada, recta en un lado del hilo
9	Arriñonada, curva en el lado opuesto del hilo

### ***Aspecto predominante de la testa***

Se comparó el aspecto predominante de la testa conforme al Cuadro 5.

Cuadro 5. Escala de clasificación del aspecto de la testa del grano de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

Número	Categoría
1	Opaco
2	Intermedio
3	Brillante

### ***Presencia de color alrededor del hilium***

La presencia del color alrededor del hilium se clasificó con el Cuadro 6.

Cuadro 6. Ausencia o presencia de color alrededor del hilium en el grano de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

Número	Categoría
1	Coloreado
2	Sin colorear

#### **4.5 Análisis de los datos**

Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para comprobar la calidad de los datos cuantitativos y el ajuste del modelo. Luego, se procedió a realizar un análisis de varianza (ANDEVA), separación de medias por Tukey al 5%, análisis de covarianza entre el rendimiento y el número de plantas cosechadas y un análisis de correlación según Pearson entre el rendimiento de grano y sus componentes. Se usó el programa de análisis estadístico SAS (2017).

Los datos cualitativos fueron analizados en base a la moda, con el programa Excel (2013).

#### **4.6 Materiales y equipos**

Los materiales y equipos que se usaron en la etapa de campo del experimento fueron: cinta métrica, balanza electrónica, determinador de humedad Dole 400, lienzo, receptor GPS, bolsas de papel craft, sacos macen, baldes plásticos, bomba de mochila, manguera de riego, machete marcadores, bolsas plásticas, masking tape, tabla de campo e insumos agrícolas.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Comportamiento agronómico de las 16 líneas de frijol común biofortificado

A continuación se muestran los resultados del análisis de varianza de las variables cuantitativas evaluadas en las 16 líneas de frijol común.

Cuadro 7. Significancia estadística, coeficiente de variación, valores de  $R^2$  ajustados y normalidad para seis variables evaluadas en 16 líneas de frijol común biofortificado (*Phaseolus vulgaris* L.) en la comunidad San Antonio de Padua, Somoto-Madriz en la época de primera de 2019

	Número de plantas cosechadas	Número de vainas por planta	Longitud de la vaina (cm)	Número de granos por vaina	Peso de 100 granos (g)	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
Bloques	0.0001*	0.0001*	0.0278*	0.0086*	0.0065*	0.0001*
Líneas	0.1571	0.2917	0.1613	0.0059*	0.089	0.2487
Medias	24	21.7	18	10.6	4.8	885.8
CV	21.37	25	9	12.77	10.12	23.39
$R^2$ ajustados	0.29	0.27	0.15	0.3	0.21	0.63
Normalidad	0.13	0.1159	0.7318	0.3955	0.1056	0.3054

\*: Significativo ( $\alpha = 0.05$ ); CV: coeficiente de variación

El efecto de bloqueo contribuyó a mejorar la precisión del experimento. Los resultados indican que no se encontraron diferencias significativas entre los valores promedios para la mayoría de las variables evaluadas con excepción del número de granos por vaina ( $p = 0.0059$ ). Por lo tanto, únicamente para la última variable mencionada existe evidencia de variación genética. La no significancia de la mayoría de variables evaluadas puede ser por similitud genética, debido a que las líneas fueron sometidas a procesos de selección en los viveros internacionales.

En el Cuadro 8, se muestran los valores promedios de cada una de las variables cuantitativas en cada una de las 16 líneas de frijol común. La variable número de granos por vainas muestra los agrupamientos obtenidos según la prueba de Tukey al 5%.

Cuadro 8. Valores promedios de las variables rendimiento de grano y sus componentes, en 16 líneas de frijol común biofortificado (*Phaseolus vulgaris* L.) en la comunidad San Antonio de Padua, Somoto-Madriz en la época de primera de 2019

Línea	Número de plantas cosechadas	Número de vainas por planta	Longitud de la vaina (cm)	Número de granos por vaina	Peso de 100 granos (g)	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
SMR 181	25	22	11	5.1ab	21.8	1118.7
INTA FERROSO	25	18	9.6	5.0ab	19.6	1000.1
C17D 2973	25	18	11	4.5ab	23.5	993.1
C17D 3596	23	20	11	4.6ab	24	960.6
S17A 1857	25	17	11	4.5ab	22.3	935
C17D 2883	26	16	11	5.0ab	21.7	921.9
C17D 3595	24	17	11	5.5a	23.4	919.8
S17A 2473	28	19	9.8	4.7ab	22	898.5
C17D 2970	24	19	10	5.1ab	21.8	890.1
C17D 2980	26	18	9.6	4.2ab	21.8	843.2
C17D 2853	21	20	11	5.2ab	20.5	834.6
S17A 1777	22	21	10	3.9b	21.3	818.1
C17D 2860	26	15	10	4.7ab	20.4	785.2
INTA ROJO	22	16	11	5.4a	20	776.9
C17D 2856	24	16	11	5.1ab	22.6	751.2
SMR 186	16	14	11	4.5ab	21.1	726.9

Los valores promedios del número de plantas cosechadas variaron entre 16 y 28 plantas por parcela útil (1.5 m<sup>2</sup>). El número de plantas esperadas por parcela útil fue 36 por lo que se tuvo una reducción que osciló entre 55.6% y 22.3%, que puede ser explicada por variaciones en la profundidad en que se depositó la semilla y por la viabilidad de las semillas.

La reducción anterior afectó el rendimiento de grano de algunas líneas por ejemplo SMR 186, C17D 2856 e INTA ROJO: debido a que el número de plantas cosechadas está relacionado con la densidad del cultivo, y esta última puede contribuir a la disminución o incremento del rendimiento de grano. En este sentido el valor promedio de número de plantas cosechadas con respecto al rendimiento de grano, mostró correlación positiva pero no significativa (Cuadro 10). Según White, (1985a) el número de plantas cosechadas están asociadas con el rendimiento pero no puede esperarse que sean directamente proporcionales, ya que existen otros componentes que condicionan el rendimiento y no pueden considerarse de manera independiente.

El número de vainas por plantas obtuvo valores promedios que oscilaron entre 14 y 22 vainas. La línea con más vainas por plantas, SMR 181, presentó el mayor rendimiento promedio (1 118.7 kg ha<sup>-1</sup>). Lo anterior puede ser debido a que entre estas dos variables se apreció una correlación positiva y significativa ( $r=0.59$ , Cuadro 10).

Los valores promedios obtenidos para la longitud de la vaina variaron entre 9.6 y 11 cm (Cuadro 8), lo que coincide con los valores determinados para el acervo mesoamericano que en general varían entre 9.5-11 cm (Ligarreto y Martínez, 2002). Según estos autores esta variable posee poca variación debido a su baja plasticidad a los cambios ambientales, sin embargo, las variaciones se hacen más evidentes entre los acervos mesoamericano y andino.

Según Bonilla (1990) el número de granos por vaina es una variable determinada por caracteres genéticos propios de cada genotipo y es altamente heredable, pero puede presentar variación debido a las condiciones ambientales que existen en cada región. Considerando lo anterior y que las líneas se sometieron a las mismas condiciones ambientales, se puede decir que estas tuvieron variación genética en esta variable. En este sentido las líneas C17D 3595 e INTA ROJO resultaron marcadamente diferentes del valor promedio mostrado por la línea S17A 1777. El resto de líneas mostraron valores promedios intermedios (Cuadro 8). A pesar de que las líneas C17D 3595 e INTA ROJO mostraron los mayores valores promedios de número de granos por vainas, no resultó ser lo mismo para el rendimiento de grano y el peso de 100 granos.

Posiblemente, lo anterior se debe a lo que se conoce como compensación de los componentes de rendimiento: al aumentar un componente, los otros se reducen. Muchos estudios en frijol y en otros cultivos han intentado determinar si es posible seleccionar un solo componente para aumentar el rendimiento, pero generalmente han fracasado (White, J., 1985b, p. 47). Sin embargo, Escalante, Rodríguez, y Escalante-Estrada (2014) y Escalante, Rodríguez, y

Escalante-Estrada (2015) concluyeron que, los componentes número de vainas por planta y el número de granos por vainas son los de mayor importancia para el posible aumento del rendimiento del frijol común.

El peso de 100 granos obtuvo valores promedio entre 19.6 y 23.4 g. De acuerdo al Cuadro 2 los granos de todas las líneas de frijol común en este estudio son de tamaño pequeño (peso menor de 25 g). El peso de 100 granos de las líneas de frijol común usadas en el experimento de Ramirez y Bency (2009) también fueron de tamaño pequeño. En cambio, el peso de 100 granos de las líneas de frijol común usadas por Calderon (2018) fueron de tamaño mediano (peso entre 25 y 40g).

El rendimiento de grano es uno de los caracteres más importantes en el frijol común, este se ve influenciado por el manejo y el ambiente, lo que genera interacciones genotipo-ambiente que pueden favorecer o no el rendimiento de grano (Davis, 1985). Debido a que el número de plantas cosechadas puede contribuir a disminuir o incrementar el rendimiento de grano, se evaluó su covarianza pero resultó ser no significativa ( $p=0.3249$ ). El rendimiento promedio de grano total fue de  $885.8 \text{ kg ha}^{-1}$ . En base a este valor, la zona, el período en que se realizó el estudio y utilizando el Cuadro 9, el rendimiento promedio total alcanzado se puede clasificar como de baja productividad.

Cuadro 9. Niveles relativos de productividad en frijol común para dos situaciones en Latinoamérica

Productividad	En zonas de baja productividad ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	En zonas de alta productividad ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
Alta	1300-1500	2000-3000
Buena	900-1200	1500-1800
Baja	600-900	1000-1200
Mínima	menor de 500	800

Adaptado de Voysest (1985)

En este ambiente las líneas C17D 2973, INTA FERROSO y SMR 181 presentaron una buena productividad, con rendimientos de grano mayores de  $900 \text{ kg ha}^{-1}$  (Cuadro 8). Estas líneas superan en 41.8%, 42.8% y 59.8%, respectivamente, el rendimiento de grano obtenido por el productor en la época de primera de 2018 que fue de  $700 \text{ kg ha}^{-1}$ .

## Relación entre el rendimiento y sus componentes

El Cuadro 10 muestra el resumen del análisis de correlaciones para el rendimiento de grano y sus componentes.

Cuadro 10. Valores r y valores p de la correlación entre el rendimiento de grano y sus componentes en 16 líneas de frijol común biofortificado (*Phaseolus vulgaris* L.) en la comunidad San Antonio de Padua, Somoto-Madriz en la época de primera de 2019

	Número de plantas cosechadas	Número de vainas por planta	Longitud de la vaina (cm)	Número de granos por vaina	Peso de 100 granos (g)	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
Número de plantas cosechadas	1	0.15	-0.4	0.03	0.16	0.47
		0.5634	0.1298	0.8922	0.5375	0.0662
Número de vainas por planta		1	-0.13	-0.15	0.16	0.59
			0.6196	0.5876	0.5525	0.0160*
Longitud de la vaina (cm)			1	0.37	0.38	0.05
				0.1498	0.1414	0.8469
Número de granos por vaina				1	-0.12	0.11
					0.6511	0.6669
Peso de 100 granos (g)					1	0.31
						0.2392
Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )						1

\*: Significativo ( $\alpha = 0.05$ )

La mayoría de las correlaciones fueron bajas (valores r entre -0.4 y 0.47) y no significativas, pueda ser que la relación de la mayoría de componentes y el rendimiento sea independiente. El componente número de vainas por plantas con respecto a rendimiento tuvo correlación moderada ( $r=0.59$ ) y significativa, esto implica que un aumento en estos componentes puede darse sin ocasionar reducciones en los otros componentes.

## **5.2 Comportamiento comercial de las 16 líneas de frijol común biofortificado**

En general, las variables cualitativas son útiles para determinar el valor comercial de los cultivos. En frijol común, variables como el color de grano rojo y café rojizo, y el aspecto de testa brillante de los granos son determinantes del valor comercial. Las características anteriores son las preferidas por la mayoría de la población nicaragüense (Canales y Campos, 2016).

Las variables cualitativas evaluadas fueron cuatro; color primario del grano, forma del grano, aspecto predominante de la testa y presencia de color alrededor de hilium. Las variables cualitativas son determinadas por efectos genéticos y no las afectan las condiciones ambientales: están asociadas con uno o pocos genes y se refieren a atributos como color, forma, presencia o ausencia de un determinado compuesto o estructura (Facultad de agronomía (FAGRO), 2016, p. 89).

A continuación se muestra una descripción de los resultados del análisis de las variables cualitativas.

Cuadro 11. Caracteres cualitativos evaluados en 16 líneas de frijol común biofortificado (*Phaseolus vulgaris* L.), en la localidad San Antonio de Padua, Somoto-Madriz, época de primera de 2019

Línea	Color primario del grano	Forma del grano	Aspecto predominante de la testa	Presencia de color alrededor de hilium
SMR 186	Café rojizo	arh	Brillante	Coloreado
C17D 2973	Café rojizo	arh	Brillante	Coloreado
SMR 181	Café rojizo	arh	Brillante	Coloreado
C17D 2970	Café rojizo	arh	Brillante	Coloreado
C17D 2883	Café rojizo	arh	Brillante	Coloreado
C17D 2856	Café rojizo	arh	Intermedio	Coloreado
C17D 2860	Café rojizo	arh	Brillante	Coloreado
C17D 2853	Café rojizo	arh	Brillante	Coloreado
C17D 3596	Café rojizo	arh	Brillante	Coloreado
C17D 3595	Café rojizo	arh	Brillante	Coloreado
S17A 1777	Café rojizo	arh	Brillante	Coloreado
S17A 1857	Café rojizo	arh	Brillante	Coloreado
S17A 2473	Café rojizo	arh	Brillante	Coloreado
S17A 2980	Café rojizo	arh	Brillante	Sin colorear
INTA ROJO	Café rojizo	arh	Brillante	Coloreado
INTA FERROSO	Café rojizo	Ovoide	Brillante	Coloreado

arh: arriñonada recta en lado del hilium

En el Cuadro 11, se aprecia que todas las líneas tienen granos color café rojizo; en cuanto a forma del grano el 93.7% presentó forma arriñonada recta en el hilium. En 93.7% de las líneas predominó el aspecto de testa brillante; de manera similar un 93.7% presentó color alrededor del hilium. Las pocas diferencias de las líneas para estas variables pueden ser por similitud genética debido a que fueron sometidas a procesos de selección en los viveros internacionales.

Las líneas mostradas en el Cuadro 11, pueden tener una buena aceptación en el mercado ya que el color café rojizo y el aspecto de testa brillante del grano son los criterios que exige la mayoría de consumidores del país (Canales y Campos, 2016).

## VI. CONCLUSIONES

En cuanto a rendimiento no existen diferencias significativas, no obstante se identificó las líneas SMR 181, INTA FERROSO y C17D 2973, que obtuvieron buenos rendimiento promedios respecto a la media general.

El número de granos por vainas tuvo variación genética, las líneas C17D 3595 e INTA ROJO mostraron la mayor cantidad de granos por vainas. La relación entre el número de vainas por plantas y el rendimiento, fue positiva y moderada ( $r=0.59$ ), y puede estar sujeta a cambios. Todas las líneas presentaron granos de color café rojizo. En las líneas predominó la forma del grano arriñonada recta en lado del hilium, el aspecto de la testa brillante y la presencia de color alrededor de hilium.

## VII. LITERATURA CITADA

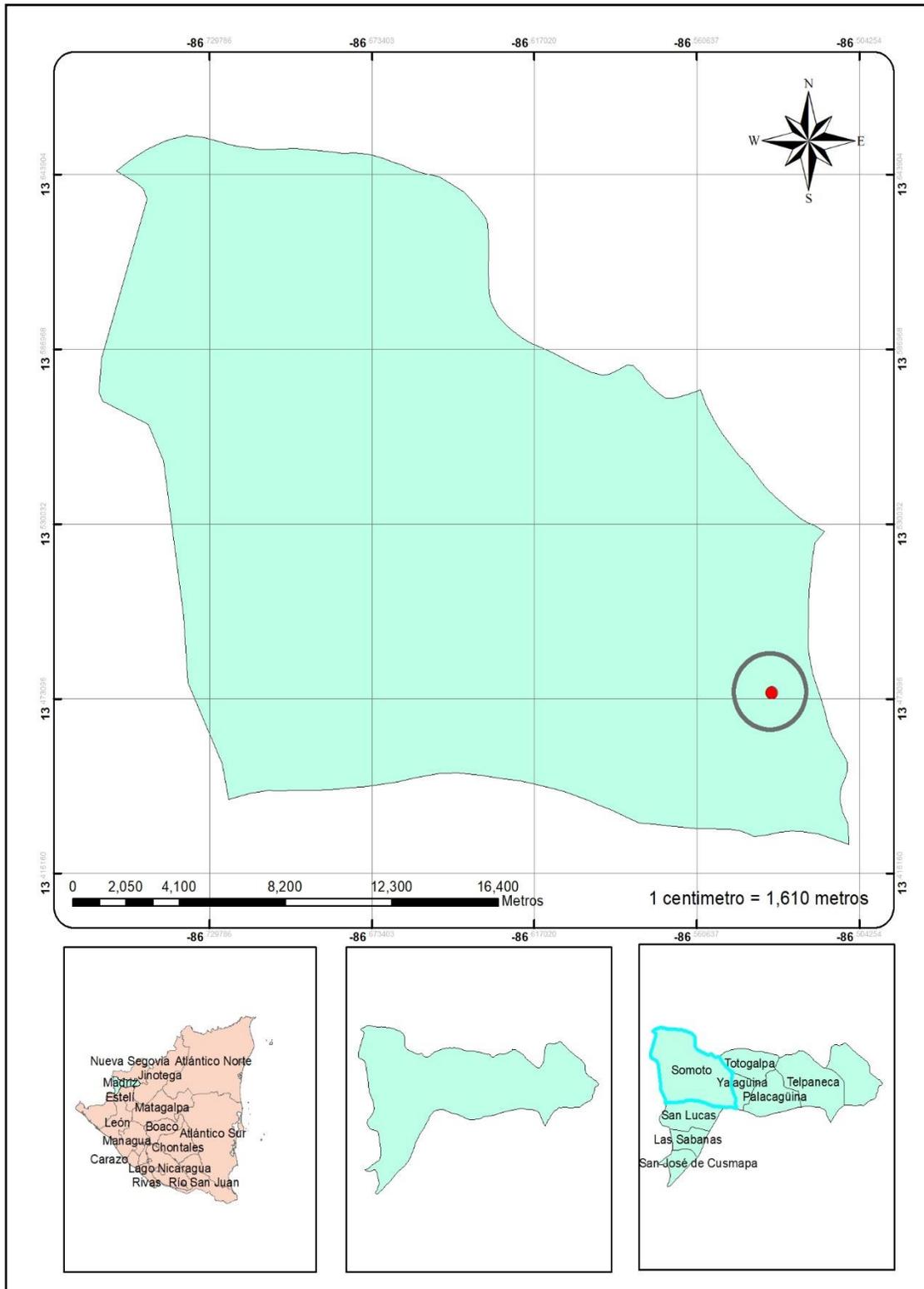
- Bastos Oreiro, M. (2009). Anemia ferropénica. Tratamiento, Revista Española de Enfermedades Digestivas. 101. Obtenido de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1130-01082009000100010&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1130-01082009000100010&lng=es&tlng=es)
- Beebe, S., Gonzales , A., y Rengifo, J. (2016). *Estudio de evaluacion de 1400 accesiones provenientes de Banco de Germoplasma del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*.
- Beebe, S., González, A., y Rengifo, J. (2000). El estudio de los minerales en frijol común. Food and Nutrition Bulletin 2.
- Bennik, M. (2005). Eat beans for good health. annual report of bean improvement cooperative.. Obtenido de [http://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://arsftbean.uprm.edu/bic/wpcontent/uploads/2018/04/Nutrition.pdf&ved=zahUKEwiwoPekzufrAhUBrFkkHY4BBD8QFjAAegQIARAB&usg=AOvVaw1fr5-\\_Ghv04aBEPPhD6VDyL](http://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://arsftbean.uprm.edu/bic/wpcontent/uploads/2018/04/Nutrition.pdf&ved=zahUKEwiwoPekzufrAhUBrFkkHY4BBD8QFjAAegQIARAB&usg=AOvVaw1fr5-_Ghv04aBEPPhD6VDyL)
- Bonilla , J. A. (1990). *Efecto del control de maleza y distancias de siembras sobre las cenosis de las malezas, crecimiento y rendimiento del frijol comun (Phaseolus vulgaris L.)* (Tesis de grado). Managua: Universidad Nacional Agraria.
- Calderon, R. (2018). *Rendimiento de grano de 16 genotipos biofortificados de frijol comun (Phaseolus vulgaris L.) en 11 ambientes de Nicaragua, 2015-2016* (Tesis de Maestria). Obtenido de <http://repositorio.una.edu.ni/3850/1/tnf30c146r.pdf>
- Consejo Nacional de Pueblos Indigenas del Pacifico, Centro y Norte de Nicaragua. (2020). El consejo de pueblos Indigenas PCN. Obtenido de <http://www.pueblosindigenaspcn.net/territorios/san-antonio-de-padua#:~:text=El%20pueblo%20ind%C3%ADgena%20%20Antonio,B%C3%A1rbara%2C%20al%20este%20con%20SAN>
- Canales, A. G., y Campos, J. D. (2016). Análisis del comportamiento de la producción y consumo del frijol en Nicaragua durante el periodo 2009-2013. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/8022/1/16904.pdf>
- CIAT. (2003). Mejoramiento de la nutrición humana en comunidades pobres de América latina utilizando maíz (QPM) y frijol común biofortificado con micronutrientes. CALI: CIAT.
- CIAT. (2015). *El impacto nutricional de de cultivos biofortificados o Cultivos con mayor calidad nutricional*. Obtenido de [http://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2015/02/cartilla-impacto-nutricional\\_impresion\\_feb12\\_10.pdf](http://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2015/02/cartilla-impacto-nutricional_impresion_feb12_10.pdf)
- Davis, J. H. (1985). Conceptos básicos de genética de Frijol. En M. Lopez, F. Fernández, A. v. Schoonhoven, y (Ed.), *Frijol: Investigación y Producción* (págs. 81-88). Cali, Colombia: CIAT. Obtenido de <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/77975>
- Escalante-Estrada, J. A., Rodríguez-González , M. T., y Escalante-Estrada , Y. (2015). Nitrogeno, distancia entre surcos, rendimiento y productividad del agua en dos cultivares de frijol. Bioagro, 27(2 ), 75-82.

- Escalante-Estrada, J. A., Rodríguez-González, M. T., y Escalante-Estrada, Y. (2014). Tasa de crecimiento de biomasa y rendimiento de frijol en función del nitrógeno. *Ciencia y Tecnología agropecuaria*, 2(1), 1-8.
- Facultad de agronomía (2016). *Dossier de Genética general*. Managua: Universidad Nacional Agraria.
- FAO (2010). Perfil nutricional de Nicaragua. Obtenido de [http://www.fao.org/ag/agn/nutrition/nic\\_es.stm](http://www.fao.org/ag/agn/nutrition/nic_es.stm)
- Giménez, S. (2004). *La importancia del hierro en la dieta*. Obtenido de medicina 21: [https://www.medicina21.com/Articulos/V1977-La\\_importancia\\_del\\_hierro\\_en\\_la\\_dieta.html](https://www.medicina21.com/Articulos/V1977-La_importancia_del_hierro_en_la_dieta.html)
- Gómez, A. A. (2017). *Biofortificación con Yoduro de Potasio en el cultivo de Melón (Cucumis melo L.) y su implicación en la Morfología y Fisiología de la planta*. Obtenido de Biblioteca DR. Egidio G. Rebonato, Centro de Información y Documentación UAAAN: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42089/K64573%20ASAIID%20ADAN%2C%20DIAZ%20GOMEZ.pdf?sequence=1>
- Gutiérrez, E. (2014). *Selección de líneas avanzadas de frijol común con alto contenido de Fe y tolerante a la sequía* (Tesis de pregrado). Obtenido de <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3469/1/CPA-2014-043.pdf>
- INCAP y OPS. (2012). *Tabla de composición de alimentos de centroamérica*. Obtenido de <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/TablaCALimentos.pdf>
- INEC. (2003). Características de departamento de Madriz. Obtenido de <http://www.inide.gob.ni/atlas/caracteristicasdep/madriz.htm>
- INTA. (2019). *Mejores prácticas de siembra y manejo para incrementar los rendimientos en el cultivo del Frijol*.
- INTA. (2020). *Frijol Nutritivo y Rendidor*. Obtenido de <http://www.inta.gob.ni/wp-content/uploads/2019/11/Brochure-Frijol-Nutritivo-y-Rendidor-2019-1.pdf>
- Ligarreto, G. A., y Martínez, O. (2002). Variabilidad genética en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.): I. Análisis de variables morfológicas y agronómicas cuantitativas. *Agronomía Colombiana*, 19(1-2), 69-80. Obtenido de [http://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&u=longitud\\*vaina\\*frijol\\*importancia&btnG=#d=gs\\_qavs&u=%23p%3DE2sj70-SA9gJDoc18may20](http://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&u=longitud*vaina*frijol*importancia&btnG=#d=gs_qavs&u=%23p%3DE2sj70-SA9gJDoc18may20)
- Lira Rivas, E. A., Rivera Rocha, J. C., y Toruño Pérez, I. E. (2016). *Propuesta de promoción, comercialización y elaboración de un paquete turístico para la comunidad Icalupe, Somoto-Madriz, durante el II semestre de 2016* (Tesis de grado). Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Muñoz, Guillermo., Giraldo, Guillermo., y Fernández de Soto, José. (1993). *Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz y sorgo*. Cali, Colombia. CIAT.
- Mero, N. A., Alcívar, M. V., Figueroa, M. S., Sornoza, H. M., Soto, J. E., y Rodríguez, M. D. (2019). *Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6796774.pdf>

- Mertz, E., Bates, L., & Nelson, O. (1964). Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145, 279-280.
- Orozco Juárez, M., y Maltez Aguilar, A. (2015). *Impacto del tratamiento de extracto de malta en niños diagnosticados con anemia ferropénica del consultorio médico Emmanuel Orsini Nueva Vida Ciudad Sandino* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua.
- Ramirez, E., y Bency, J. (2009). *Evaluación agronomica de líneas avanzadas de frijol biofortificado (Phaseolus vulgaris L.) en el centro norte de Nicaragua en época de postrera, 2007.* (Tesis de grado). Obtenido de <http://repositorio.una.edu.ni/2123/1/tnf30r173.pdf>
- Rodriguez, E., Gordon, R., y Gonzales, F. (2016). Líneas de Frijol Poroto biofortificado de grano rosado en Panamá. *Cienecia Agropecuaria*(24), 35-51. doi:[https://www.researchgate.net/publication/304778598\\_LINEAS\\_DE\\_FRIJOL\\_POROTO\\_BIOFORTIFICADO\\_DE\\_GRANO\\_ROSADO\\_EN\\_PANAMA](https://www.researchgate.net/publication/304778598_LINEAS_DE_FRIJOL_POROTO_BIOFORTIFICADO_DE_GRANO_ROSADO_EN_PANAMA)
- SAS Institute Inc. (2017) JMP Software estadístico [programa de cómputo]. versión 13.2.0. Disponible en: [https://www.jmp.com/en\\_us/home.html](https://www.jmp.com/en_us/home.html)
- Schoonhoven, A., y Pastor, M. (1987). Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol. Obtenido de Centro Internacional de Agricultura Tropical: <http://hdl.handle.net/10568/69699>
- Stein, A., & Qaim, M. (2007). The human and economic cost of hidden hunger. *Food and nutrition Bulletin*, 28(2), 125-134.
- Tofiño, A., Tofiño, R., Cabal, D., Melo, A., Camarillo, W., y Pachon, H. (2011). Evaluación agronomica y sensorial de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) mejorado nutricionalmente en el norte del departamento del Cesar, Colombia. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 13(2), 161-177.
- Voysest, O. (1985) Mejoramiento de frijol por introducción y selección. En M. López, F. Fernández, A. v. Schoonhoven, (Ed), *Frijol: investigación y producción.* (89-107pp). Cali, Colombia: CIAT. Obtenido de <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/77975>
- White, J. W. (1985)a. Asociación entre rendimiento, estabilidad del rendimiento y duración del ciclo de crecimiento. En reunión de trabajo para ensayos internacionales de frijol. Conferencia del CIAT. Colombia.
- White, J. W. (1985)b. Conceptos básicos de fisiología del Frijol. En M. Lopez, F. Fernandez, A. v. Schoonhoven, y (Ed.), *Frijol: Investigación y Producción* (págs. 43-60). Cali: CIAT. Obtenido de <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/77975>.

## VIII. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de la unidad experimental, finca del productor Eddy Amador, comunidad San Antonio de Padua, Somoto, Madriz



Anexo 2. Líneas evaluadas



Anexo 3. Testigos evaluados



Anexo 4. Cuadro de colores usados para comparar colores primarios de los granos de frijol común

