



Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Trabajo de tesis**

**Comportamiento agronómico de ocho genotipos de  
frijol rojo biofortificado, comunidad Llano  
Redondo, Estelí**

**AUTOR**

**Br. Rodolfo Antonio Valdivia Castillo**

**ASESOR**

**MSc: Roberto Carlos Larios González**

**Managua, Nicaragua**

**Octubre, 2022**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de tesis

Comportamiento agronómico de ocho genotipos de  
frijol rojo biofortificado, comunidad Llano  
Redondo, Estelí

Autor

Br. Rodolfo Antonio Valdivia Castillo

Asesor

MSc. Roberto Carlos Larios González

Presentado a la consideración del honorable comité evaluador  
como requisito final para optar al título profesional de  
Ingeniero Agrónomo

Managua, Nicaragua

Octubre, 2022

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

Ingeniero agrónomo

Miembros del honorable comité evaluador

---

Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez  
Presidente

---

MSc. Martha Elizabeth Moraga Quezada  
Secretaria

---

MSc. Jorge Antonio Gómez Martínez  
Vocal

Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua 3 de octubre del 2022.

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios que siempre me ha guiado por el camino.

A mis padres Pedro Valdivia e Ileana Castillo, quienes siempre estuvieron a mi lado en este recorrido y fueron fundamentales para alcanzar mis metas.

A mi esposa Maricela González por su apoyo incondicional en todo momento y en cada una de mis decisiones.

A mi abuela Teodolinda Castillo y a mi tía Jeanethe Herrera que desde el cielo deben estar contentas por mis logros.

A mi hermana Milagros Valdivia por ayudarme cuando lo necesite.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor MSc. Roberto Carlos Larios González quien con sus conocimientos y apoyo me guío a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba.

A tío Rodolfo Valdivia por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para realizar este proceso de investigación; no hubiese podido arribar a estos resultados de no haber sido por su incondicional ayuda.

A mi familia y amigos por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían.

A la Universidad Nacional Agraria y sus docentes por haberme y brindado tanto apoyo en este proceso de formación académica.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>SECCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>DEDICATORIA</b>	I
<b>AGRADECIMIENTO</b>	II
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	V
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	VI
<b>RESUMEN</b>	VII
<b>ABSTRACT</b>	VIII
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
<b>2.1 General</b>	3
<b>2.2 Específico</b>	3
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	4
3.1 Generalidades del fríjol	4
3.2 Importancia	4
3.3 Efectos de la sequía en frijol común	5
3.4 Línea pura de frijol	5
3.5 Variedades de fríjol y sus características	6
3.6 Adaptación vegetativa	6
3.7 Inflorescencia	7
3.8 Hábito de crecimiento	7
3.9 Enfermedades	7
3.10 Adaptación reproductiva	8
3.11 Días a madurez fisiológica	8
3.12 Peso de 1 000 granos (g)	8
3.13 Rendimiento	9
3.14 Valor comercial	9
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	10
4.1 Ubicación y descripción del área de estudio	10
4.4 Material genético	11
4.5 Diseño experimental	12
4.6 Dimensiones del área experimental	13

4.7 Manejo agronómico	13
4.8 Variables evaluadas	13
4.9 Análisis de los datos	15
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	17
5.1. Adaptación vegetativa	17
5.2. Días a floración	18
5.3. Hábito de crecimiento	19
5.4. Reacción a mancha angular	21
5.5 Adaptación reproductiva	22
5.6 Días a madurez fisiológica	23
5.7 Peso de 1 000 granos (g)	25
5.8 Rendimiento de grano (kg ha <sup>-1</sup> )	25
5.9 Valor comercial	27
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	29
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	30
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	31
<b>IX. ANEXOS</b>	36

---

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Componentes de la fertilidad química del suelo del área de estudio	11
2. Tratamientos evaluados	12
3. Adaptación vegetativa según genotipo y variedad	17
4. Días a floración según genotipo y variedad	18
5. Hábito de crecimiento según genotipo y variedad	20
6. Reacción a mancha angular según genotipo y variedad	21
7. Adaptación reproductiva por genotipo y variedad	23
8. Días a madurez fisiológica según genotipo y variedad	24
9. Peso de 1 000 granos de frijol por genotipo y variedad	25
10. Rendimiento de grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) por genotipo y variedad	26
11. Valor comercial según genotipo y variedad	28



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Variables fenotípicas de ocho genotipos y dos variedades de frijol, Llano Redondo, Estelí	37
2. Paquetes de semillas de genotipos de frijol biofortificado entregadas por el INTA y usados en el experimento, Llano Redondo, Estelí	38
3. Preparación de terreno para el establecimiento del experimento, Llano Redondo, Estelí (Primera 2019)	38
4. Parcelas establecidas en campo para la evaluación de genotipos de frijol, Llano Redondo Estelí	39
5. Aplicación de fertilizante foliar (20-20-20) en la etapa de llenado de grano, Llano Redondo, Estelí	39
6. Cosecha y pesaje de grano (g) por parcela útil, Llano Redondo, Estelí	40
7. Registro de humedad por parcela útil y empaque del grano para secado, experimento de genotipos, Llano Redondo, Estelí	40
8. Genotipo biofortificado de frijol VEF 330 (pesaje del grano), experimento Llano Redondeo, Estelí	41
9. Genotipo Biofortificado de frijol VEF 271 (pesaje del grano), experimento Llano Redondeo, Estelí	41

## RESUMEN

El frijol es un cultivo de gran importancia en nuestra dieta y economía, se ve afectado en gran parte por condiciones adversas que afectan su rendimiento. Con el objetivo de disponer de materiales de frijol, que se adapten a las condiciones climatológicas de sequía y/o altas precipitaciones, que se dan en la región I; se estableció un experimento en la comunidad Llano Redondo, municipio de Estelí, Departamento de Estelí, con temperatura anual de 21.5 °C y humedad relativa entre 80 y 85%. Se encuentra a una altura de 1100 msnm, con suelos de textura franco-arcillosa con pH entre 6 a 6.5. Los tratamientos evaluados fueron ocho genotipos de frijol más dos testigos. Cada unidad experimental estuvo constituida de cuatro surcos de cinco metros de longitud, con distancia entre surcos de 0.5 metros y 0,2 metros entre golpe, El área total del experimento fue de 300 m<sup>2</sup>. Para analizar la información se utilizó análisis de varianza, separación de medias a través de la prueba de rangos múltiples de Tukey al 5 %. Con respecto a la variable días a flor los diez cultivares presentaron periodos de floración entre 33.75 y 35 días respectivamente; mientras que en días a madurez fisiológica los diez cultivares mostraron su madurez en un periodo menor o igual a 64 días resultando más precoces la línea VEF 349, VEF 361 e INTA Fuerte Sequía con 62 días. De los cultivares evaluadas, cinco presentaron hábito de crecimiento Iib (arbustivo indeterminado con tallos y ramas erectas) y cinco presentaron hábito de crecimiento II a (arbustivo indeterminado con tallo y ramas erectas sin guías). El grupo de materiales compuesto por VEF 330 (1204 kg ha<sup>1</sup>), VEF 271 (1063 kg ha<sup>1</sup>), INTA Fuerte sequía (1012 kg ha<sup>1</sup>), expresaron los mayores potenciales de rendimiento de grano, de los cuales se destaca por su precocidad, color de grano, adaptación reproductiva y tolerancia a la Mancha angular la línea VEF 330. Los genotipos que tuvieron mejor reacción a mancha angular fueron VEF 271 y MCN 1327-52.

**Palabras clave:** sequía, adaptación, rendimiento, seguridad alimentaria, cambio climático.

## ABSTRACT

The bean is a crop of great importance in our diet and economy, it is largely affected by adverse conditions that affect its performance. With the aim of having bean materials, which adapt to the climatic conditions of drought and / or high rainfall, which occur in region I; An experiment was established in the Llano Redondo community, Estelí municipality, Estelí Department, with an annual temperature of 21.5 ° C and relative humidity between 80 and 85%. It is found at an altitude of 1100 meters above sea level, with soils with a loamy-clay texture with a pH between 6 and 6.5. The evaluated treatments were eight bean lines plus two controls. Each experimental unit consisted of four rows of five meters in length, with a distance between rows of 0.5 meters and 0.2 meters between hits. The total area of the experiment was 300 m<sup>2</sup>. To analyze the information, analysis of variance, separation of means through the 5% Tukey multiple range test was used. Regarding the variable days to flower, the ten cultivars presented flowering periods between 33.75 and 35 days respectively; While in days to physiological maturity, the ten cultivated their maturity in a period less than or equal to 64 days, with the VEF 349, VEF 361 and INTA Fuerte Sequía lines being earlier with 62 days. Of the evaluated cultivars, five present growth habit IIb (indeterminate shrub with erect stems and branches) and five present growth habit II a (indeterminate shrub with erect stem and branches without guides). The group of materials composed of VEF 330 (1204 kg ha<sup>-1</sup>), VEF 271 (1063 kg ha<sup>-1</sup>), INTA Severe drought (1012 kg ha<sup>-1</sup>), expressed the highest grain yield potentials, of which it stands out for its precocity, color grain, reproductive adaptation and tolerance to angle spot the line FEV 330. The lines that had the best reaction to diseases were VEF 271 and MCN 1327-52 which showed resistance to angle spot disease.

**Keywords:** Drought, adaptation, performance, food security, climate change.

## I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una amenaza progresiva y cada vez más latente para la producción de alimentos, especialmente en las regiones menos desarrolladas. Entre estas amenazas se encuentran sequías e inundaciones severas y frecuentes que afectan la producción de alimentos, al favorecer entre otras cosas la aparición de nuevas plagas y enfermedades y el aumento de las ya existentes. Los impactos más negativos de esta situación los sentirán los pequeños agricultores en sistemas de subsistencia en países en desarrollo (Morton, 2007).

El cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es el segundo en importancia, después del maíz en la alimentación de los nicaragüenses, se siembra en 224 678 hectáreas de las cuales 99.63 % se cultiva bajo condiciones de secano [Instituto Nacional de Información de Desarrollo y Ministerio Agropecuario y Forestal (INIDE y MAGFOR, 2012)], lo cual lo hace muy dependiente de las condiciones climáticas que se presentan en cada ciclo de cultivo. Además, de la vulnerabilidad a las condiciones del clima, existe la incertidumbre de la influencia del cambio climático en el rendimiento y producción de esta leguminosa en los años por venir.

Los rendimientos del frijol son afectados por varias causas, entre ellas la sequía que en ocasiones genera pérdidas entre el 10 % y 100 % del cultivo. Cerca del 60 % de las regiones productoras de frijol presentan períodos prolongados de sequía, y es el segundo factor más importante de reducción en rendimiento, después de las enfermedades (Rao, 2001).

Según Challenger (2003) la diversidad genética de plantas y animales y el conocimiento y prácticas diversas de las comunidades rurales, son los dos recursos más importantes para adaptar la agricultura a las condiciones ambientales locales. La diversidad genética ha permitido a la agricultura responder a los cambios en los últimos 10 000 años. Es por ello, que el desarrollo de cultivares adaptados a estas condiciones extremas es una opción posible para contribuir a la seguridad alimentaria de una población creciente que requiere incrementos significativos en la producción de alimentos (Polonia *et al.*, 2009).

Considerando esta estrategia, el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), a través del Área de Investigación Agrícola, ha seleccionado ocho materiales de frijol rojo por medio de la evaluación del ensayo de 15 líneas de frijol, para cambio climático en la localidad de Las Piedras – Jícaro, que provienen de una evaluación preliminar del

rendimiento de grano de 45 líneas de frijol, en San Antonio – Pueblo Nuevo y en el Centro Experimental de Estelí. Estos genotipos provienen del vivero para tolerancia a sequía introducido del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y del vivero de adaptación y rendimiento de frijol rojo introducido de la Escuela Agrícola del Zamorano.

Contar con materia vegetal que se adapte a las condiciones de variabilidad y cambio climático en zonas de producción de frijol, se constituye en una estrategia para asegurar la producción de granos y contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional en las familias productoras y en la sociedad en general.

Este trabajo se realizó de forma interinstitucional entre la Universidad Nacional Agraria (UNA) y el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de ocho genotipos promisorios de frijol rojo en las condiciones de Llano Redondo en la comarca de Santa Cruz en el departamento de Estelí e identificar cuáles de ellas se comportan adecuadamente según las condiciones propias de la zona.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Determinar el comportamiento agronómico de ocho genotipos de frijol común en la comunidad Llano Redondo, Estelí.

### **2.2 Específico**

Evaluar el crecimiento durante la fase vegetativa de los genotipos de frijol y su reacción a mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola* Sacc.).

Evaluar los componentes del rendimiento y días a madurez fisiológica de los genotipos de frijol en estudio.

### III. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 Generalidades del frijol

El frijol pertenece a la familia Leguminosae, cuenta con 643 géneros (18 000 especies) agrupados en 40 tribus (Broughton *et al.*, 2003).

El género *Phaseolus* está integrado por unas 70 especies que han contribuido al bienestar humano con cinco cultígenos domesticados en tiempos precolombinos: *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus dumosus* Macfad., *Phaseolus coccineus* L., *Phaseolus acutifolius* A. Gray, y *Phaseolus lunatus* L.

Se originó en el continente americano y un gran número de sus especies se encuentra en Mesoamérica y en la parte Andina de Suramérica.

Entre las cinco especies domesticadas, Acosta *et al.* (2004) indica que *Phaseolus vulgaris* aporta más del 90 % de los cultivos en todo el mundo, y es la leguminosa de grano más ampliamente consumida en el mundo.

#### 3.2 Importancia

Jarquín (2012) plantea que el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la fuente de proteínas que tiene más importancia en nuestro país, después del maíz es el principal alimento básico de la población. El grano es rico en proteínas (22.3 %), hierro (7.9 %) y vitamina (2.2 %). El área cultivada en Nicaragua es relativamente alta (105 400 ha) pero los rendimientos obtenidos son bajos (455-775 kg ha<sup>-1</sup>).

Los suelos aptos para el cultivo del frijol se calculan en 702 600 hectáreas (ha). El país cuenta con el potencial necesario para aumentar considerablemente la producción de grano, ya sea mediante el área de siembra, elevar los rendimientos, o ambos. Según Jarquín (2012) los datos existentes indican que el 95 % de la producción están en manos de pequeños y medianos productores el restante 5 % corresponde a grandes productores.

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1994) menciona que es necesario solucionar y asegurar el aumento de la producción mediante uso de buena semilla, fertilización adecuada, aplicar los conocimientos científicos de determinadas condiciones agroecológicas y la capacitación de productores y profesionales del agro.

### **3.3 Efectos de la sequía en frijol común**

Acosta *et al.* (2004) consideran que el efecto que tiene la sequía sobre el fríjol común depende de la etapa de desarrollo, tipo y duración del estrés. La mayor sensibilidad a condiciones de sequía en fríjol común ocurre durante la etapa reproductiva, desde prefloración, hasta llenado de vainas, debido al incremento en la demanda de asimilados por las estructuras reproductivas.

El estrés por sequía puede causar reducción en el rendimiento, biomasa, número de semillas y peso de 1 000 semillas hasta en un 60 % (Acosta *et al.*, 2004).

Polonia *et al.* (2009) observaron que a medida que el calentamiento global se intensifica en el planeta, sus consecuencias son más notorias en el ciclo hidrológico, motivo por el cual científicos pronostican períodos sorprendentes de sequía aún más extremas.

Guzmán (2018) reporta que en un análisis utilizando 19 modelos climáticos, se concluye que, con las variedades actuales, el área adecuada para la producción de frijol hacia el año 2050 disminuirá hasta en un 50 % a causa del incremento de la temperatura.

### **3.4 Línea pura de frijol**

Jarquín *et al.* (2012) plantearon que una línea pura puede definirse como la progenie de una planta única obtenida por autofecundación. En poblaciones autógama pueden existir “n” líneas puras y una vez obtenidas, se puede seleccionar entre una u otras, pero no tiene sentido seleccionar entre individuos de una misma línea con el mismo genotipo porque las variaciones observadas dentro de cada línea se deben a condiciones ambientales. Una línea es la descendencia de una planta autógama por reproducción sexual.



### **3.5 Variedades de fríjol y sus características**

Martínez y Loza (2012) determinaron que existen diferentes tipos de variedades en el cultivo de fríjol que ha permitido hacer cruces para la obtención de nuevas variedades resistente a enfermedad y a ciertas condiciones del clima.

Entre este tipo de variedades cultivadas en Nicaragua tenemos a INTA extrema Sequía, material que según Guzmán (2018) es una alternativa viable al cambio climático debido a que combina resistencia a la sequía, con rendimientos aceptables ( $1\ 521\ \text{kg ha}^{-1}$ ), un sistema radicular profundo, porte de la planta erecto, madurez temprana y un color de grano rojo claro, entre otras características fenológicas y fisiológicas.

Otra variedad es INTA Fuerte Sequía, material que fue liberada por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Misión técnica de Taiwán. Esta variedad requiere entre 150 y 200 milímetros de agua durante el ciclo, mientras que otras variedades de frijol necesitan entre 200 y 400 ml de agua, señala el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2013).

El INTA (2013) también señala que es una variedad resistente a clima seco, resistente a mosaico común y con días a cosecha entre 63 y 65 después de la siembra; sus requerimientos hídricos oscilan entre 100 y 200 ml, con rendimientos entre  $640\ \text{kg ha}^{-1}$  y  $820\ \text{kg ha}^{-1}$  (Estrada *et al.*, 2015).

### **3.6 Adaptación vegetativa**

Según el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1987) la adaptación vegetativa se caracteriza por la capacidad de crecimiento de la planta y el espacio total que ocupa en una determinada área; una planta tiene o no adaptación cuando ésta logra su máximo desarrollo, por lo general en  $R_5$  considerando el efecto que ejerce el hábito de crecimiento en el vigor de la planta.

### **3.7 Inflorescencia**

La inflorescencia del frijol es un racimo, este puede ser terminal en las variedades determinadas y para las indeterminadas se clasifica como lateral; la inflorescencia está formada por pedúnculo, raquis, brácteas y botones florales (CIAT, 1987).

Los estudios sobre la herencia de la precocidad en frijol común son pocos, sin embargo, solo dos o tres genes principales parecen ser de interés. Uno o dos genes ejercen efecto directo sobre la madurez, mientras otro parece modificar la fenología indirectamente, a través de sus efectos sobre el hábito de crecimiento (Morales y castaño, 2008).

Jarquín *et al.* (2012) consideran que este carácter es de importancia cuando se hace selección de nuevas variedades, pues en los sistemas de producción que se practican en la zona seca de la región de Las Segovias, se prefieren variedades precoces, ya que se encontraron diferencias altamente significativas para la variable días a flor en genotipos que presentaron mayor precocidad y con 32 días a flor en condiciones de baja disponibilidad de agua.

### **3.8 Hábito de crecimiento**

El hábito de crecimiento es una característica relacionada directamente con el tallo y ramas, y es el resultado de las interacciones de algunas características que determinan finalmente la arquitectura de la planta del frijol, la que puede ser de hábito de crecimiento determinado o indeterminado, lo que es definido, fundamentalmente, por las características de la parte terminal del tallo y ramas (Fernández *et al.*, 1985).

### **3.9 Enfermedades**

El cultivo de frijol es afectado por gran cantidad de enfermedades producto de condiciones favorables de humedad, tipo de suelo y temperatura, hecho que afectan los rendimientos con consecuencias económicas para las familias productoras.

Según CIAT (1987), las enfermedades de mayor importancia que afectan al cultivo de frijol en Nicaragua son: antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) mustia hilachosa o telaraña (*Thanatephorus cucumeris*),

amarillamiento o marchitamiento por fusarium (*Fusarium oxysporum f. sp*), virus del mosaico común del frijol (BCMV) y la falsa mancha angular (*Aphelenchoides bessey*).

Según CIAT (1987) las enfermedades constituyen uno de los problemas más graves en la producción del frijol, las pérdidas pueden oscilar entre 10 % y 90 %, razón por la que se debe de considerar variedades tolerantes y resistentes.

### **3.10 Adaptación reproductiva**

La adaptación reproductiva se relaciona directamente con la carga de estructuras reproductiva de la planta (CIAT, 1987).

Según Fuentes y López (2015) en estudios realizados en genotipos de frijol rojo resistentes a la sequía, obtuvieron un rango de 2.75 a 4.75, siendo la línea (INTA Norte) (TL) la que presentó mejor resultado con un grado de adaptabilidad de 2.75 según la escala de valoración del CIAT (1 – 9).

### **3.11 Días a madurez fisiológica**

Fernández *et al.* (1985) afirman que la madurez fisiológica inicia con el llenado de las primeras vainas, continuando con la decoloración y secado de la planta, momento en el que ha acumulado su mayor contenido de materia seca.

El CIAT (1987) menciona que la madurez fisiológica es igual a la cantidad de días transcurridos desde el momento de la siembra hasta que el 50 % de la planta presenta un cambio en el color de las vainas. Ramírez y Alarcón (2009) reportaron madurez fisiológica entre 71 dds y 78 dds, superando al testigo INTA Rojo hasta por tres días.

### **3.12 Peso de 1 000 granos (g)**

Según Cerrato (1992) el peso de 1 000 granos está determinado por el tamaño, que a su vez está determinado por el largo, ancho, grueso y densidad del grano.

García (1991), citado por Sánchez (2015) menciona que el peso promedio del grano tiene efecto similar al número de vainas por planta y número de granos por vaina en la determinación del rendimiento, es decir, que es un componente importante en la determinación del rendimiento.

Según la escala propuesta por el CIAT (1987) el tamaño del grano está en función directa de su peso; si mil granos pesan menos de 250 g, se considera pequeña; entre 250 y 400 g la semilla se considera mediana y cuando el peso es mayor a 400 g, se clasifica como grande.

### **3.13 Rendimiento**

El rendimiento obtenido es el resultado de la combinación de genotipo, ambiente y un manejo agronómico adecuado y efectivo, para que este desarrolle su potencial genético de producción (Thung, 1991).

Llano *et al.* (1983) observaron que en el frijol común la estabilidad y el potencial de rendimiento son características determinados por genes diferentes.

Los principales componentes que determinan el rendimiento son el número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 1 000 granos y la cantidad de plantas cosechadas (Tapia, 1987).

Según Jarquín *et al.* (2012) evaluando genotipos registró valores de 1 544 kg ha<sup>-1</sup>, 1 511 kg ha<sup>-1</sup> y 1 482 kg ha<sup>-1</sup> en condiciones de sequía.

### **3.14 Valor comercial**

Este factor está relacionado directamente con el aspecto que tendrá la semilla con la aceptabilidad de consumidor, se basa en atributos como brillo, tamaño y color (CIAT, 1987). Guzmán (2018) determinó que las semillas de color de grano más brillantes y rojizas son las más aceptadas, la variedad INTA extrema sequía presenta un color rojo claro parecido al de las variedades criollas, por lo que es muy preferido por el consumidor.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación y descripción del área de estudio

Este estudio se realizó en la finca La Caimana en la comunidad de Llano Redondo, en la comarca Santa Cruz, Estelí. Se encuentra a 140 kilómetros de la ciudad de Managua, y a nueve kilómetros al sureste de la ciudad de Estelí. Según Holdridge (1982), climáticamente esta localidad se clasifica como zona de vida Tropical Seco.

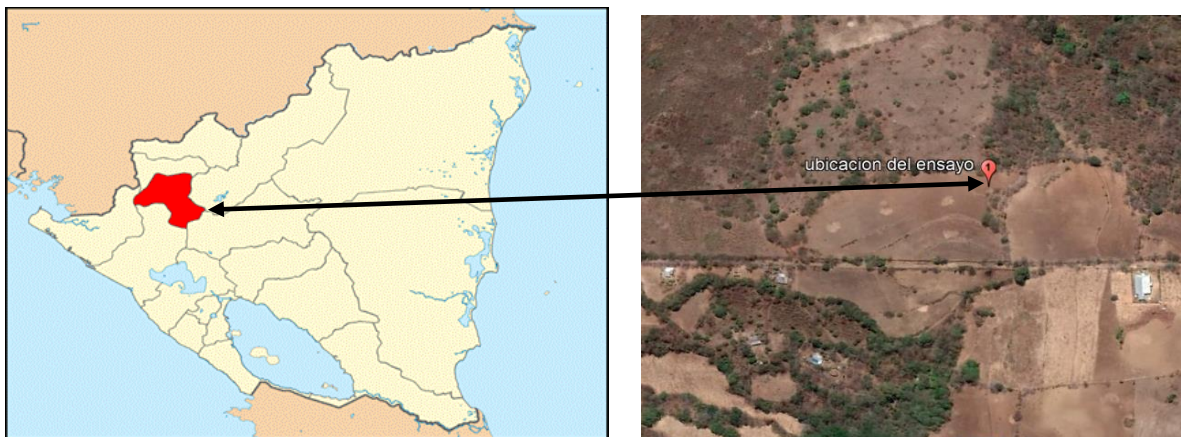


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Fuente: Google imagen (2019); Google Earth (2019).

La finca se encuentra a una altura de 1 100 msnm. Las mayores temperaturas se registran en abril (26 °C) y las menores en enero (20 °C). La humedad relativa promedio anual es de 85 % y se presentan dos estaciones bien marcadas, una época lluviosa (mayo-octubre) y una época seca (noviembre-abril) con una duración de seis meses cada una.

El suelo es de la clase textural franco-arcillosa, de la serie La Trinidad y clasificado taxonómicamente por el Ministerio Agropecuario (MAGFOR, 2011) como Ultisol.

En el Cuadro 1 se presentan algunos componentes de la fertilidad química del suelo.

Cuadro 1. Componentes de la fertilidad química del suelo del área de estudio

Indicador	(Unidad de medida)	Medida
Materia orgánica	(%)	4.15
Relación C/N		12.61
Nitrógeno	(mg kg <sup>-1</sup> )	1 906.00
Fósforo	(mg kg <sup>-1</sup> )	59.57
Azufre	(mg kg <sup>-1</sup> )	429.30
Boro	(mg kg <sup>-1</sup> )	0.08
Hierro	(mg kg <sup>-1</sup> )	150.96
Manganeso	(mg kg <sup>-1</sup> )	74.88
Cobre	(mg kg <sup>-1</sup> )	17.54
Zinc	(mg kg <sup>-1</sup> )	2.70
Calcio	(Meq/100 g)	25.40
Magnesio	(Meq/100 g)	12.00
Potasio	(Meq/100 g)	2.20

Fuente: Catholic Relief Services (2017).

#### 4.4 Material genético

Los ocho genotipos de frijol fueron previamente seleccionados a partir de la evaluación de 15 genotipos avanzados de frijol rojo para cambio climático; esta selección es el resultado de trabajos realizados por el INTA en la localidad de Las Piedras en la comunidad Jícaro, material que proviene de evaluaciones preliminares del rendimiento de grano de 45 genotipos de frijol, realizadas en San Antonio, Pueblo Nuevo en el Campo Experimental de Estelí.

Los genotipos fueron introducidos a través del vivero para tolerancia a sequía del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y del Vivero de adaptación y rendimiento de frijol rojo (VIDAC). También, se incluyeron las variedades comerciales INTA Fuerte Sequía y Rojo Extrema Sequía como comparadores.

En el Cuadro 2, se presentan los genotipos y las variedades mejoradas consideradas como los tratamientos del estudio.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados

Tratamientos	Genotipos de frijol
1	VEF 361
2	MCN 1327-52
3	VEF 273
4	VEF 351
5	RSFC 18078-009
6	VEF 271
7	VEF 330
8	VEF 349
9	INTA Fuerte Sequía
10	Rojo Extrema Sequía

#### 4.5 Diseño experimental

El experimento se estableció en junio del año 2020 y finalizó con la cosecha del área experimental entre 68 y 70 días después de la siembra.

Se utilizó un arreglo unifactorial en diseño de Bloques Completos al Azar, con 10 tratamientos y cuatro repeticiones de acuerdo con el siguiente modelo aditivo lineal.

$$Y_{ij}: \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ : Comportamiento agronómico de ocho genotipos de frijol y dos variedades mejoradas.

$\mu$ : Media poblacional del comportamiento agronómico de cada genotipo y variedad mejorada de frijol.

$T_i$ : Efecto de  $i$ -ésimo genotipo y variedad mejorada en el comportamiento agronómico del cultivo.

$B_j$ : Efecto de bloque dentro de cada repetición.

$E_{ij}$ : Efecto aleatorio de variación.

#### **4.6 Dimensiones del área experimental**

Cada unidad experimental midió cinco metros de largo por dos metros de ancho, separadas cada una por un metro de distancia; las dimensiones de los bloques fueron de dos metros de ancho por 59 metros de largo con separación de un metro. El área total del experimento fue de 649 m<sup>2</sup>.

#### **4.7 Manejo agronómico**

La siembra se realizó en el mes de septiembre iniciando con la limpieza del terreno (manual) y preparación del suelo con labranza mínima (tracción animal).

La siembra se realizó a chorrillo colocando alrededor de 13 semillas por metro lineal para obtener una población aproximada de 227 775 plantas por hectáreas.

Se fertilizó al momento de la siembra al fondo del surco usando la fórmula completa 18-46-00, con dosis de 130 kg ha<sup>-1</sup> (2 qq Mz<sup>-1</sup>). En la etapa de desarrollo, se utilizó fertilizante foliar de la fórmula 4-17-17 con dosis de 2 l ha<sup>-1</sup>. En la etapa de floración se aplicó Calcio (12.9 %), boro (2.6 %), Zinc (0.26 %) con dosis de 1.5 kg ha<sup>-1</sup>; en la etapa de llenado del grano, se aplicó fertilizante foliar de la fórmula 20-20-20 a razón de 2 kg ha<sup>-1</sup>.

Las arvenses fueron manejadas de forma mecánica (manual) y no fue necesario hacer aplicaciones de productos para el manejo de plagas.

#### **4.8 Variables evaluadas**

Todas las variables, excepto peso de mil granos (g) y el rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>), fueron valoradas según el Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol propuesta por el CIAT (1987). Para esto se seleccionaron al azar 10 plantas dentro de la parcela útil.

#### **Adaptación vegetativa**

Se determinó de forma visual según la metodología del CIAT (1987) que considera el valor de 1 para aquellas plantas que presentan mejor comportamiento y 9 como el valor que indica



menor adaptación. Los valores usados en la escala fueron 1-3: plantas con mayor desarrollo y abundante presencia de hojas, 4-6: plantas con regular desarrollo y presencia de hojas, 7-9: plantas débiles con poca presencia de hojas.

### **Días a floración**

La metodología plantea que se alcanza la floración cuando el 50 % de las plantas en las parcelas presentan la primera flor abierta.

### **Hábito de crecimiento**

La medición de esta variable considera el tipo de yema terminal del tallo, así como su grado de inclinación, la medición se realiza de forma visual.

### **Reacción a mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola* Sacc.)**

La escala de medición se ubica entre 1 y 9, y se considera que el rango de 1 a 3 clasifica a las plantas como resistente, de 4 a 6 como intermedia y de 7 a 9 como susceptible (CIAT, 1987).

### **Adaptación reproductiva**

La adaptación reproductiva se valora visualmente considerando varios rangos en la escala del 1 al 9, considerando el valor de 1 a aquellas plantas con mejor adaptación y 9 las de menor adaptación reproductiva. Se consideran los rangos usados en la escala 1-3: para plantas zanas y cargadas de estructuras reproductivas, entre 4 y 6: plantas zanas y regularmente cargada de estructuras reproductivas, entre 7 y 9: poca presencia de estructuras reproductivas, la planta no muestra sanidad.

### **Días a madurez fisiológica**

Se considera que la madurez fisiológica en frijol se alcanza cuando el 90 % de las plantas presentan la primera vaina seca.

## **Valor comercial**

El valor comercial se relaciona al color, tamaño y forma. La escala se sitúa entre 1 y 9, donde 1 indica similitud con la variedad Rojo Seda, 4 con INTA Rojo, 7 con la variedad DOR 364, 8 y 9 indica colores no comerciales.

## **Peso de 1 000 granos (g)**

Se registró el peso de una muestra de mil granos de cada parcela útil.

## **Rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>)**

La cosecha de cada parcela útil se pesó con una balanza electrónica, Posteriormente el rendimiento obtenido en granos en cada parcela útil y se convirtió a kg ha<sup>-1</sup>. El rendimiento se ajustó al 14 % de humedad según la ecuación propuesta por Aguirre y Peske (1988).

$$Pf = Pi * (100 - Hi) / (100 - Hf)$$

Donde:

Pf: Peso final (kg ha<sup>-1</sup>)

Pi: Peso inicial (rendimiento en campo)

Hi: Humedad al momento de la cosecha

Hf: Humedad final (14 %)

## **4.9 Análisis de los datos**

Los datos cuantitativos registrados fueron ordenados en una base de datos en hojas de Microsoft Excel. Luego estos datos fueron exportados al programa Infostat profesional 2018, en el que se realizó el análisis de varianza y separación de medias por Tukey con un margen de error de 5 %.

Los datos cualitativos registrados se ordenaron en una hoja de Microsoft Excel y se procedió a representar gráficamente para identificar la moda e interpretar los resultados.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Adaptación vegetativa

La adaptación vegetativa es una variable cualitativa (Pumalpa *et al.*, 2020). Se caracteriza por la capacidad de crecimiento de la planta y el espacio total que ocupa en una determinada área. El CIAT (1987) indica que una planta tiene o no adaptación vegetativa (vigor), cuando ésta logra su máximo desarrollo, por lo general en la fase fenológica R<sub>5</sub>, considerando el efecto que ejerce el hábito de crecimiento en el vigor de la planta.

En el Cuadro 3 se observan las categorías estadísticas para este carácter. Se observó mayor adaptación vegetativa para los genotipos VEF 271 y MCN 1327-52, y en el caso de la variedad Rojo Extrema sequía como un material con pobre adaptación en esta zona.

Cuadro 3. Adaptación vegetativa según genotipo y variedad

Genotipo	Adaptación Vegetativa
VEF 271	4.00 a
MCN 1327-52	4.00 a
VEF 330	5.00 ab
VEF 351	5.00 ab
VEF 349	5.00 ab
VEF 361	5.00 ab
INTA F. Sequia	5.50 ab
RSFC 18078-009	5.50 ab
VEF 273	6.00 ab
Rojo Extrema Sequia	6.50 b
$p \leq 0.05$	0.0240

Estos resultados nos dan argumentos para seleccionar a los genotipos con mejor adaptación vegetativa, como potencial material vegetal para la obtención de variedades con adaptación a condiciones similares a las del área de estudio.

Según la escala de valoración, el 90 % de los genotipos presentaron una adaptación vegetativa intermedia y el resto se consideran genotipos de pobre adaptación vegetativa.

Delgado *et al.* (2013) registraron diferencias en la adaptación vegetativa al evaluar 100 líneas de frijol, concluyendo que, al existir diferencia entre las líneas, permite considerar a los mejores materiales como promisorios para la obtención de variedades nuevas.

Los genotipos presentan características particulares, y responden distinto bajo igualdad de condiciones; la respuesta de cada genotipo según Camarena *et al.* (2009) está relacionada a características genéticas y fisiológicas propias de cada material, así como al manejo agronómico.

## 5.2. Días a floración

El momento de la floración es considerado un carácter importante en los cultivares de frijol (Singh *et al.*, 1991). Se manifiesta en la fase R<sub>6</sub> e inicia cuando el 50 % de las plantas presentan la primera flor abierta (Van Schoonhen *et al.*, 1989).

Los resultados indicaron que no se presentan diferencias estadísticas en relación con los días a floración (Cuadro 4), lo que significa que no hay variabilidad genética para esta variable en este grupo de genotipos. Los días a floración se sitúan entre 33.75 días y 35 días.

Cuadro 4. Días a floración según genotipo y variedad

Genotipo	Días a floración
VEF 271	33.75
VEF 330	34.00
VEF 273	34.00
VEF 351	34.25
VEF 361	34.75
VEF 349	34.75
MCN 1327-52	34.75
R. extrema sequia	35.00
RSFC 18078-009	35.00
INTA F. Sequia	35.00
$p \leq 0.05$	0.4289

Jarquín *et al.* (2012) plantea que este carácter es de importancia en la selección de nuevas variedades, principalmente en zonas secas, como el de Las Segovias, donde son de preferencias las variedades precoces.

Larios (2022), indica que los genotipos de frijol que presentan ciclo corto, debido a que presentan menos días a floración, son materiales seleccionados en los procesos de investigación y validación y clasificados como promisorios en el proceso de libración como material de siembra, y como estrategia para enfrentar los efectos del cambio climático (comunicación personal 4 de febrero del 2022).

Según Suarez y Solís (2006) se consideran precoces aquellas variedades cuya floración ocurre entre los 30-33 dds, intermedias si se da entre 34-37 dds y tardías si sobrepasa los 38 dds. Según esta escala el 90 % de los genotipos mostraron una floración intermedia, y solo 10 % de los genotipos presentaron una floración temprana, ningún genotipo presento floración tardía.

(Chávez *et al.*, 2018) en un estudio en el que comparan germoplasma de frijol rojo resistente a la sequía, no reportan diferencias significativas en relación con los días a floración, registrando un rango a la floración entre 31 y 39 días después de la siembra.

El frijol no es reconocido como una especie resistente a la sequía, sin embargo, posee características de precocidad que le confieren escape a la sequía, la cual se debe identificar y utilizar en un programa de mejoramiento genético (Acosta *et al.*, 2004).

Ramírez y Alarcón (2009) estudiaron once líneas avanzadas de frijol común, este carácter resulto poco variable abarcando un rango entre 35 y 40 días. La más precoz supero al testigo INTA Rojo en 4 días, 4 de las líneas fueron las más tardía con una floración a los 40 días.

Dado que los materiales evaluados en su mayoría son precoces es una ventaja para ser cultivados en zonas donde prevalece sequía terminal, de ahí su importancia para ser establecidos en lugares donde existan características similares a las antes mencionadas.

### **5.3. Hábito de crecimiento**

Jarquín *et al.* (2012) plantean que la parte terminal del tallo, la longitud de los entrenudos, la aptitud para trepar o capacidad de torsión y el grado de ramificación conforman el hábito de crecimiento del frijol y es de gran utilidad en la descripción morfológica de nuevas variedades.

Ochoa (2022) menciona que en los sistemas de mejoramiento de Nicaragua se han liberado variedades de crecimiento IIa debido a su madurez, uniformidad, precocidad y facilidad al momento de la cosecha (Comunicación personal, 10 de diciembre del 2021).

En el cuadro 4 se muestran que los genotipos presentaron hábitos de crecimiento IIa y IIb. Los genotipos con mejor arquitectura fueron VEF 351, VEF 349, VEF 330 y las variedades INTA fuerte sequía y rojo extremo sequía todos con hábito de crecimiento IIa

Cuadro 5. Hábito de crecimiento según genotipo y variedad

Genotipo	Hábito de crecimiento
VEF 351	II a
Rojo Extrema Sequia	II a
VEF 349	II a
INTA Fuerte Sequia	II a
VEF 330	II a
VEF 361	II b
RSFC 18078 009	II b
VEF 271	II b
MCN 1327-52	II b
VEF 273	II b

El Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo o tipo II a se caracteriza por su tallo erecto sin aptitud para trepar, aunque termina en una guía corta las ramas no producen guías y el hábito de crecimiento indeterminado arbustivo o tipo II b por su tallo erecto, con aptitud para trepar, termina en una guía larga. Como en todas las plantas con hábito de crecimiento indeterminado, estas continúan creciendo durante la etapa de floración, aunque a un ritmo menor.

Suarez y Solís (2006) obtuvieron resultados similares en la evaluación de 24 genotipos de frijol registrando el tipo de crecimiento entre IIa y IIb.

Según Muños *et al.* (1993) el hábito de crecimiento está influenciados por factores ambientales y genéticos siendo este carácter de importancia para el manejo agronómico que se le dará al cultivo. Además, señala que el hábito de crecimiento tiene una alta heredabilidad por lo tanto se puede seleccionar fácilmente y obtener así la arquitectura deseada.

Las condiciones ambientales influyen en la expresión del hábito de crecimiento por lo que en diferentes ambientes una variedad puede tener diferencias en la expresión de este carácter (CIAT, 1991).

#### 5.4. Reacción a mancha angular

La mancha angular es causada por el hongo *Phaeoisariopsis griseola* Sacc. Este patógeno que afecta el follaje, las vainas y las semillas del frijol. Se presenta próximo de la cuarta semana después de la siembra, y en ataques severos causan amarillamiento, caída de las hojas afectadas, y reducción en el rendimiento cuando se presenta temprano en el ciclo del cultivo (Araya y Hernández, 2006).

En el cuadro 6 se observa que para este carácter se encontraron diferencias estadísticas. Del grupo de genotipos evaluados sobresalen VEF 271, MCN 1327-52 superando a rojo extremo sequía por su mayor tolerancia a esta enfermedad. La escala de medición se ubica entre 1 y 9, y se considera que el rango de 1 a 3 clasifica a las plantas como resistente, de 4 a 6 como intermedia y de 7 a 9 como susceptible.

Cuadro 6. Reacción a mancha angular según genotipo y variedad

Genotipo	Reacción a mancha angular
VEF 271	2.22 a
MCN 1327-52	2.22 a
VEF 330	4.43 ab
VEF 351	4.45 ab
VEF 349	4.45 ab
VEF 361	4.45 ab
INTA Fuerte Sequia	4.54 ab
RSFC 18078-009	4.54 ab
VEF 273	4.64 ab
Rojo Extremo Sequia	7.73 ab
$p \leq 0.05$	0.05

Beebe y Pastor (1991) señalan que inicialmente estimaban que la mancha angular no causaba pérdidas significativas, debido a que usualmente es mucho más severa después de la floración y a veces se presenta en forma tardía en los cultivos.



Sin embargo, trabajos recientes muestran claramente la importancia de esta enfermedad y las reducciones considerables que produce en los rendimientos. Según Schwartz y Gálvez (1980) las pérdidas en rendimientos han alcanzado porcentajes importantes que van desde 40 % a 80 %. Elvir (1998) señala que las pérdidas en Centro América oscilan alrededor del 40 %.

Jarquín *et al.* (2012) registraron en el estudio de genotipos valores similares de 2.50 y 2.75 (Tolerancia alta), y valores de 4.25 (Tolerancia media).

Debido a lo reportado por los autores anteriores la selección de genotipos con buena reacción a mancha angular (Tolerante o resistente) es importante si constituye en una estrategia agronómica para contrarrestar la reducción de los rendimientos por producto de la enfermedad.

La tolerancia o resistencia al ser un carácter heredable los genotipos con mejor respuesta a la mancha angular deben considerarse material para la obtención de variedades resistente a esta enfermedad.

### **5.5 Adaptación reproductiva**

La adaptación reproductiva nos da una idea acerca de la capacidad que tiene la planta para formar estructuras reproductivas. El frijol es una planta que tiene características fisiológicas distintivas, esta tiene una producción de un gran número de botones, flores y vainas jóvenes mayor que el que finalmente llega a la madurez fisiológica, pero sirve para darnos una idea del potencial de rendimiento que puede tener la planta (CIAT, 1987).

En el cuadro 7 se observa que no existe diferencias estadísticas entre los genotipos ni entre las variedades con relación a la adaptación vegetativa en este grupo de genotipos, indicando que no existe variabilidad genética entre los cultivares para este carácter. Según los resultados del presente estudio se agrupan los genotipos en una sola categoría dándoles un valor de 5.

La adaptación reproductiva se valora de 1 a 9, considerando el valor de 1 a 3 a aquellas plantas con mejor adaptación, de 4 a 6 las que presentan una adaptación media y de 7 a 9 las de menor adaptación reproductiva.

Cuadro 7. Adaptación reproductiva por genotipo y variedad

Genotipo	Adaptación reproductiva
VEF 330	5.00
VEF 349	5.00
VEF 351	5.00
VEF 361	5.00
VEF 271	5.00
MCN 1317-52	5.00
RSFC 18078-009	5.00
INTA Fuerte Sequia	5.00
Rojo Extrema Sequia	5.00
VEF 273	5.00
$p \leq 0.05$	0.5728

Jarquín *et al.* (2012) a pesar de encontrar diferencias estadísticas respecto a la adaptación reproductivas al evaluar genotipos de frijol, reportan valores entre 4.25 (mejor adaptación) y 6 (menor adaptación), información similar a la registrada en este estudio.

Fuentes y López (2016) evaluaron genotipos de frijol en condiciones de sequía obteniendo valores en el rango de 2.75 a 4.75, siendo la línea INTA Norte (TL) la que presentó mejor resultado con un valor de adaptabilidad de 2.75 según la escala de valoración (1-9); estos resultados no presentaron diferencias significativas entre los genotipos.

## 5.6 Días a madurez fisiológica

La madurez fisiológica se manifiesta cuando las vainas de las plantas cambian de color verde al color característico de la variedad y es cuando la semilla ya no depende de la planta (CIAT, 1987).

La precocidad ayuda a escapar a factores adversos del medio como la sequía, obtener alimento en un menor período de tiempo, a lograr una comercialización o venta del grano a más corto plazo, a reducir entre diez a quince días el trabajo de campo, a facilitar rotaciones

de cultivo en el campo y reducir el riesgo por exposición prolongada del cultivo a factores adversos del medio (Rodríguez y Orellana, 1990).

Según el análisis realizado para esta variable no se detectó diferencias estadísticas, indicando que no existe variabilidad genética para esta variable en este grupo de genotipos, aunque no existe diferencias estadísticas, si existe numérica, destacando VEF 349, VEF 361 Y INTA Fuerte Sequía con 62.50 días a madurez fisiológica y siendo el genotipo MCN 1327-52 el más tardías con 63.50 días.

Cuadro 8. Días a madurez fisiológica según genotipo y variedad

Genotipo	Días a madurez fisiológica
VEF 349	62.50
VEF 361	62.50
INTA Fuerte Sequia	62.50
VEF 330	62.75
VEF 351	62.75
VEF 273	63.00
RSFC 18078-009	63.00
VEF 271	63.00
Rojo Extrema Sequia	63.25
MCN 1327-52	63.50
$p \leq 0.05$	0.4375

Se consideran precoces las variedades si la madurez fisiológica ocurre entre los 60 a 65 días, intermedias si se da entre 66 y 68 días y tardías si sobrepasa los 69 días (Suarez y Solís, 2006).

Urbina y Alvarado (2006) evaluaron genotipos avanzados de frijol registrando respecto a esta variable que la madurez fisiológica ocurrió entre los 69 y 76 días después de la siembra considerando estos materiales como intermedios y tardíos.

Con estos resultados se pueden seleccionar genotipos con madurez fisiológica precoz para la obtención de variedades para zonas donde se requiera que el cultivo termine su ciclo en menos tiempo para evitar condiciones adversas del clima como sequias.

### 5.7 Peso de 1 000 granos (g)

Singh (1985) señala que el peso de 1 000 granos es un carácter que está determinado por el tamaño de los granos que a su vez está determinado por el largo, grueso y densidad de este.

Para este carácter se identifica diferencias entre INTA Fuerte Sequía con relación a VF 352 y RSFC 18078 -009. El resto de los materiales presentaron valores intermedios en peso de 1 000 granos.

Cuadro 9. Peso de 1 000 granos de frijol por genotipo y variedad

Genotipo	Peso de 1 000 granos (g)
INTA Fuerte Sequia	272.50 a
VEF 273	265.50 ab
VEF 349	265.00 ab
Rojo Extrema Sequia	262.50 ab
VEF 271	255.00 ab
VEF 330	255.00 ab
MCN 1327 – 52	252.50 ab
VEF 361	250.00 ab
VEF 352	247.50 b
RSFC 18078 -009	237.50 b
$p \leq 0.05$	0.0001

Comparando los resultados con el estudio realizado por Martínez y Loza (2013) donde obtuvieron un peso promedio de 200 y 270 g en la evaluación de 6 variedades de frijol, nuestro peso obtenido oscilo entre los 238 y 273 g. Úbeda y castro (2020) al evaluar genotipos en condiciones de sequía registraron pesos menores a los 250 g en todos los materiales evaluados. (Duarte, 2018) menciona que a mayor peso del grano bajo condiciones de sequía permite a los genotipos ubicarse como genotipos de buen rendimiento y potenciales variedades comerciales.

### 5.8 Rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>)

Es el principal criterio de selección es el rendimiento de grano porque en él está expresado como el proceso fisiológico ante situaciones de estrés (sequía, enfermedades o baja fertilidad del suelo).

Los rendimientos en frijol frecuentemente difieren entre genotipos, debido a las variaciones en fenología, en tamaño de semilla y en otros rasgos, la reducción de rendimiento de grano puede ser explicada por el efecto de la sequía sobre sus componentes, como número de vainas por plantas y número de granos por vainas, así como el peso de granos (Withe, 1985).

El rendimiento de todo cultivo depende de factores ambientales, manejo agronómico y de las características genéticas del cultivo (Lopez y Ligarreto, 2006).

Los resultados de la variable rendimiento indica que existe variabilidad genética entre los genotipos. VEF 330 supera a las variedades mejoradas y a la mayoría de genotipos, excepto a VEF 271, esta última supera a VEF361, RSFC 18078-009, VEF351 y la variedad Rojo Extrema Sequia

(Duarte, 2018) al evaluar genotipos en condiciones de sequias obtuvo valores de rendimientos promedios (989 kg ha<sup>-1</sup>). Lo anterior indica que el efecto de la sequía no afectó la variable rendimiento y se puede contribuir a la identificación de genotipos superiores en cuanto al rendimiento de grano. La poca reducción del rendimiento de grano bajo las condiciones de sequía en este estudio indica que es posible llegar a conclusiones definitivas sobre la resistencia a la sequía de los materiales en estudio considerándose moderada.

Cuadro 10. Rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>) por genotipo y variedad

Genotipo	Rendimiento de grano (kg ha <sup>-1</sup> )
VEF 330	1 204.10 a
VEF 271	1 062.57 ab
INTA Fuerte Sequia	1 011.63 ab
MCN 1327-52	837.50 abc
VEF 273	832.50 abc
VEF 349	711.62 bc
Rojo Extrema Sequia	624.96 bc
VEF 351	591.89 cd
RSFC 18078-009	587.88 cd
VEF 361	463.00 d
$p \leq 0.05$	0.0001

En Nicaragua el rendimiento promedio es de 590.85 kg ha<sup>-1</sup> (MAG, 2018) por lo que estos resultados nos permiten seleccionar genotipo con gran potencial de rendimiento para la zona.

Márquez (1991) menciona que el rendimiento del frijol es función de varias características anatómicas y morfológicas, que tienen que ver con el número y el peso de grano.

## **5.9 Valor comercial**

La calidad de un alimento está determinada por diferentes aspectos como cantidad y biodisponibilidad de nutrientes y seguridad sanitaria. Sin embargo, lo que determina la aceptación o rechazo del mismo está relacionado con la percepción subjetiva del consumidor, es decir aspectos ligados a las preferencias como color, sabor, textura, consistencia y presentación del producto (Liria, 2007).

Para el color de grano se utilizó la escala (1 - 9) propuesta por el CIAT, (1987) que agrupa a los genotipos en tres grupos: rojo de seda con valor de 1, INTA Rojo con valor de 4, Dor-364 con valor de 7, y como grupo clasificado con color no comercial 8 y 9. Obteniendo como resultado que el 40 % de los genotipos fueron similar a rojo seda, 40 % similar a INTA Rojo y 20 % similar a DOR-364. Predominando así los colores rojizos claros.

El tamaño se midió usando la escala (1-3) del CIAT, (1987) variable relacionada directamente con el peso de 1 000 semillas, si el peso es menos a 250 g la semilla es pequeña (1), si el peso está entre 240 y 400 g la semilla es mediana (2) y si es mayor a 400 g es grande (3). Según los resultados obtenidos el 80 % de los genotipos se consideran semilla mediana y el 20 % se considera semilla pequeña.

Según Calderón (2018) al evaluar genotipos de frijol rojo común mostraron un color de grano de rojo claro brillantes a rojo brillante (valores 1 y 3 en la escala utilizada) el cual es el color preferido en el mercado nacional. El color de grano del resto de genotipos, incluyendo uno de los testigos, fue rojo oscuro brillante (valores de 7). El genotipo con color de grano rojo oscuro tiene también buena aceptación en el mercado nacional

En estudio realizado por Sánchez (2015) donde evaluó genotipos de frijol rojo el peso del grano varió entre 150 y 400 g por cada 1000 granos pesados., en base a esto y según los resultados obtenidos, los genotipos estudiadas serían clasificadas en grano mediano y pequeño

Países de América Latina y Estados Unidos demandan este tipo de frijol (pequeño) para su consumo (Singh, 1991). Esto indica que los genotipos son material de interés comercial

Para el brillo se utilizó el método propuesto por el CIAT (1987) que consiste en observar la testa de la semilla de los distintos genotipos y en base a la percepción del brillo de esta se clasifican en 1) opaco 2) intermedio 3) brillante. Según los resultados obtenidos el 40 % de los genotipos fueron opacos, 40 % intermedios y el 20 % se consideró brillante.

Cuadro 11 Valor comercial según genotipo y variedad

Genotipo	Color	Tamaño	Brillo
VEF 61	7	1	3
RSFC 18078 - 009	4	1	1
VEF 351	1	2	2
Rojo Extrema Sequia	7	2	3
VEF 349	4	2	1
VEF 273	1	2	2
MCN 1327 - 52	1	2	2
INTA Fuerte Sequia	4	2	1
VEF 271	1	2	2
VEF 330	4	2	1

## VI. CONCLUSIONES

Los genotipos VEF 271 y MCN 1327-52 presentaron mejor adaptación vegetativa en función de las condiciones de Llano Redondo Estelí, así como mejor reacción a mancha angular, que les clasifica como materiales resistente a la enfermedad.

Los ocho genotipos presentaron períodos a floración entre 33 y 35 días después de la siembra, considerados como materiales precoces e intermedios, así como días a madurez fisiológica en un períodos menor o igual a 64 días después de la siembra, considerados como precoces; tanto los genotipos como las variedades mejoradas presentan igual adaptación reproductiva.

Del total de los materiales evaluados, el 50 % presentó hábito de crecimiento IIa que corresponde a arbustivo indeterminado con tallo y ramas erectas sin guías, en esta categoría se incluyen a las dos variedades mejoradas. El resto presentó hábito de crecimiento arbustivo indeterminado con tallos y ramas erectas correspondiente a IIb.

Existen diferencia en el peso de 1 000 semillas entre INTA Fuerte Sequía con relación a VF 352 y RSFC 18078 -009. El resto de los materiales presentaron valores intermedios en peso de 1 000 semillas.

El genotipo VEF 330 superó en rendimiento a VEF 361, el resto de los materiales se ubican con valores intermedio.

Todos los genotipos presentaron características similares a variedades comerciales que son fácilmente aceptables por los consumidores



## **VII. RECOMENDACIONES**

Seleccionar los genotipos VEF 271, MCN 1327-52 y VEF 330 como material para iniciar procesos de validación en zonas con condiciones similares a las de Llano Redondo, Estelí, debido a su adaptación vegetativa, adaptación reproductiva, precocidad, rendimiento y valor comercial.

Someter a los genotipos VEF 271, VF 330 y MCN 1327-52 a evaluaciones en regiones donde se presentan problema de mancha angular, ya que estos genotipos mostraron mejor reacción a la enfermedad.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Acosta, D., Trejo, L., Ruiz, P., Padilla, R. y Acosta, G. (2004). Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. *Terra Latinoamericana*, 22 (1), 49-58. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573/57311208006>.
- Aguirre, R. y Peske, S. (1988). *Manual para el beneficio de semillas*. [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/Digital/SB118.3\\_A33\\_Manual\\_para\\_el\\_beneficio\\_de\\_semillas.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB118.3_A33_Manual_para_el_beneficio_de_semillas.pdf)
- Araya, C. y Hernández, J. (2006). *Guía para la identificación de las enfermedades del frijol más comunes en Costa Rica*. MAG.
- Beebe, S., & Pastor, M. (1991). *Breeding for disease resistance*. CAB International.
- Broughton, W., Hernández, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P. y Venderleyden, J. (2003). Bean (*Phaseolus* spp) - model food legumes. *Plant and soil*, 252(1), 55- 128. DOI:10.12691/ajfst-8-5-2
- Calderón Matey, R. A. (2018). *Rendimiento de grano de 16 genotipos biofortificados de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) en 11 ambientes de Nicaragua, 2015-2016*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. tnf30c146r.pdf (una.edu.ni)
- Camarena, M., Huaranga, J. y Mostacero, N. (2009). *Innovación Tecnológica para el incremento de la producción de Frijol Común (Phaseolus vulgaris L.)*. [Tesis de Ingeniería]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1985). *Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. CIAT.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (1987). *Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol*. Aart Van Schoonhoven y Marcial A. Pastor Corrales. CIAT
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (1994). *Problemas de Producción da Fríjol en los Trópicos*. CIAT.
- Cerrato, J. (1992). *Evaluación de 16 variedades de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) colectadas en diferentes zonas de Nicaragua*. [Tesis de ingeniería]. Universidad Nacional Agraria.
- Challenger, A. (2003). *La situación actual del medio ambiente en Veracruz: los servicios ambientales y la conservación ecológica*. Taller Internacional sobre Servicios Ambientales en el estado de Veracruz.
- Chávez, M., Polonia, C., Muñoz, R., Rao, I. y Beebe, T. (2018). Caracterización Fenotípica por resistencia a sequía terminal de germoplasma de frijol común. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 29 (1), 1-17. [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v29n01\\_001.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v29n01_001.pdf)

- Delgado, L., Herrera, E., Arrizon, J., Arellano, M., Gschaedler, A. y Amaya, L. (2013) Performance evaluation of *Pichia kluyveri*, *Kluyveromyces marxianus* and *Saccharomyces cerevisiae* in industrial tequila fermentation. *World Microbiol Biotechnol*, 29(5), 875-81
- Duarte, N. (2018). *Comportamiento agronómico de 19 genotipos de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) en seis ambientes bajo condiciones de sequía y suelos deficientes en fósforo, 2015-2016* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.una.edu.ni/3766/1/tnf30d812.pdf>
- Estrada, M. y Arteaga, (2015). *La Producción y destino del Frijol en Nicaragua 2008-2013* [Tesis de ingeniería]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAM, Managua.
- Fernández, G. y Paul, L. (1985). *Etapas de desarrollo en la planta del frijol*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Fuentes Ortuño, I. L. y López Oliva, R. de J. (2015) *Evaluación de 14 líneas promisorias de fríjol rojo (Phaseolus vulgaris L.), tolerantes a sequía, en la comunidad Moropoto, San Lucas, 2015* [Tesis de ingeniería]. Universidad Católica del Trópico Seco. D0039-2016 (Listo).pdf (unflep.edu.ni)
- Guzmán, L. (2018). *Rojo extremo sequía' una variedad de frijol como respuesta al cambio climático en Nicaragua*. Taller Fundamentos básicos de diseño y diagramación
- Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2013). *Catálogo de semillas de granos básicos: variedades de arroz, frijol y sorgo liberadas por el INTA*. <https://www.simas.org.ni/publicaciones/6378/catalogo-de-semillas-degranos-basicos-variedades-de-arroz-frijol-maiz-y-sorgo-liberadas-por-el-inta>
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo y Ministerio Agropecuario y Forestal (2012). *IV Censo nacional agropecuario*. <https://www.inide.gob.ni/docs/Cenagro/INFIVCENAGRO/IVCENAGROINFORME/asets/common/downloads/Informe%20Final%20IV%20CENAGRO.pdf>
- Jarquín, G. (2012). *Evaluación de 13 Líneas Avanzadas de Fríjol Rojo (Phaseolus vulgaris) y un testigo INTA Rojo, para la tolerancia a la sequía, y adaptabilidad a condiciones agroecológicas de la zona, comunidad El Porcal, Municipio de San Lucas, Depto de Madriz. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3202/1/225909.pdf>
- Liria, M. (2007). *Guía para la evaluación sensorial de alimentos*. <https://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2008/02/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de-alimentos.pdf>

- López, J. y Ligarreto, G. (2006). Evaluación por rendimiento de 12 genotipos promisorios de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) Tipos bola roja y reventón para las zonas frías de Colombia. *Agronomía Colombiana*, 24 (2), 238-246. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/20027>
- Llano, A., Tapia, H. y Peláez, D. (1983). *Estabilidad y rendimiento de 7 variedades de frijol común rojo en 6 ambientes en Nicaragua*. (2. Ed) Leguminosas. PCCMCA.
- Marquez, S. (1991) *Genotecnia vegetal. Métodos teóricos: resultados*. A. G. T. Editor.
- Martínez, P. y Loza, A. (2013). *Evaluación de seis variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.), en el Centro Nacional de Referencias en Agroplasticultura, Campus Agropecuario, UNAN-León, durante el ciclo agrícola de postrera* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-León]. Repositorio Institucional. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/6175>
- Ministerio Agropecuario y Forestal (2011). *Informe Final IV Censo Nacional Agropecuario*. MAGFOR.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (2018). *Encuesta de producción por ciclo*. MAG
- Morales, P. y Castaño, M. (2008). *Enfermedades virales del frijol común en América Latina*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Morton, J. (2007). The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *PNA*, 104 (50). <https://doi.org/10.1073/pnas.0701855104>
- Muñoz, M. (1993). *Descripciones varietales: arroz, frijol, maíz y sorgo*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Polonia, J., Raó, I., Beebe, S. y García, R. (2009). Desarrollo y distribución de raíces bajo estrés por sequía en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en un sistema de tubos con suelo. *Agricultura Colombiana*, 27(1), 25-32.
- Pumalpa, D., Cantaro, H., Estrada, R. y Huaranga, A. (2020). Caracterización fenotípica y agronómica de líneas avanzadas de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a virus en Perú. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(1), 7-20. [http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v7n1/v7n1\\_a03.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v7n1/v7n1_a03.pdf)
- Ramírez Martínez, E. J. y Alarcón, J. B. (2009). *Evaluación agronómica de líneas avanzadas de frijol biofortificado (Phaseolus vulgaris L.) en el centro Norte de Nicaragua en época de postrera, 2007*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/2123>
- Raó, I. (2001). *El papel de la fisiología en la mejora de la adaptación de los cultivos al estrés abiótico en los trópicos: el caso del frijol común y los forrajes tropicales*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

- Rodríguez, R. y Orellana, C. (1990). Mejoramiento del rendimiento y la precocidad del frijol. *Revista Agricultura Mesoamericana*, 1, 15-19. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/25318>.
- Sánchez, R. (2013). *Evaluación de quince genotipos de frijol negro (Phaseolus vulgaris L.), en El Plan, San Isidro – Matagalpa, primera* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3249>
- Sánchez, D. (2015). *Evaluación de quince genotipos de frijol negro (Phaseolus vulgaris L.), en El Plan, San Isidro – Matagalpa, primera 2013*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. [tnf30s194.pdf](http://repositorio.una.edu.ni/tnf30s194.pdf) (una.edu.ni)
- Singh, S. (1985). *Conceptos básicos para el mejoramiento del frijol por hibridación*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://core.ac.uk/download/pdf/132691281.pdf>.
- Singh, S., Gepts, P. y Debouck, D. (1991). Razas de frijol común (*Phaseolus Vulgaris fabaceae*). *Econ*, Larva del moscardón.
- Singh, S., Gepts, P. & Debouck, D. (1991). Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Econ Bot*, 45, 379–396. <https://doi.org/10.1007/BF02887079>
- Suarez, E. y Solís, E. (2006). *Caracterización y evaluación preliminar de 24 líneas de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) en el centro experimental “La Compañía” Carazo*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/1985>
- Schwartz, H. y Gálvez, G. (1980). *Problemas de Producción del Frijol: enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de Phaseolus vulgaris*. CIAT.
- Tapia, H. (1987). *Variedades mejoradas de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con grano rojo para Nicaragua*. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias.
- Thung, M. (1991). *Bean Agronomy in Monoculture*. In. *Common Beans: Research for Crop improvement*. CIAT.
- Úbeda Vásquez, S. y Castro Urbina, W. (2020). *Rendimiento de 15 materiales genéticos de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto, época de Primera*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/4152/1/tnf30u13.pdf>
- Urbina, E. y Alvarado, A. (2006) Evaluación de trece genotipos mejorados de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris L.*) apante 2005, Yolaina, Nueva Guinea, RAAS. [Tesis de ingeniería]. Universidad Nacional Agraria.
- Van Schoonhen, A. & Voysest, O. 1989. Common beans in Latin America and their constraints. In: *Bean Production problems in the Tropics*. H. F. Schwartz y M.A. Pastor – Corrales. CIAT.

White, J. (1985). *Conceptos básicos de fisiología del frijol*. En: *Frijol Investigación y Producción*. CIAT.  
[http://books.google.com.co/books?id=EEoOww3driYC&printsec=frontcover&source=gbs\\_slider\\_thumb#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.co/books?id=EEoOww3driYC&printsec=frontcover&source=gbs_slider_thumb#v=onepage&q&f=false)

# **IX. ANEXOS**

Anexo 1. Variables fenotípicas de ocho genotipos y dos variedades de frijol, Llano Redondo, Estelí

Genotipo	Adaptación Vegetativa	Días a floración	Habito de crecimiento	Reacción a mancha angular	Adaptación reproductiva	Días a madurez fisiológica	Peso de 1 000 granos	Rendimiento de grano	Valor comercial		
									Color	Tamaño	Brillo
VEF 271	<b>4.00 a</b>	<b>33.75</b>	IIb	<b>2.22 a</b>	5.00	<b>63.00</b>	255.00 ab	1062.57 ab	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
MCN 1327-52	<b>4.00 a</b>	<b>34.75</b>	IIb	<b>2.22 a</b>	5.00	<b>63.50</b>	252.50 ab	837.50 abc	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
VEF 330	<b>5.00 ab</b>	34.00	<b>IIa</b>	4.43 ab	5.00	62.75	255.00 ab	<b>1204.10 a</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
VEF 352	5.00 ab	34.25	IIa	4.45 ab	5.00	62.74	<b>247.50 b</b>	591.89 cd	1	2	2
VEF 349	5.00 ab	34.75	IIa	4.45 ab	5.00	62.50	265.00 ab	711.62 bc	4	2	1
VEF 361	5.00 ab	34.75	IIb	4.45 ab	5.00	62.50	250.00 ab	<b>463.00 d</b>	7	1	3
VEF 273	6.00 b	34.00	IIb	4.64 ab	5.00	63.00	265.50 ab	832.50 abc	1	2	2
RSFC 18078-009	5.50 ab	35.00	IIb	4.54 ab	5.00	63.00	<b>237.50 b</b>	586.88 cd	4	1	1
INTA Fuerte Sequía	5.50 ab	35.00	IIa	4.54 ab	5.00	62.50	<b>272.50 a</b>	1011.63 ab	4	2	1
Rojo Extrema Sequía	6.50 b	35.00	IIa	7.73 b	5.00	63.25	262.60 ab	624.96 bc	7	2	3
$p \leq 0.05$	0.0240	0.4289		0.05		0.4375	0.0001	0.0001			



Anexo 2. Paquetes de semillas de genotipos de frijol biofortificado entregadas por el INTA y usados en el experimento, Llano Redondo, Estelí



Anexo 3. Preparación de terreno para el establecimiento del experimento, Llano Redondo, Estelí (Primera 2019)





Anexo 4. Parcelas establecidas en campo para la evaluación de genotipos de frijol, Llano Redondo Estelí



Anexo 5. Aplicación de fertilizante foliar (20-20-20) en la etapa de llenado de grano, Llano Redondo, Estelí





Anexo 6. Cosecha y pesaje de grano (g) por parcela útil, Llano Redondo, Estelí



Anexo 7. Registro de humedad por parcela útil y empaque del grano para secado, experimento de genotipos, Llano Redondo, Estelí



Anexo 8. Genotipo biofortificado de frijol VEF 330 (pesaje del grano), experimento Llano Redondeo, Estelí



Anexo 9. Genotipo Biofortificado de frijol VEF 271 (pesaje del grano), experimento Llano Redondeo, Estelí





Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible