



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL

Trabajo de Graduación

Caracterización, evaluación preliminar y adaptabilidad de cuatro variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en cuatro localidades de San Dionisio, Matagalpa, postrera, 2012

AUTORES

Br. José David Orozco Rayo

Br. José Luis López Mejía

ASESORES

Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez

M.Sc. Marvin Fornos Reyes

Managua, Nicaragua

Septiembre, 2013



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL

Trabajo de Graduación

Caracterización, evaluación preliminar y adaptabilidad de cuatro variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en cuatro localidades de san Dionisio, Matagalpa, postrera, 2012

AUTORES

Br. José David Orozco Rayo
Br. José Luis López Mejía

ASESORES

Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez
M.Sc. Marvin Fornos Reyes

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

Managua, Nicaragua
Septiembre, 2013

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. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3.1 Ubicación y fechas del estudio.....	4
3.2 Diseño metodológico	6
3.3 Tamaño de las unidades experimentales	7
3.4 Manejo del ensayo	8
3.4.1 Preparación del suelo	8
3.4.2 Siembra	8
3.4.3 Control de malezas.....	8
3.4.4 Control de plagas y enfermedades	8
3.4.5 Cosecha.....	8
3.5 Variables evaluadas.....	8
3.6 Análisis de datos	16
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1 Análisis general de las condiciones agroclimáticas y de manejo agronómico de los ensayos....	18
4.2 Comportamiento de las plagas y enfermedades durante el ensayo	19
4.3 Comportamiento de las variables cuantitativas de cuatro variedades de frijol común sometidas a estudio en San Dionisio, Matagalpa.....	21
4.4 Comportamiento de las variables cualitativas de cuatro variedades de frijol común sometidas a estudio en San Dionisio, Matagalpa.....	24

4.5 Análisis de adaptabilidad	25
4.6 Adaptabilidad de las variedades y localidades en estudio.....	27
V. CONCLUSIONES.....	30
VI. RECOMENDACIONES	31
VII. LITERATURA CITADA	32
VIII. ANEXOS	34

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios padre por permitirme alcanzar este nivel de preparación, por darme la fortaleza para seguir adelante en los momentos difíciles, y porque sin su voluntad no se habría podido llevar a culminación esta investigación.

A mis padres Paula Rayo y Epifanio Orozco por haberme motivado desde muy temprana edad a perseguir esta meta que estoy cumpliendo, por haberme inculcado valores para ser una persona de bien para la sociedad, por su apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de este camino y porque en este mundo ellos son mi fuente de inspiración que me impulsa a seguir luchando cada día.

A mis hermanos Heberto, Marcos, René, Sandra, Yadira, Eddy, Claudio y Griselda por haber creído en mi desde mis primeros pasos, por el apoyo que me brindaron a lo largo de mis estudios y porque cada uno ha contribuido de alguna u otra manera a culminar mi carrera.

Br. José David Orozco Rayo

DEDICATORIA

A Dios padre que me dio la vida, la fuerza, el entendimiento y que estuvo conmigo día a día en mi proceso formativo.

A mi madre Hortensia López, por darme su amor, consejos y su valioso aporte económico.

A mis tías María Espinoza y Sela Espinoza que me brindaron su apoyo incondicional siempre y que estuvieron brindándome su ayuda económicamente.

A mis hermanos (as) William José, María Nela, Sania Liseth y Libeth del Socorro quienes formaron parte de mi proceso de formación.

Br. José Luis López Mejía

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecemos a **Dios** por permitirnos llevar a feliz término este trabajo, porque la fe en él nos dio las fuerzas para seguir adelante, superando los obstáculos que se presentan a diario en nuestras vidas

A la **Universidad Nacional Agraria (UNA)**, por la formación académica brindada durante los cinco años, por las becas que nos otorgaron durante la etapa de estudiantes y de egresados lo que fue un apoyo para poder culminar nuestra carrera.

De manera muy especial a nuestros asesores: **Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez e Ing. M.Sc. Marvin Fornos Reyes**, por darnos la confianza; además de sus consejos, tiempo y apoyo incondicional al brindarnos todo el conocimiento y la información para hacer posible este trabajo.

A **SWISSAID** y al programa de campesino a campesino (PCaC) por el financiamiento brindado y por permitirnos el acercamiento con las familias productoras donde se realizaron los ensayos y por todo su apoyo durante la etapa de campo de este trabajo.

A los productores por permitirnos acceder a sus fincas y realizar la toma de datos del experimento en las condiciones de producción donde ellos trabajan

A mis compañeros (as) **Br. Pamela Martínez, Br. Pamela Rodríguez, Br. Lizayda Vega y Br. Ana Jarquín**, por su amistad brindada y apoyarnos mutuamente para llegar hasta al final con la realización de este trabajo.

Br. José Luis López Mejía

Br. José David Orozco Rayo

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Características físicas y geográficas de las cuatro localidades donde se establecieron los ensayos de variedades criollas y acriolladas de frijol común en San Dionisio, Matagalpa, postrera, 2012	4
2	Características agromorfológicas de las variedades criollas o acriolladas de frijol común evaluadas en cuatro localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa, postrera, 2012	7
3	Frecuencia del daño ocasionado por plagas y enfermedades que se presentaron en los ensayos en las diferentes localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa, postrera, 2012	20
4	Medidas de tendencias central y de dispersión de las variables cuantitativas en cuatro variedades de frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i> . L) evaluadas en las diferentes localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa, postrera, 2012	21
5	Frecuencia de los diferentes estados de las variables cualitativas en cuatro variedades de frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) evaluadas en cuatro localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa, postrera, 2012	24
6	Análisis de Varianza del modelo de los Efectos Aditivos Principales e Interacciones Multiplicativas (AMMI)	26

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Distribución de las precipitaciones (mm) en pentadas registradas durante el ensayo en las localidades El Corozo (a), El Carrizal (b) y Susuli Arriba (c), en San Dionisio, Matagalpa	5
2	Estados de la vaina para determinar su forma predominante	12
3	Estados para calificar la forma predominante del ápice de la vaina	12
4	Estados para calificar el grado de curvatura del ápice de la vaina	13
5	Dirección de la curvatura del ápice de la vaina con respecto a la sutura	13
6	Diferentes formas que puede presentar la semilla de frijol según los descriptores varietales	14
7	Representación gráfica de los datos del componente principal de la interacción (CPI-1) versus el rendimiento promedio de cuatro variedades de frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) y de cuatro localidades	27

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Cuadro de colores basado en Musell Book Of Color utilizados para la caracterización de las cuatro líneas establecidas en las localidades de San Dionisio, Matagalpa, postrera 2012	35
2	Tabla de descriptores para el color, brillo y forma predominante de la semilla	36

RESUMEN

El presente trabajo se estableció en las comunidades Susuli Arriba, Piedra Colorada, El Carrizal y El Corozo, del municipio de San Dionisio Matagalpa, en la época de postrera 2012. El objetivo planteado fue caracterizar y evaluar, preliminarmente, en base a características agromorfológicas y determinar la adaptabilidad en base al rendimiento de grano de tres variedades criollas o acriolladas (H- Vaina blanca, H- Vaina roja y Rojo Claro) y una mejorada (INTA- Rojo) de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) para el ensayo se estableció una sola repetición de los tratamientos por comunidad, se utilizaron parcelas con dimensiones de 5 metros de ancho por 10 metros de largo, tomando como parcela útil los 5 surcos centrales de 5 metros de largo cada uno. Para la caracterización se evaluaron 13 variables cuantitativas y 9 variables cualitativas. El análisis de adaptabilidad se hizo por medio del modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI). Entre los resultados se destacan que las variedades estudiadas presentaron una gran variabilidad fenotípica en las diferentes localidades en la mayoría de las variables cualitativas y cuantitativas. En cuanto a la adaptabilidad, las variedades acriolladas H-Vaina blanca y H-Vaina roja con las localidades El Carrizal y Susuli Arriba contribuyeron grandemente a la interacción variedad x localidad. La variedad mejorada INTA Rojo resultó más estable que las criollas o acriolladas. Al considerar la adaptación local específica de las variedades a determinada localidad el análisis AMMI mostró interacciones positiva entre localidades y variedades. La adaptabilidad de las variedades consideradas en este estudio fue bastante similar, aunque difieren en estabilidad de rendimiento.

ABSTRACT

This paper was carried out in communities Susuli Arriba, Piedra Colorada, El Carrizal and El Corozo, municipality of San Dionisio, Matagalpa, in the second harvest of 2012. The stated goal was characterize and evaluate, preliminarily, based on agro-morphological characteristics and determine the adaptability based in the grain yield three or creolized landraces (H-Pod white, red and H-Pod Light Red) and improved (INTA-Red) common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) for the assay was established a single repetition of the treatments per community, plots with dimensions of 5 meters wide by 10 meters long were used taking useful plot 5 central rows of 5 m long each, to characterize it was evaluated 13 variables and 9 quantitative qualitative variables. Adaptability analysis made using the model of additive main effects and multiplicative interaction (AMMI). The results highlighted that the varieties studied had a large phenotypic variability in different localities in most qualitative and quantitative variables. In terms of adaptability, creolized varieties H-Pod-Pod H white red with the localities Susuli Arriba El Carrizal and contributed greatly to the variety x location interaction. The improved variety Red INTA was more stable than the native or creolized. When considering specific local adaptation of the specific local varieties the AMMI analysis shows positive interactions between locations and varieties. The adaptability of varieties considered in this study was quite similar, although differ in yield stability.

I. INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es originario de América, siendo una especie sin un centro de origen específico y con dos grandes áreas de domesticación: Mesoamérica y Sudamérica (Bascur y Tay, 2005)

El frijol es la leguminosa más cultivada a nivel mundial. En el 2010 la producción mundial de esta leguminosa alcanzó el nivel récord de 23.2 millones de toneladas, y los rendimientos medios alcanzaron un promedio de 0.78 toneladas por hectárea. Brasil, Myanmar, India y China destacan en la producción de frijol y aportan en conjunto el 54.4% de la oferta mundial (FIRA, 2012)

Según el MAGFOR (2012), el área sembrada de frijol en Nicaragua en el año 2012 fue de 276,824.24 hectáreas, con una producción total de 245,330,010 kg con rendimientos de 886.23 kg ha⁻¹. La cantidad anterior fue obtenida principalmente por pequeños y medianos productores que se dedican a este rubro.

El IICA (citado por Vallejos y Martínez, 2005) reporta que en Nicaragua solo el 13% de los productores de frijol utilizan semilla mejorada y el 85% semilla criolla, las razones de lo anterior son la falta de semilla certificada y alto costo de adquisición. Esto hace que la producción de frijol dependa, en gran medida, de la semilla de variedades criollas o acriolladas en manos de los agricultores de recursos limitados.

Según el inventario nacional de variedades criollas y acriolladas de frijol común, realizado por el Programa Campesino a Campesino en el 2006, existen unas 141 variedades entre criollas y acriolladas. Estas variedades pueden ser una alternativa para la adaptación de los cultivos a diferentes adversidades, ya sean sequías, exceso de lluvia, plagas, enfermedades, suelos pobres u otros problemas. El uso de variedades con una buena adaptación podría contribuir a la estabilidad productiva, a la seguridad y soberanía alimentaria del país (PCaC, 2007)

La diversidad genética entre y dentro de las poblaciones criollas la convierten en una fuente invaluable y con potencial para donar genes para el desarrollo y el mantenimiento de variedades y para el uso directo por los agricultores (Soleri y Smith, 1995)

Dada la importancia del cultivo del frijol es necesario conocer mejor estos valiosos recursos fitogenéticos. Un paso inicial en este sentido es la caracterización y evaluación agromorfológica de los mismos. La información básica obtenida mediante el proceso de caracterización y evaluación, es además, esencial para la protección de las variedades criollas y acriolladas y para realizar trámites de indicaciones geográficas o denominaciones de origen (IICA, 2011)

La diversidad de variedades criollas y acriolladas de frijol en el país es amplia, sin embargo, la información sobre ellas no es completa sobre todo en el marco del cambio climático en el que además, de las características relacionadas con la productividad bajo condiciones agronómicas favorables, se debe prestar atención a características que permitan la adaptabilidad de las variedades en general a las cambiantes condiciones ambientales (Mercer y Perales, 2010)

Dichas condiciones ambientales provocan respuestas diferenciales en materiales de distinto origen. Por ese motivo los estudios de la interacción genotipo-ambiente ($G \times A$) y la estabilidad fenotípica resultan de especial interés en el mejoramiento genético de las especies vegetales. La evaluación de variedades en diferentes localidades es una importante opción para estimar las respuestas genotípicas diferenciales a variadas condiciones ambientales, y de esta forma, estimar la interacción genotipo-ambiente (Aulicino *et al.*, 2000)

Se considera que la caracterización y evaluación de las variedades criollas y acriolladas de frijol son herramientas de vital importancia, debido a que ello permitirá identificar y valorar estas variedades para crear estrategias que permitan un mejor uso y manejo de las mismas.

De igual manera es de importancia el estudio de la adaptabilidad y estabilidad de estos materiales de frijol, ya que tienen potencial para contribuir al aumento de la productividad de los pequeños productores bajo las cambiantes condiciones ambientales y con ello contribuir al bienestar económico y a la seguridad y soberanía alimentaria de las familias campesinas.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Contribuir a un mayor conocimiento de las variedades criollas y acriolladas de frijol común para un mejor manejo y utilización de las mismas en fincas de agricultores de recursos limitados.

2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar y evaluar, preliminarmente, en base a características agromorfológicas tres variedades criollas o acriolladas y una mejorada de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en cuatro localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa, en el ciclo agrícola de postrera de 2012.
2. Determinar la adaptabilidad en base al rendimiento de grano de tres variedades criollas o acriolladas y una mejorada de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en las condiciones edafoclimáticas y de manejo predominantes en cuatro localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa, en el ciclo agrícola de postrera de 2012.

Hipótesis

H₀: La variabilidad fenotípica presente en las cuatro variedades en estudio es similar.

H₀: Las cuatro variedades en estudio presentan una adaptabilidad y estabilidad del rendimiento de grano similar bajo las condiciones ambientales y de manejo de las localidades en estudio.

Como hipótesis alternativas a las dos anteriores se planteó lo siguiente:

H_a: La variabilidad fenotípica presente en las cuatro variedades en estudio es diferente.

H_a: Las cuatro variedades en estudio presentan una adaptabilidad y estabilidad del rendimiento de grano diferente bajo las condiciones ambientales y de manejo de las localidades en estudio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y fechas del estudio

El experimento se realizó en las localidades El Corozo, El Carrizal, Susulí Arriba y Piedra Colorada localizadas en el municipio de San Dionisio del departamento de Matagalpa. La ubicación geográfica y algunas características físicas de las localidades antes mencionadas se describen en el Cuadro 1 y figura 1.

Cuadro 1. Características físicas y geográficas de las cuatro localidades donde se establecieron los ensayos de variedades criollas y acriolladas de frijol común en San Dionisio, Matagalpa, postrera 2012

Localidad	Fecha Siembra	Altitud (m)	Drenaje	Profundidad del Suelo (cm)	pH
El Corozo	09 Sep	480	Moderado	18	7
Susuli Arriba	18 Sep	806	Bueno	30	7
Piedra Colorada	08 Oct	860	Bueno	15	7
El Carrizal	16 Sep	700	Moderado	20	7

En todas las localidades descritas en el Cuadro 1 la siembra se realizó al espeque, donde los suelos son franco arcillosos con un pH de 7.0.

En general, las precipitaciones registradas en el municipio de San Dionisio durante el ciclo agrícola de postrera del 2012 fueron adecuadas para el cultivo del frijol (Tapia y Camacho, 1988). Aunque en algunas localidades no fue posible registrar todas las precipitaciones ocurridas durante el período que duró el ensayo de campo, con excepción de El Carrizal donde sí se registraron todas las precipitaciones en los meses que duró el experimento (Figura 1).

Las precipitaciones se distribuyeron uniforme en los meses de septiembre y octubre con un incremento en el mes de octubre y reduciendo la cantidad de lluvia en los meses de noviembre y diciembre, lo que evidencia la salida de la temporada lluviosa.

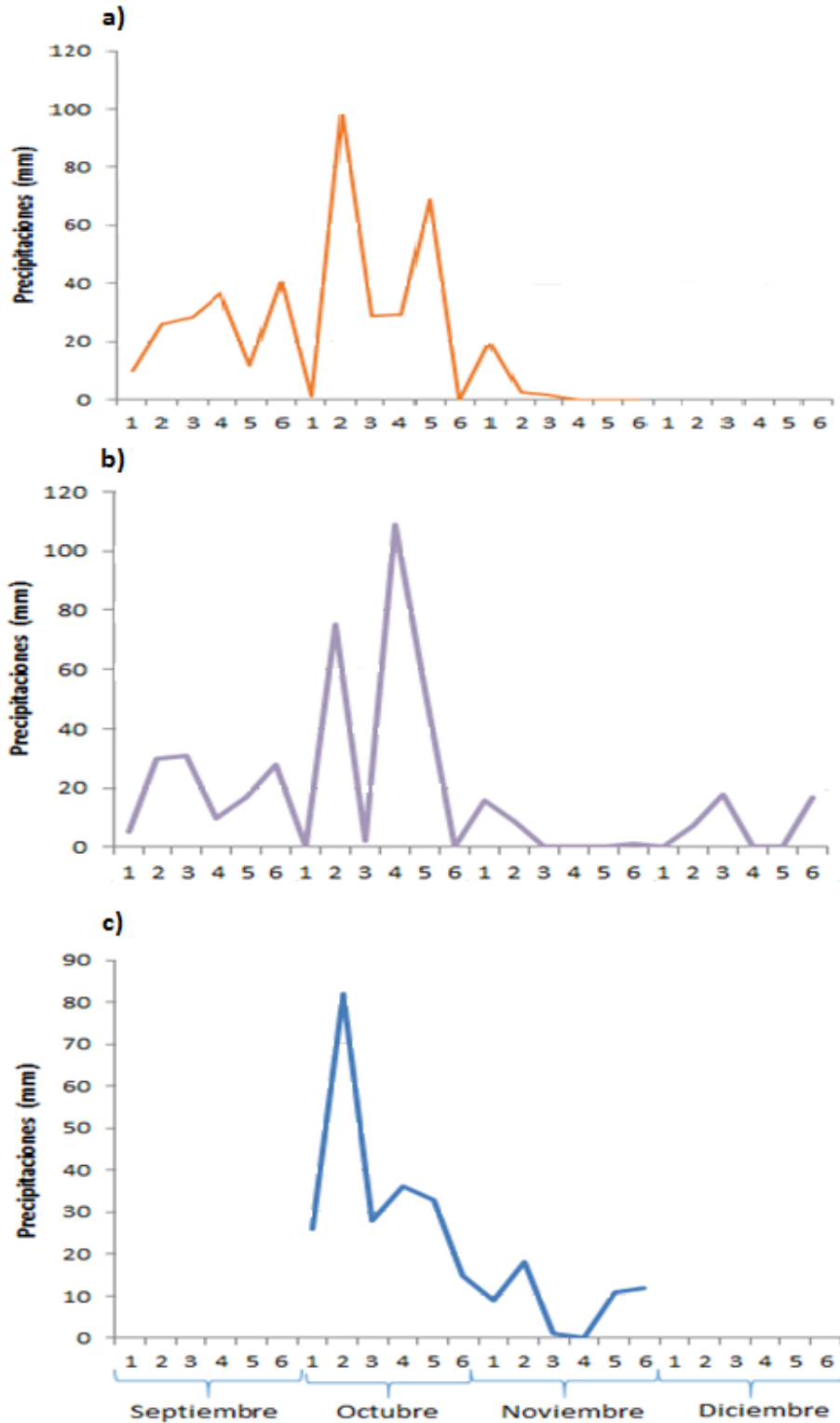


Figura 1. Distribución de las precipitaciones (mm) en pentadas registradas durante el ensayo en las localidades El Corozo (a), El Carrizal (b) y Susulí Arriba (c), en San Dionisio, Matagalpa, 2012

3.2 Diseño metodológico

En este ensayo se evaluaron cuatro variedades: Rojo Claro, H-Vaina blanca, H-Vaina roja (criollas o acriolladas) e INTA Rojo (variedad mejorada), las que fueron establecidas en una sola repetición por localidad en época de postrera. Las características agronómicas de las variedades que se utilizaron se describen en el Cuadro 2.

Se entiende por variedades criollas aquellas semillas que se conocen desde siempre en la comunidad, cultivadas y manejadas de generación en generación y variedades acriolladas a las variedades mejoradas que llegaron a la comunidad desde hace 25 o 30 años, que se han adaptado a las condiciones ambientales, a los gustos locales y se comercializan con facilidad en el mercado (PCaC, 2011). Por otro lado, por variedades mejoradas se conocen aquellas que han sido obtenidas por cualquier método de mejoramiento convencional son la que se siembran actualmente.

Cuadro 2. Características agromorfológicas de las variedades criollas o acriolladas de frijol común evaluadas en cuatro localidades del municipio de San Dionisio Matagalpa, postrera 2012

Variedad	Característica
H-Vaina-roja	Días a emergencia: 4 Días a floración:30 Días a madurez fisiológica: 96 Resistencia a sequía: media Resistencia a plagas y enfermedades: media Adaptación a manejo orgánico: buena Color de la semilla: Rojo quemado Color de la vaina camagua: Rojo
INTA Rojo	Tipo de crecimiento: Arbustivo indeterminado guía corta Días a floración: 33-35 Días a maduración fisiológica:63-65 Días a cosecha: 75-78 Color del grano y testa: Rojo brillante Reacción a enfermedades Mosaico dorado: Resistente Mosaico común: Resistente Bacteriosis: Susceptible Mancha angular: Susceptible Roya: Tolerante Reacción a sequía: Tolerante Reacción a alta temperatura: Tolerante
H-Vaina blanca	SIN INFORMACION
Rojo Claro	SIN INFORMACION

3.3 Tamaño de las unidades experimentales

Para el establecimiento en campo de las variedades antes mencionadas se utilizaron parcelas con dimensiones de 5 metros de ancho por 10 metros de largo, tomando como parcela útil los 5 surcos centrales de 5 metros de largo cada uno. Las distancias de siembra fueron de cincuenta centímetros entre surco y treinta centímetros entre golpe sembrando dos semillas por golpe.

3.4 Manejo del ensayo

Este fue un trabajo de investigación participativa que se llevó a cabo con los productores, quienes seleccionaron las variedades y localidades a evaluar. El manejo del ensayo se hizo bajo las directrices de SWISSAID, lo que significó el no uso de insumos.

En los acápite siguientes se describen las principales actividades llevadas a cabo por los agricultores en los ensayos realizados.

3.4.1 Preparación del suelo

Consistió únicamente en la limpieza manual utilizando machete (chapoda), y posteriormente realizar la delimitación en el área del ensayo, para definir las medidas de cada parcela.

3.4.2 Siembra

La siembra se realizó en la época de postrera en las fechas descritas en el Cuadro 1, al espeque, sembrando dos semillas por golpe cada 30 cm.

3.4.3 Control de malezas

Se realizó utilizando azadones y machetes durante los primeros 30 días después de la siembra.

3.4.4 Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas y enfermedades no se aplicó ninguna medida.

3.4.5 Cosecha

Se realizó después que las plantas alcanzaron la madurez fisiológica, cuando se observó un 90% de defoliación.

3.5 Variables evaluadas

En este ensayo las variables cualitativas se calificaron de manera visual y con el cuadro de colores mostrado en los descriptores varietales del cultivo del frijol según Muñoz *et al.*, (1993). El tamaño de la muestra para todas las variables cualitativas fue de 5 plantas por surcos de cada uno de los 5 surcos centrales de la parcela útil para un tamaño de muestra de 25 plantas por variedad por localidad. En el caso de las variables cuantitativas el tamaño de muestra varió dependiendo de la variable evaluada, por lo que se describe al momento de especificar cómo se midió cada una de ellas.

a. En estado de plántula

Días a emergencia: Este parámetro se realizó contabilizando el número de días transcurridos desde la siembra de la semilla hasta el momento en que emergió el 50% de las plantas.

Color de los cotiledones: El color de los cotiledones se determinó al momento de máxima expansión de las hojas primarias y cuando inicio la formación del primer trifolio, esta variable se calificó de acuerdo a los estados siguientes:

1. Amarillo pálido
2. Rosado
3. Café rojizo
4. Morado
5. Amarillo con pigmentos rosado
6. Verde con pigmento morado
7. Verde
8. Amarillo con pigmento café rojizo

Color predominante del hipocotilo: El hipocotilo es la parte del tallo comprendida entre el punto de inserción de los cotiledones y el punto de iniciación de la raíz principal. Esta variable fue registrada cuando se hizo la evaluación de los cotiledones y se calificó según los estados siguientes:

1. Verde
2. Rosado
3. Morado
4. Café rojizo
5. Café
6. Verde con pigmentos café

b. Al momento de la floración

Color del tallo principal: La coloración del tallo principal depende de la parte de la planta, el estado de crecimiento de la misma, la variedad y de las condiciones ambientales como la sequía o la luz. Esta variable se registró en la fase vegetativa V₄, observando el tercer entrenudo de la planta debajo del punto de inserción de la segunda hoja trifoliolada y se calificó de acuerdo a los estados siguientes:

1. Verde
2. Verde con pigmento rosado
3. Verde con pigmento morado
4. Verde muy pigmentado de rosado
5. Verde muy pigmentado de morado

Días a floración: Se determinó como el número de días que transcurrieron desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presentaron una o más flores abiertas. Esta variable fue evaluada a inicio de la etapa de desarrollo R₆.

Hábito de crecimiento: El hábito de crecimiento está determinado por el genotipo e influenciado por los factores ambientales. Esta variable se evaluó de forma visual al momento de la floración y estos pueden ser:

- I. Arbustivo determinado
- II. Arbustivo indeterminado
- III. Postrado indeterminado
- IV. Trepador indeterminado

Color de la flor: Esta variable se determinó de forma visual, cuando la población ya tenía el 50% de floración, tomando siempre una flor del racimo floral del cuarto nudo, considerando como nudo número uno el correspondiente al nudo cotiledóneo; la coloración puede ser uniforme o variable por las diferentes intensidades del mismo color o de otros colores. El color de la flor se calificó según los estados siguientes:

1. Blanco
2. Blanco con pigmento crema
3. Rosado
4. Lila
5. Morado
6. Blanco con pigmento rosado
7. Blanco con pigmentos café rojizo

Tamaño de la hoja trifoliolada

- a. *Longitud de hoja*: La longitud de hoja se midió en centímetros en el envés del foliolo central de la hoja trifoliolada del tercer nudo, desde el punto de inserción de la lámina foliar en el peciolo hasta el ápice de foliolo, esta variable se tomó a los 35 días de siembra, entrando a la etapa de floración. El tamaño de muestra para esta variable fue de 25 plantas.
- b. *Ancho de la hoja*: Se evaluó sobre el mismo foliolo evaluado anteriormente y es la distancia que va de borde a borde en el punto donde el foliolo central es más amplio.

Área foliar: Es el resultado de multiplicar la longitud por el ancho de la hoja por un factor de corrección estimado en 0.75 (Muñoz *et al.*, 1993)

c. Al momento de la madurez fisiológica

Número de días a madurez fisiológica: Esta variable se registró contabilizando el número de días desde la siembra hasta cuando al menos la mitad de las plantas inician el cambio de color de las vainas.

Color de la vaina: para determinar esta variable se seleccionaron dos vainas de la parte central de cada planta muestreada. Para evaluar el color de las vainas se utilizaron los estados siguientes:

1. Verde
2. Rosado
3. Rojo
4. Verde rosado
5. Blanco crema
6. Verde amarillo
7. Morado café
8. Amarillo rosado

Daño por plagas y enfermedades de frijol: Las enfermedades y plagas que afectan las hojas, las vainas, los tallos y las raíces del frijol se manifiestan en cuanto lo permita la constitución genética de la planta y el ambiente en el que ésta se encuentra. Esta variable se evaluó a nivel de parcela útil, tomando cinco plantas por surco de cada variedad para una muestra total de 25 plantas, observando cada una de estas plantas para verificar si presentaban insectos dañinos o daños por estos, de igual manera se procedió para evaluar el daño por enfermedades.

d. Al momento de la cosecha

Plantas de la parcela útil: Es el número de plantas recolectadas en la parcela útil al momento de la cosecha.

Forma de la vaina: Al secarse una vaina, su perfil adquiere formas diferentes según la variedad, este parámetro se calificó visualmente según los estados que se muestran en la figura siguiente:

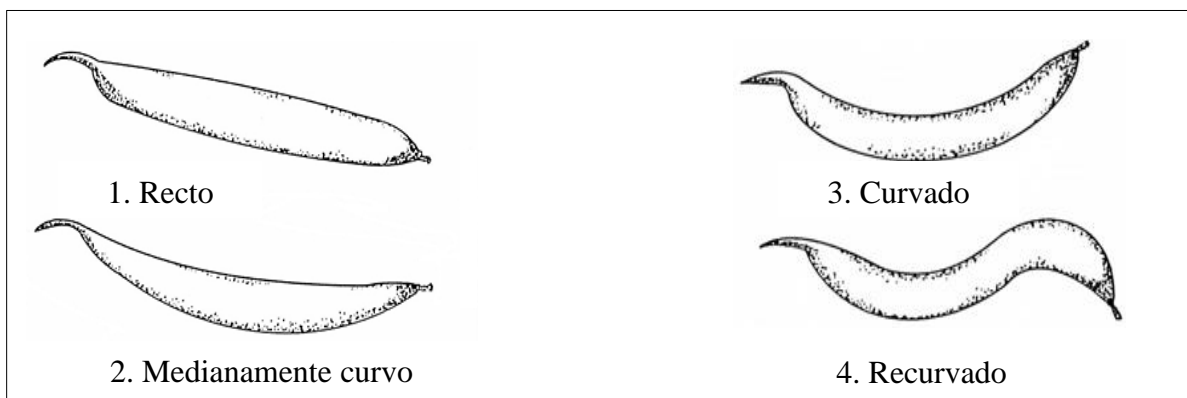


Figura 2. Estados de la vaina para determinar su forma predominante

Forma predominante del ápice de la vaina: Esta variable se evaluó de forma visual calificando según la forma que presentaba el ápice de la vaina. Esta variable fue registrada según la figura que se muestra a continuación en:

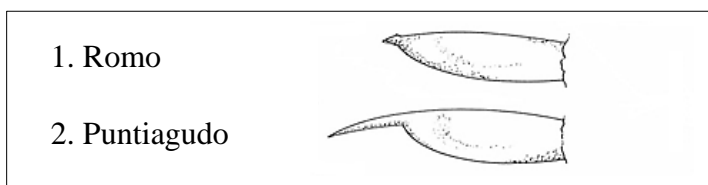


Figura 3. Estados para calificar la forma predominante del ápice de la vaina

Grado de curvatura del ápice de la vaina: La calificación de este parámetro se realizó visualmente al momento de la cosecha. La curvatura del ápice de la vaina se calificó utilizando los estados que se observan en la figura siguiente:

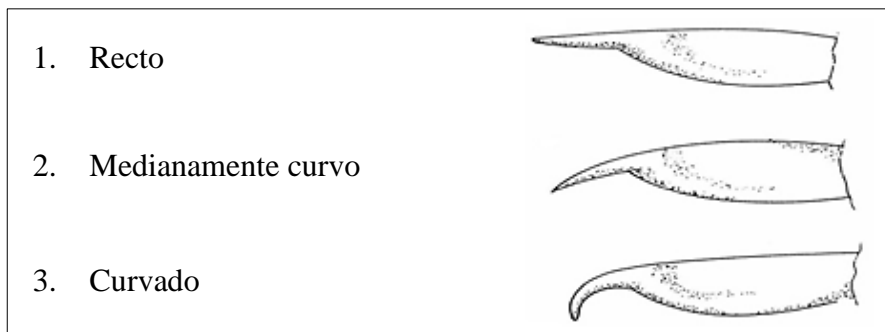


Figura 4. Estados para calificar el grado de curvatura del ápice de la vaina

Dirección predominante de la curvatura del ápice de la vaina con respecto a la sutura placentar: La dirección de la curvatura del ápice de la vaina respecto a la sutura placentar, se calificó según los estados que se presentan en la figura siguiente:

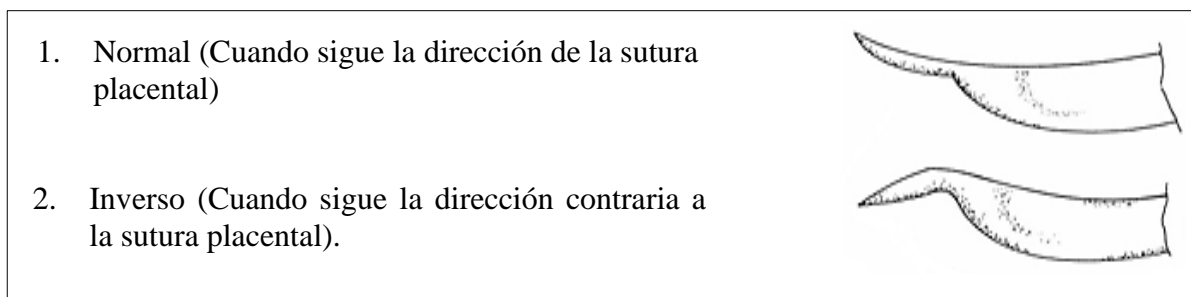


Figura 5. Dirección de la curvatura del ápice de la vaina con respecto a la sutura

Número de vainas por planta: Se contabilizaron las vainas que por lo menos presentaban una semilla viable, tomando como muestra 25 plantas de la parcela útil por variedad en cada finca.

Número de granos por vaina: Para determinar el número de granos por vaina se usaron las mismas 25 plantas de la variable anterior, seleccionando dos vainas por cada planta y se contó el número de granos por cada vaina para luego sacar un promedio de esta variable.

Longitud de la vaina: Para medir la longitud de la vaina se utilizaron 25 plantas, tomando las dos vainas de la variable anterior, y se midió en centímetros desde su inserción en el pedicelo hasta el extremo libre del ápice para luego sacar un promedio de la longitud de la vaina.

Color primario de la semilla: este parámetro se determinó cuando la semilla estaba seca y recién cosechada. El color primario de la semilla se calificó de acuerdo al cuadro de colores, de los descriptores varietales propuesto por Muñoz *et al.*, (1993) (Anexo 2); estos pueden ser:

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1. Blanco limpio | 10. Rojo oscuro |
| 2. Blanco sucio | 11. Café casi-verde |
| 3. Amarillo | 12. Rosado |
| 4. Amarillo dorado | 13. Rojo |
| 5. Amarillo azufrado | 14. Morado |
| 6. Crema suave | 15. Negro |
| 7. Crema oscuro | 16. Gris |
| 8. Café | 17. Azul |
| 9. Rojo oscuro claro | 18. Verde |

Forma de la semilla: Las semillas se observaron de forma longitudinal, comparando con los ejemplos encontrados en los descriptores varietales Se determinó así cualquier similitud en sus formas y se calificó según se muestra en la figura como:

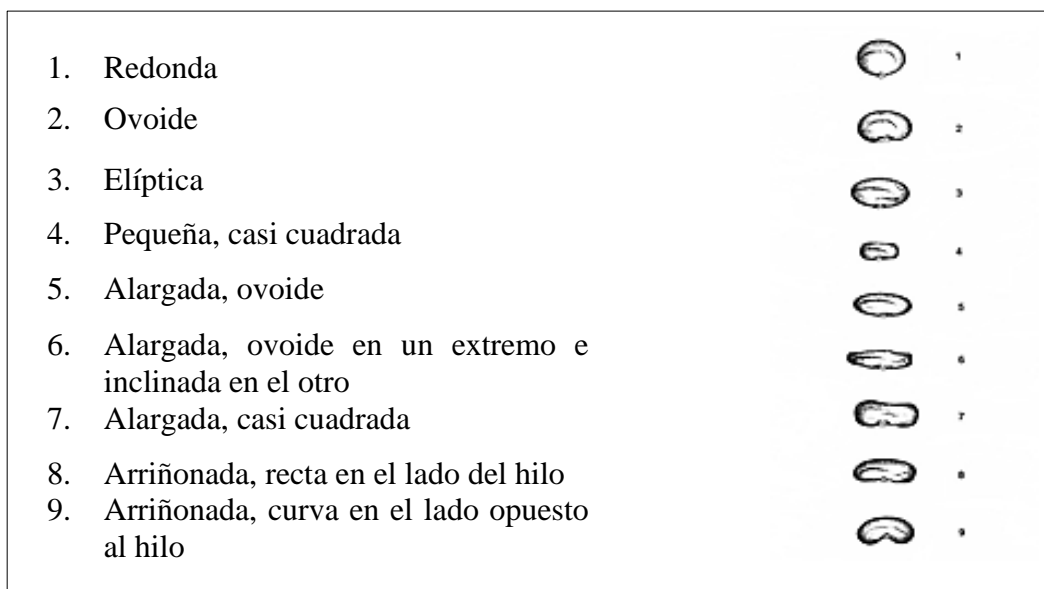


Figura 6. Diferentes formas que puede presentar la semilla de frijol según los descriptores varietales

Brillo de la semilla: Se observaron las semillas muestreadas anteriormente para el color y forma de la semilla y se registró el brillo de la semilla (Anexo 2); de acuerdo a los descriptores varietales de Muñoz *et al.*, (1993), en:

1. Opaco
2. Intermedio
3. Brillante

Rendimiento de la parcela útil: Al momento de la cosecha se registró el rendimiento obtenido de la parcela útil por variedad en cada localidad. Para esto se aporrearón todas las plantas cosechadas de la parcela útil y se pesó con una balanza la cantidad de granos obtenidos utilizando el gramo como unidad de medida. Posteriormente se ajustó el rendimiento del grano a un 14 % de humedad, para luego convertirlo a kilogramos por hectárea. El ajuste del rendimiento del grano se realizó con la fórmula propuesta por CIAT (1991), la cual se describe a continuación.

$$R = P_1 \frac{(100 - \%H)}{86}$$

R= Rendimiento del grano de frijol

P₁= Peso inicial de la muestra de grano con la humedad de la cosecha

%H= Porcentaje de humedad de cosecha del grano determinado con un determinador de humedad portátil (Dickey John; Multi-Grain),

86 = Resultado de restarle 14% de ajuste al 100% de humedad

Peso de 1000 semillas: Se determinó en el laboratorio con la balanza electrónica a una precisión de 0.1g. Se utilizaron cuatro repeticiones de 100 semillas cada una por variedad y se procedió posteriormente a pesar cada repetición en la balanza para obtener el peso en gramos de cada muestra. Posteriormente se calculó el peso de 1000 semillas multiplicando la media por 10 (ISTA, 1996)

3.6 Análisis de datos

Para los datos cuantitativos el análisis de la información se realizó mediante el uso de estadísticas descriptivas (media, desviación estándar, coeficiente de variación). Para los datos cualitativos el análisis fue a través de conteos (frecuencias absolutas). El análisis de adaptabilidad se hizo por medio del modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI), el que se describe a continuación:

Fórmula del modelo AMMI

$$y_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum \lambda_n \tau_{gn} \delta_{en} + \theta_{ge}$$

Dónde:

y_{ge} : Es el rendimiento de las variedades en cada ambiente

Los parámetros aditivos son:

μ : Es la media general.

α_g : Efecto principal debido a la variedad.

β_e : Efecto principal debido a la localidad.

Los parámetros multiplicativos son:

λ_n : es el auto valor del eje n del análisis de componentes principales.

τ_{gn} ; δ_{en} : Son los vectores propios unitarios de las variedades y localidades, respectivamente, asociados al PCA

θ_{ge} : Error

Los programas de computación utilizados fueron Excel (Microsoft, 2007) y JMP 10 (Instituto SAS, 1980)

Para este trabajo se consideraron las medidas de tendencia descritas por Walpolt *et al.*, (1999), las cuales se describen a continuación:

Media: Es la suma de todos los valores de la variable dividida entre el número total de elementos, la cual se representa por la formula siguiente:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Varianza: es el promedio de los cuadrados de las desviaciones de las observaciones de su media, considera la posición de cada observación en relación con la media de la muestra. Se define con la estadística:

$$S^2 = \frac{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}{n}$$

Desviación estándar: es la raíz cuadrada positiva de la varianza de la muestra, la cual mide cuanto se separan los datos y se representa por la formula

$$S = \sqrt{S^2}$$

Coefficiente de variación: es la relación entre la desviación estándar de una muestra y su media el cual se expresa en porcentaje.

$$C.V. = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis general de las condiciones agroclimáticas y de manejo agronómico de los ensayos

Al analizar la información descrita en el Cuadro 1 se observa que las localidades se encontraban a una altitud entre los 480 a 860 m, suelos de profundidad de 15 a 30 cm, con pH de 7 y drenaje de bueno a moderado, con respecto a las precipitaciones durante el ensayo (figura 1) fueron de 277 a 428 mm. Estas características físicas de las localidades donde se establecieron los ensayos van de buenas a óptimas para el cultivo del frijol con excepción de la profundidad de suelo la cual es marginal para este cultivo según el rango de adaptación y zonificación ecológica (Tapia y Camacho, 1988). De acuerdo a este autor, alturas de 200 a 800 m, precipitaciones acumuladas entre 200 y 700 mm, suelos de textura franco o franco arcillosa, drenaje de moderado a bueno y un pH de 6.0 a 6.5, son los valores requeridos para que el frijol presente una buena adaptabilidad medida mediante la capacidad de producción por unidad de superficie. Esto último, no se verificó en las variedades estudiadas, porque presentaron un bajo rendimiento debido en parte al manejo agronómico, y una reducción poblacional observada. El rango de plantas dentro de las parcelas útiles osciló entre 82 y 102 plantas; presentaron un resultado menor al esperado de 167 plantas. Como se mencionó en la metodología el manejo agronómico se realizó sin un control adecuado de plagas, sin fertilización ni control adecuado de malezas, lo que pudo influir en el rendimiento de grano de las variedades.

4.2 Comportamiento de las plagas y enfermedades durante el ensayo

Entre las plagas y enfermedades que afectan el cultivo del frijol común, en los ensayos realizados en las cuatro localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa, únicamente se registró la presencia de tres plagas y tres enfermedades de importancia económica (Cuadro 3).

Se encontró daños por las plagas registradas en las cuatro localidades y en todas las variedades estudiadas, se observa que *Diabrotica sp* se encontró en casi todas las localidades, *Bemisia tabaci* sin embargo, solo se encontró en la localidad de Piedra Colorada al igual que la babosa (*Sarasinula plebeia*) que solo se encontró en la localidad de El Carrizal causando daños a las variedades INTA rojo y H- Vaina blanca, lo que ocasionó la pérdida total de la parcela experimental de la variedad INTA Rojo. Como se mencionó en la sección de materiales y métodos, los productores no ejercieron ningún tipo de manejo de las plagas presentes en el ensayo. A pesar de lo anterior las variedades se comportaron de forma consistentes, es decir, aun con la presencia de plagas y patógenos y sin ningún tipo de protección y fertilización, fueron capaces de producir algo aunque sea de forma módica. Esta característica, principalmente de las variedades criollas, fue enfatizado por Tapia y Camacho (1988).

Los resultados del daño por enfermedades mostraron un patrón similar al de plagas, ya que en la mayoría de las localidades se presentaron plantas enfermedades sin embargo el número de esta fue bajo con excepción del daño por roya (*Uromyces appendiculatus*) que se apreció fuertemente en la localidad de Susuli Arriba en todas las variedades. De igual manera se observan resultados similares en la enfermedad antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en la localidad de El Corozo (Cuadro 3). La causa de los daños de estas enfermedades, pudo deberse a que estos hongos tiene la capacidad de sobrevivir por mucho tiempo en restos de cosechas o malezas, de las que pudieron trasmitirse a las parcelas, ya que éstos presenta diseminación muy rápida por el viento y otros factores IICA (2008). Estas enfermedades son importantes en el cultivo de frijol tal lo menciona Tapia y Camacho (1988), quienes aseguran que estas enfermedades reducen el rendimiento del frijol.

En el Cuadro 3 se muestran las plagas, y enfermedades encontradas en las parcelas experimentales para las cuatro localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa, donde se evaluaron las variedades en estudio.

Cuadro 3. Frecuencia del daño ocasionado por plagas y enfermedades que se presentaron en los ensayos en las diferentes localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa, postrera, 2012

Categoría		PLAGAS						ENFERMEDADES					
		<i>Sarasinula plebeia</i>		<i>Diabrotica sp</i>		<i>Bemisia tabaci</i>		<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>		<i>Uromyces appendiculatus</i>		<i>Xanthomonas campestris</i>	
Localidad	Variedad	Sin Daños	Con Daños	Sin Daños	Con Daños	Sin Daños	Con Daños	Sanas	Enfermas	Sanas	Enfermas	Sanas	Enfermas
SUSULI	HVB	25	0	15	10	25	0	25	0	14	11	25	0
	HVR	25	0	25	0	25	0	25	0	3	22	25	0
ARRIBA	INTA ROJO	25	0	2	23	25	0	25	0	0	25	25	0
	ROJO CLARO	25	0	11	14	25	0	25	0	7	16	25	0
EL COROZO	HVB	25	0	0	0	25	0	6	19	25	0	25	0
	HVR	25	0	25	0	25	0	10	15	25	0	25	0
	INTA ROJO	25	0	25	0	25	0	8	17	25	0	25	0
	ROJO CLARO	25	0	25	0	25	0	14	11	25	0	25	0
EL CARRIZAL	HVB	0	25	14	11	25	0	25	0	25	0	25	0
	HVR	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0
PIEDRA	INTA ROJO	0	25	14	11	25	0	25	0	25	0	25	0
	ROJO CLARO	25	0	0	0	25	0	0	0	25	0	25	0
COLORADA	HVB	25	0	0	0	25	0	25	0	25	0	25	0
	HVR	25	0	7	18	22	3	25	0	9	16	25	0
COLORADA	INTA ROJO	25	0	0	0	25	0	25	0	25	0	25	0
	ROJO CLARO	25	0	5	20	18	7	25	0	4	21	8	17

HVB= H-Vaina blanca; **HVR**= H-Vaina roja.

4.3 Comportamiento de las variables cuantitativas de cuatro variedades de frijol común sometidas a estudio en San Dionisio, Matagalpa.

El cuadro 4 muestra el análisis de los datos de las variables cuantitativas de las variedades evaluadas y la variabilidad que presentaron en las cuatro localidades donde se establecieron.

Cuadro 4. Medidas de tendencias central y de dispersión de las variables cuantitativas en cuatro variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) evaluadas en cuatro localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa, postrera, 2012

Variable	Estadísticas	VARIEDADES			
		H-Vaina blanca	H-Vaina roja	INTA Rojo	Rojo Claro
Largo de la hoja (cm)	Media	8.44	8.54	7.45	6.42
	D.E.	1.62	1.38	0.78	1.95
	Varianza	2.61	1.90	0.61	3.80
	CV	19.15	16.14	10.45	30.33
	Mín	6.67	7.80	6.60	3.68
	Máx	10.56	10.61	8.12	7.93
Ancho de la hoja (cm)	Media	7.03	6.35	6.37	5.01
	D.E.	1.73	1.08	0.54	1.45
	Varianza	2.98	1.16	0.29	2.10
	CV	24.57	16.99	8.47	28.89
	Mín	5.03	5.70	5.80	2.92
	Máx	9.24	7.96	6.87	6.26
Area foliar (cm²)	Media	48.3	42.45	36.89	26.06
	D.E.	22.47	42.45	7.09	12.22
	Varianza	504.77	211.78	50.25	149.32
	CV	46.51	34.28	19.21	46.90
	Mín	26.31	34.26	28.82	8.70
	Máx	79.50	64.25	42.10	36.30
Días a floración	Media	39.75	39.75	41.00	39.75
	D.E.	3.86	3.86	3.61	3.86
	Varianza	14.92	14.92	13.00	14.92
	CV	9.72	9.72	8.79	9.72
	Mín	36.00	36.00	38.00	36.00
	Máx	45.00	45.00	45.00	45.00
Altura de la planta (cm)	Media	45.55	39.61	29.43	41.08
	D.E.	31.18	16.35	2.64	10.77
	Varianza	972.38	267.18	6.98	115.91
	CV	68.46	41.27	8.98	26.21
	Mín	28.38	19.28	26.40	31.40
	Máx	92.28	54.93	31.28	55.32
Días a madurez fisiológica	Media	59.5	59.50	59.67	59.50
	D.E.	1.00	1.00	1.15	1.00
	Varianza	1.00	1.00	1.33	1.00
	CV	1.68	1.68	1.94	1.68
	Mín	59.00	59.00	59.00	59.00
	Máx	61.00	61.00	61.00	61.00
Número de vainas por planta	Media	4.87	3.28	3.61	3.72
	D.E.	4.83	1.56	1.89	1.02
	Varianza	23.34	2.43	3.57	1.05
	CV	99.21	47.51	52.30	27.50
	Mín	1.16	1.48	2.20	2.36
	Máx	11.96	4.96	5.76	4.76

Cuadro 4 Continuación...

Variables	Estadísticas	VARIEDADES			
		H- Vaina blanca	H-Vaina roja	INTA Rojo	Rojo Claro
Número de granos por vaina	Media	4.46	3.84	4.53	4.17
	D.E.	1.99	1.05	1.19	0.46
	Varianza	3.96	1.10	1.42	0.21
	CV	44.69	27.29	26.36	10.95
	Mín	1.76	2.38	3.56	3.66
	Máx	6.52	4.78	5.86	4.58
Longitud de la vaina (cm)	Media	8.8	9.14	9.39	8.55
	D.E.	2.38	2.79	1.06	1.11
	Varianza	5.65	7.76	1.12	1.22
	CV	27.02	30.49	11.25	12.94
	Mín	5.38	5.02	8.28	7.24
	Máx	10.47	11.18	10.39	9.53
Días a cosecha	Media	72.5	72.00	71.67	72.00
	D.E.	6.24	6.58	7.02	6.58
	Varianza	39	43.33	49.33	43.33
	CV	8.61	9.14	9.80	9.14
	Mín	65.00	65.00	65.00	65.00
	Máx	79	79.00	79.00	79.00
Número de plantas de la parcela útil	Media	81.75	96.75	94.00	101.75
	D.E.	49.92	16.34	41.51	31.98
	Varianza	2492.25	266.92	1723.00	1022.92
	CV	61.07	16.89	44.16	31.43
	Mín	18.00	83.00	52.00	58.00
	Máx	123.00	117.00	135.00	128.00
Rendimiento (Kg/ha)	Media	227.13	234.98	183.27	196.98
	D.E.	257.70	251.36	134.96	175.96
	Varianza	66411.47	63182.66	18213.49	30960.98
	CV	113.46	106.97	73.64	89.33
	Mín	20.00	4.50	62.60	42.10
	Máx	601.90	570.30	329.00	433.30
Peso de 1000 semillas (g)	Media	232.33	234.83	243.43	208.23
	D.E.	43.03	37.79	13.72	8.76
	Varianza	1851.62	1428.08	188.16	76.69
	CV	18.52	16.09	5.63	4.21
	Mín	196.80	193.00	228.80	200.50
	Máx	294.50	266.50	256.00	218.30

D.E= desviación estándar; *CV*= coeficiente de variación; *Min*= mínimo; *Max*= máximo

Los valores promedios para los caracteres cuantitativos presentaron una gran variabilidad en las diferentes localidades para las variables área foliar, altura de la planta, número de plantas de la parcela útil, número de vainas por planta, número de granos por vaina y rendimiento ya que presentaron coeficientes de variación mayores de veinte a excepción de las variables días a floración, días a madurez fisiológica y días a cosecha; que presentaron coeficientes de variación bajos (menor de 10). Esta alta variabilidad pudo deberse a las diferencias en las condiciones edafoclimáticas de las localidades donde se establecieron los ensayos ya que estas variables están altamente influenciadas por el ambiente (Martínez y Solís, 2010) y a las diferencias propias de cada variedad, ya que las variedades criollas son una mezcla de variedades con heterogeneidad genética, por lo tanto, pueden presentar diferentes grados de expresión fenotípica.

Tohme *et al.*, (1993) menciona que la variabilidad genética, es importante porque permite seleccionar una gama de individuos con caracteres de interés para productores y consumidores.

Una variable que se vio fuertemente afectada fue el número de plantas a la cosecha de la parcela útil. Se apreció en campo una reducción en el número de plantas, se esperaba una población de 167 plantas por parcela útil sin embargo el número de plantas a la cosecha fue bajo (valores promedios de 82 y 102 en un área de 12.5 m²). Estos valores convertidos a una hectárea son 65,600 y 81,600 plantas ha⁻¹, siendo lo recomendado para una hectárea 275,000 plantas de frijol (DICTA y SAG, 2011), este resultado afectó el rendimiento de grano (Cuadro 4). La reducción observada pudo deberse en gran parte al manejo que se le brindó a los ensayos por parte del productor; este no fue el más adecuado durante la fase de desarrollo del cultivo por factores como calidad de la semilla, plagas y enfermedades. Al respecto CIAT (1978) menciona que el número de plantas cosechadas depende del número de semillas sembradas, la emergencia, el manejo agronómico, las condiciones ambientales existentes y la competencia entre los individuos.

4.4 Comportamiento de las variables cualitativas de cuatro variedades de frijol común sometidas a estudio en San Dionisio, Matagalpa.

Los caracteres cualitativos tienen fenotipos con diferencias claras, su base genética es muy sencilla ya que están controladas por un solo gen (aunque a veces más). El efecto del ambiente es prácticamente nulo, ósea que el genotipo condiciona totalmente el fenotipo (Martínez y Solís, 2010)

En el cuadro 5 se presenta los resultados del análisis de los datos de las variables cualitativas de las variedades evaluadas y las variaciones que presentaron en las cuatro localidades donde se establecieron.

Cuadro 5. Frecuencia de los diferentes estados de las variables cualitativas en cuatro variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) evaluadas en cuatro localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa, postrera, 2012

Localidad	Variedad	Color de los cotiledones	Color del tallo principal de la planta			Vaina			Tipo de punta de la vaina	Curvatura de la punta de la vaina			Semilla																							
			1	3	5 total	Color	Forma	1		2	3 total	1	2	3 total	Color	Forma	Brillo																			
Piedra Colorada	HVB	SD SD SD SD	0	5	20	25	0	0	0	14	14	0	14	3	11	14	0	14	0	14	0	25	0	25	9	0	16	25	0	25	25					
	HVR	SD SD SD SD	4	7	14	25	2	0	23	0	25	0	25	6	19	25	0	22	3	25	0	25	0	25	9	2	14	25	3	22	25					
	INTA ROJO	SD SD SD SD	3	0	22	25	0	2	23	0	25	8	17	0	25	6	19	25	0	20	5	25	20	3	0	25	5	0	20	25	0	25	25			
El Corozo	ROJO CLARO	4	4	2	10	0	0	25	25	1	24	0	0	25	12	13	0	25	6	19	25	0	25	0	25	3	0	22	25	4	3	18	25	0	25	25
	HVB	SD SD SD SD	0	5	0	5	3	0	0	22	25	0	25	0	25	25	0	18	7	25	0	25	0	25	7	0	18	25	3	22	25					
	HVR	SD SD SD SD	0	0	5	5	0	0	25	0	25	0	24	1	25	0	25	25	0	23	2	25	0	25	0	25	9	0	16	25	4	21	25			
	INTA ROJO	SD SD SD SD	0	0	5	5	5	0	20	0	25	0	25	0	25	25	0	22	3	25	20	5	0	25	5	0	20	25	0	25	25					
El Carrizal	ROJO CLARO	4	4	2	10	0	0	5	5	0	25	0	0	25	3	22	0	25	0	25	25	3	22	0	25	9	0	16	25	3	0	22	25	0	25	25
	HVB	SD SD SD SD	2	2	21	25	3	5	3	14	25	0	25	0	25	0	25	25	5	18	2	25	0	25	0	25	7	0	18	25	3	22	25			
	HVR	SD SD SD SD	0	0	25	25	0	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	25	3	22	0	25	0	25	0	25	11	0	14	25	6	19	25			
	INTA ROJO	SD SD SD SD	0	0	25	25	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Susuli	ROJO CLARO	4	4	2	10	0	19	6	25	0	25	0	0	25	0	22	3	25	0	25	25	25	0	0	25	9	0	16	25	3	2	20	25	0	25	25
	HVB	SD SD SD SD	9	4	12	25	0	0	0	25	25	4	21	0	25	8	17	25	25	0	0	25	0	25	0	25	9	0	16	25	5	20	25			
	HVR	SD SD SD SD	24	0	1	25	0	3	22	0	25	6	19	0	25	0	25	25	5	20	0	25	2	23	0	25	10	0	15	25	6	19	25			
Arriba	INTA ROJO	SD SD SD SD	7	0	18	25	5	0	20	0	25	1	24	0	25	8	17	25	2	23	0	25	20	5	0	25	5	0	20	25	2	23	25			
	ROJO CLARO	4	4	2	10	4	2	19	25	0	25	0	0	25	17	8	0	25	4	21	25	0	25	0	25	9	0	16	25	6	2	17	25	0	25	25

HVB= H-Vaina blanca; **HVR=** H-Vaina roja; **SD:** sin dato **Color del tallo principal:** 1: Verde, 3: Verde con pigmento morado, 5: Verde muy pigmentado de morado; **Color de la vaina:** 1:Verde, 2: Rosado, 3:Rojo, , 5:Blanco crema, ; **Forma de la vaina:** 1:Recto,2:Medianamente curvado, 3: Curvado; **Tipo de punta de la vaina:** 1:Romo, 2:Puntiagudo; **Curvatura de la punta de la vaina:** 1:Recto, 2:Medianamente curvado, 3:Curvado; ; **Color primario de la semilla:** 9: Rojo oscuro claro, 10: Rojo oscuro, 13: Rojo; **Forma de la semilla:** 5: Alargada, ovoide, 7:Alargada, casi cuadrada, 8: Arriñonada, recta en el lado del hilo; **Brillo de la semilla:**2: intermedio, 3. Brillante

Se puede observar que cada descriptor o variable presentó más de un estado.

En general, las variedades sometidas al estudio presentaron: color del tallo principal verde muy pigmentado de morado (5), flor blanca (1) sin variaciones en ninguna variedad, Vainas de color rojo (3) a excepción de la variedad H-Vaina blanca que presentó vainas de color blanco crema (5). En cuanto a la forma de la vaina y curvatura de la punta de la vaina presentaron formas medianamente curvada (2), con ápice puntiagudo (2). En la semilla los estados predominantes fueron color rojo oscuro claro (9), y rojo oscuro (10), forma arriñonada recta en el lado del hilo (8) y brillante (3).

Esta variación en los diferentes estados se debe posiblemente a que las variedades criollas son una mezcla de líneas lo que hace que presenten heterogeneidad entre ellas mismas, lo que se evidencia con las variaciones fenotípicas que estas presentan. La variedad mejorada INTA Rojo presentó variaciones no mayores de dos estados por variable, esta variación se le puede atribuir a la variación permitida por los creadores de la variedad.

Una de las hipótesis nulas planteadas en este trabajo fue que la variabilidad fenotípica presente en las cuatro variedades en estudio es similar, por lo tanto, la evidencia reflejada en los resultados antes descritos nos obliga a rechazar dicha hipótesis, porque hubo diferencias fenotípicas entre variedades tanto para caracteres cualitativos como cuantitativos.

4.5 Análisis de adaptabilidad

Para determinar la adaptabilidad de las variedades en estudio se utilizó el modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI). En el Cuadro 6 se muestran los resultados de este análisis

Cuadro 6. Análisis de varianza del modelo de los Efectos Aditivos Principales e Interacciones Multiplicativas (AMMI)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Porcentaje de la suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F	Probabilidad
Variedad	3	3973.99	0.7	1324.66		
Localidad	3	221219.	39.9	73739.8		
Variedad x Localidad	9	329676.	59.4	36630.6		
CPI 1	5	324968.	58.5	64993.6	55.3	0.002
CPI 2	3	3865.41	0.7	1288.47	1.50	0.519
CPI 3	1	841.978	0.2	841.978	*****	1.000
TOTAL	15	554869.				

CPI-1: componente principal 1; CPI-2: componente principal 2; CPI-3: componente principal 3

En el cuadro anterior no se refleja la significancia estadística de los efectos principales y de la interacción ya que se estableció una repetición por cada localidad; sin embargo, se puede tener una idea de la contribución de los factores en estudio y de la interacción mediante el análisis de la contribución de la suma de cuadrados de cada uno de ellos al total.

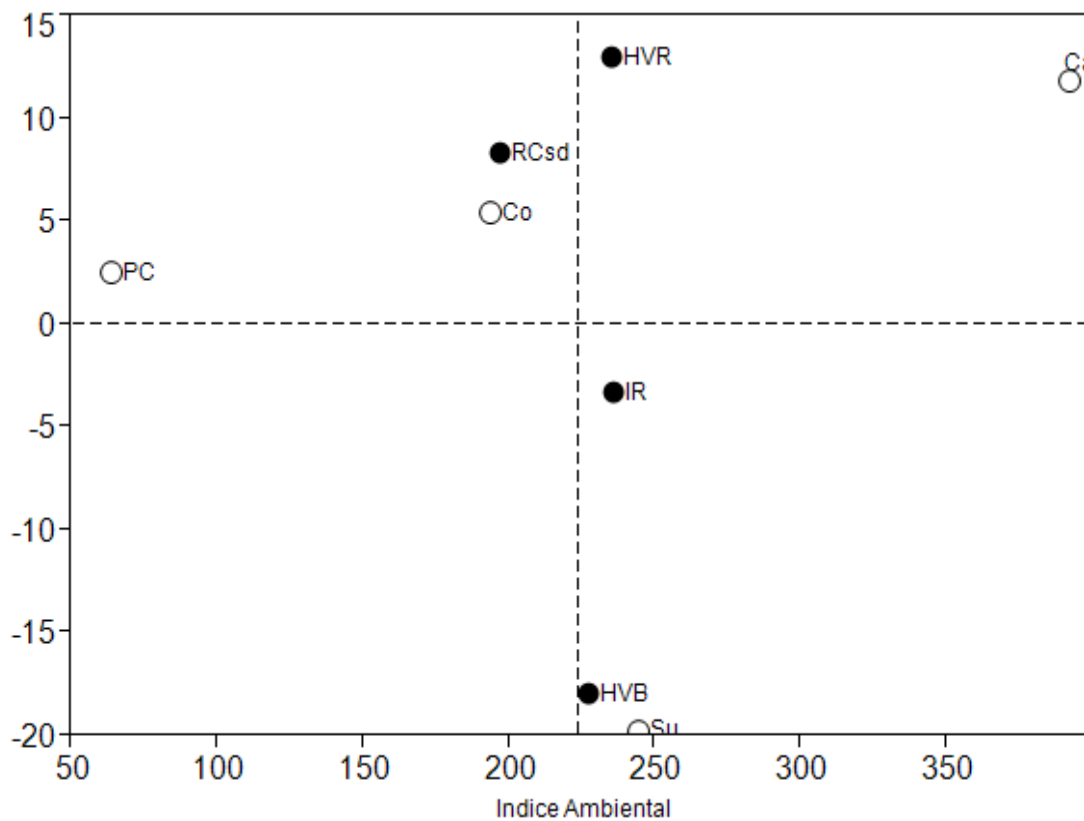
En el Cuadro 6 se aprecia que el 59.4 % de la variación se debió al efecto de la interacción variedad por localidad seguido del efecto de la localidad (ambiente) con un 39.9% y en tercer lugar se ubica el efecto de las variedades (0.7%).

La mayor contribución de la interacción genotipo ambiente a la suma de cuadrados indica que hubo diferencias en las respuestas de las variedades a las diferentes localidades, además la mayor contribución de las localidades, comparada con la contribución de las variedades, indica que estos ambientes son muy diferentes.

Con relación al análisis de la interacción variedad por localidad mediante el AMMI, se muestra que el primer componente principal de la interacción (CPI 1) fue altamente significativo ($p = 0.002$), este fue el más importante en la representación de la interacción genotipo x ambiente (variedad x localidad) ya que explica el 58.5% de la suma de cuadrado total, (98.6% de la interacción).

4.6 Adaptabilidad de las variedades y localidades en estudio

En la Figura 7 se muestran los valores promedios del rendimiento de grano de las localidades y las variedades en función del primer eje del análisis de componentes principales (CPI 1), el cual brinda información del grado de contribución de las variedades y localidades a la interacción genotipo x ambiente.



HVR= H-Vaina-roja; *Ca*= El Carrizal; *RC*= Rojo Claro; *Co*= El corozo; *IR*= INTA Rojo; *Pc*= Piedra Colorada; *HVB*= H-Vaina blanca; *Su*= Susuli Arriba

Figura 7 Representación gráfica de los datos del componente principal de la interacción (CPI-1) versus el rendimiento promedio de cuatro variedades de frijol común [*Phaseolus vulgaris* L, (●)] y de cuatro localidades (○)

Los resultados de la figura anterior muestran que las variedades acriolladas H-Vaina blanca (HVB) y H-Vaina roja (HVR) con las localidades El Carrizal (Ca) y Susuli Arriba (Su) contribuyeron grandemente a la interacción variedad por localidad, por encontrarse más alejadas del origen en el eje Y. La variedad mejorada INTA Rojo (IR) resultó más estable que las criollas o acriolladas, esto pudo deberse a que las condiciones que presentaban las localidades fueron favorables para esta variedad mejorada, la cual permitió que tuviera una buena adaptabilidad. Según consideraciones generales una variedad mejorada debe presentar un mayor rango de adaptación regional, debe responder mejor que las variedades locales al ataque de plagas y enfermedades y tener alto potencial de rendimiento como se observa en la localidad de Susuli Arriba que fue donde se comportó mejor, presentando rendimientos por encima del promedio de grano. Esto contradice los resultados de autores como Tapia y Camacho (1988), CATIE (2008) y Valentinetti (2012), quienes argumentan que las variedades mejoradas por haber sido seleccionadas en ambientes favorables muestran un pobre comportamiento y menos adaptación cuando son cultivadas en campo de producción de los agricultores.

La adaptabilidad de las variedades en estudio medida como la capacidad de rendimiento de grano, se puede apreciar en la Figura 2. Todas las variedades mostraron una adaptabilidad muy pobre (rendimientos de grano menor a 236 kg ha^{-1}). Las variedades acriolladas H- Vaina roja, H- Vaina blanca y la variedad mejorada INTA Rojo mostraron valores promedio de rendimientos de grano ligeramente superiores a la variedad criolla Rojo Claro.

En este estudio la localidad que presentó las condiciones ambientales más favorables (mayor índice ambiental) fue El Carrizal y el menos favorable fue Piedra Colorada.

Al considerar la adaptación local específica de las variedades en determinada localidad se aprecia una interacción positiva entre la localidad El Carrizal (Ca) y la variedad H- Vaina roja (HVR), Susuli Arriba (Su) y H- Vaina blanca (HVB) e INTA Rojo (IR), Piedra Colorada (PC) y El Corozo (Co) con la variedad Rojo Claro (RCsd). En otras palabras, lo anterior refleja qué variedades se debe cultivar en determinada localidad a fin de explotar al máximo la interacción genotipo x ambiente (Figura 2).

La adaptabilidad de las variedades consideradas en este estudio fue similar, aunque ellas difieren en estabilidad de rendimiento. Esto nos da evidencia para aceptar parcialmente la hipótesis nula.

El rendimiento promedio de frijol en el municipio de San Dionisio es de 12 qq/mz (776.2 kg ha^{-1}) (Red SICTA e IICA, 2013). En comparación a este rendimiento las variedades evaluadas presentaron un rendimiento de grano muy bajo; sin embargo, las variedades H-Vaina blanca y H-Vaina roja en las localidades de Susuli y El Carrizal respectivamente obtuvieron rendimientos similares a este promedio con valores de 9.13 y 9 qq/mz (590.9 y 568.2 kg ha^{-1}). Según los niveles relativos de productividad potencial de frijol en América latina para zonas productoras propuestas por el CIAT (1991), estas variedades presentaron una productividad marginal, ya que no alcanzan los 600 kg ha^{-1} de un nivel de productividad baja.

Los bajos rendimientos de grano pudieron deberse a los daños causados por plagas (Cuadro 3), ya que no se realizó ninguna medida de control al momento en que estas se presentaron en el cultivo por lo mencionado anteriormente en la metodología (no uso de insumos de ningún tipo). Según Cerón *et al.*, (2001) la producción de frijol es deficiente debido a limitantes relacionados con enfermedades, plagas, siembras en suelos de baja fertilidad y factores climatológicos adversos, asociación con otros cultivos y áreas pequeñas para su producción. Todos estos problemas afectan los rendimientos del cultivo del frijol común.

La hipótesis nula propuesta para la adaptabilidad se cumple parcialmente porque solo una variedad (INTA Rojo) presentó adaptabilidad a los ambientes de las cuatro localidades donde se realizó el estudio.

V. CONCLUSIONES

Las variedades estudiadas presentaron gran variabilidad fenotípica en las diferentes localidades en la mayoría de las variables cualitativas y cuantitativas.

Todas las variedades presentaron una adaptabilidad similar, siendo la variedad INTA Rojo la más estable en las cuatro localidades del municipio ya que fue la que menos contribuyó a la interacción variedad por localidad; por otra parte la localidad con condiciones ambientales más favorables al cultivo fue el Carrizal y la menos favorable fue Piedra Colorada.

VI. RECOMENDACIONES

Sembrar las variedades H – vaina roja en la localidad de El Carrizal y la variedad H – Vaina blanca en la localidad de Susuli Arriba ya que estas variedades presentaron buen comportamiento en las localidades respectivas

Realizar más estudios de investigación con las variedades criollas y acriolladas de Nicaragua, ya que podrían ser una alternativa para los agricultores en cuanto a la adaptación de estas a las diferentes adversidades como plagas, enfermedades y sequías lo que puede contribuir a una mayor estabilidad productiva.

Realizar ensayos de variedades criollas en un número mayor de ambientes y con distancias más alejadas entre cada uno, realizando un manejo agronómico de acuerdo a las necesidades del cultivo para conocer los rendimientos potenciales bajo condiciones de manejo adecuadas.

Brindarles a los ensayos el mismo manejo en todas las localidades para evaluar mejor el efecto que ejercen las diferentes localidades en las variedades.

VII. LITERATURA CITADA

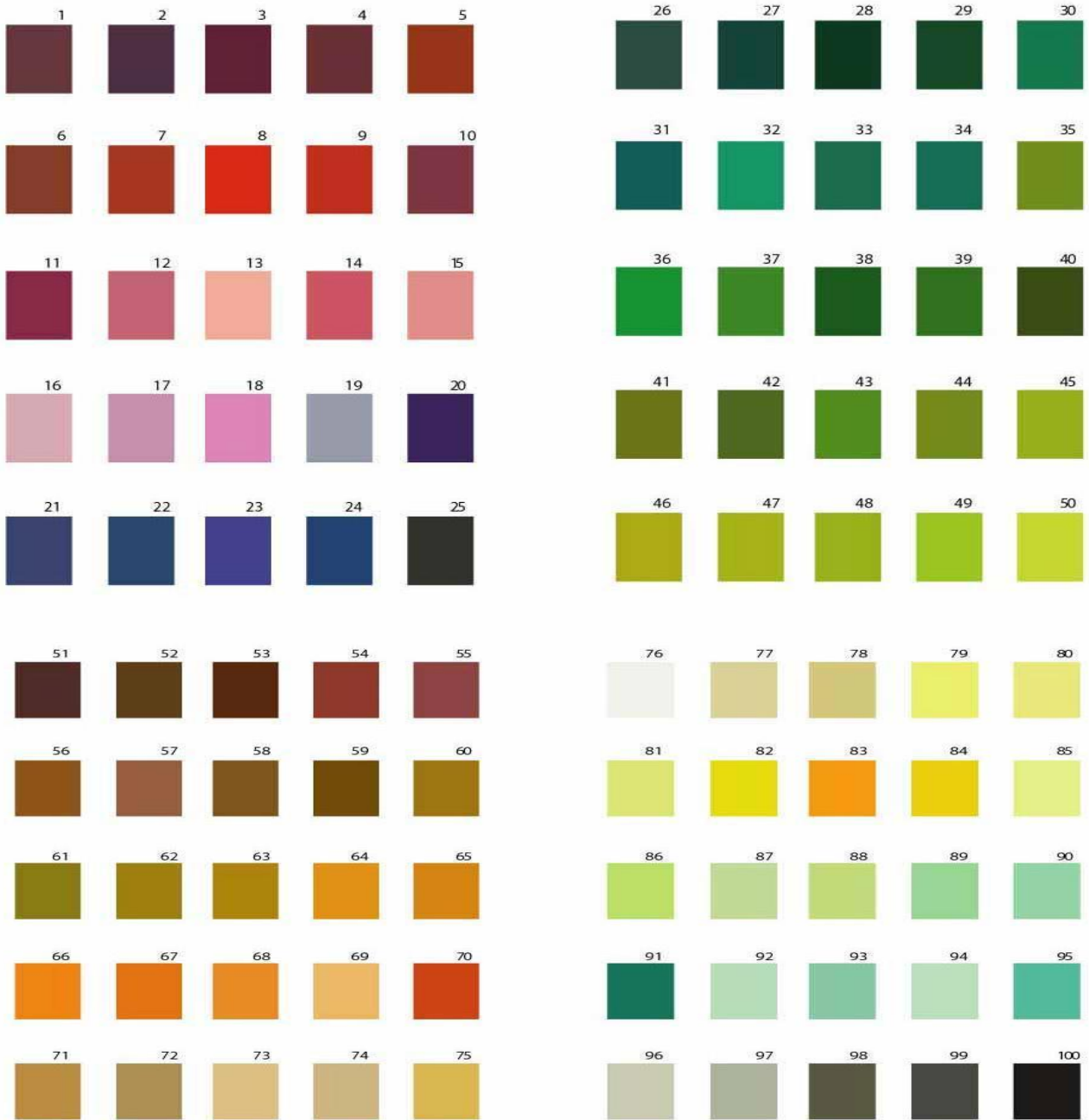
- Aulicino, M.; Laos, F.; Arturi, M.; Suárez, A.; Greco, C. 2000. Análisis de la interacción genotipo-ambiente para rendimiento forrajero en cebadilla criolla. La Plata, AR. RE.12 p
- Bascur, B.; Tay, U. 2005. Colecta, caracterización y utilización de la variabilidad genética en germoplasma chileno de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.). (En línea). Agricultura Técnica; 65(2). Consultado 8 feb. 2013. Disponible en <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=11&sid=8691c8c9-c30c-48d0-bc91-aa74443f8162%40sessionmgr104&hid=123>
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2008. Producción Ecología de Cultivos Anuales Básicos: Maíz, Frijol y Calabaza: Escuela de Campo Para Promotores Y Promotoras de la Selva, (En línea) Chiapas, MX. Consultado 04 Jul. 2013. Disponible en <http://books.google.com.ni/books?id=zNMOAQAIAAJ&pg=PA35&lpg=PA35&dq=variedades+criollas+de+frijol+bien+adaptadas&source=bl&ots=De0H4aFkBA&sig=S65k7CNQmPQiIf0wCds1CMChqD0&hl=es&sa=X&ei=3ZzVUFq8IYHY8gS13oFY&ved=0CEUQ6AEwBg#v=onepage&q=variedades%20criollas%20de%20frijol%20bien%20adaptadas&f=false>
- CIAT Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1978. Avances logrados en 1978, programa de frijol.p.18-25.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1991. Frijol: investigación y producción. Cali, CO. 419 p.
- Cerón, M; Ligarreto, G; Moreno, J; Martínez, O. 2001. Selección de variables cuantitativas y clasificación de 22 accesiones de frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista corpoica vol 3. Bogotá CO 38 p.
- DICTA (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria); SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería). 2011. El cultivo del Frijol (en línea). Tegucigalpa, HO. Consultado 18 de Jun 2013. Disponible en http://www.iica.int.ni/pdf_redsicta/guiaCultivoFrijol_Honduras.pdf
- FIRA. (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, MX). 2012. Panorama agroalimentaria: frijol 2011/2012 (En línea) México, MX. Consultado 13 feb. 2013. Disponible en www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=4021
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, NI). 2011. Catálogo de frijoles criollos rojo seda de las Segovia, caracterización molecular y morfo agronómica. (En línea). Managua, NI.109p. Consultado 6 set.2012. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF03F398ca.pdf>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2008. Guía de identificación y manejo integrado de las enfermedades del frijol en América Central. (En línea). Managua, NI. Consultado 22 ago 2013. Disponible en http://www.redsicta.org/PDF_Files/Enfermedades_Frijol.pdf
- ISTA (International Seed Testing Association). 1996. International rules for seed testing. Seed science and technology rules vol 24. Zurich, Switzerland.

- MAGFOR. (Ministerio Agropecuario y Forestal). 2012. Plan nacional de producción 2011/2012. (En línea). Managua, NI. Consultado 04 feb 2013. Disponible en: <http://www.magfor.gob.ni/descargas/planes/PlanNacional2011-2012.pdf>
- Martínez, F; Solís, I. 2010. Mejora vegetal para ingeniería agronómica. Universidad de Sevilla. Sevilla ES. 284 p.
- Mercer, K. and Perales, H. 2010. Evolutionary response of landraces to climate change in centers of crop diversity. *Evolutionary Applications*. vol. 3; Issue 5-6, 480-493.
- Microsoft Corporation. 2007. Microsoft Excel. Ver 12 Redmond, WA, USA.
- Muñoz, G.; Giraldo, G; Fernández de Soto, J. 1993. Descriptores varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo. Cali, CO. CIAT. 51-71 p.
- PCaC-UNAG (Programa Campesino a Campesino). 2007. Almacenamiento y Curado Orgánico de las semillas criollas. Managua, NI. 36p.
- PCaC-UNAG (Programa Campesino a Campesino). 2011. Rescate y Manejo de las Semillas Criollas y Acriolladas un aporte a la Soberanía Alimentaria Nacional y al Manejo de la Biodiversidad Local (en línea) Managua, NI. Consultado 20 ago. 2013. Disponible en: http://www.ruta.org/Documentos-CD/ExperienciasSistematizadas/PDF/Nicaragua_CasoRescatemanejosemillascriollasPCAC.pdf
- Red de Invocación Tecnológica de Nicaragua (Red SICTA); Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2013. En San Dionisio, Nicaragua reducen densidad de siembra y aumentan 80% los rendimientos del frijol (en línea). Managua, NI. Consultado 20 feb. 2013. Disponible en <http://www.redsicta.org/noticia24.html>
- SAS (Statistical Analysis System). 1980. JMP. 10. SAS Institute. Cary, NC, USA
- Semillas de identidad. 2011. Taller de Socialización: Presentación de resultados de la caracterización de variedades de Semillas Criollas de Granos Básicos, IPADE, Managua, NI
- Soleri, D; Smith, S. 1995. Morphological and phenological comparisons of two hopimaize varieties, Conserved *in situ* and *ex situ*. *Econ. Bot.* 77p
- Tapia, H. 1987. Variedades mejoradas de frijol con grano rojo para Nicaragua. ISCA, Managua, NI 26 p.
- Tapia, H; Camacho, A. 1988. Manejo integrado de la producción de frijol basado en labranza cero. G. T. Z. Managua, NI. 189 p.
- Tohme, J.; Jones, P; Beebe, S; Wanaga, M.; Toro, O. 1993. La formación de una colección nuclear de (*Phaseolus vulgaris* L.). Red de Investigación en Biotecnología avanzada. CIAT. Cali, CO. p 118-122.
- Vallejos, TB; Martínez, ML. 2005. Caracterización y evaluación preliminar de 7 genotipos de frijol común grano color rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) en la estación experimental la compañía Carazo 2004-2005. (Tesis). Ing. Agr. (En línea). Managua, NI. Consultado 6 feb. 2013. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30v182c.pdf>
- Valentinetti, S. 2012. Estudio de la aceptación de la variedad mejorada de frijol común Amadeus 77 en la aldea de San Lorenzo, Danlí, El Paraíso, Honduras. (Tesis) Ing. Agr. (En línea). Tegucigalpa HO. Consultado 04 Jul. 2013. Disponible en <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1052/1/T3306.pdf>
- Walpolt, R; Myers, R; Myers, S. 1999. Probabilidad y estadísticas para ingenieros. Sexta edición. México, MX. 752p.

VIII.

ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de colores basado en Musell Book Of Color utilizados para la caracterización de las cuatro líneas establecidas en las localidades de San Dionisio, Matagalpa, postrera 2012 (Muñoz *et al.*, 1993)



Anexo 2. Tabla de descriptores para el color, brillo y forma predominante de la semilla

Etapa	Carácter	Clasificación
Cosecha	Color de la semilla	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 4,5,6,10 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
	Brillo predominante de la semilla	1 = opaco 2 = intermedio 3 = brillante
	Forma predominante de la semilla	1 = redonda 2 = ovoide 3 = elíptica 4 = pequeña, casi cuadrada 5 = alargada, ovoide 6 = alargada, ovoide en un extremo e inclinada en el otro 7 = alargada, casi cuadrada 8 = arrionada, recta en el lado del hilo 9 = arrionada, curva en el lado opuesto al hilo