

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

Caracterización, adaptabilidad y evaluación preliminar
de cuatro variedades de frijol común (*Phaseolus
vulgaris* L.) en seis localidades de San Dionisio,
Matagalpa, postrera, 2013

AUTOR

Br. Karen Massiel Zeas García

ASESORES

Dr. Oscar Gómez Gutiérrez
Ing. MSc. Marvin Fornos Reyes

Managua, Nicaragua
Septiembre, 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

Caracterización, adaptabilidad y evaluación preliminar
de cuatro variedades de frijol común (*Phaseolus
vulgaris* L.) en seis localidades de San Dionisio,
Matagalpa, postrera, 2013

AUTOR

Br. Karen Massiel Zeas García

ASESORES

Dr. Oscar Gómez Gutiérrez

Ing. MSc. Marvin Fornos Reyes

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

Managua, Nicaragua
Septiembre, 2017

ÌNDICE DE CONTENIDO

Sección	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÌNDICE DE CUADROS	iii
ÌNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÒN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Ubicación del estudio.....	4
3.2 Diseño metodológico	6
Variables evaluadas	7
En el periodo de floración.....	7
En el periodo de la madurez fisiológica	7
En la cosecha.....	8
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÒN	12
4.1 Análisis general de las condiciones agroclimáticas y de manejo agronómico de los ensayos establecidos	12
4.2 Descripción de los resultados de las variables cualitativas	12
4.3 Descripción de los resultados de las variables cuantitativas.....	14
4.4 Análisis de Adaptabilidad y Estabilidad	15
V. CONCLUSIONES	18
VI. RECOMENDACIONES	19
VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA	20

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis de grado lo dedico a Dios, por darnos la vida a través de mis queridos padres, quienes con mucho amor, cariño y dedicación inculcaron valores morales y espirituales, que me han permitido desenvolverme correctamente con quienes me rodean. Su apoyo emocional y físico infundió en mí el deseo de alcanzar una meta y persistir en ella a pesar de las dificultades que pudieran presentarse a lo largo del camino.

A mi hermana, tía, primos y amigos que estuvieron siempre pendientes para ayudarme cuando lo necesitaba de manera incondicional, ya que sin su apoyo y comprensión no sería posible alcanzar este logro.

A cada uno de los profesores, quienes a lo largo de mi formación profesional aportaron sus conocimientos para consolidar mi aprendizaje, les agradezco de todo corazón por sus valiosos aportes.

Br. Karen Massiel Zeas García

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios por haberme dado la vida y a mi familia por todo su apoyo. A la Universidad Nacional Agraria por permitirme ser parte de su comunidad y brindar sus conocimientos teóricos y prácticos que permitieron la finalización de la carrera en estudio.

A cada uno de sus trabajadores que facilitaron la realización de las actividades durante el periodo de estudio. Agradezco también de manera especial a mis asesores: Dr. Oscar Gómez Gutiérrez y MSc. Marvin Fornos Reyes, por su tiempo y paciencia demostrada durante la realización del trabajo.

Br. Karen Massiel Zeas García

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Características físicas y geográficas de las seis localidades donde se establecieron los ensayos de variedades locales, acriolladas y mejoradas de frijol común en San Dionisio, Matagalpa, postrera 2013	4
2	Características agromorfológicas de las variedades Rojo Seda e INTA Sequía.	6
3	Códigos para calificar el color predominante de la vaina durante la madurez fisiológica	8
4	Códigos para calificar el color de la semilla de frijol	8
5	Variables cualitativas de veinticinco plantas por variedad de frijol común, registradas en seis localidades de San Dionisio, postrera 2013.	13
6	Estadísticas descriptivas de distintas variables cuantitativas de cuatro variedades de frijol común, registradas en seis localidades del municipio de San Dionisio, postrera 2013.	14
7	Resultados del análisis de varianza y regresión conjunta del rendimiento del grano de las 4 variedades de frijol evaluadas en 6 fincas de 6 localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa durante el ciclo agrícola postrera 2013.	15
8	Resultados de la Desviación de la Regresión de cada variedad de frijol con respecto a la media de sus rendimientos durante el ciclo agrícola postrera 2013.	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Distribución de las precipitaciones (mm) por pentadas registradas durante los meses de septiembre a noviembre, en las localidades El Bonete (a), El Corozo (b), Susuli (c), El Carrizal (d), Los Limones (e) y Piedra Colorada (f), en San Dionisio, Matagalpa, 2013	5
2. Comportamiento del rendimiento de grano de cada variedad de frijol común cultivadas en seis localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa, 2013	17

RESUMEN

El cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es de gran importancia para los agricultores del Municipio de San Dionisio, Matagalpa, por lo que se estableció una investigación con el objetivo de caracterizar y evaluar preliminarmente la adaptabilidad en base al rendimiento de las variedades locales, acriolladas y mejoradas presentes en la zona. El ciclo evaluado fue el de postrera 2013 donde se utilizaron como semillas locales Guaniseño y Rojo Seda; acriollada Rac Sequia; mejorada: INTA Sequía. Estas variedades fueron establecidas en una parcela de 5 metros de ancho por 10 metros de longitud, la parcela útil se delimitó de 3 metros de ancho por 6 metros de longitud. Esto se realizó en cada una de las 6 localidades (El Bonete, El Corozo, Susulí, El Carrizal, Los Limones, Piedra Colorada) en estudio y no hubo repetición. Para la caracterización cualitativa (color de vaina y semilla) se utilizó el cuadro de colores descrito por Muñoz; para los caracteres cuantitativos (8) de crecimiento y desarrollo se utilizó estadística descriptiva, en el caso del análisis de adaptabilidad se realizó en base al rendimiento de cada una de las variedades establecidas en las distintas localidades por medio de Análisis de Varianza y de Regresión Lineal. En los resultados obtenidos se pudo apreciar para los caracteres cualitativos que todas las variedades en estudio presentaron poca variabilidad fenotípica durante el ciclo de postrera 2013. En el caso de los caracteres cuantitativos el coeficiente de variación fluctuó entre 6.11 y 88.82, las variedades locales fueron las más precoces pero con menor rendimiento que la variedad acriollada y mejorada. En cuanto a la adaptabilidad de las variedades, el modelo de regresión lineal no resultó apropiado para analizar los datos obtenidos en ambos ciclos, sin embargo, se pudo tener una idea de la estabilidad de las variedades a través de la Regresión de la Desviación en donde se encontró que la variedad local Guaniseño fue la que mostró menor coeficiente de Desviación (17980.91) lo que muestra que sus rendimientos fueron los más estables a nivel de fincas. Sin embargo también la variedad local Rojo Seda presentó relevancia al mostrar mejor adaptación en las localidades.

Palabras claves: Frijol común, Caracterización, Evaluación, Variedades locales, Caracteres cualitativos y cuantitativos, Adaptabilidad y Estabilidad.

ABSTRACT

Bean cultivation (*Phaseolus vulgaris* L.) is of great importance for the farmers of the Municipality of San Dionisio, Matagalpa, so an investigation was established with the aim of characterizing and evaluating the adaptability based on the yield of the local varieties, criolladas and improved present in the area. The evaluated cycle was the one of the last one 2013 where local seeds like Guaniseño and Red Seda were used; criollada Rac Sequia; improved: INTA Drought. These varieties were established on a plot of 5 meters wide by 10 meters in length, the useful plot was delimited 3 meters wide by 6 meters long. This was done in each of the 6 localities (El Bonete, El Corozo, Susulí, El Carrizal, Los Limones, Piedra Colorada) in study and there was no repetition. For the qualitative characterization (pod and seed color) the color box described by Muñoz was used; for the quantitative characteristics (8) of growth and development, descriptive statistics were used, in the case of the adaptability analysis, it was performed based on the yield of each of the varieties established in the different localities by means of Analysis of Variance and Linear Regression. In the results obtained it was possible to be appreciated for the qualitative characteristics that all the varieties under study presented little phenotypic variability during the last cycle of 2013. In the case of the quantitative characters the coefficient of variation fluctuated between 6.11 and 88.82, the local varieties were the more precocious but with a lower yield than the aciled and improved variety. As for the adaptability of the varieties, the linear regression model was not appropriate to analyze the data obtained in both cycles, however, it was possible to have an idea of the stability of the varieties through the Deviation Regression where it was found that the local variety Guaniseño showed the lowest coefficient of Deviation (17980.91), which shows that its yields were the most stable at farm level. However, also the local variety Rojo Seda presented relevance to show better adaptation in the localities.

Key words: Common Bean, Characterization, Evaluation, Local Varieties, Qualitative and Quantitative Characteristics, Adaptability and Stability.

I. INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las especies más importantes, ya que representa un complemento nutricional bastante económico. En el caso de Nicaragua, después del maíz, es el principal alimento básico que proporciona una fuente de proteína de bajo costo. De acuerdo al INTA (2010), el consumo *per cápita* al año es de 30 a 45 kilogramos, lo que correspondería a consumir 82 gramos diarios de frijol, lo que representa el consumo más alto en Centroamérica.

En Nicaragua la producción se efectúa bajo diferentes condiciones agroecológicas, en regiones que van desde los 50 a los 800 msnm y bajo condiciones variables de temperatura y precipitación. En general, las principales épocas de siembra son las de postrera y apante.

El rendimiento de grano por unidad de superficie del cultivo de frijol es relativamente bajo (830 kg/ha). Según el INTA (2009) entre los principales factores que contribuyen al bajo rendimiento de grano se tienen los siguientes: condiciones climáticas adversas, pocas fuentes de financiamiento, inexistencia de precios de garantía en la venta del grano, falta de capacitación y poco acceso a distintas tecnologías para mejorar los rendimientos, incluyendo dentro de éstas a la semilla de variedades mejoradas.

El Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) ha dedicado esfuerzos a la generación de variedades mejoradas de excelente comportamiento agronómico bajo condiciones ambientales y de manejo similares a aquellas bajo las cuales fueron generadas. No obstante, cuando estas variedades son introducidas a campos de los agricultores de recursos limitados que, por lo general, son considerados como marginales (pendientes pronunciadas, baja fertilidad del suelo, precipitaciones escasas y erráticas, poco o ningún uso de insumos) el rendimiento de grano se ve afectado negativamente. Otra limitante que impide el uso de las variedades mejoradas es la poca o nula oferta de semilla de calidad superior o bien la incapacidad económica de los agricultores para comprarla. Ante esta situación los agricultores, han hecho uso de sus propias variedades conocidas con el nombre general de locales (también se les suele llamar criollas, tradicionales, folklóricas) o mediante nombres específicos que representan algún atributo distintivo de las mismas.

Según el INTA (2014), las variedades locales son aquellas que se han venido utilizando por los agricultores a través de generaciones y se han adaptado al ambiente natural y cultural de los mismos. Usualmente poseen fenotipos y genotipos más diversos, lo que las hace ser muy apreciadas como donadoras de genes para la obtención de variedades mejoradas a través del proceso de mejoramiento

convencional o para ser utilizadas directamente en la producción por los agricultores de recursos limitados. El mismo autor hace mención de otro tipo de materiales genéticos conocidos como variedades acriolladas. Estas variedades surgen de los programas de fitomejoramiento convencional y en su momento éstas fueron introducidas para su uso en campos de los agricultores. La discontinuidad de la producción de semilla certificada y la reutilización permanente de estas variedades, por parte de los agricultores, es lo que las convierte en variedades acriolladas.

El desconocimiento de las distintas funciones que pueden cumplir las variedades locales en campos de los agricultores fundamenta la necesidad de investigar este aspecto partiendo primeramente del conocimiento de las mismas. En este sentido, la caracterización de las variedades locales que consiste en la determinación de los atributos particulares de cada variedad, de modo que se puedan distinguir claramente de los demás ya sea de forma cualitativa o cuantitativa, adquiere gran relevancia. Necesario es también, evaluar el desempeño agronómico de cada variedad en diferentes localidades, ciclos agrícolas o años. La información combinada de los aspectos antes mencionados permitirá, primero, conocer los materiales para, luego utilizarlos de la mejor manera posible y con ello asegurar su mantenimiento en los campos de los agricultores. Tomando en consideración lo anterior, se planteó la realización del presente trabajo con el fin de caracterizar y evaluar preliminarmente cuatro variedades de frijol común.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Fortalecer el conocimiento actual que se tiene sobre las variedades locales de frijol común para promover su utilización y así contribuir a la seguridad alimentaria de las familias de agricultores del municipio de San Dionisio, Matagalpa.

2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar y evaluar, preliminarmente, cuatro variedades de frijol común en seis localidades de San Dionisio, Matagalpa, postrera, 2013.
2. Determinar la adaptabilidad y estabilidad del rendimiento de grano de cuatro variedades de frijol común evaluadas en seis localidades de San Dionisio, Matagalpa 2013.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del estudio

La investigación se realizó en las localidades de El Corozo, El Carrizal, Susulí, Los Limones, El Bonete 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.

Cuadro 1. Características físicas y geográficas de las seis localidades donde se establecieron los ensayos de variedades locales, acriolladas y mejoradas de frijol común en San Dionisio, Matagalpa, Postrera 2013.

Localidad	Fecha de siembra *	Altitud (msnm)	Drenaje	Profundidad del suelo (cm)	pH
El Corozo	12	561	Bueno	30	7.0
El carrizal	12	460	Regular	16	8.0
Susulí	18	740	Regular	15	6.5
Los Limones	19	473	Bueno	15	7.0
El Bonete	12	678	Bueno	18	7.5
Piedra Colorada	12	608	Regular	15	6.5

*La siembra en las distintas localidades, se realizó al espeque en el mes de septiembre; msnm: metros sobre el nivel del mar.

Con relación a las precipitaciones, las cantidades registradas en las distintas localidades se muestran en la Figura 1. En general, las precipitaciones se distribuyeron de manera regular durante el período de tres meses que duró la investigación. Sin embargo, la cantidad total de precipitaciones en las distintas localidades oscilo entre 107 a 260 mm. Estos valores no son adecuados para el cultivo de frijol ya que de acuerdo a Tapia y Camacho (1988) los valores óptimos de precipitaciones fluctúan de 200 a 450 mm.

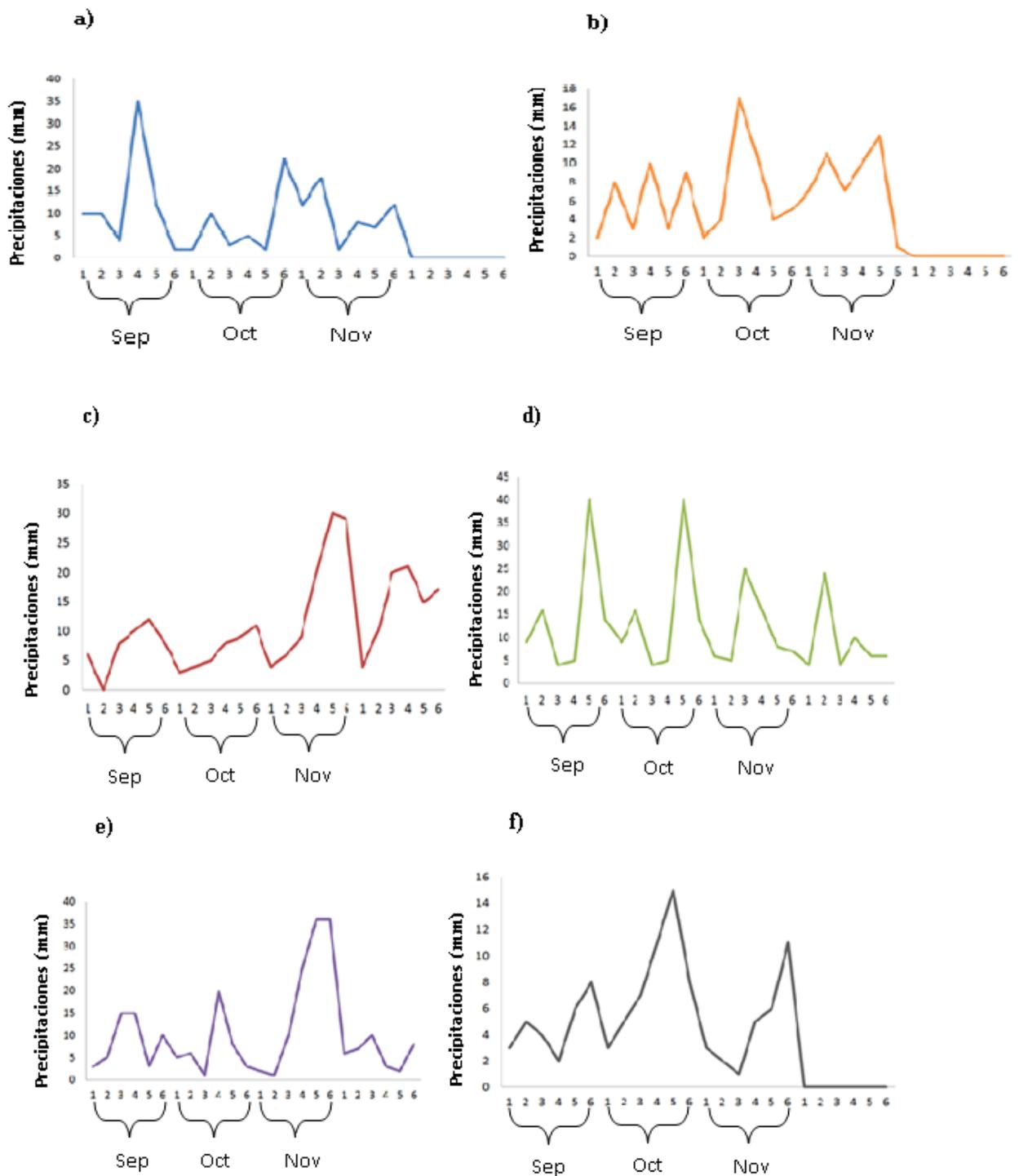


Figura 1. Distribución de las precipitaciones (mm) por pentadas registradas durante los meses de septiembre a noviembre, en las localidades El Bonete (a), El Corozo (b), Susulí (c), El Carrizal (d), Los Limones (e), Piedra Colorada (f), en San Dionisio, Matagalpa, 2013.

3.2 Diseño metodológico

En la investigación el material genético estudiado consistió en cuatro variedades de frijol común: entre ellas dos locales (Guaniseño y Rojo Seda), una acriollada (RAC Sequía) y una mejorada (INTA Sequía). La descripción de las dos últimas variedades se presenta en el cuadro siguiente.

Cuadro 2. Características agromorfológicas de las variedades Rojo Seda e INTA Sequía.

Descripción	Rojo Seda	INTA Sequía
Progenitores		S/B112/PRF9653-16B-1 F1/S/B123/-MC-6P-MQ
Germinación	8.5 días	
Origen de la variedad		CIAT
Color de la flor		Blanca
Color de la vaina	Morada	
Tipo de crecimiento	Arbustivo determinado	Arbustivo indeterminado, guía mediana
Días a la floración	30-35	33-34
Días a la madurez fisiológica	60-65	63-65
Días a la cosecha		72-75
Potencial de rendimiento		20-25 qq/mz; 1,300-1,600 kg/ha
Granos por vaina	5	4-6
Vainas por plantas	6	13-18
Color del grano	Rojo brillante	Rojo oscuro, brillante
Resistencia / Tolerancia a plagas y enfermedades		Mosaico Común (I) y Mosaico Dorado (bgm-1)

Tamaño de las unidades experimentales

En cada localidad se estableció por cada variedad una parcela o unidad experimental de 5 metros de ancho por 10 metros de longitud. Cada unidad experimental estuvo conformada por 10 surcos separados a 50 cm. Dentro de cada unidad experimental se delimitó la parcela útil cuyas dimensiones fueron de 3 metros de ancho por 6 metros de longitud, conformada por cinco surcos. La información pertinente de las variables evaluadas se registró en una muestra de 25 plantas de los surcos de la parcela útil. La siembra se realizó al espeque dejando una distancia de 40 cm entre golpe y depositando dos semillas en cada una de ellas.

3.3 Manejo del ensayo

Durante la investigación, las decisiones y manejo de los ensayos en campo fueron realizados de manera conjunta por agricultores de cada una de las localidades donde se establecieron los

ensayos, técnicos de la Universidad Nacional Agraria y distintas organizaciones colaboradoras con la fundación Suiza de cooperación al desarrollo (Swissaid). Las discusiones y decisiones con relación al manejo de los ensayos giraron alrededor de la forma de preparación del terreno, la selección de las variedades, las localidades para el establecimiento de los ensayos y la toma de datos de las variables evaluadas. El control de malezas se realizó de forma manual durante los primeros 30 días después de la siembra, utilizando azadones o machetes. La cosecha se realizó después que las plantas de frijol alcanzaron la madurez fisiológica y se observó en las mismas un 90% de defoliación.

Variables evaluadas

Se evaluaron 8 caracteres cuantitativos y 2 cualitativos. Estos últimos se determinaron de manera visual. Para los colores se utilizaron los descriptores varietales del cultivo del frijol propuestos por Muñoz *et al.*, (1993). El tamaño de la muestra para todas las variables cuantitativas y cualitativas fue de cinco plantas en cada uno de los 5 surcos de la parcela útil, para un total de 25 plantas. La recolección de los datos de las variables, se efectuó en distintos momentos fenológicos de la planta tal y como se describe a continuación.

En el periodo de floración

Número de días a la floración. Es el rango comprendido entre el número de días transcurridos desde la siembra en suelo húmedo hasta la apertura de cualquier botón floral desde la primera hasta la última planta de la población seleccionada, por tanto, el dato se obtuvo al momento en el que la mitad de la población mostró la apertura de al menos un botón floral.

Altura de planta. En centímetros, desde el cuello de la raíz hasta la máxima altura del follaje. El dato se tomó al momento de la floración con cinta métrica, midiendo desde el punto de inserción de las raíces hasta el último meristemo apical del tallo.

En el periodo de la madurez fisiológica

Días a la madurez fisiológica. Período comprendido entre el número de días transcurridos desde la siembra de la semilla hasta el momento en que se observa un cambio de color de las vainas en cualquiera de las plantas seleccionadas. El dato se registró cuando la mitad de la población mostró el cambio de color en las vainas.

Color de la vaina durante la madurez fisiológica. Para la determinación de esta variable se tomaron las vainas del cuarto nudo, considerando como nudo número 1 el de los cotiledones. El dato se tomó al instante en el que la mitad de la población de las plantas mostró un cambio

general de coloración en las vainas y las semillas estaban completamente desarrolladas. Se calificó con el cuadro de colores y modelo siguiente:

Cuadro 3. Códigos para calificar el color predominante de la vaina durante la madurez fisiológica

Colores	Códigos
Rosado	2
Verde rosado	4
Blanco crema	5
Café	56

En la cosecha

Número de plantas cosechadas de la parcela útil. Recolección de las plantas presentes en la parcela útil, por variedad, cuando estas alcanzaron su madurez fisiológica.

Número de vainas por planta. Se contaron las vainas que presentaron, por lo menos, una semilla bien formada en cada planta muestreada.

Número de semilla por vaina. Se determinó contando el número de semillas bien formadas que contenían las vainas.

Color de las semillas. Tomando la semilla más cercana al ápice de la vaina que debió de estar seca y recién cosechada, se procedió anotar el color primario de la semilla, calificando con el cuadro de colores y modelo siguiente:

Cuadro 4. Códigos para calificar el color de la semilla de frijol.

Colores	Códigos
1. Rojo claro	9
2. Rojo oscuro	10
3. Rojo	13
4. Crema	73

Peso de 1000 semillas. La medida se determinó tomando 4 repeticiones de cada una de las variedades en estudio, las cuales se pesaron y se promediaron.

Rendimiento de grano (kg/ha). Luego de recolectar las plantas del área total y separar el grano de estas, por variedad, se procedió con ayuda de una balanza analítica a tomar su peso inicial. Una vez que las semillas alcanzaron un contenido de humedad del 14% se determinó su peso final. Posteriormente se realizó una conversión de rendimiento a kilogramos por hectárea. El ajuste del rendimiento de grano por el contenido de humedad de las semillas se llevó a cabo por medio de la siguiente expresión: $P_f(100 - H_f) = P_i(100 - H_i)$

En donde:

P_f : Peso final

H_f : Humedad final del grano

P_i : Peso inicial

H_i : Humedad inicial del grano

Análisis de datos

El análisis de la información se llevó a cabo mediante el uso de la estadística descriptiva y análisis de adaptabilidad.

Las estadísticas descriptivas calculadas para las variables cuantitativas fueron:

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

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

Varianza: Es la media aritmética del cuadrado de las desviaciones respecto a la media de una distribución estadística, su fórmula es:

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

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

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

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

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

Rango: es el intervalo entre el valor máximo y mínimo, su fórmula es:

$$\text{Rango} = (\text{Max}) - (\text{Min})$$

El estudio de la adaptabilidad y estabilidad de las cuatro variedades de frijol común se realizó por medio del análisis de varianza y regresión conjunta en base a los modelos siguientes:

La existencia o no de la Interacción Variedad x Localidad se detectó primeramente por medio del análisis de varianza en base al modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = valor medio de la variedad i en el ambiente j .

μ = media general.

α_i = efecto de la variedad i donde $i = 1-4$.

β_j = efecto de la localidad j donde $j = 1-6$.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción de la variedad i con la localidad j .

ε_{ij} = efecto aleatorio o error experimental.

Una vez detectada la Interacción Variedad x Localidad se procedió a la descomposición de la varianza total debido a la Interacción variedad x Localidad en dos partes una debido a la heterogeneidad de los coeficientes de regresión y otra a las desviaciones de estas regresiones. El método de regresión asume que la interacción está linealmente relacionada con el efecto ambiental. De acuerdo al modelo de Finlay y Wilkinson (1963) el efecto ambiental (β_j) se determina al promediar el rendimiento de grano obtenido por todas las variedades evaluadas en una determinada localidad o sitio.

$$(\alpha\beta)_{ij} = b_i\beta_j + d_{ij}$$

En donde:

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción de la variedad i con la localidad j .

b_i = coeficiente de regresión lineal para la variedad i .

d_{ij} = desviación de la regresión o residuo

De esta forma el modelo lineal final queda de la manera siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + b_i\beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Para la realización de los análisis estadísticos antes mencionados se emplearon los software siguientes: Excel (Microsoft 2014) y CROPSTAT versión 7.3.8 (2007).

Criterios para definir una variedad como adaptada y estable

La variedad que presentó un alto rendimiento de grano en una determinada localidad se consideró como adaptada. Por otro lado, la consistencia del rendimiento de grano a través de las distintas localidades, fue el criterio utilizado para considerar a una variedad como estable. De acuerdo al modelo de Finlay y Wilkinson (1963) los dos parámetros relacionados con la estabilidad de una variedad son la media genotípica (μ) y el coeficiente de regresión (b_i).

El análisis de adaptabilidad se ejecutó por medio del análisis de regresión lineal. Los programas de computación que se utilizaron fueron: Excel Ver 2010 (Microsoft) y CROPSTAT versión 7.3.8 (2007).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

De la información descrita en el Cuadro 1, se puede decir que las características físicas y geográficas de las localidades donde se establecieron los ensayos en campo estuvieron buenas a marginales (con excepción de la altitud que es la óptima para este cultivo), tomando como referencia varios indicadores climáticos y edáficos para el establecimiento de rangos de adaptación y zonificación ecológica del frijol común en Nicaragua, propuesta por Tapia y Camacho (1988). Con relación a las precipitaciones, éstas no fueron adecuadas para el cultivo del frijol (Figura 1). Las precipitaciones acumuladas durante el período del cultivo oscilaron entre 107 y 260 mm, siendo las mismas inferiores a 200 mm en cuatro de las seis localidades lo que de acuerdo a los autores antes mencionados se considera como marginal.

4.2 Descripción de los resultados de las variables cualitativas

En el Cuadro 5 se presentan las frecuencias absolutas que se registraron para cada uno de los estados de los descriptores o variables estudiadas. Cada descriptor, como se observa en el cuadro antes mencionado, mostró diferentes estados. Respecto a las vainas el color predominante a la madurez fisiológica en todas las variedades y a través de las distintas localidades fue rosado, también se aprecia, en el mismo cuadro, otros estados de la variable color de vainas lo que pudo estar influenciado por el momento en que se registró la información. De esta manera si el color de vainas se determina iniciando la madurez fisiológica se apreciará que predominan vainas de color blanco crema (código 5, Cuadro 3). Por el contrario, si la variable se evalúa muy avanzada en la etapa antes mencionada se notarán vainas de color café (código 56, Cuadro 3), ya aproximándose a la etapa de cosecha. Con relación al color de semillas (Cuadro 4) en las variedades Rac Sequía, INTA Sequía y Rojo Seda predominó el color rojo en dos estados: oscuro para las primeras dos y rojo para la última variedad. Por otro lado, la variedad Guaniseño presentó semillas de color crema. En las muestras de semillas analizadas, principalmente las procedentes de la localidad Los Limones, se detectaron semillas de color crema en las variedades de color de grano rojo. Esto se debió, probablemente, a una mezcla física de semillas.

Cuadro 5. Variables cualitativas de veinticinco plantas por variedad de frijol común, registradas en seis localidades de San Dionisio, postrera 2013

Localidad	Variedad	Color de vaina				Color de semilla			
		2	4	5	56	9	10	13	73
		Código							
El Bonete	<i>Guaniseño</i>	25	0	0	0	0	0	0	25
	<i>Rojo Seda</i>	11	0	10	0	0	0	25	0
	<i>Rac Sequía</i>	15	0	10	0	0	25	0	0
	<i>INTA Sequía</i>	7	0	16	0	0	25	0	0
El Corozo	<i>Guaniseño</i>	0	0	25	0	0	0	0	25
	<i>Rojo Seda</i>	0	0	12	13	0	0	25	0
	<i>Rac Sequía</i>	0	0	0	0	0	25	0	0
	<i>INTA Sequía</i>	0	0	25	0	0	25	0	0
Susuli	<i>Guaniseño</i>	15	0	10	0	0	0	0	25
	<i>Rojo Seda</i>	10	0	10	5	0	0	25	0
	<i>Rac Sequía</i>	0	0	0	0	0	25	0	0
	<i>INTA Sequía</i>	25	0	0	0	0	25	0	0
El Carrizal	<i>Guaniseño</i>	17	0	8	0	0	0	0	25
	<i>Rojo Seda</i>	13	0	12	0	0	0	25	0
	<i>Rac Sequía</i>	14	0	10	1	0	25	0	0
	<i>INTA Sequía</i>	15	0	10	0	0	25	0	0
Los Limones	<i>Guaniseño</i>	11	4	0	10	0	0	0	25
	<i>Rojo Seda</i>	6	5	3	10	0	0	12	13
	<i>Rac Sequía</i>	5	5	7	8	0	0	12	13
	<i>INTA Sequía</i>	15	0	9	0	0	0	0	25
Piedra Colorada	<i>Guaniseño</i>	25	0	0	0	0	0	0	25
	<i>Rojo Seda</i>	12	1	2	5	0	0	25	0
	<i>Rac Sequía</i>	8	0	5	2	0	25	0	0
	<i>INTA Sequía</i>	15	2	3	4	0	25	0	0

4.3 Descripción de los resultados de las variables cuantitativas

En el cuadro siguiente se muestran los resultados de los caracteres cuantitativos.

Cuadro 6. Estadísticas descriptivas de distintas variables cuantitativas de cuatro variedades de frijol común, en seis localidades del municipio de San Dionisio, postrera 2013

Variable	Estadísticos	Variedades			
		Guaniseño	Rac Sequía	Rojo Seda	INTA Sequía
Altura de planta (cm)	\bar{X}	79.10	80.63	80.15	74.93
	S^2	828.10	758.92	613.18	753.46
	S	28.78	27.55	24.76	37.45
	C.V	36.38	34.17	30.90	36.63
	Rango	102	84	70	92
Número de días a la floración	\bar{X}	31	34	35	38
	S^2	29.28	77.19	48.67	53.50
	S	5.41	8.79	6.98	7.31
	C.V	17.15	25.67	19.93	19.42
	Rango	19	27	22	26
Días a madurez fisiológica	\bar{X}	57	58	65	64
	S^2	66.95	178.57	94.55	168.70
	S	8.18	13.36	9.72	12.99
	C.V	14.25	22.97	15.05	20.23
	Rango	24	32	25	32
Numero de vainas por planta	\bar{X}	9	8	9	8
	S^2	14	8	14	11
	S	4	3	4	3
	C.V	41	35	40	42
	Rango	10	9	14	10
Numero de semillas por vaina	\bar{X}	4	5	5	5
	S^2	0.48	0.11	0.32	0.41
	S	0.69	0.32	0.56	0.64
	C.V	16	6	11	13
	Rango	1	1	2	2
Número de plantas cosechadas de la parcela útil	\bar{X}	158	188	165	187
	S^2	2380	2713	1679	4011
	S	49	52	41	63
	C.V	31	28	25	34
	Rango	165	170	146	185
Rendimiento (kg/ha)	\bar{X}	512.0	520	739.0	634
	S^2	148115.9	297668.6	227632.7	242671.7
	S	384.9	545.6	477.1	492.6
	C.V	64.30	88.82	60.39	70.34
	Rango	1111.7	1508.9	1267.6	1371.8
Peso de 1000 semillas (g)	\bar{X}	254.56	241.0	248.50	259.89
	S^2	357.03	500.0	431.83	450.11
	S	18.90	22.36	20.78	21.22
	C.V	7.42	9.28	8.36	8.16
	Rango	53	68	73	52

Nota: \bar{X} : Media; S^2 : Varianza; S: Desviación estándar; C.V: Coeficiente de variación; cm: Centímetro; kg: Kilogramo; ha: hectáreas; g: gramo.

En base a los valores de los coeficientes de variación, cuyos valores fueron altos, se puede decir que hubo una alta diferenciación entre los datos registrados de las distintas variables en estudio, con excepción de número de semillas por vainas y peso de 1000 semillas. Para estas dos variables los coeficientes de variación en las cuatro variedades en estudio oscilaron entre 6.11 y 15.9 %. En particular, se observó una fluctuación marcada para los coeficientes de variación en cuanto al rendimiento de grano entre 60.4 y 88.8% los que pueden considerarse como altos.

4.4 Análisis de Adaptabilidad y Estabilidad

Como se mencionó en materiales y métodos, para el estudio de la adaptabilidad y estabilidad de las variedades en estudio se utilizó el método del análisis de varianza y regresión conjunta siguiendo el modelo descrito por Finlay y Wilkinson (1963). El análisis de varianza permitió la detección de la Interacción Variedad x Localidad (Cuadro 7). En el Cuadro 7 no se presentan las significancias de los efectos principales Variedad y Localidad ni de la interacción, ya que en cada localidad solo se tenía una repetición por cada variedad. No obstante, al comparar la suma de cuadrados de cada una de las fuentes de variación antes mencionadas con la suma de cuadrados total podemos tener una idea de la magnitud (en porcentaje) de la Interacción Variedad x Localidad.

Cuadro 7. Resultados del análisis de varianza y regresión conjunta del rendimiento del grano de las 4 variedades de frijol evaluadas en 6 fincas de 6 localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa durante el ciclo agrícola postrera 2013

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Porcentaje del total	F	F Probabilidad
Variedades	3	208151.0	5.4		
Localidad	5	3057570.0	80.03		
Variedad*localidad	15	554428.6	14.5		
Total		3820149.6			
Regresión	3	67007.6	12.08	0.550	0.661
Desviación	12	487421.0	87.91		

Al aplicar el análisis de regresión al componente de la Interacción Variedad x Localidad (Cuadro 7) se observa que la regresión resultó no significativa ($p = 0.661$). En otras palabras, la Interacción Variedad x Localidad no resultó ser una función lineal del efecto ambiental, principio en que se basa el método de la regresión por lo que no es conveniente utilizar el coeficiente de regresión (pendiente, Cuadro 8) como parámetro de estabilidad.

Cuadro 8. Resultados de la Desviación de la Regresión de cada variedad de frijol con respecto a la media de sus rendimientos durante el ciclo agrícola 2013.

Variedad		Rendimiento (kg/ha)	Pendiente (b)	Intercepto (a)	S_{di}^2
Guaniseño	GUA	512.0	0.940	164	17980.91
Rac Sequía	RAC	520.0	1.25	-53.319	24836.89
Rojo Seda	RS	739.0	0.957	119.21	48833.15
Inta Sequía	IS	634.0	0.855	- 230.36	30204.26

S_{di}^2 : Cuadrado medio residual (Varianza de la desviación de la regresión)

A fin de tener idea sobre la estabilidad del rendimiento de grano de las variedades se utilizó un tercer criterio propuesto por Eberhart y Russell (1966), conocido como desviación de la regresión (S_{di}^2). De acuerdo con los autores antes mencionados, un genotipo estable es aquel que presenta una $S_{di}^2 = 0$. Al comparar la estabilidad de dos genotipos, se considerara como tal aquel que presente un valor igual o cercano al valor de la Desviación de la Regresión antes indicado. En este sentido, La variedad Guaniseño se fue la más estable (Cuadro 8) en cuanto a rendimiento de grano a través de las localidades estudiadas ya que el valor de la desviación de la regresión fue el menor ($S_{di}^2 = 17980.91$).

El valor promedio de cada variedad en las distintas localidades se consideró como criterio de adaptación. En general, no se detectaron diferencias significativas entre los valores promedios de rendimiento de grano de las distintas variedades calculados a través de las localidades. No obstante de lo anterior, la variedad Rojo Seda tendió a mostrar una mejor adaptación (Figura 2) porque su rendimiento promedio de grano a través de las localidades fue mayor, pero menos consistentes en las distintas localidades (mayor valor de S_{di}^2) en comparación con que el resto de variedades (Cuadro 8).

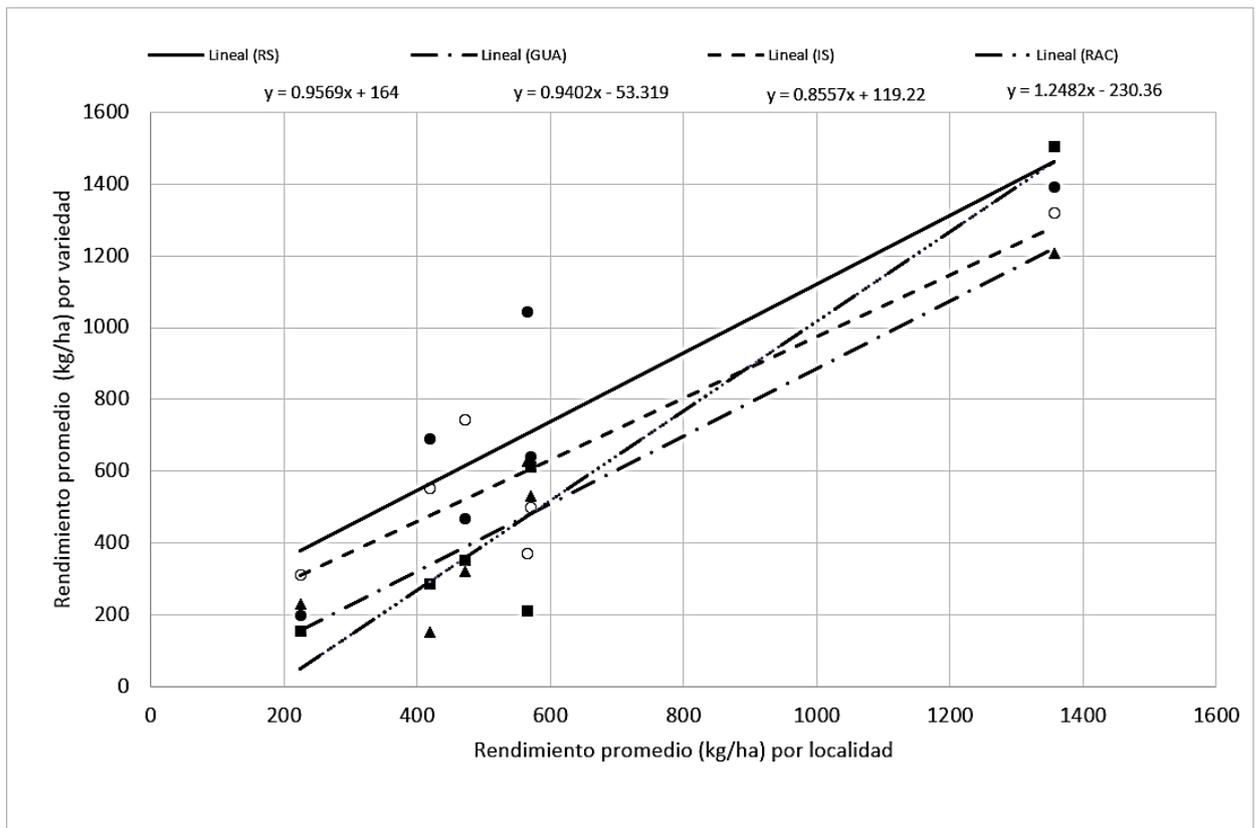


Figura 2. Comportamiento del rendimiento de grano de cada variedad de frijol común cultivadas en seis localidades del municipio de San Dionisio, Matagalpa, Postrera 2013.

V. CONCLUSIONES

Las variedades locales resultaron más precoces, mostraron similitud en el número de vainas por plantas y semillas por vainas con relación a las variedades acriollada y mejorada.

El color rosado predominó en las vainas y el color rojo en el tono de las semillas, así que la variabilidad fenotípica para el color de vaina y semillas fue baja. En el caso de los rendimientos de grano calculado a través de las distintas localidades de las cuatro variedades en estudio, estas resultaron estadísticamente similares.

La variedad Guaniseño contribuyó menos a la interacción Variedad x Localidad por lo que se consideró como la más estable, aunque la variedad Rojo Seda tendió a mostrar un rendimiento más alto (adaptabilidad).

VI. RECOMENDACIONES

- Se debe promover un mayor uso de las variedades locales en los campos de los agricultores, ya que pueden contribuir a la seguridad alimentaria de las familias campesinas debido a la estabilidad del rendimiento de grano
- Continuar con los estudios de las variedades locales a fin de identificar aquellas que presenten buena adaptabilidad y estabilidad del rendimiento bajo las condiciones de producción de los agricultores de recursos limitados.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema estándar para la evaluación de Germoplasma de frijol. Cali, CO. 56p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1983. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común; Guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Auditorial sobre el mismo tema. Cali, Colombia. 26p.
- DICTA (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria); SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería). 2011. El cultivo del Frijol (en línea). Tegucigalpa, HO. Consultado 15 de mayo 2014. Disponible en: <http://www.dicta.hn/files/Guia-cultivo-de-frijol-2011.pdf>
- Ficha municipal. 2012. Ficha municipal: Municipio de Matagalpa. (Online). Managua, NI. Consultado: 10 jun 2014. Disponible en: <http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/MATAGALPA/matagalpa.pdf>
- Guía de identificación y manejo integrado: plagas del frijol en Centroamérica / IICA, Proyecto Red SICTA, Cooperación Suiza en América Central -- Managua: IICA, 2010.
- Guía tecnológica 3, Cultivo del frijol, Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria INTA, Managua, Nicaragua. 15p.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2013. Guía Metodológica de Fitomejoramiento Participativo en los Cultivos de: Maíz, Frijol, Arroz y Sorgo.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2014. Guía departamental de variedades criollas y acriolladas de granos básicos Matagalpa, Nicaragua 2014
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2009. Guía técnica para el cultivo de frijol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del Departamento de Boaco, Nicaragua. 22p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). Guía técnica para la producción artesanal de semilla de frijol. Estelí, Nicaragua 2010. 26p.
- IICA (Instituto Iberoamericano de Cooperación para la Agricultura). 2009. Mapeo del mercado de semillas de maíz y frijol en Centroamérica (en línea). Managua, NI. Consultado 15 mayo 2014. Disponible en: http://www.iica.int.ni/IICA_NICARAGUA/Publicaciones/Estudios_PDF/Mapeo_Semillas_Maiz_Frijol.pdf
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2007. Guía práctica para la exportación a EE.UU Frijol Rojo. 12p.
- IICA (Instituto Iberoamericano de Cooperación para la Agricultura). 2007. Enfoque Integrado de Investigación y Extensión en Sistemas Agropecuarios ENFOQUE IESA. Managua, NI. Consultado: 1 jun 2014. Disponible en: http://www.iica.int.ni/IICA_NICARAGUA/Publicaciones/Estudios_PDF/Enfoque%20IESA.pdf.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal). 2008. El Cultivo del Frijol en la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN).
- Orozco, J; López, L. 2012. Caracterización, evaluación preliminar y adaptabilidad de cuatro variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en cuatro localidades de San Dionisio, Matagalpa, postrema, 2012.

- Ruiz, J; Rivera, O. 2016. Adaptabilidad y estabilidad de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en seis localidades de San Dionisio, Matagalpa, en dos ciclos agrícolas, postrera 2013 y primera 2014.
- Rodríguez, P; Martínez, P. 2012. Caracterización, evaluación preliminar y adaptabilidad de cuatro variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) evaluadas en cinco localidades de Ciudad Darío, Matagalpa; postrera.2012.
- Tapia, H; Camacho, A. 1998. Manejo integrado de la producción de frijol basado en labranza cero. G. T. Z. Managua, NI.189 p.

VIII. ANEXO

Anexo 1. Cuadros de colores basados en Munsell Book Of Color utilizado para la caracterización de las 4 líneas establecidas en las localidades de San Dionisio, Matagalpa, postrera 2013.

