



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

**Rendimiento de 15 materiales genéticos de
frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo
condiciones de sequía terminal en San Antonio,
Somoto, época de Primera 2019**

Autores

Br. Samuel Antonio Ubeda Vásquez
Br. Wanky Julieth Castro Urbina

Asesor

Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez

Managua, Nicaragua
Mayo, 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Rendimiento de 15 materiales genéticos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto, época de Primera 2019

Autores

Br. Samuel Antonio Ubeda Vásquez
Br. Wanky Julieth Castro Urbina

Asesor

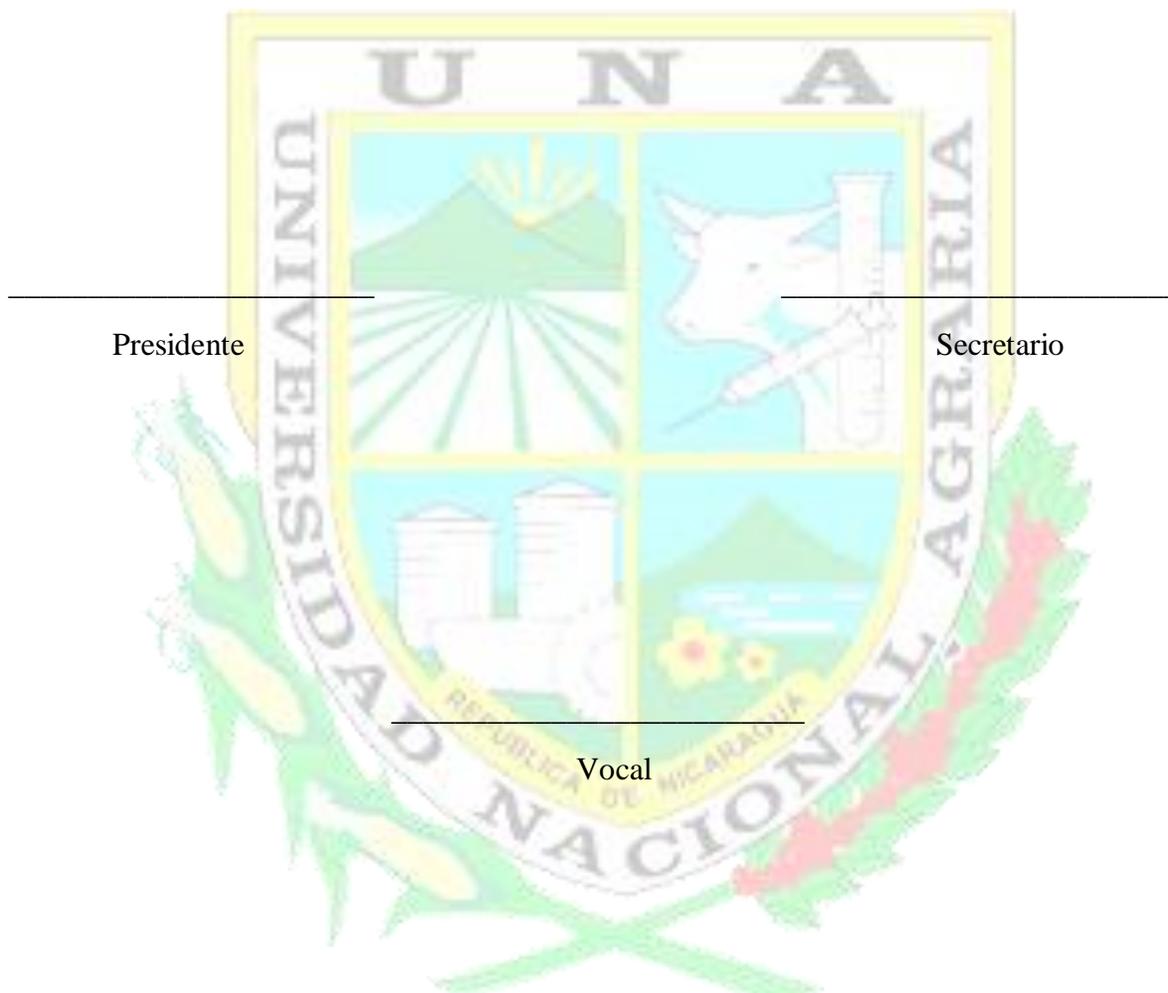
Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez

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

Managua, Nicaragua
Mayo, 2020

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria como requisito para optar al título profesional de: Ingeniero Agrónomo (a).

Miembros del Honorable Comité Evaluador



Lugar y fecha (día/mes/año) _____

ÍNDICE DE CONTENIDOS

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Consecuencias del cambio climático en la agricultura	4
3.2. La sequía en el cultivo de frijol	5
3.3. Creación y utilización de materiales genéticos de frijol resistentes a la sequía	6
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	9
4.1. Ubicación del área de estudio	9
4.2. Diseño metodológico	10
4.3. Manejo agronómico	12
4.4. Variables evaluadas	14
4.5. Análisis de los datos	17
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
5.1. Descripción de los resultados de las variables cualitativas	18
5.2. Resultado general del análisis de varianza	19
5.3. Descripción de los resultados de las variables cuantitativas	20
VI. CONCLUSIONES	24
VII. RECOMENDACIONES	25
VIII. LITERATURA CITADA	26
IX. ANEXOS	32

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios que me dio la vida, la fuerza, la persistencia, la sabiduría y que estuvo conmigo día a día durante todo mi proceso formativo y a lo largo de todo el proceso de realización de este trabajo.

A mi madre Vilma Vásquez Vado, mi padre Eliot Ubeda Aguilar, mi hermanita Elioana Ubeda Vásquez y a mi novia y compañera de tesis Wanky Castro Urbina por ser las personas que impulsan mi vida, por sus sabios consejos, amor y su apoyo incondicional en todo momento.

A mis abuelitos Eliseo Ubeda González y Oscar Vásquez Delgado, a mis abuelitas Ana Aguilar Leiva y Vilma Vado Laguna por brindarme su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos.

A mi tío Eliseo Ubeda Aguilar por todas las enseñanzas y consejos que me brindó en el campo para mejorar mi aprendizaje mediante la práctica.

A toda mi familia por estar conmigo en los momentos de alegría y tristeza, por confiar en mí, por sembrar en mi vida las ganas de superación personal y profesional, por el respeto y cariño que a diario recibo. No podre mencionar en orden a cada uno de mis seres queridos porque a todos los quiero y aprecio con la misma intensidad.

Br. Samuel Antonio Ubeda Vásquez

DEDICATORIA

La vida se encuentra plagada de retos, y uno de ellos es la universidad. Tras verme dentro de ella, me he dado cuenta que más allá de ser un reto, es una base no solo para mi entendimiento del campo en el que me he visto inmerso, sino para lo que concierne a la vida y mi futuro.

Es dedicada primeramente a Dios todo poderoso por darme la oportunidad de culminar con éxito mis estudios, brindándome la oportunidad de obtener un grado académico más en mi vida, del cual me siento orgullosa y segura que será de provecho y prosperidad en mi porvenir.

A mis padres Ivania del Socorro Urbina Hernández y Marvin Antonio Castro Orozco por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluyen este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron e impulsaron a tomar retos y a ser una persona independiente y tomar mis propias decisiones, gracias por el apoyo y los sacrificios realizados durante todo este trayecto para alcanzar mi título universitario y la motivación constante para alcanzar mis anhelos.

A mi abuelita Julia del Socorro Hernández Rodríguez que sé que ella ha sido mi ángel de la guarda desde el cielo.

A mi novio, amigo, colega y compañero de tesis Samuel Antonio Ubeda Vásquez por el apoyo incondicional, por los consejos que han hecho de mí una mejor persona y por todo el cariño brindado durante esta etapa de nuestras vidas.

A mis compañeros y colegas que durante nuestra carrera universitaria compartimos momentos inolvidables, siendo el internado nuestro hogar, “si uno comía el otro también” viéndonos como una sola familia.

A la Lic. Adriana Ayola (Responsable de becas alimenticias), Lic Claudia Lanuza Especialista en la problemática estudiantil (Responsable internado) y a la Lic. Iliria Saucedo Docente Titular de la facultad de FARENA por el apoyo incondicional que me brindaron en mi carrera universitaria.

Br. Wanky Julieth Castro Urbina

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios nuestro Señor por darnos la vida, la salud, las fuerzas, la voluntad y sobre todo la perseverancia para culminar nuestra meta propuesta en estos 5 años, donde se nos presentaron miles de dificultades, pero de la mano de nuestro Padre celestial esto fue solo un tropiezo en nuestro camino y fuimos levantados de la mano del Creador guiándonos por el camino del éxito.

A nuestros padres y demás familiares por su ayuda incondicional en el trayecto de nuestra carrera y el apoyo que nos siguen brindando hasta el día de hoy.

A nuestro asesor, Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez por permitirnos trabajar con él, brindándonos el tiempo y la ayuda necesaria para la finalización de nuestro trabajo de culminación de estudios.

A la organización Amigos de la Tierra (ADTE) y al proyecto AGROPESQUERO por el financiamiento brindado para el establecimiento de nuestro ensayo y el facilitamiento de los materiales requeridos.

A los docentes de nuestra alma mater por su empeño y dedicación en la enseñanza del agro y a nuestra alma mater, la Universidad Nacional Agraria por nuestra estadía en el transcurso de nuestros estudios y la oportunidad de profesionalizarnos.

A cada uno de nuestros compañeros y amigos por brindarnos su amistad y ayuda incondicional en cada momento vivido durante nuestros estudios universitarios.

Al ingeniero y colega Alejandro López Carazo por el apoyo proporcionado en la etapa de recolección de datos en campo y la información brindada durante todo el ensayo.

Al señor Eddy Amador propietario de la finca donde se estableció el experimento por brindarnos su tiempo, espacio y sobre todo la ayuda necesaria para el montaje, mantenimiento y recolección de muestras de este trabajo.

Br. Samuel Antonio Ubeda Vásquez

Br. Wanky Julieth Castro Urbina

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Dimensiones establecidas en el experimento donde se evaluaron los rendimientos de 15 materiales genéticos de frijol común bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019	11
2.	Progenitores de los materiales genéticos de frijol común evaluados en el experimento bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019	11
3.	Características fenológicas y fisiológicas de la variedad mejorada INTA Rojo Extrema Sequía utilizada como testigo bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola de primera 2019	12
4.	Códigos para clasificar la forma del grano de los 15 materiales genéticos de frijol común evaluados bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019	14
5.	Códigos para clasificar el color primario de los granos de los 15 materiales genéticos de frijol común evaluados bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019	15
6.	Resultados de la significancia estadística, coeficiente de variación para las diferentes variables evaluadas de los 15 materiales genéticos de frijol común bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019	19
7.	Resultados del promedio y prueba de separación de medias por Tukey del análisis de las variables cuantitativas de 15 materiales genéticos de frijol común bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019	21

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Ubicación del área de estudio donde se evaluaron los rendimientos de 15 materiales genéticos de frijol común bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019	9
2.	Precipitaciones requeridas por el cultivo de frijol versus precipitaciones registradas en la comunidad de San Antonio, Somoto en las etapas reproductivas (R) del cultivo de frijol durante el ciclo agrícola de primera 2019	10
3.	Resultados del análisis de distribución de frecuencia de las variables cualitativas evaluadas: a) forma del grano, b) color primario del grano, c) aspecto predominante de la testa, d) presencia de color alrededor del hilo, de 15 materiales genéticos de frijol común evaluados bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019	18

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Plano de campo elaborado para la evaluación del rendimiento de 15 materiales genéticos de frijol común bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto, primera 2019	32
2.	Establecimiento del ensayo en la comunidad de San Antonio, Somoto, primera 2019	33
3.	Color primario del grano de los 15 materiales genéticos de frijol común evaluados bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto, primera 2019	34
4.	Tipos de formas del grano de frijol de acuerdo con el libro de descriptores varietales de Muñoz <i>et al.</i> , (1993)	35
5.	Tabla de colores utilizada para clasificar el color primario del grano de frijol de acuerdo al libro descriptores varietales de Muñoz <i>et al.</i> , (1993)	36

RESUMEN

La agricultura es extremadamente vulnerable a los cambios de temperatura y precipitaciones asociados al cambio climático, aumentando las probabilidades de fracaso de las cosechas. La sequía es una limitante mundial para la producción de frijol y se acentuará por efecto del cambio climático, causando disminuciones considerables en los rendimientos de este cultivo, fundamentalmente sí coinciden con la etapa de floración y el llenado de las vainas, como la sequía terminal. Dada esta situación, la búsqueda de alternativas varietales es una necesidad continua. El objetivo de este estudio fue identificar materiales genéticos de frijol común de alto rendimiento que se adapten a condiciones de sequía en las zonas del municipio de Somoto. Se estableció un diseño de Bloques Incompletos (Alfa Látice 3x5), con tres repeticiones, tres bloques por repetición, cada bloque contó con cinco materiales genéticos distribuidos al azar, donde se evaluaron 15 materiales genéticos por repetición. Se registró información de seis caracteres cuantitativos y cuatro cualitativos. Los primeros se sometieron a un análisis de varianza seguido de una prueba de separación de medias por Tukey al 5% de confianza. A los caracteres cualitativos se les determinó su distribución de frecuencias. El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa JMP versión 13.2. En general, los granos de los materiales genéticos fueron de color primario café rojizo, con forma arriñonada, recta en el lado del hilo, presentando una testa brillante, con presencia de color alrededor del hilo. Cuantitativamente los materiales genéticos difirieron en cuanto al rendimiento, siendo estadísticamente superior el material genético S17A-1755 ($746.45 \text{ kg ha}^{-1}$) en comparación con el material genético C17D-2919 ($202.78 \text{ kg ha}^{-1}$). En cuanto a las variables número de plantas cosechadas, número de vainas por planta, longitud de vainas, número de granos por vaina y peso de 100 granos no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los materiales genéticos evaluados.

Palabras clave: Cambio climático, estrés hídrico, floración, mejoramiento genético, riego complementario, variaciones climatológicas.

ABSTRACT

Agriculture is extremely vulnerable to changes in temperature and rainfall associated with climatic change, increasing the chances of crop failure. Drought is a global limitation for bean production and will be accentuated by the effect of climatic change, causing considerable decreases in the yields of this crop, mainly if coincide with the stage of flowering and filling of the pods, as does the terminal drought. Given this situation, the search for varietal alternatives is a continuous need. The aim of this study was to identify high-yield common bean genetic materials that adapt to drought conditions in the areas of the municipality of Somoto. In this study, a unifactorial experiment was established with an alpha lattice design with three repetitions, three blocks per repetitions, each block had five randomly distributed genetic materials, where a total of 15 genetic materials were evaluated. Information of six quantitative and four qualitative characters was recorded, the former underwent an analysis of variance followed by a test of separation of means by Tukey at 5% confidence. Qualitative characters were determinate their frequency distribution. The statistical analysis of the data was performed with the JMP version 13.2 program. In general, the seeds of the genetic materials were reddish brown, with a cornered shape, straight on the side of the thread, presenting a bright seed coat, with the presence of color around the thread. Quantitatively the genetic materials differed in terms of grain yield, the genetic material S17A-1755 (746.45 kg ha⁻¹) being statistically superior compared to the genetic material C17D-2919 (202.78 kg ha⁻¹). Regarding the variables number of plants to harvest, number of pods per plant, pod length, number of grains per pod and weight of 100 seeds no statistically significant difference were detected between the genetic materials evaluated.

Keywords: Climatic change, water stress, flowering, genetic improvement, complementary irrigation, weather variations.

I. INTRODUCCIÓN

“El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) se originó en Mesoamérica, particularmente en el occidente y sur de México (desde Jalisco hasta Oaxaca), de ahí la especie migró a Sudamérica”. (Hernández *et al.*, 2013, p. 95).

“El frijol se ha cultivado históricamente en función de la dieta alimenticia básica del nicaragüense, constituida por maíz y arroz, convirtiéndose en la principal fuente de proteínas, características que la convierten en la leguminosa más cultivada del mundo” (IICA, 2009b, p.5). “Este cultivo está principalmente en manos de pequeños y medianos productores, muchos de ellos de subsistencia” (Landeró *et al.*, 2016, p. 77). “El consumo per cápita de frijol en Nicaragua es de 26.1 kg por año, siendo el más alto de Centroamérica” (IICA, 2009a, p. 3). “La participación del frijol en el PIB nacional se ha mantenido alrededor del 1.4% y su participación en el PIB agrícola es de 13%, por encima del maíz y del arroz” (MIFIC, 2008, p. 77).

Una gran problemática que afecta hoy en día a la agricultura es que “es extremadamente vulnerable al cambio climático, los cambios en los regímenes de lluvias aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y reducción de la producción a largo plazo” (Nelson *et al.*, 2009, p. 3). De igual manera, los breves periodos de precipitaciones reducirán el ciclo de los cultivos, causando aumentos de temperatura y menor rendimiento de los cultivos (Ortiz, 2012).

“El frijol común es uno de los cultivos más afectados por las variaciones climatológicas; estas variaciones definen la calidad de producción, productividad y cantidad” (Tapia y Mayorga, 2015, p. 7). “El 60% de la producción mundial de frijol se obtiene en condiciones de déficit hídrico, por lo que este factor es quien más contribuye en la reducción del rendimiento después de las enfermedades” (Polón *et al.*, 2017, p. 66).

“Los efectos y la reducción en el rendimiento del cultivo de frijol causados por la sequía dependen de la frecuencia, duración e intensidad del estrés, así como la etapa de desarrollo en que se vea afectado” (Muñoz *et al.*, 2006, p. 2011). La sequía terminal es la más severa y causa la mayor reducción de la producción (Manjeru *et al.*, 2007, citado por Rodríguez *et al.*, 2015), porque se presenta en las etapas fenológicas más sensitivas de la planta para la formación del rendimiento como son: el inicio de la floración, inicio de crecimiento de las vainas y llenado

de grano (Rainey y Griffiths, 2005), siendo más sensible el cultivo al estrés hídrico durante la fase reproductiva, que en la fase vegetativa, causando grandes disminuciones en el rendimiento (Acosta *et al.*, 2004).

En frijol común, el estrés por sequía, “causa una reducción en el contenido de clorofila, humedad y el potencial hídrico de los tejidos foliares, lo que ocasiona una menor acumulación de biomasa y menor crecimiento de la planta” (Polanía *et al.*, 2009, p. 26). Además, Beebe *et al.* (2013) afirma que el estrés hídrico “afecta la concentración, partición y fijación del nitrógeno, la absorción de fósforo y la translocación de asimilados, resultando en una reducción del índice de cosecha, el número de vainas y granos, el peso del grano y del rendimiento” (citado por Chaves *et al.*, 2018, p. 2).

Las variaciones climatológicas son cada vez más frecuentes, pueden causar afectaciones en cualquier etapa fenológica del cultivo, convirtiéndose en una amenaza constante para los agricultores, sobre todo los que están ubicados en el corredor seco de Nicaragua, por lo tanto, “el mejoramiento genético representa una de las mejores opciones e inversiones para incrementar y estabilizar el rendimiento bajo condiciones producidas por el cambio climático” (Rosales *et al.*, 2000, p. 154).

Sin embargo, a pesar que existen buenas propuestas para mejorar la producción de frijol mediante la siembra de semillas mejoradas, Tapia y Mayorga (2015, p. 9) afirman que “muchos productores utilizan semillas criollas, debido a que han sido utilizadas tradicionalmente por muchos años en sus parcelas, debido a sus precios y su fácil adquisición en los mercados”.

Debido a todos los daños que ocasiona el déficit hídrico en la fase terminal del cultivo de frijol, la presente investigación consistió en la evaluación del rendimiento de 15 materiales genéticos de frijol común bajo condiciones de sequía terminal en la comunidad de San Antonio, Somoto, comparando los rendimientos obtenidos de cada material genético, para conocer por medio de los resultados cuales genotipos son promisorios para la futura creación de variedades mejoradas resistentes a la sequía terminal. El estudio pretende responder a la siguiente interrogante: ¿Cuál de todos los materiales genéticos a evaluar presentará un mejor potencial de rendimiento de grano bajo las condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto?

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Identificar materiales genéticos de frijol común de alto rendimiento que se adapten a condiciones de sequía en las zonas del municipio de Somoto.

2.2. Objetivos específicos

Evaluar morfológicamente caracteres cualitativos de 15 materiales genéticos de frijol común bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto, en época de primera 2019.

Comparar el rendimiento de 15 materiales genéticos de frijol común bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto, en época de primera 2019.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Consecuencias del cambio climático en la agricultura

EL Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2019) indica que:

El cambio climático es la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional, tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los elementos climáticos: temperatura, precipitación, nubosidad, etcétera. Son debidos a causas naturales y en el último siglo, a la acción de la humanidad (causas antropogénicas).

El cambio climático constituye la mayor amenaza medioambiental a la que se enfrenta la humanidad, produciéndose a un ritmo acelerado, Ramírez *et al.*, (2010, p. 4) afirman que “sus consecuencias son especialmente graves en Centroamérica, estos países son altamente vulnerables a los fenómenos meteorológicos debido a su ubicación geográfica y a la situación de pobreza que enfrentan, siendo los agricultores de escasos recursos los más vulnerables”, los cuales mayormente se encuentran aislados y practican la agricultura de subsistencia.

“La agricultura es muy sensible a los cambios de temperatura y precipitaciones asociados al cambio climático” (Eitzinger *et al.*, 2012, p. 1), lo que causa un incremento de los requerimientos hídricos de los cultivos. Ramírez *et al.*, (2010, p. 4) advierten que “las temperaturas y precipitaciones se modificarán en años futuros a causa del cambio climático, al mismo tiempo, los fenómenos climáticos extremos aumentarán su frecuencia e intensidad, lo que podría tener efectos positivos o negativos en los rendimientos de los cultivos”.

Bajo las condiciones más secas y calientes proyectadas por efecto del cambio climático, “la agricultura tendrá el reto de incrementar o mantener la producción con una menor cantidad de agua, siendo preciso implementar acciones de adaptación y mitigación , aplicando técnicas y sistemas que permitan mayor eficiencia en el uso del recurso hídrico” (Moreira, 2015, p. 17).

El cambio climático aumentará el número de días y noches calientes anuales en un 2.5% y 1.7% por década respectivamente, en cambio, el número de días y noches fríos disminuirá a una tasa de -2.2% y -2.4% por década respectivamente (Morales y Zúniga, 2016), por lo tanto, esto causará una disminución significativa en la producción de frijol, Eitzinger *et al.*, (2012, p. 1)

advierten que “las altas temperaturas nocturnas impedirán la floración del cultivo de frijol, bajando los rendimientos considerablemente”.

Martínez y Gómez (2012, p. 76) destacan que:

La agricultura, no sólo es víctima de las repercusiones del cambio climático, sino también es el origen del problema, porque es fuente responsable de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) por el uso de fertilizantes nitrogenados, la quema de residuos vegetales y el consumo de combustibles fósiles por el uso de maquinaria en las actividades de labranza, fertilización y cosecha, por mencionar algunas.

3.2. La sequía en el cultivo de frijol

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2010, p. 117) denomina como sequía “cuando existe una deficiencia de precipitaciones con respecto a lo esperado o normal (según registros históricos), que extendida sobre una temporada o un periodo largo de tiempo, es insuficiente para cubrir las demandas hídricas requeridas por los cultivos”.

Existen dos clases de sequías que afectan con mucha frecuencia a nivel mundial, la sequía intermitente y la sequía terminal. Frahm *et al.* (2004) menciona que la sequía intermitente se debe a patrones climáticos de lluvias esporádicas que causan intervalos de sequía a diferentes intensidades durante cualquier etapa de crecimiento, mientras que la sequía terminal es el estrés hídrico constante durante la fase reproductiva del cultivo.

La sequía es una limitante mundial para la producción de frijol y se acentuará por efecto del cambio climático. “Los rendimientos del frijol se ven afectados por varias causas, entre las cuales la sequía puede generar pérdidas entre el 10 y 100%” (Polanía *et al.*, 2009, p. 26). Sumando que “los efectos de la sequía con frecuencia se magnifican por la ocurrencia de otros estreses, tanto bióticos, como abióticos” (Acosta *et al.*, 2004, p. 50).

Los modelos de predicción del cambio climático advierten que Centroamérica será más seca en las siguientes décadas, hoy en día cerca del 60% de las regiones productoras de frijol sufren condiciones de sequía, que es el segundo factor más importante de reducción de rendimientos. (Polanía *et al.*, 2009).

Rosas (2003, p. 24) indica que el cultivo de frijol “incrementa el consumo de agua a medida que aumenta su desarrollo vegetativo, llegando al máximo cuando comienza la fase reproductiva”, debido al incremento en la demanda de asimilados por las estructuras reproductivas (Acosta y Kohashi, 1989).

La escases de agua durante la fase reproductiva provoca aborto floral, disminución de componentes del rendimiento e impide que la planta exprese su potencial productivo (Muñoz *et al.*, 2006), causado por la errática formación de las vainas y llenado de los granos, provocando disminución en el número de vainas y del rendimiento hasta del 50 al 72% (Aguilar *et al.*, 2012).

A causa de todo los riesgos y daños que ocasiona la siembra en condiciones de escases de agua, es una necesidad disponer de genotipos de frijol resistentes a la sequía terminal, para disminuir los efectos negativos de este factor abiótico en las siembras en terrenos con humedad residual almacenadas en el suelo (Frahm *et al.*, 2003).

3.3. Creación y utilización de materiales genéticos de frijol resistentes a la sequía

3.3.1. Mejora genética del cultivo de frijol

“La generación y transferencia de tecnología en el cultivo de frijol es un proceso dinámico, donde constantemente se pone a disposición de los productores diferentes recomendaciones, con el objetivo de mejorar la productividad y producción del cultivo” (Hernández y Elizondo, 2006, p. 358).

Para el caso del mejoramiento genético, su principal objetivo es el rendimiento final del cultivo, lo que simplifica o ignora muchos de los procesos fisiológicos de la adaptación a la sequía (Acosta *et al.*, 1999). Los programas de mejoramiento genético encargados de mejorar la resistencia a sequía, generalmente seleccionan los mejores genotipos basándose en el rendimiento bajo condiciones de estrés por sequía (Rosales *et al.*, 2012).

Araméndiz *et al.*, (2017, p. 16) consideran que el rendimiento “es uno de los problemas que más afecta la competitividad del cultivo de frijol, por el uso de cultivares obsoletos, siendo muy importante la identificación de materiales genéticos que mantengan un registro estable del rendimiento, independiente de las variaciones ambientales”.

Rosales *et al.* (2012) indica que el desarrollo de variedades de frijol resistentes a condiciones de estrés por sequía a través del mejoramiento genético se ha convertido en una estrategia útil, de gran importancia para aumentar la seguridad alimentaria en áreas marginales. Pero para poder encontrar fuentes de resistencia a sequía en frijol, se debe considerar el origen evolutivo del cultivo y su domesticación, así como recurrir a genes y caracteres en diferentes grupos genéticos (Beebe, 2012). Hoy en día, por medio de la combinación de las razas Durango y Mesoamérica, han surgido muchas de las líneas con mayor resistencia a sequía y adaptadas a tierras bajas en ambientes tropicales (Frahm *et al.*, 2004).

3.3.2. Respuestas del cultivo de frijol bajo condiciones de sequía

“El frijol no es reconocido como una especie resistente a la sequía, sin embargo, posee características que confieren escape (precocidad), evasión y tolerancia a la deshidratación, siendo necesario identificar y utilizar dichas características en un programa de mejoramiento genético” (Acosta *et al.*, 2004, p. 50).

Mediante estudios realizados se conoce que una de las respuestas de la planta de frijol común al estrés hídrico es acortar el número de días para llegar a la madurez y a la etapa de llenado de granos (Terán y Singh, 2002), esta respuesta de los genotipos es conocida como precocidad, la cual Acosta *et al.*, (1999) mencionan que le permite a las plantas completar su ciclo y escapar de la sequía antes de que vengan problemas más serios de falta de humedad, presentando una oportunidad de producción para aquellos ambientes de humedad limitada, donde se presentan periodos alternos de humedad y sequía con duraciones variables (Osuna *et al.*, 2013).

Otra característica que confiere resistencia a la sequía por parte del frijol es la capacidad de cerrar los estomas cuando se presenta estrés hídrico. Rosales *et al.* (2013) reporta que:

Existe la evidencia de que los cultivares resistentes a la falta de agua en la etapa final del ciclo incrementan el cierre estomatal durante el día y logran un mayor contenido relativo de agua durante la noche, con lo cual obtienen un balance hídrico, es decir, tienen mayor capacidad de absorber agua del suelo y minimizar la pérdida, lo cual les permite obtener un buen rendimiento en condiciones de sequía.

Se ha reportado en el cultivo de caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.), la cual es otra leguminosa, que los genotipos que se marchitan temprano mantienen sus estomas abiertos durante la fase inicial del estrés, mientras que los que se marchitan tarde los cierran (Agbicodo *et al.*, 2009, citado por Cardona *et al.*, 2013), a medida que avanza el estrés, los genotipos de caupí tolerantes a la sequía sobreviven por el cierre estomático, lo mismo sucede con el cultivo de frijol.

En un estudio realizado por los investigadores de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) y del Programa de Frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia, han identificado algunas de las características genéticas que mejoran la resistencia del cultivo de frijol a la sequía. Gracias al esfuerzo de ambas entidades, estas variedades fueron obtenidas a partir de cruces entre diferentes variedades, y con base en resultados de diferentes parámetros relacionados con el uso del agua, crecimiento y producción.

Las líneas de frijol resistentes a la sequía se dividen en dos grupos: ahorradores y gastadores de agua. El CIAT (2016) reporta que:

Los genotipos ahorradores de agua se identifican por tener varias características morfofisiológicas que le permiten ahorrar agua: tienen menor apertura de estomas, hojas pequeñas, crecimiento moderado, y son eficientes para removilizar el carbono desde las hojas y tallos a la formación de vaina y grano. Por el contrario, los genotipos gastadores de agua cuentan con un sistema de raíces profundas que maximizan la extracción de agua, permitiendo un mayor crecimiento vegetativo, combinado con una eficiente removilización de estas reservas en tallos y hojas a la formación de vainas, produciendo más grano en condiciones de estrés por sequía.

Polania *et al.* (2017) nos recomiendan que los genotipos ahorradores de agua deben sembrarse en lugares donde hay afectaciones por sequía terminal, en suelos con baja capacidad de almacenamiento de agua, mientras que los genotipos gastadores de agua se recomienda utilizarlos en zonas donde hay afectaciones por sequía intermitente, en suelos con alta capacidad de retención de humedad.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la época de primera (junio a agosto del 2019) en la finca El Guapinol, cuyo propietario es el productor Eddy Amador. La finca está ubicada en la comunidad de San Antonio del municipio de Somoto, perteneciente al departamento de Madriz (Figura 1), sus coordenadas geográficas son 13° 28' 29.56" latitud norte y 86° 32' 04.25" longitud oeste. Esta finca se encuentra a una altura de 742 metros sobre el nivel del mar. El suelo presenta una textura franco arcillosa.

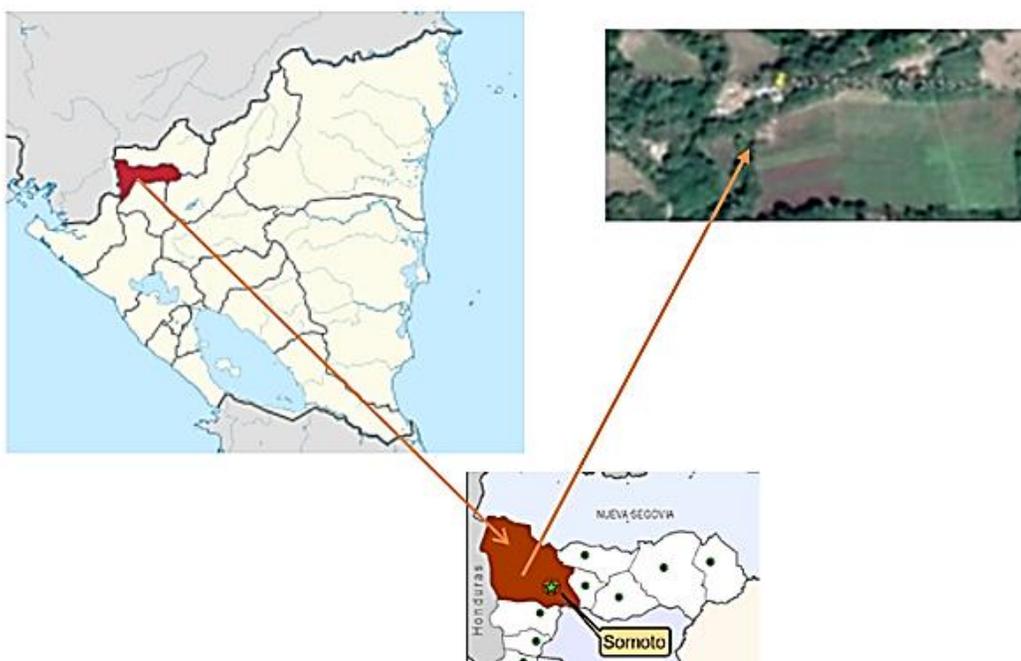


Figura 1. Ubicación del área de estudio donde se evaluaron los rendimientos de 15 materiales genéticos de frijol común bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019.

El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2013) nos indica que:

El municipio de Somoto está comprendido en lo que se denomina la zona seca del país, el tipo de clima está clasificado entre las categorías de sabana tropical de altura. La temperatura oscila entre los 24 a 25 °C, con precipitaciones de 800 a 900 mm anuales, con una humedad relativa del 77%.

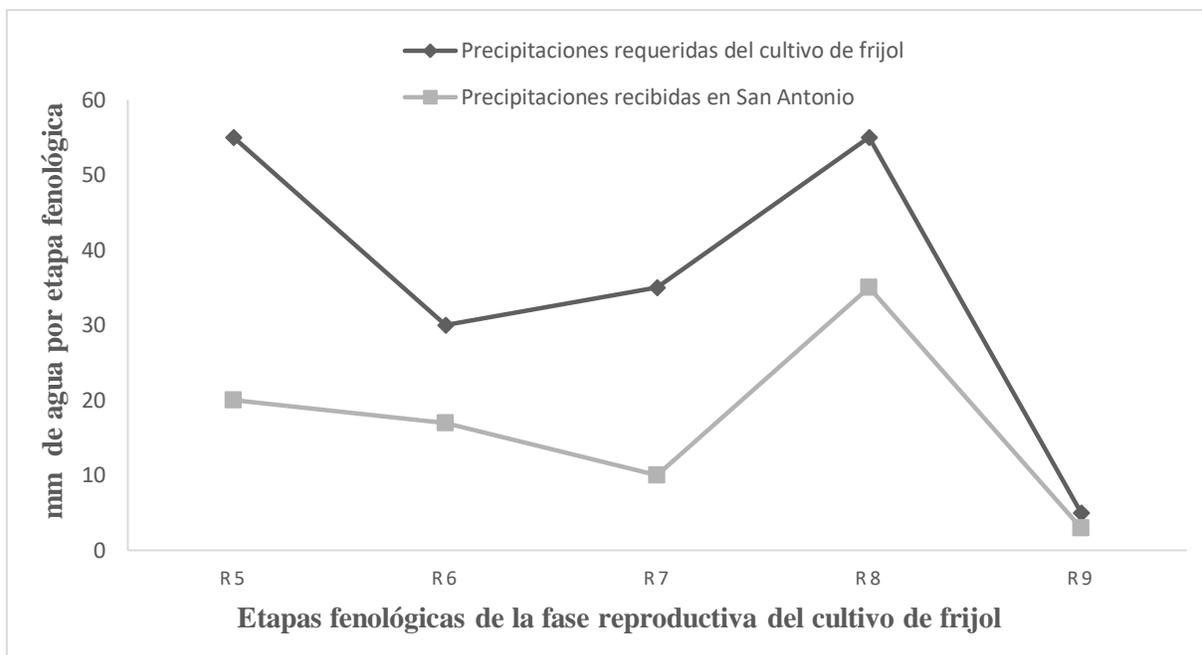


Figura 2. Precipitaciones requeridas por el cultivo de frijol versus precipitaciones registradas en la comunidad de San Antonio, Somoto en las etapas reproductivas (R) del cultivo de frijol durante el ciclo agrícola de primera 2019.

Las precipitaciones requeridas del cultivo de frijol fueron de acuerdo a lo propuesto por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2009a), mientras que el comportamiento de las precipitaciones registradas durante el desarrollo del experimento fueron medidas y proporcionadas por un productor de la localidad. En la Figura 2 se aprecia que en la finca El Guapinol ocurrió un déficit significativo de agua durante toda la fase reproductiva del cultivo, lo que significa que el cultivo se desarrolló bajo condiciones de sequía terminal.

4.2. Diseño metodológico

Se empleó un diseño de Bloques Incompletos (Alfa Látxice 3x5) con tres repeticiones, tres bloques por cada repetición, cada bloque contó con cinco materiales genéticos distribuidos al azar, donde se evaluaron 15 materiales genéticos de frijol común en cada repetición, incluyendo la variedad testigo INTA Rojo Extrema Sequía; cada tratamiento se ubicó en parcelas de 3 surcos de 2.5 m de longitud y 1.5 m de ancho a 0.50 metros entre surcos, para un área de 3.75 m² por parcela, se consideró como parcela útil el surco central de cada unidad experimental, lo que equivalió a un área de 1.25 m² (2.5m * 0.5m), los bloques se separaron a 0.5 m entre cada uno y las repeticiones a 1 m entre cada una. Las dimensiones del ensayo se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Dimensiones establecidas en el experimento donde se evaluaron los rendimientos de 15 materiales genéticos de frijol común bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019

Componente	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m ²)
Unidad experimental	2.5	1.5	3.75
Parcela útil	2.5	0.5	1.25
Bloque	2.5	7.5	18.75
Repetición	8.5	7.5	63.75
Experimento	27.5	7.5	206.25

Materiales genéticos evaluados

Se evaluaron los rendimientos de 15 materiales genéticos de frijol común generados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (Cuadro 2), los cuales están siendo evaluados a nivel nacional por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Cuadro 2. Progenitores de los materiales genéticos de frijol común evaluados en el experimento bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019

Material genético	Progenitores
C17D – 2782	(SMR 140 x SMN 71) F1 X (VAX 6 x SMR 101) F1/041F1-01C-MQ-04C-MC
S17A – 2475	BFS 143 x SMR 138/-MC-01P-MQ-18C-MC-MC
S17A – 1917	SMR 159 x (BFS 142 x SMC 169) F1/-014F1-MC-05-MQ-13C-MC-MC
S17A – 2477	BFS 143 x SMR 138/-MC-01P-MQ-19C-MC-MC
S17A – 1755	SMR 138 x (SMR 132x SMC 170) F1/-005F1-MC-01-MQ-06C-MC-MC
S17A – 2481	BFS 143 x SMR 138/-MC-01P-MQ-21C-MC-MC
S17A – 2485	BFS 143 x SMR 138/-MC-01P-MQ-26C-MC-MC
S17A – 2521	SMR 138 x GGR 42/-015F1-MC-09P-MQ-15C-MC-MC
F17A – 1759	SMR 138 x (SMR 132 x SMC 170) F1/-005F1-MC-MQ-13C-MC-MC
INTA RES	SCR 16 X (SMC 16xSMC 36)F1/-MC-1C-MQ7C-MC-MC
SER – 395	SMR 159 x (BFS 142 x SMC 169) F1/-007F1-MC-MQ-13C-MC
RSFC – 18-078	SD
SER – 397	SMR 159 x (BFS 142 x SMC 169)F1/-007F1-MC-MQ-18C-MC
C17D – 3560	SMR 140 x SMN 71/-19C-MQ-07C-MC
C17D – 2919	(SMR 140 x SEN 124) F1 x (SMR 120xSMR 176) F001F1-01C-MQ-07C-MC

SD = sin datos; INTA RES = INTA Rojo Extrema Sequía

De los 15 materiales genéticos de frijol común evaluados, se utilizó como testigo la variedad mejorada INTA Rojo Extrema Sequía, cuyas características se describen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Características fenológicas y fisiológicas de la variedad mejorada INTA Rojo Extrema Sequía utilizada como testigo bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola de primera 2019

INTA Rojo Extrema Sequía	Características
Progenitores	SCR 16 X (SMC 16xSMC 36)F1/-MC-1C-MQ7C-MC-MC
Habito de crecimiento	IIA
Días a flor	32
Días a madurez fisiológica	62
Color de follaje	Verde claro
Mosaico común	Resistente
Mosaico dorado	Tolerante
Mancha angular	Susceptible
Sequía	Tolerante
Tamaño de grano	Pequeño
Color de grano	Rojo claro
Sistema radicular	Profundo
Enfermedades	Resistencia recesiva al mosaico común (bc – 3)

Nota. Recuperado de "Rojo extrema sequía, una variedad de frijol como respuesta al cambio climático en Nicaragua, año 2014-2018", Guzmán, M., 2019, p. 8.

4.3. Manejo agronómico

4.3.1. Preparación del terreno

Se realizó manualmente 15 días antes de la siembra del cultivo, mediante la chapoda y la eliminación de los rastrojos, posteriormente se levantaron camellones a una altura de 30 cm y separados a 50 cm.

4.3.2. Siembra

Se realizó al espeque el 07 de junio del 2019 sobre la parte superior de los camellones, dejando una distancia de 25 cm entre posturas. En cada postura se depositaron cuatro semillas obteniendo una densidad esperada de 120 plantas por unidad experimental y 40 plantas por parcela útil.

4.3.3. Manejo del agua

Se estableció un sistema de riego por goteo con la finalidad de suplir los requerimientos hídricos del cultivo desde la siembra hasta los 25 días después de la siembra, cuando la mayoría de los materiales genéticos se encontraban en el inicio de la etapa de prefloración. El riego se realizó cada tres días por dos horas, sin determinarse la cantidad de agua aplicada.

4.3.4. Fertilización

Se aplicó al momento de la siembra un fertilizante granulado vía edáfica llamado fosfato diamónico (DAP) cuya fórmula es 18-46-0 a razón de 130 kg ha⁻¹, proporcionando una fuente de fósforo y nitrógeno indispensables para el desarrollo de las plantas en sus etapas iniciales y de desarrollo. Después se realizaron tres aplicaciones de foliar plus a los 15, 25 y 40 días después de la siembra con una dosis de 50 ml por bombada de 20 L.

4.3.5. Manejo de malezas

El manejo de las malezas se realizó cada 15 días, finalizando hasta los 30 días después de la siembra del cultivo, para evitar la competencia de malezas con el cultivo. También porque las malezas pueden ser hospederas de plagas. El control se hizo manualmente por medio del uso de herramientas como el machete o azadón.

4.3.6. Manejo de plagas y enfermedades

Para el manejo de plagas se aplicó clorpirifos antes de la siembra con una dosis de 1 L ha⁻¹, después se realizaron tres aplicaciones de engeo a los 20, 35 y 45 días después de la siembra con una dosis de 10 ml por bombada de 20 L. Para el manejo de las enfermedades se realizaron dos aplicaciones de promet cobre a los 25 y 40 días después de la siembra con una dosis de 40 ml por bombada de 20 L. Las aplicaciones químicas se realizaron preventivamente para evitar el riesgo de pérdidas causadas por el ataque de plagas o enfermedades.

4.3.7. Cosecha

Se realizó manualmente a los 73 días después de la siembra del cultivo cuando las plantas de cada material genético presentaron un 90% de sus hojas secas (senescencia), posteriormente se procedió al arranque de las plantas para el presecado en campo hasta que los granos alcanzaron aproximadamente un 18 a 20% de humedad, para después ser desgranadas por medio del aporreo o trilla.

4.4. Variables evaluadas

Se evaluaron 10 variables al momento de la cosecha, seis variables cuantitativas y cuatro cualitativas, estas últimas se determinaron de manera visual. Para la descripción de las variables se siguió la metodología empleada en el libro de descriptores varietales del cultivo de frijol descrito por Muñoz *et al.*, (1993).

4.4.1. Variables cualitativas

Forma del grano: Se determinó de manera visual después de la cosecha cuando los granos estaban secos, tomándose una muestra de 50 granos de cada material genético seleccionados al azar (Anexo 4).

Cuadro 4. Códigos para clasificar la forma del grano de los 15 materiales genéticos de frijol común evaluados bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019

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

Color primario del grano: Se determinó tomando una muestra de 50 granos seleccionados al azar. Se clasificó el color con la ayuda del cuadro de colores descrito por Muñoz *et al.*, (1993). (Anexo 5).

Cuadro 5. Códigos para clasificar el color primario de los granos de 15 materiales genéticos de frijol común evaluados bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019

Color	Código
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, 57
9. Café rojizo	3, 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

Aspecto predominante de la testa: Se determinó observando los granos muestreados anteriormente para el color primario y forma del grano, clasificando su brillo de acuerdo a los descriptores varietales de Muñoz *et al.*, (1993), en:

1 = Opaco

2 = Intermedio

3 = Brillante

Presencia de color alrededor del hilo: Se determinó calificando los granos usados anteriormente con la misma muestra utilizada en las variables anteriores. Se calificó de acuerdo a los descriptores varietales de Muñoz *et al.*, (1993) en:

1 = Coloreado

2 = Sin colorear

4.4.2. Variables cuantitativas

Número de vainas por planta: Se contó el número de vainas de 10 plantas, seleccionadas al azar de cada parcela útil. Se consideró como vaina a aquellas que tuvieron al menos un grano viable. Posteriormente se calculó el valor promedio.

Longitud de las vainas: Se seleccionaron al azar 10 vainas de plantas centrales de cada parcela útil, escogiéndolas de la parte media de cada planta. Esta variable se midió en cm. Para la medición de la longitud de las vainas se utilizó una cinta métrica, midiendo desde el ápice de la vaina hasta el pedicelo. Posteriormente se calculó el valor promedio.

Número de granos por vaina: De las mismas 10 vainas seleccionadas para medir la variable anterior, se realizó un conteo de los granos de cada una de las vainas, teniendo en cuenta que solo se contaron los granos viables. Posteriormente se determinó el valor promedio.

Número de plantas cosechadas: Se contabilizó el total de plantas que se cosecharon por cada parcela útil de cada material genético y se extrajeron los granos mediante el aporreo, para posteriormente determinar el rendimiento del grano por parcela útil.

Peso de 100 granos: Se seleccionaron cuatro muestras de 100 granos por cada material genético, a cada repetición se le registró su peso en gramos, utilizando una balanza electrónica. Posteriormente se calculó el valor promedio.

Rendimiento del grano: Se obtuvo de cada parcela útil, cosechándose todas las plantas y separando el grano del resto de residuos vegetales, después se procedió a medir su contenido de humedad utilizando un determinador de humedad DOLE 400 y al mismo tiempo se calculó su peso por medio de una balanza digital de precisión (0.05 g). Posteriormente se realizó una conversión del rendimiento obtenido en gramos de cada parcela útil a kg ha^{-1} por medio de la siguiente regla de tres:

$$\begin{array}{l} \text{Peso del grano de la parcela útil} \text{ ————— } \text{Área de parcela útil} \\ X \text{ ————— } \text{Área de una hectárea} \end{array}$$

Finalmente, después de convertir el rendimiento a kg ha^{-1} , el rendimiento del grano de cada material genético se ajustó a un 14% de contenido de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$P_f = \frac{P_i (100 - H_i)}{(100 - H_f)}$$

Dónde:

P_f : Rendimiento ajustado del grano a un 14% de humedad en g.

P_i : Rendimiento obtenido en el campo y convertido a kg ha^{-1} .

H_i : Contenido de humedad del grano al momento de la cosecha en %.

H_f : Contenido de humedad del grano ajustado a un 14%.

4.5. Análisis de los datos

El análisis de los datos de las variables cualitativas se realizó mediante una distribución de frecuencia por medio de los programas JMP versión 13.2 y Excel 2016, mientras que el análisis de los datos de las variables cuantitativas se realizó mediante el uso de la estadística descriptiva, cuyos valores fueron analizados por el programa JMP versión 13.2, utilizando un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias por Tukey al 5%, para la separación de medias en aquellas variables cuyas diferencias entre materiales genéticos resultaron significativas.

El modelo aditivo lineal (MAL) que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + \beta_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

μ = Valor de la media general.

Y_{ijk} = Denota el valor de la variable medida en el i-ésimo material genético, en el k-ésimo bloque incompleto dentro de la j-ésima repetición.

T_i = Efecto fijo del i-ésimo material genético ($i= 1,2, \dots t$).

P_j = Efecto de la j-ésima repetición ($j= 1,2, \dots, r$).

β_{jk} = Efecto del k-ésimo bloque incompleto dentro de la j-ésima repetición ($k= 1,2, \dots s$).

E_{ijk} = Es el error experimental asociado a la observación del i-ésimo material genético en el k-ésimo bloque incompleto dentro de la j-ésima repetición.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Descripción de los resultados de las variables cualitativas

Los caracteres cualitativos son de herencia simple, gobernados por un par de genes, poco influidos por el medio ambiente y de alta heredabilidad (Flores, 2001). Sus diferencias son visibles y fácilmente identificables como: color de la flor, color y forma del grano, etc.

La Figura 3 presenta las frecuencias absolutas para cada una de las variables cualitativas evaluadas. En general, todos los materiales genéticos de frijol común presentaron el mismo color primario del grano café rojizo, predominando aquellos con granos de forma arriñonada, recta en el lado del hilo, testa brillante y color alrededor del hilo. En este experimento se apreció poca variabilidad fenotípica para las variables cualitativas antes mencionadas.

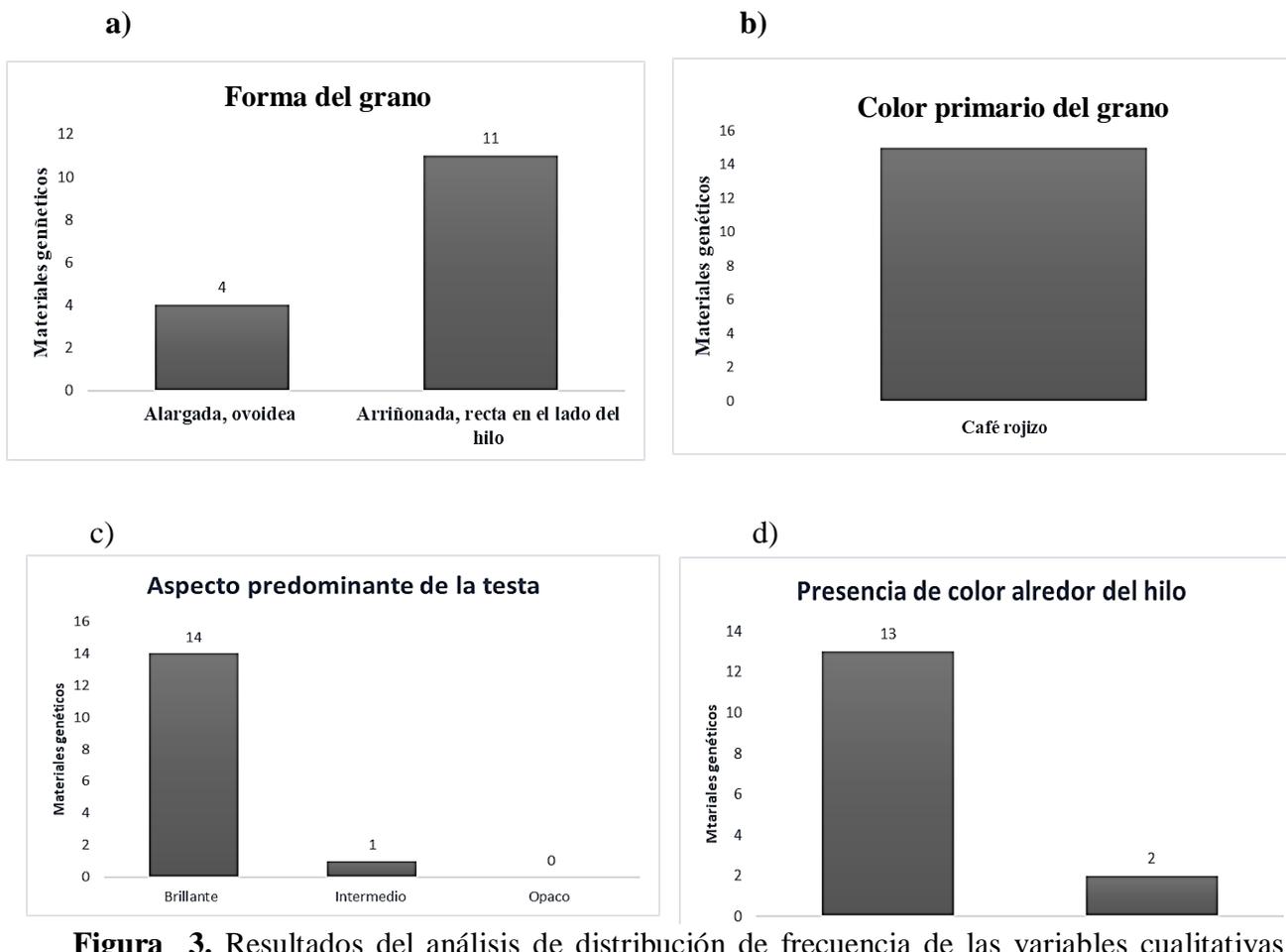


Figura 3. Resultados del análisis de distribución de frecuencia de las variables cualitativas evaluadas: a) forma del grano, b) color primario del grano, c) aspecto predominante de la testa, d) presencia de color alrededor del hilo, de 15 materiales genéticos de frijol común evaluados bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019.

Es probable que la similitud fenotípica de todos los materiales genéticos de frijol común evaluados en este experimento se debe al mejoramiento genético, en búsqueda por satisfacer la demanda que tienen los mercados según los gustos y preferencias de los consumidores. En Nicaragua los granos de frijol que mayor demanda presentan son los de color rojo a café rojizo, forma arriñonada, tamaño pequeño y con aspecto de testa brillante, de igual manera que los resultados de las variables cualitativas obtenidos en este estudio.

5.2. Resultado general del análisis de varianza

Por medio del análisis de varianza realizado (Cuadro 6), se observa que no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores promedios de los materiales genéticos para las variables cuantitativas evaluadas con excepción del rendimiento del grano.

El Cuadro 6 muestra una destacada variación genética en las variables número de vainas por planta (29.42%), número de plantas cosechadas (30.12%) y rendimiento del grano (35.55%) presentando los mayores valores promedios registrados del coeficiente de variación (CV). Por otro lado, las variables longitud de las vainas, número de granos por vaina y peso de 100 granos presentaron un bajo CV, menor al 20%, por lo tanto, se presentó una baja variabilidad genética, significando mayor homogeneidad en estas variables.

Cuadro 6. Resultados de la significancia estadística, coeficiente de variación para las diferentes variables evaluadas de los 15 materiales genéticos de frijol común bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019

Fuente de variación	Rendimiento del grano	Número de plantas cosechadas	Número de vainas por planta	Longitud de las vainas	Número de granos por vaina	Peso de 100 granos
Repetición	*	ns	*	*	*	ns
Bloque(repetición)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Material genético	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	35.55	30.12	29.42	5.73	10.68	0.64

* (Significativo <0.05); ns (No significativo >0.05); CV (Coeficiente de variación)

En base al CV, autores como Di Rienzo *et al.*, (2009), indican que un coeficiente de variación mayor del 20% significa una alta variabilidad en las especies, así mismo, variables menores en ese rango presentan poca variabilidad. Dicovskiy (2010, p. 160) menciona que caracteres con rangos menores del 20% “se pueden considerar como aceptables en ensayos agronómicos, aunque en estudios de mejoramiento de plantas, una población con rangos superiores al 20% es deseable, porque puede indicar la presencia de variabilidad genética sobre la cual se puede practicar selección” y así optar por el mejoramiento de los caracteres que más nos interesen.

La alta variabilidad presentada en algunas de las variables evaluadas pudo deberse a las diferencias propias de los materiales genéticos, o por errores de medición al momento de recolectar los datos de las variables.

5.3. Descripción de los resultados de las variables cuantitativas

Los caracteres cuantitativos son de herencia compleja, gobernados por muchos genes, influidos en gran medida por el medio ambiente. Sus diferencias requieren de medición para ser identificables (tamaño, peso, etc.) y presentan variación continua (Flores, 2001).

El Cuadro 7 presenta los resultados del análisis de los datos de las variables cuantitativas evaluadas, donde se visualiza que la única variable que presentó diferencias estadísticamente significativas entre los valores promedios de los materiales genéticos fue el rendimiento del grano, debido que el rendimiento promedio de V5 ($746.45 \text{ kg ha}^{-1}$) resultó marcadamente superior al rendimiento promedio mostrado por V15 (202.8 kg ha^{-1}). El resto de los materiales genéticos de frijol común presentaron resultados intermedios entre los valores promedios del rendimiento de estos dos materiales genéticos antes indicados.

En cuanto a las demás variables analizadas como: número de plantas cosechadas, número de vainas por planta, longitud de las vainas, número de granos por vaina y peso de 100 granos no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los valores promedios de los materiales genéticos, esto quiere decir que fueron estadísticamente similares.

Cuadro 7. Resultados del promedio y prueba de separación de medias por Tukey del análisis de las variables cuantitativas de 15 materiales genéticos de frijol común bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto durante el ciclo agrícola primera 2019

Código designado	Material genético	Número de plantas cosechadas	Número de vainas por planta	Longitud de las vainas (cm)	Número de granos por vaina	Peso de 100 granos (g)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
V1	C17D 2782	20 a	4 a	10.4 a	4 a	22.14 a	289.7 ab
V2	S17A 2475	21 a	4 a	9.8 a	5 a	24.30 a	525.6 ab
V3	S17A 1917	22 a	4 a	9.7 a	4 a	19.44 a	341.3 ab
V4	S17A 2477	20 a	4 a	9.4 a	4 a	23.11 a	658.8 ab
V5	S17A 1755	20 a	4 a	10.3 a	4 a	23.92 a	746.4 a
V6	S17A 2481	22 a	4 a	9.6 a	4 a	22.47 a	513.2 ab
V7	S17A 2485	23 a	5 a	9.9 a	5 a	22.22 a	653.4 ab
V8	S17A 2521	15 a	4 a	10.8 a	5 a	24.79 a	336.7 ab
V9	F17A 1759	18 a	5 a	10.2 a	5 a	20.92 a	563.4 ab
V10	INTA Rojo Extrema Sequía	20 a	5 a	10.0 a	4 a	19.08 a	356.8 ab
V11	ER 395	19 a	4 a	9.7 a	5 a	21.14 a	431.3 ab
V12	RSFC -18-078	23 a	5 a	9.8 a	4 a	22.36 a	616.6 ab
V13	SER 3027	13 a	5 a	11.0 a	5 a	20.83 a	369.7 ab
V14	C17D 3560	24 a	4 a	11.1 a	4 a	21.04 a	391.0 ab
V15	C17D 2919	19 a	3 a	10.4 a	4 a	24.14 a	202.8 b
	Promedios	20	4	10.14	4	22.13	466.45

En este experimento la semilla presentó un bajo porcentaje de germinación, lo que afectó el número de plantas cosechadas, causando una reducción del valor esperado (40 plantas). El número de plantas cosechadas entre los materiales genéticos osciló entre 15 a 24 plantas, obteniendo un valor promedio de 20 plantas cosechadas por parcela útil, resultando en pérdidas del 50% de acuerdo con el total de semillas sembradas.

La falta de humedad en el suelo durante la fase reproductiva del cultivo afectó los componentes del rendimiento, en particular el número de vainas por planta y el peso de 100 granos. López *et al.*, (2011) indica que el número de vainas por planta es altamente afectado cuando los genotipos se someten a estrés por déficit de agua durante la fase reproductiva del cultivo, por lo tanto, en el experimento el número de vainas por planta disminuyó significativamente debido a la sequía terminal.

Con respecto al peso del grano en el cultivo de frijol Chaves *et al.*, (2018, p. 12) indica que:

Es afectado por la sequía terminal, pero también es un carácter muy ligado a cada genotipo, por lo que, la forma correcta de interpretar el efecto del estrés sobre este parámetro es a través de su reducción con respecto al ambiente sin estrés.

Duarte (2018, p. 24) menciona que “a mayor peso del grano bajo condiciones de sequía permite a los genotipos ubicarse como genotipos de buen rendimiento”. Todos los materiales genéticos evaluados presentaron un tamaño de grano pequeño, basados en la clasificación del CIAT (1987), que clasifica el grano de frijol por su peso en tres categorías, las cuales son: pequeñas con un peso menor de 25 g, medianas con un peso de 25 a 40 g y grandes con un peso mayor a 40 g.

Las variables que posiblemente influyeron positivamente en el rendimiento del grano en este experimento fueron: el número de plantas cosechadas, número de vainas por planta y peso de 100 granos, porque la mayoría de los materiales genéticos que superaron el valor promedio del rendimiento ($466.45 \text{ kg ha}^{-1}$) fueron los que también superaron los valores promedios de estas tres variables.

El promedio nacional del rendimiento del cultivo de frijol reportado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2014) fue de 700 kg ha⁻¹, por lo que el único material genético que superó el promedio fue V5 con 746.4 kg ha⁻¹, sin embargo, hubieron otros materiales genéticos que se aproximaron a este promedio como: V12, V7 y V4 con valores promedios de 616.6, 653.4 y 658.8 kg ha⁻¹ respectivamente.

Los bajos rendimientos encontrados en algunos de los materiales genéticos de frijol común evaluados concuerda a lo referido por White e Izquierdo (1991) en que el frijol común tiene pobre reputación en términos de potencial de rendimiento y tolerancia a estreses tales como la sequía, siendo el efecto final de la sequía la limitación del crecimiento y rendimiento, causando reducciones desde un 40 a 80%, por lo que cuando “las precipitaciones están por debajo de las necesidades hídricas del cultivo, los rendimientos disminuyen drásticamente, fundamentalmente sí coinciden con la floración y el llenado de las vainas del cultivo” (Acosta *et al.*, 1997). En virtud de lo anterior se justifica el bajo desempeño mostrado por algunos de los materiales genéticos con respecto al rendimiento, debido a que fueron evaluados bajo condiciones de sequía terminal.

VI. CONCLUSIONES

En general, se presentó poca variabilidad fenotípica en los caracteres morfológicos evaluados, presentando todos los materiales genéticos de frijol común el mismo color primario de grano café rojizo, predominantemente con granos de forma arriñonada, recta en el lado del hilo, con un aspecto de testa brillante y con presencia de color alrededor del hilo.

El experimento permitió la diferenciación estadística con respecto al rendimiento del grano de los materiales genéticos de frijol común estudiados, sin embargo, los rendimientos presentaron poca variabilidad entre los materiales genéticos, entre ellos cabe destacar al material genético V5 que superó marcadamente al material genético V15.

VII. RECOMENDACIONES

Evaluar en las zonas secas de Somoto los materiales genéticos de frijol común que presentaron rendimientos numéricamente superiores al testigo INTA Rojo Extrema Sequía como son los siguientes: V2, V4, V5, V6, V7, V9, V11, V12, V13, V14.

Someter los 15 materiales genéticos de frijol común utilizados en este experimento a evaluaciones continuas en diferentes localidades para obtener información sobre su adaptabilidad y consistencia.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acosta Díaz, E., Kohashi Shibata, J., y Acosta Gallegos, J. A. (1997). Rendimiento y sus componentes en frijol bajo condiciones de sequía. *Agricultura Técnica En México*, 23(2). Recuperado de <http://www.acuedi.org/ddata/1138.pdf>
- Acosta Díaz, E., Trejo López, C., Ruiz Posadas, L. del M., Padilla Ramírez, J. S., y Acosta Gallegos, J. A. (marzo, 2004). Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. *Terra Latinoamericana*, 22(1). Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57311208006.pdf>
- Acosta Gallegos, J.A., y Kohashi Shibata, J. (1989). Effect of water stress on growth and yield of indeterminate dry-bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Field Crop Research*, 20(2). Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0378429089900543>
- Acosta, J. A., Acosta, E., Padilla, S., Goytia, M. A., Rosales, R., y López, E. (1999). Mejoramiento de la resistencia a la sequía del frijol común en México. *Agronomía Mesoamericana*, 10(1). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/237268849_Mejoramiento_de_la_resistencia_a_sequia_del_frijol_comun_en_Mexico
- Aguilar Benítez, G., Peña Valdivia, C. B., García Nava, R. J., Ramírez Vallejo, P., Benedicto Valdés, S., y Molina Galán, J. D. (2012). Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia*, 46(1). Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/302/30223126004.pdf>
- Araméndiz Tatis, H., Espitia Camacho, M., y Cardona Ayala, C. (agosto, 2017). Adaptabilidad y estabilidad fenotípica en cultivares de fríjol caupí en el caribe húmedo colombiano. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2). Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15nspe2/1692-3561-bsaa-15-spe2-00014.pdf>
- Beebe, S.E. (2012). Common bean breeding in the tropics. *Plant breeding reviews*, 36(1). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/285933593_Common_bean_breeding_in_the_tropics
- Cardona Ayala, C., Jarma Orozco, A., y Araméndiz Tatis, H. (2013). Mecanismos de adaptación a sequía en caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.): Una revisión. *Rev. Colomb. Cienc. Hortic*, 7(2). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/275256180_Mecanismos_de_adaptacion_a_sequia_en_caupí_Vigna_unguiculata_L_Walp_Una_revision
- Chaves Barrantes, N. F., Polania, J. A., Muñoz Perea, C. G., Rao, I. M., y Beebe, S. E. (2018). Caracterización fenotípica por resistencia a sequía terminal de germoplasma de frijol común. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1). Recuperado de http://www.mag.go.cr/rev_meso/v29n01_001.pdf

- CIAT. (1987). *Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol*. Recuperado de https://books.google.com.ni/books/about/Sistema_est%C3%A1ndar_para_la_evaluaci%C3%B3n_de.html?id=mpgIE_jDedMC&redir_esc=y
- CIAT. (2016). Ocho líneas de frijol con la combinación perfecta: resistencia a sequía y alta producción de grano. *CIAT Website*. Recuperado de <https://blog.ciat.cgiar.org/es/ocho-lineas-de-frijol-con-la-combinacion-perfecta-resistencia-a-sequia-y-alta-produccion-de-grano/>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., González, L. A., Tablada, E. M., Díaz, M. P., Robledo, C. W., Balzarini, M. G. (2009). *Estadística para las Ciencias Agropecuarias*. Recuperado de http://redbiblio.unne.edu.ar/pdf/0603-002557_D.pdf
- Dicovskiy Riobóo, L. M. (2010). *Estadística básica para ingenieros*. Recuperado de <https://docs.google.com/file/d/0B3bb-Pp228aLbFhtZHczMmR1ck0/edit>
- Duarte Rivas, 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 maestría). Recuperada de <http://repositorio.una.edu.ni/3766/1/tnf30d812.pdf>
- Eitzinger, A., Sonder, K., Schmidt, A. (2012). *Resumen del estudio Tortillas en el comal: Los sistemas del maíz y frijol en Centroamérica y el cambio climático*. Recuperado de <https://www.crs.org/sites/default/files/tools-research/resumen-del-reporte-tortillas-en-el-comal.pdf>
- FAO. (2010). *Gestión del riesgo de sequía y otros eventos climáticos extremos en Chile*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-as447s.pdf>
- Flores Hernández, A. (2001). *Introducción a la genotecnia vegetal*. Recuperado de <https://isbn.cloud/9789688847138/introduccion-a-la-genotecnia-vegetal/>
- Frahm, M., Rosas, J. C., Mayek, N., López, E., Acosta, J. A., y Kelly, J. D. (2003). Resistencia a sequía terminal en frijol negro tropical. *Agron. Mesoam*, 14(2). Recuperada de <https://www.redalyc.org/pdf/437/43714203.pdf>
- Frahm, M.A., Rosas, J.C., Mayek Pérez, N., López Salinas, E., Acosta Gallegos, J.A., & Kelly, J.D. (2004). Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. *Euphytica*, 136. Recuperado de <http://www.plantstress.com/Breeding/beans.pdf>
- Guzmán Gómez, M. (2019). Rojo extrema sequía” una variedad de frijol como respuesta al cambio climático en Nicaragua, año 2014-2018. Recuperado de <http://apps.iica.int/pccmca/docs/MT%20Leguminosas/Martes%2030%20abril/19-Rojo%20Extrema%20Sequia,%20Variedad%20Frijol.pdf>

- Hernández Fonseca, J. C., y Elizondo Porras, F. I. (2006). Estudio sobre la adopción de variedades mejoradas de frijol en las principales zonas productoras de frijol de la Región Brunca de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 17(3). Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5171/4971>
- Hernández, V., Vargas, L., Muruaga, J., Hernández, S., y Mayek, N. (2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común: Avances y perspectivas. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(2). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262707481_Origen_domesticacion_y_diversificacion_del_frijol_comun_Avances_y_perspectivas
- IICA. (2009a). *Guía técnica para el cultivo de frijol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del Departamento de Boaco, Nicaragua*. Recuperado de <http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF>
- IICA. (2009b). *La cadena agroindustrial del frijol*. Managua, Nicaragua.
- INETER. (2013). *Informe final de la consultoría: Elaboración de escenarios climáticos actuales y futuros del proyecto “Enfoque territorial contra el cambio climático, medidas de adaptación y reducción de la Vulnerabilidades en la Región de Las Segovias – Nicaragua”*. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/43665086.pdf>
- INETER. (2019). *Boletín climático de junio del 2019*, Recuperado de <https://www.ineter.gob.ni/boletines/Boletin%20climatico/mensual/2019/BoletinClimaticojunio2019.pdf>
- Landero, B., Obando, S., Salmerón, F., Valverde, L., y Vivas, E. (2016). *Agricultura Sostenible para enfrentar los efectos del Cambio Climático en Nicaragua*. Recuperado de <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/fesamcentral/12896.pdf>
- López Salinas, E., Tosquy Valle, O. H., Villar Sánchez, B., Rodríguez Rodríguez, J. R., Ugalde Acosta, F. J., Morales Rivera, A., y Acosta Gallegos, J. A. (2011). Negro Comapa nueva variedad de frijol para el estado de Veracruz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc*, 1(5). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-093420100005
- Martínez Austria, P.F., y Gómez, C. P. (2012). *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos en México: volumen IV: adaptación al cambio climático*. Recuperado de http://gia.imta.mx/geoportal/docs/Efectos_Cambio_Clim%C3%A1tico_IV_IMTA-2012.pdf
- MIFIC. (2008). *Cadenas productivas de granos básicos*. Recuperado de <https://unctadcompal.org/wp-content/uploads/2017/03/Nicaragua-Sector-Granos-Basicos.pdf>

- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2014). *Áreas sembradas y cosechadas de granos básicos en Nicaragua*. Recuperado de [file:///C:/Users/ubeda/Downloads/Informe Rendici%C3%B3n Cuentas MAG 2014 para web v3.pdf](file:///C:/Users/ubeda/Downloads/Informe_Rendici%C3%B3n_Cuentas_MAG_2014_para_web_v3.pdf)
- Morales Casco, L., y Zúniga González., C. (2016). Impactos del cambio climático en la agricultura y seguridad alimentaria. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 2(1). Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/325014825> *Impactos del cambio climático en la agricultura y seguridad alimentaria*
- Moreira Mendoza, D. A. (2015). *Sistematización de buenas prácticas de adaptación del sector agropecuario ante el cambio climático*. Recuperado de <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3046/1/BVE17068958e.pdf>
- Muñoz Arguedas, G., Giraldo Ávila, G., y Fernández de Soto, J. (1993). *Descriptorios varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo*. Recuperado de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/descriptores_varietales.pdf
- Muñoz, C., Terán, H., Allen, R. G., Wright, J. L., Westermann, D. T., & Singh, S. P. (2006). Selection for Drought Resistance in Dry Bean Landraces and Cultivars. *Crop Science*, 46(5). Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/43257134> *Selection for Drought Resistance in Dry Bean Landraces and Cultivars*
- Nelson, G., Rosegrant, M., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., . . . Lee, D. (2009). *Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. Recuperado de [http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf)
- Ortiz, R. (2012). El cambio climático y la producción agrícola. *Claridades agropecuarias*, (232). Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/254422086> *El cambio climático y la producción agrícola*
- Osuna Ceja, E. S., Reyes Murov, L., Padilla Ramírez, J. S., Rosales Serna, R., Martínez Gamiño, M. A., Acosta Gallegos, J. A., y Figueroa Sandoval, B. (2013). Rendimiento de genotipos de frijol con diferentes métodos de siembra y riego-sequía en Aguascalientes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(8). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342013000800008&script=sci_arttext&tlng=en
- Polanía, J., Beebe, S., Rao, I.M., Poschenrieder, C., Cajiao, C., Barrera, S., . . . Chaves, N. (2017). *Adaptación del frijol común al cambio climático, avances en tolerancia a sequía y calor: El cambio climático un desafío para la producción agrícola del mundo*. Universidad Nacional de Colombia. Septiembre 29 de 2017. CIAT. Cali CO. 30 p.

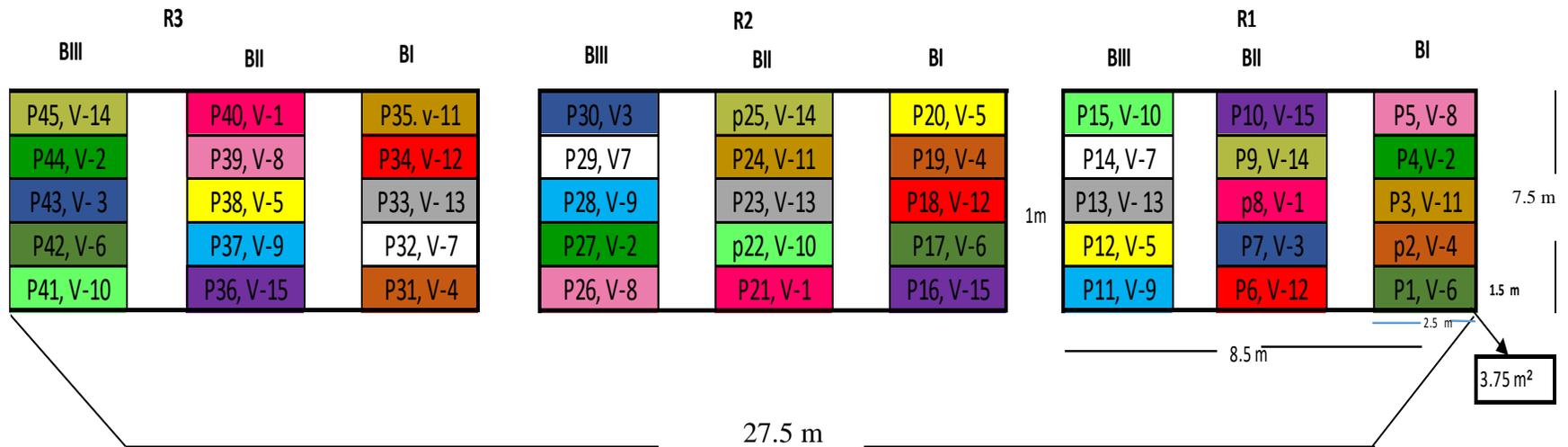
- Polanía, JA., Rao, IM., Beebe, S., y García, R. (2009). Desarrollo y distribución de raíces bajo estrés por sequía en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en un sistema de tubos con suelo. *Agronomía Colombiana*, 27(1). Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11327>
- Polón, R., Ruiz, M., Miranda, A., y Ramírez, M. (2017). Efectos del estrés hídrico sobre el rendimiento de los granos del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 26(1). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542017000100008
- Rainey, K.M. & Griffiths, P.D. (2005). Differential response of common bean genotypes to high temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130(1). Recuperado de <https://journals.ashs.org/jashs/view/journals/jashs/130/1/article-p18.xml>
- Ramírez, D., Ordaz, J., Mora, J., Acosta, A., y Serna, B. (2010). *Nicaragua: efectos del cambio climático sobre la agricultura*. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25925/1/lcmex1964.pdf>
- Rodríguez Rodríguez, J. R., Tosquy Valle, O. H., y López Salinas, E. (2015). Genotipos de frijol negro y su tolerancia a sequía terminal en Veracruz, México. En E. Figueroa Hernández, L. Godínez Montoya y F. Pérez Soto (Eds). *Ciencias de la Biología y Agronomía* (pp. 161-170). Chapingo, México: ECORFAN-México, S.C.
- Rosales, M. A., Ocampo, E., Rodríguez-Valentín, R., Olvera Carrillo, Y., Acosta Gallegos, J. A., & Covarrubias, A. A. (2012). Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. *Plant Physiol. Biochem.* 56. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942812000897?via%3Dihub>
- Rosales, M., Cuéllar Ortiz, S. M., Arrieta Montiel, M., Acosta Gallegos, J. A. & Covarrubias, A. A. (2013). Physiological traits related to terminal drought resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(2). Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.5761>
- Rosales, R., Ramírez, P., Acosta, J., Castillo, F., y Kelly, J. (2000). Rendimiento de grano y tolerancia a la sequía del frijol común en condiciones de campo. *Agrociencia*, 34(2). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/242630438_rendimiento_de_grano_y_tolerancia_a_la_sequia_del_frijol_comun_en_condiciones_de_campo_grain_yield_and_drought_tolerance_of_common_bean_under_field_conditions
- Rosas, J. (2003). *El cultivo del frijol común en América Tropical*. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/2424>
- Tapia, A., y Mayorga, M. (2015). *Incidencia de cambio climático en la producción y comercialización de frijol rojo periodo 2009-2013* (Tesis de pregrado). Recuperada de <http://repositorio.unan.edu.ni/957/1/7989.pdf>

- Terán, H. & Singh, S. P. (2002). Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. *Crop Science*, 42(1). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/11601887_comparison_of_sources_and_lines_selected_for_drought_resistance_in_common_bean
- White, J. W., & Izquierdo, J. (1991). *Dry bean: Physiology of yield potential and stress tolerance*. Recuperado de <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/54655>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Plano de campo elaborado para la evaluación del rendimiento de 15 materiales genéticos de frijol común bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto, primera 2019

Ensayo de 15 materiales genéticos de frijol común bajo condiciones de sequía terminal



Anexo 2. Establecimiento del ensayo en la comunidad de San Antonio, Somoto, primera 2019



Observación 1. Etapa de llenado de grano

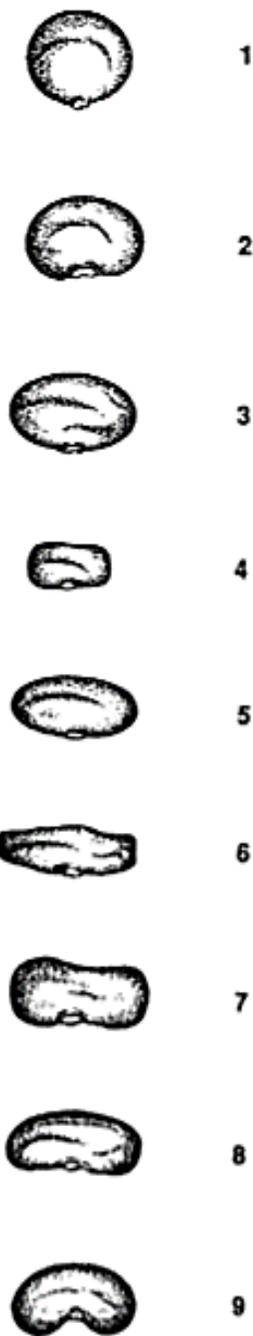


Observación 2. Etapa de cosecha del grano

Anexo 3. Color primario del grano de los 15 materiales genéticos de frijol común evaluados bajo condiciones de sequía terminal en San Antonio, Somoto, primera 2019



Anexo 4. Tipos de formas del grano de frijol de acuerdo con el libro de descriptores varietales de Muñoz *et al.*, (1993)



Anexo 5. Tabla de colores utilizada para clasificar el color primario del grano de frijol de acuerdo al libro descriptores varietales de Muñoz *et al.*, (1993)

