

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA
PROGRAMA DE RECURSOS GENETICOS NICARAGUENSES



TRABAJO DE TESIS:

**COMPARACIONES EN LOS PATRONES DE CRECIMIENTO DE QUINCE
POBLACIONES DE FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.) CONSERVADAS
EN FINCAS DE AGRICULTORES (*IN SITU*) Y *EX SITU*.**

ASESOR

Ing. M.Sc. Oscar Gómez Gutiérrez.

AUTOR

Br. Oswalt Rafael Jiménez Caldera.

MANAGUA, NICARAGUA
DICIEMBRE, 2001

DEDICATORIA

A DIOS, padre supremo creador de todas las cosas.

A mi madre, Silvia Caldera Guillén, pilar fundamental en la edificación de todos mis éxitos.

A mi padre, Lic. Heriberto Jiménez Padilla (q. e. p. d), aunque el destino nos haya privado de estar juntos en este momento tan importante de mi vida, tengo la certeza que donde quiera que estés te encontraras muy orgulloso de mí.

A mi tía, Ramona Espinoza (q. e. p. d), gracias por haberme brindado todo tu cariño en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis hermanos Róger, Dulna, Hobbell, Randolth y Hery.

Oswalt Rafael Jiménez Caldera

AGRADECIMIENTO

Quiero brindarles mis mas profundas muestras de agradecimiento a mis buenos amigos Ing. M.Sc. Oscar Gómez G. y al Ing. M.Sc. Marvin Fornos R. por haberme sido partícipes de mi formación profesional y haberme trasmitido la confianza de seguir adelante.

A los docentes Ing. Álvaro Benavides G., Ing. M.Sc. Vidal Marin F. y al Ing. Miguel Ríos por haber estado siempre dispuestos a colaborar con la elaboración de este escrito y haberme brindado su amistad.

A mi amigo Ramón Caldera C., sin su gran ayuda seguramente nunca hubiese logrado culminar mis estudios.

A la familia Domínguez Muñoz por su gran apoyo a lo largo de toda mi carrera.

A mi tío Orlando Caldera G. Por haberme brindado toda su ayuda y confianza.

A todo el personal del CENIDA, en especial al Ing. Gabriel López por estar siempre dispuestos a colaborar con material bibliográfico.

Oswalt Rafael Jiménez Caldera

INDICE GENERAL.

Contenido	Página
INDICE GENERAL	<i>i</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>iii</i>
INDICE DE TABLAS	<i>iv</i>
RESUMEN	<i>v</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS	4
2.1 Localización del estudio	4
2.2 Descripción del estudio	4
2.3 Materiales genéticos.....	5
2.4 Metodología empleada	6
2.4.1 Análisis de crecimiento en el tiempo	6
2.4.2 Análisis de crecimiento en variables tomadas en un solo momento	6
2.4.3 Variables evaluadas	7
2.5 Análisis de datos	8
III. RESULTADOS	10
3.1 Análisis de crecimiento en el tiempo	10
3.1.1 Longitud de tallo	10
3.1.2 Area foliar total	12
3.1.3 Materia seca de láminas foliares.....	13
3.1.4 Materia seca de restos de componentes de la planta	14
3.1.5 Materia seca total	14

Contenido	Página
3.2 Análisis de crecimiento en variables tomadas en un solo momento	15
3.2.1 Tasa media de crecimiento absoluto.....	15
3.2.2 Tasa media de crecimiento relativo	16
3.2.3 Rendimiento por parcela.....	16
3.2.4 Índice de cosecha	17
IV. DISCUSIONES.....	18
4.1 Discusiones generales.....	18
V. CONCLUSIONES.....	21
VI. RECOMENDACIONES.....	22
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Comportamiento en pentadas de temperatura y precipitación en la Estación Experimental La Compañía durante el periodo postrera 2000.....	4
2. Comportamiento de la longitud de tallo en los grupos de poblaciones agrupadas por color de semilla (a) y sometidas a diferentes tipos de conservación (b).....	11
3. Comportamiento del área foliar total en los diferentes grupos de poblaciones agrupadas por color de semilla (a) y sometidas a distintos tipos de conservación (b).....	12
4. Representación gráfica del comportamiento de la materia seca de láminas foliares en los diferentes grupos de poblaciones agrupadas por color de semillas (a) y sometidas a diferentes tipos de conservación (b).....	13
5. Acumulación de materia seca en los restos de componentes de la planta en los diferentes grupos de poblaciones agrupados por color de semilla (a) y sometidas a distintos tipos de conservación (b).....	14
6. Acumulación de materia seca total en los diferentes grupos de poblaciones agrupadas por color de su semilla (a) y las sometidas a diferentes tipos de conservación (b).....	15

INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Fuentes de las poblaciones de frijol común conservadas <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> utilizadas en este estudio	5
2	Significancia estadística entre y dentro de sujetos para las variables evaluadas en 15 poblaciones de frijol común	10
3	Significancia estadística en el análisis de varianza de variables de crecimiento, Rendimiento e Índice de cosecha en 15 poblaciones de frijol común	15
4	Efecto del tipo de conservación y color de semilla sobre la variable Rendimiento por parcela, expresado en gramos por parcela	16
5	Efecto del tipo de conservación y color de semilla sobre el índice de cosecha de las poblaciones de frijol común evaluadas en este estudio.....	17

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en la estación experimental "La compañía" con el propósito de comparar el patrón de crecimiento de 15 poblaciones locales de frijol común conservadas en fincas de agricultores y en Bancos de Germoplasma. Se consideraron tres factores de estudio con mediciones repetidas en el tiempo en un BCA con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: Longitud de tallo en centímetros (cm), área foliar total en centímetros cuadrados (cm²), materia seca de láminas foliares en gramos por planta (g.p⁻¹), materia seca de restos de componentes de la planta en gramos por planta (g.p⁻¹), materia seca total en gramos por planta (g.p⁻¹), tasa media de crecimiento absoluto en gramos por día (g.día⁻¹), tasa media de crecimiento relativo en gramos por gramo presente en la planta por día (g.g⁻¹.día⁻¹), índice de cosecha, y rendimiento por parcela en gramos por parcela (g. parcela⁻¹). Las poblaciones locales y los materiales de color de semilla crema (Gualiceño) mostraron patrones de crecimiento y valores estadísticamente superiores ($P < 0.01$) para longitud de tallo, área foliar y materia seca de láminas foliares al compararlas con las poblaciones almacenadas *ex situ* del REGEN (Nicaragua) y del CIAT (Colombia) y de color de semilla rojo o café. Sin embargo, al evaluar la materia seca total, tasa media de crecimiento absoluto y tasa media de crecimiento relativo no se registraron diferencias estadísticas significativas entre ninguno de los factores bajo estudio. Por otro lado, se apreció una interacción color por tipo de conservación estadísticamente significativa para rendimiento por parcela e índice de cosecha ($P < 0.05$ y $P < 0.01$, respectivamente para cada variable), habiendo sobresalido al igual para el resto de variables las poblaciones locales y el grupo de materiales de color crema de semilla. Esto evidencia de que la selección natural aunada a la practicada por el hombre, han permitido una diferenciación de las rutas evolutivas de estas poblaciones de frijol común y refuerza la necesidad de la conservación de las variedades locales en fincas a fin de permitir la generación de diversidad novel en comparación con esas "mismas" poblaciones almacenadas *ex situ* en bancos de germoplasma.

I. INTRODUCCION

El centro de origen primario del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) se ubica en algún lugar situado en la parte occidental del área México-Guatemala a una elevación de 1200 metros aproximadamente (Miranda, 1967). El uso del C¹⁴ para determinar la edad de los frijoles encontrados en una cueva en México indica que ya 5000 AC este cultivo era de uso doméstico (CIAT, 1998).

Desde hace mucho tiempo el frijol común ha sido un alimento básico en el mundo en desarrollo. La semilla de frijol tiene un alto contenido de proteínas de aproximadamente el 22.7%, superado únicamente por la soja (38%) y es también fuente importante de hierro (7.9 %) y vitamina B (2.2%) (Somarriba, 1997).

Es un cultivo típico entre los pequeños productores de América Central y del Sur, y principal (y en muchos casos única) fuente proteica para una parte significativa de la población en la que la agricultura de subsistencia es la principal actividad productiva (Veríssimo, 1999).

Nicaragua representa una zona rica en diversidad genética de frijol común, Marín (1991); Argüello (1992); Martínez (1994); Cortez (1995); Hernández (1995); Rodríguez & Urbina (1997); Barrera & Álvarez (1998); Carballo (1998), hacen referencia a esta diversidad, señalando la existencia de poblaciones altamente variables en los distintos caracteres evaluados.

Una de las amenazas más ominosas para la agricultura es la reducción de la base genética de importantes cultivos alimenticios, un proceso que comenzó con su domesticación y que se ha acelerado significativamente en tiempos modernos; el monocultivo y las demandas de mercado de productos uniformes están reduciendo rápidamente la diversidad biológica de los sistemas de producción que alimentan al mundo (CIAT, 1998).

Desgraciadamente las poblaciones criollas de frijol común presentes en nuestros agroecosistemas no están exentas a correr esta suerte, quizás, una de las pruebas más tangibles de su vulnerabilidad sean las exigencias de los consumidores. Tapia (1987), menciona que estas exigencias han dado la preferencia a consumir granos color rojo, reduciéndose así la explotación de granos que presenten un color distinto, aunque estas poblaciones aún persisten en algunos agroecosistemas debido a que presentan algunas características de mucho aprecio por quienes la utilizan.

Ante esta problemática se hace necesario la implementación de estrategias de conservación *in situ* y *ex situ* (Frankel, 1950 citado por Soleri & Smith, 1995). La conservación *ex situ* congrega en un solo lugar la diversidad genética de una o muchas especies de interés, sin que cambien o desaparezcan en la naturaleza, es una alternativa segura y confiable en tanto permite tener duplicados de las mismas accesiones durante diferentes periodos y en diferentes tipos de muestras, y facilita acceder al germoplasma para estudio y distribución. Sin embargo, conserva solamente las combinaciones génicas existentes en un momento dado e interrumpe la evolución y coevolución que generan nueva diversidad (Jaramillo & Baena, 2000).

La conservación *in situ* en cambio, “es el mantenimiento continuado de una población en la comunidad a la cual pertenece dentro del ambiente al que esta adaptada” (Frankel, 1950 citado por Lleras, 1991). Y es que de forma más deliberada y muy ligada a su utilización se conservan recursos genéticos en las fincas de los agricultores; el volumen y variedad de estos recursos genéticos, tanto vegetales como animales, implica que el mayor aporte a la conservación es por parte de los agricultores tradicionales en sus agroecosistemas (Loáisiga, 1999).

Sólo la conservación *in situ* puede salvaguardar los recursos genéticos por rato manteniendo su habilidad a cambios en respuesta a presiones bióticas y abióticas, cambios sociales y culturales, y las impredecibles necesidades futuras (Negri & Tosti, 1997).

Los programas de recursos genéticos agrícolas *ex situ* e *in situ* han sido ampliamente utilizados en poblaciones criollas de frijol común, el primero por investigadores y el segundo por agricultores locales, sin que se haya hecho un esfuerzo por dar a conocer a través de la experimentación los efectos que ambos tipos de conservación pueden tener sobre la genética del cultivo. Partiendo de esto se estableció el presente trabajo de investigación cuyos objetivos fueron los siguientes:

- Aportar un poco de conocimiento en lo que respecta a las formas estratégicas de la conservación de los recursos genéticos *ex situ* e *in situ*.
- Evaluar si existen diferencias significativas entre los grupos de poblaciones agrupadas por el color de semilla.
- Determinar la existencia de diferencias significativas entre poblaciones sometidas a distintas estrategias de conservación a través del tiempo, así también entre las poblaciones dentro de cada tipo de conservación evaluado.

Como hipótesis se planteó que las poblaciones de frijol común agrupadas por color de semillas y sometidas a formas y períodos diferentes de conservación; así como también aquellas que se encuentran dentro de un mismo tipo de conservación y color de semilla, presentan un comportamiento diferenciado para las variables consideradas en este estudio.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1 Localización del estudio

El estudio se estableció en el ciclo agrícola de postrera 2000 en la estación experimental “La Compañía” situada en Carazo en las coordenadas: 11°54’ latitud norte y 86° 09’ longitud oeste, a una altura de 450 msnm. Los suelos son jóvenes por originarse a partir de actividades volcánicas, pertenecen a la serie Masatepe, predominantemente de textura franca, moderadamente profundos, pendiente ligera, bien drenados, el contenido de potasio es medio con bajos niveles de fósforo.

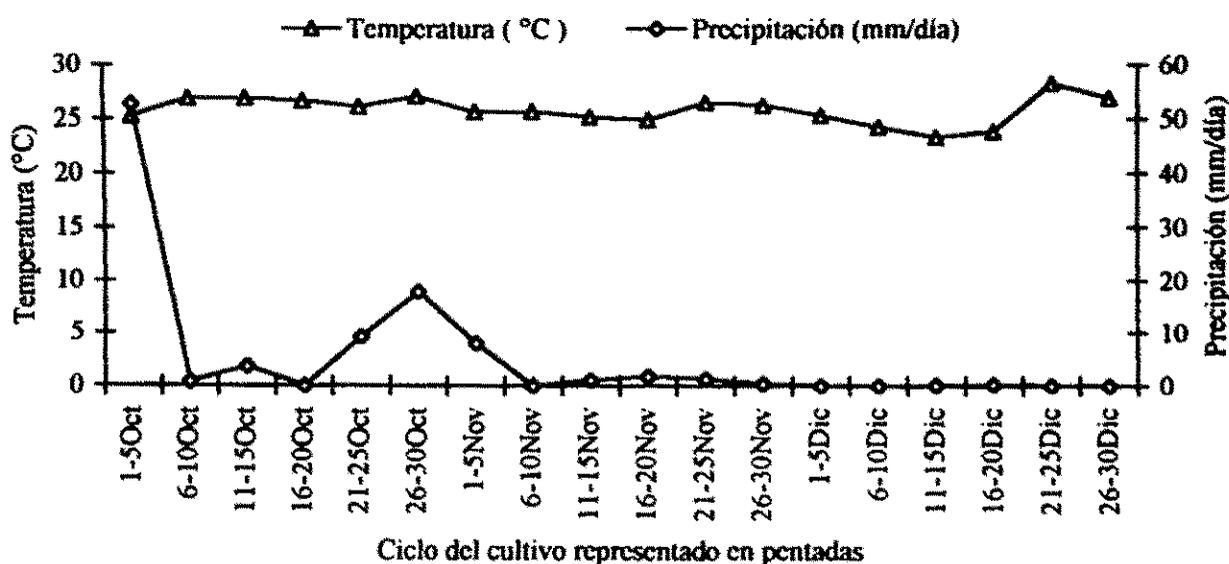


Figura 1. Comportamiento en pentadas de temperatura y precipitación en la Estación Experimental La Compañía durante el periodo postrera 2000

2.2 Descripción del estudio

El estudio consistió en un experimento trifactorial con mediciones repetidas en el tiempo, en un diseño de Bloques Completo al Azar con tres repeticiones, cuyos factores de estudio fueron: Poblaciones anidadas dentro de cada tipo de conservación y color de semilla, tipo de conservación y color de semilla. Se consideró además en el modelo estadístico, la interacción del factor color de semilla con el tipo de conservación.

El área de la parcela fue de 15 m² con 5 surcos separados a 0.5 metros, siendo el área de parcela útil de 7.5 m², los que equivalen a los tres surcos centrales. La distancia de siembra fue de 10 centímetros entre plantas (aproximadamente). El manejo agronómico se efectuó siguiendo las indicaciones propuestas por el INTA (1995).

2.3 Materiales genéticos

Con el propósito de evaluar posibles cambios en las medias y en el patrón de crecimiento de algunas poblaciones locales de frijol común, se identificaron en la base de datos del Programa Recursos Genéticos Nicaragüenses (REGEN) y en la del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), accesiones que fueron colectadas en diferentes periodos de tiempo (Tabla 1) y provenientes de una misma localidad. De igual manera, sobre la base de la información anterior se visitó las mismas localidades y en algunos casos al mismo productor que había entregado muestras de su material a colectores del REGEN, a fin de encontrar la “misma” población y obtener una muestra para realizar el presente estudio. En algunos casos fue imposible encontrar la población colectada en el pasado, por lo que se incluyeron poblaciones del mismo material pero provenientes de diferentes localidades. Varios criterios se utilizaron para considerar dos o más poblaciones como las “mismas” o “similares”: Provenir de la misma localidad o cercana al sitio donde fueron colectadas en el pasado, conocimiento local del agricultor usuario o dueño de la población de interés y color de semilla. Se lograron conformar tres grupos de materiales siendo el color de semilla la principal característica distintiva. Estos se describen en la Tabla siguiente:

Tabla 1. Fuentes de las poblaciones de frijol común conservadas *in situ* y *ex situ* utilizadas en éste estudio

Color	Tipo de conservación						Sitio de colecta
	REGEN (<i>ex situ</i>)		Finca (<i>in situ</i>)		CIAT (<i>ex situ</i>)		
	Accesión	Año	PL	Año	Accesión	Año	
Rojo	A-3008(r)	1991	V-9	1999	G-2065	1965	El Guarumo, La Orilla, y La Granadilla. Nandaime, Granada.
	A-3008(o)		V-10				
			V-11				
Crema	A-3131(r)	1992	V-21	1999	G-2129	1965	Waslala, Matagalpa; Pantasma, Jinotega.
	A-3131(o)				G-17664		
Café	A-1870(r)	1987	V-19	1999	G-17663	1952	Rivas, Pantasma, Jinotega; Matagalpa.
	A-1870(o)						

PL: Población local o conservada *in situ*; Año: se refiere al año en que el material fue colectado y conservado *ex situ* ya sea en REGEN o CIAT. Las poblaciones locales no fueron sometidas a conservación *ex situ*

2.4 Metodología empleada

2.4.1 Análisis de crecimiento en el tiempo

Para la determinación de las variables de crecimiento se seleccionaron en campo cinco plantas al azar, pero que estuvieran en competencia completa en cada una de las parcelas experimentales a los 29, 34 y 64 días después de la siembra. Posteriormente fueron depositadas en bolsas de plástico debidamente etiquetadas dentro de un termo con hielo para su traslado al laboratorio de semillas del REGEN en la Universidad Nacional Agraria (UNA).

Estando en el laboratorio, a cada planta se le realizó un corte a nivel del nudo cotiledonar, cuya parte inferior (raíces) fue desechada y solamente se incluyeron en los análisis la parte superior o área de la misma. Cada planta fue lavada con abundante agua para eliminar impurezas (restos de malezas, tierra, insectos, etc.) que fueran a distorsionar los resultados. Luego, a cada planta se le determinó su longitud de tallo y se extrajeron todas sus láminas foliares a las que se les calculó su materia seca expresada en gramos; para esto, cada muestra se empacó en bolsas de papel kraft y se colocó en un horno a 80 °C por un periodo mínimo de 72 horas. Del total de láminas foliares se tomó una sub-muestra representativa de folíolos a los que se les calculó el área foliar y materia seca. La suma de valores de materia seca de los diferentes componentes de la planta dio como resultado la variable materia seca total.

2.4.2 Análisis de crecimiento en variables tomadas en un solo momento

Este análisis, a diferencia del anterior se efectuó en un solo momento, y el tamaño de la muestra fue superior en el caso de la variable rendimiento por parcela e índice de cosecha (150 y 10 plantas por parcela respectivamente); para la determinación del rendimiento por parcela las plantas fueron cosechadas a los 74 días después de siembra cuando estas presentaron una apariencia “seca” en el campo, el secado del grano se hizo de manera natural al sol. Para el cálculo del índice de cosecha se separó el grano del resto de biomasa secándose ambas muestras en un horno a 80 °C por un periodo mínimo de 72 horas para su posterior pesaje. Las tasas medias de crecimiento absoluto y relativo se analizaron basándose en el periodo transcurrido entre los 34 y 64 días después de siembra.

2.4.3 Variables evaluadas.

Longitud de tallo. Este fue medido en centímetros (cm) a partir del nudo cotiledonar hasta el ápice del tallo principal, todo esto se logró con la ayuda de una cinta graduada.

Área foliar total. Su unidad de medida fue centímetros cuadrados (cm²) y su estimación se llevó a cabo mediante la siguiente ecuación:

$$AFT = \left[\frac{ASL \times PRL}{PSSL} \right] + ASL$$

AFT es el área foliar total en centímetros cuadrados (cm²), ASL es el área de la submuestra de láminas foliares (cm²), PSSL es el peso seco de la submuestra de láminas foliares en gramos por planta (g.p⁻¹), y PRL es el peso seco de restos de láminas foliares (g.p⁻¹).

Materia seca de láminas foliares. Corresponde a las láminas foliares totales de la planta. La manera como se determinó ya fue descrita anteriormente en la metodología. Su unidad de medida fue gramos por planta (g.p⁻¹).

Materia seca de restos de componentes de la planta. Se refiere a la materia seca de todo lo que no es lámina foliar, y sus particularidades ya fueron descritas anteriormente en la metodología. Su unidad de medida fue gramos por planta (g.p⁻¹).

Materia seca total. Corresponde a la materia seca total de la planta. Se evaluó de manera similar a las dos variables anteriores. Su unidad de medida fue gramos por planta (g.p⁻¹).

Tasa media de crecimiento absoluto (\overline{TCA}). Se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\overline{TCA} = \frac{PS_2 - PS_1}{t_2 - t_1}$$

PS₂ y PS₁ representan el peso seco de la planta (g.p⁻¹) en los tiempos t₂ y t₁, respectivamente y se expresó en gramos por día (g. día⁻¹).

Tasa de crecimiento relativo (TCR). Se calculó mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$\overline{TCR} = \frac{\log_e PS_2 - \log_e PS_1}{t_2 - t_1}$$

$\log_e PS_2$ y $\log_e PS_1$ representan el logaritmo natural del peso seco en el tiempo t_1 y t_2 , su unidad de medida fue gramos de ganancia de materia seca por gramos de materia seca presentes en la planta por día ($g \cdot g^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$).

Rendimiento por parcela. Para su evaluación primeramente se contó el número de plantas por parcela a la cosecha, se pesó la cantidad de grano obtenida y posteriormente se ajustó el peso hasta un 14% mediante la siguiente ecuación:

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

R es el rendimiento final, P es el peso del grano al momento de la cosecha, %H es el contenido de humedad expresado en porcentaje al momento de la cosecha, 100 y 86 son constantes.

Índice de cosecha. Su obtención fue posible a través de la siguiente ecuación:

$$IC = \frac{MSS}{MST}$$

IC es el índice de cosecha, MSS es la materia seca de semilla en gramos, MST es la materia seca total en gramos.

2.5 Análisis de datos

Dada la naturaleza de los datos (mediciones repetidas) se realizó un análisis multivariado de varianza (MANOVA) para evaluar el efecto de color de semilla, tipo de conservación de su interacción, así como las poblaciones dentro de los tipos de conservación para cada grupo de poblaciones de un mismo color de semillas, sobre las variables descritas previamente medidas a través del tiempo. Con relación a las variables tasa de crecimiento absoluto, tasa de crecimiento relativo, rendimiento e índice de cosecha, estas fueron sometidas a un análisis de varianza (ANOVA). En los casos donde se encontraron diferencias estadísticas se procedió a la realización de contrastes ortogonales en donde se efectuaron todas las comparaciones posibles. El programa utilizado fue JMP, versión 4.05 (SAS, 2000).

El modelo estadístico utilizado en este estudio para los análisis antes mencionados fue el siguiente:

$$\gamma_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta\alpha_{k(i)} + \tau_j + \alpha\tau_{ij} + \theta\alpha\tau_{l(ij)} + \xi_{ijkl}$$

γ_{ijkl} = observación aleatoria

μ = media general

α_i = efecto del color de semilla

$\beta\alpha_{k(i)}$ = efecto del bloque dentro de cada color de semilla

τ_j = efecto del tipo de conservación

$\alpha\tau_{ij}$ = efecto de la interacción color de semilla y tipo de conservación

$\theta\alpha\tau_{l(ij)}$ = efecto de las poblaciones dentro de cada color y tipo de conservación

ξ_{ijkl} = error experimental

$i = 1, 2, 3.$

$j = 1, 2, 3.$

$k = 1, 2, 3.$

$l = 1, 2, \dots, 15.$

III. RESULTADOS

3.1 Análisis de crecimiento en el tiempo

El efecto del factor tiempo tal y a como es de esperarse, resultó altamente significativo para todas las variables evaluadas, lo mismo que los efectos de color y tipo de conservación y sus interacciones con el tiempo aunque solo para las variables longitud de tallo (LT), área foliar total (AFT) y materia seca de láminas foliares (MSL). Los resultados específicos de cada uno de ellos se detallan a continuación:

Tabla 2. Significancia estadística entre y dentro de sujetos para las variables evaluadas en 15 poblaciones de frijol común

Variable	Entre sujetos				Dentro de sujetos				
	Col	T.Con	Col*T.Con	Pob (Col,T.Con)	Ti	Ti*Col	Ti*T.Con	Ti*Col* T.Con	Ti*Pob (Col,T.Con)
LT	**	*	ns	ns	***	*	*	ns	ns
AF	***	*	ns	ns	***	*	ns	ns	ns
MSL	*	ns	ns	ns	***	**	ns	ns	ns
MSR	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
MST	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns

LT: Longitud de tallo, AF: Area foliar, MSL: Materia seca de láminas foliares, MSR: Materia seca de restos de componentes, MST: Materia seca total, Col: Color, T.Con: Tipos de conservación, Pob: Poblaciones, y Ti: Tiempo. P-valores; *= 0.01-0.05, **= 0.01-0.001; ***= <0.001, ns= no significativo

3.1.1 Longitud de tallo

Al evaluar la longitud de tallo de la planta en diferentes momentos del ciclo de crecimiento de la misma, se espera una variación en los valores promedios para los tratamientos que se estén evaluando; sin embargo, el interés se debe centrar también en el patrón general de cambio de los tratamientos a través del tiempo. En éste sentido, los grupos de poblaciones agrupados por el color de semilla mostraron un comportamiento diferenciado ($P < 0.01$) distinguiéndose el grupo color crema (Gualiceño) tal y como se aprecia en la figura 2. Los grupos color café (mono) y rojo (rojo criollo) presentaron un comportamiento similar ($P = 0.43$) en sus promedios con relación a la variable en mención. En la Tabla 2 se aprecia que hubo una interacción tiempo x color significativa para esta variable ($P < 0.05$), lo que refleja que el efecto del tiempo en la variable longitud de tallo es diferente en cada uno de los grupos de

poblaciones locales agrupadas por color de semilla (Figura 2a).

De acuerdo al tipo de conservación (Figura 2a), se apreciaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los materiales evaluados agrupados por su procedencia de acuerdo a la manera de conservación a la cual habían sido expuestos (poblaciones locales que representan una forma de conservación *in situ*, los materiales del CIAT, Colombia y REGEN, Nicaragua, los que representan la conservación *ex situ*). Los valores promedios de las poblaciones locales (variedades locales cultivadas actualmente) determinados en los diferentes momentos de muestreo, únicamente fueron superiores al mostrado por los materiales procedentes del REGEN, sobre todo al final del ciclo vegetativo (Figura 2b). Al igual que para el efecto color de semilla se apreció una interacción tiempo x tipo de conservación ligeramente significativa ($P < 0.05$), lo que indica que dentro de cada tipo de conservación la media de cada tratamiento mostró un cambio estadísticamente diferente al mostrado por el resto de tipos de conservación en los diferentes momentos en que se evaluaron las plantas, diferenciándose las poblaciones locales del resto tal y a como lo muestra la Figura 2b.

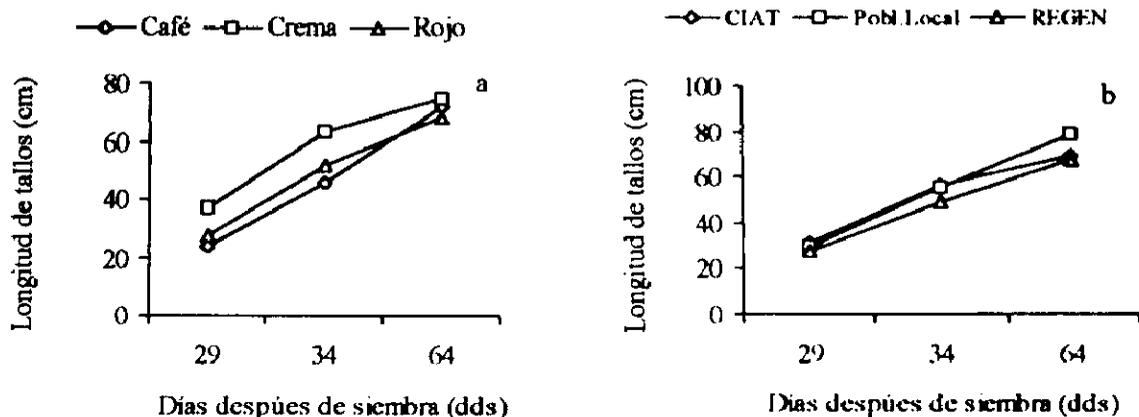


Figura 2. Comportamiento de la longitud de tallo en los grupos de poblaciones agrupadas por color de semilla (a) y sometidas a diferentes tipos de conservación (b)

3.1.2 Área foliar total

Esta variable, de manera general mostró un comportamiento inicial creciente disminuyendo al final del ciclo vegetativo del cultivo. Dicho comportamiento es característico del frijol ya que posterior a la madurez fisiológica ocurre la caída de hojas, lo que está asociado con la fase de senescencia del cultivo; por consiguiente, es de esperar una reducción de esta característica al final de su ciclo vegetativo.

En la Figura 3a se puede observar que el grupo de poblaciones de color crema (Gualiceño) presentó un mayor área foliar en los dos primeros momentos en que se registró la información; sin embargo en el tercer muestreo el valor promedio de esta variable fue similar al mostrado por el grupo de poblaciones de semilla color café (Mono). Por otro lado, el tercer grupo conformado por las poblaciones de grano rojo exhibió un valor promedio significativamente inferior al resto de poblaciones en el último muestreo realizado.

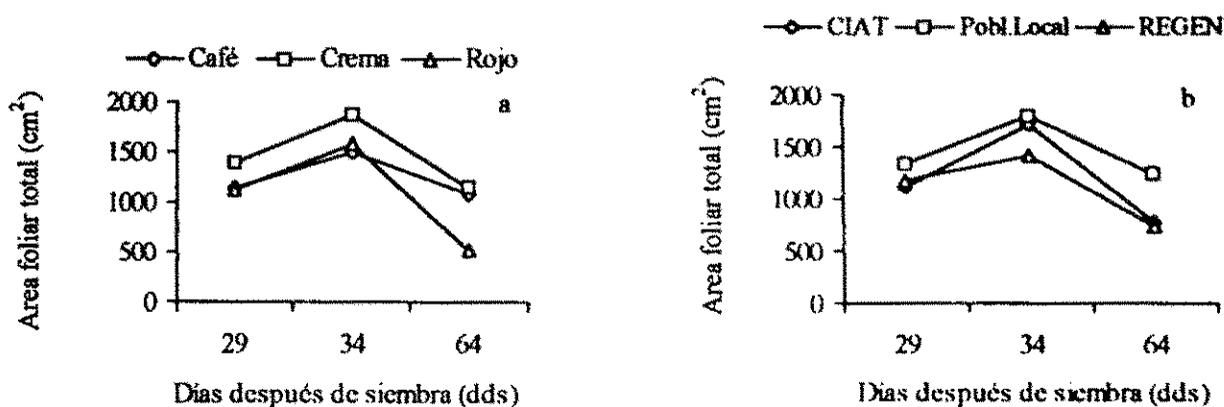


Figura 3. Comportamiento del área foliar total en los diferentes grupos de poblaciones agrupadas por color de semilla (a) y sometidas a distintos tipos de conservación (b)

En lo que respecta al tipo de conservación (Figura 3b), el grupo de las poblaciones locales se diferenció de los grupos conformados por las poblaciones conservadas en los bancos de germoplasma de REGEN y CIAT, presentando éste mayores valores promedios de área foliar en cada uno de los momentos en que se realizó la medición de esta variable y al igual que para el efecto de color de semilla, en el último muestreo las diferencias fueron más marcadas sobresaliendo siempre el grupo de las poblaciones locales (Figura 3b). Con relación a la interacción del tiempo en cada uno de los factores estudiados (tiempo x color de semilla y tiempo x tipo de conservación), esta resultó significativa ($P < 0.01$) solamente para el efecto

tiempo x color. En otras palabras, los cambios en los valores promedios de un muestreo a otro para esta variable fueron diferentes dentro de cada grupo de poblaciones de diferente color de semilla.

3.1.3 Materia seca de láminas foliares

Esta variable está íntimamente ligada con la descrita anteriormente, por lo que los resultados son bastante similares en cuanto al efecto del color de semilla, presentando los grupos de poblaciones de color crema y café valores promedios significativamente superiores ($P < 0.01$) al grupo de poblaciones de grano rojo (Figura 4a). Sin embargo, a diferencia del caso anterior, no se detectaron diferencias significativas entre los diferentes tipos de conservación; es decir, las distintas poblaciones presentaron valores de materia seca de láminas foliares similares.

Con relación a las interacciones tiempo x color y tiempo x tipo de conservación, la primera resultó altamente significativa ($P < 0.01$), variando de esta manera significativamente los cambios en los valores de materia seca de las láminas foliares a través de los diferentes muestreos dentro de cada grupo de poblaciones agrupadas por el color de semilla, no así la interacción tiempo x tipo de conservación en la cual no se detectaron diferencias estadísticas.

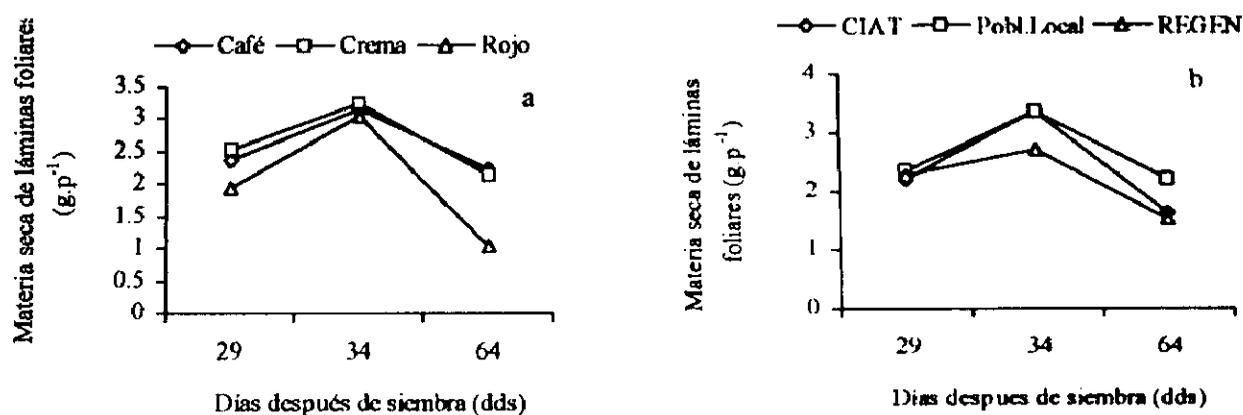


Figura 4. Representación gráfica del comportamiento de la materia seca de láminas foliares en los diferentes grupos de poblaciones agrupadas por color de semilla (a) y sometidas a diferentes tipos de conservación (b)

3.1.4 Materia seca de restos de componentes de la planta

Al referirnos al resto de componentes de la planta se entiende todo las diferentes partes, a excepción de las hojas, que conforman la misma en un momento determinado. Estas partes incluyen, según el momento de muestreo, tallos, ramas, peciolas, flores, vainas y semillas. En la Tabla 2 se puede apreciar que no se detectaron diferencias significativas entre los distintos grupos de poblaciones clasificados por color y tipo de conservación. Con relación al factor tiempo, el efecto del mismo resultó altamente significativo ($P < 0.01$) sobre la variable en mención; sin embargo, no se detectó ninguna interacción significativa con el resto de factores considerados en el presente estudio (color, tipo de conservación y poblaciones (dentro de tipo de conservación y dentro de color)), lo que indica que la materia seca del resto de componentes en las distintas poblaciones agrupadas ya sea por color de semilla o por tipo de conservación varió, a través del tiempo, en cantidades más o menos similares en cada caso, respectivamente (Figura 5).

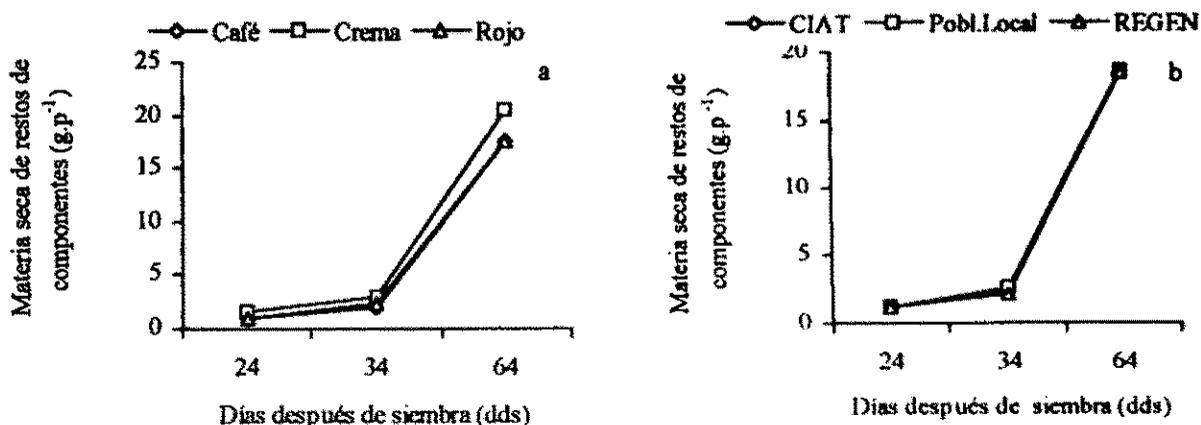


Figura 5. Acumulación de materia seca en los restos de componentes de la planta en los diferentes grupos de poblaciones agrupados por color de semilla (a) y sometidas a los distintos tipos de conservación (b)

3.1.5 Materia seca total

Esta variable mostró un comportamiento semejante al de la variable descrita en el párrafo anterior, habiéndose determinado un efecto significativo únicamente para el factor tiempo, es decir que dentro de cada caso, ya sea para color de semilla o tipo de conservación, en todos los tratamientos estudiados los valores promedios de materia seca total difirieron significativamente ($P < 0.01$) al comparar los valores iniciales con los determinados en el segundo y tercer muestreo (Figura 6).

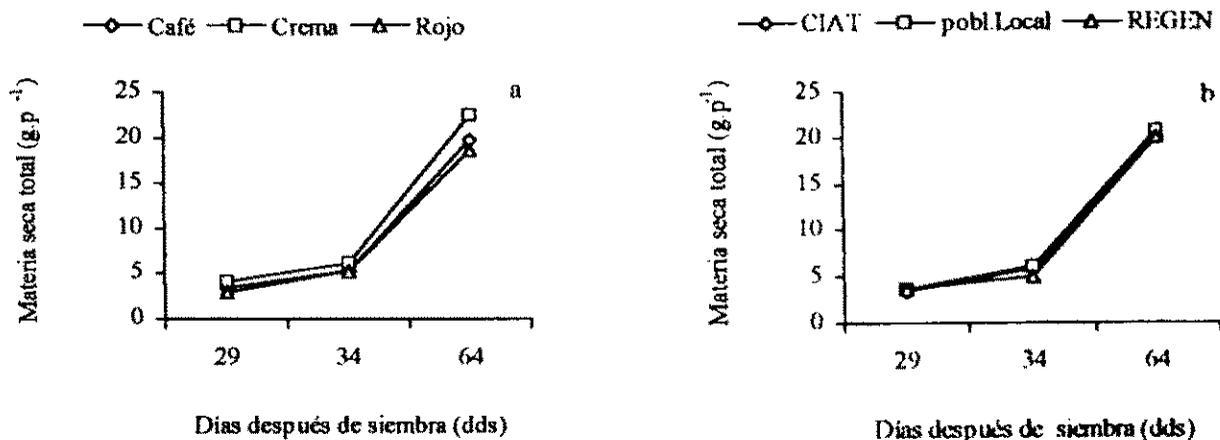


Figura 6. Acumulación de materia seca total en los diferentes grupos de poblaciones agrupados por color de semilla (a) y sometidas a distintos tipos de conservación (b)

3.2 Análisis de crecimiento en variables tomadas en un solo momento

Entre estas variables se tienen, la tasa media de crecimiento absoluto, la tasa media de crecimiento relativo, rendimiento por parcela e índice de cosecha, resultando la interacción color x tipo de conservación significativa para estas dos variables. Los resultados se aprecian en la siguiente Tabla:

Tabla 3. Significancia estadística en el análisis de varianza de variables de crecimiento, Rendimiento e índice de cosecha en 15 poblaciones de frijol común

Variable	Col	T.Con	Col*T.Con	Pob(Col, T.Con)
Rend	*	*	*	ns
IC	*	*	*	ns
TCA	ns	ns	ns	ns
TCR	ns	ns	ns	ns

Rend: Rendimiento, IC: índice de cosecha, TCA: Tasa media de crecimiento absoluto, TCR: Tasa media de crecimiento relativo, Col: Color, T. Con: Tipo de conservación, Pob: Poblaciones. P-valores: *= 0.01-0.05, **= 0.01-0.001; ***= <0.001, ns= no significativo

3.2.1 Tasa media de crecimiento absoluto (TCA)

Esta variable no manifestó diferencias estadísticas al comparar los grupos de poblaciones agrupadas por el color de su semilla ($P > 0.05$) ni entre los diferentes tipos de conservación ($P > 0.05$).

3.2.2 Tasa media de crecimiento relativo (\overline{TCR})

Al igual que la variable anterior, esta también no indicó que existieran diferencias estadísticas entre los valores promedios presentados por los distintos grupos de poblaciones agrupados por el color de su semilla ($P>0.05$), cuya tendencia fue también manifestada por los diversos tipos de conservación ($P>0.05$).

3.2.3 Rendimiento por parcela

Los resultados obtenidos en esta variable evidenciaron una interacción color x tipo de conservación significativa ($P<0.05$). Las poblaciones locales color crema (Gualiceños) presentó los mayores rendimientos, aunque dichos valores estuvieron influenciados por el tipo de conservación, siendo las poblaciones locales las que mostraron rendimientos superiores. Lo mismo puede decirse para el grupo de poblaciones color de grano café (Mono), aunque sus rendimientos fueron inferiores al grupo anterior y, a diferencia del caso anterior las poblaciones conservadas *ex situ* resultaron más productivas (Tabla 4). Con relación al grupo de poblaciones de grano rojo, es importante remarcar que los rendimientos en general fueron menores a los presentados por los grupos de poblaciones anteriormente mencionados, sin embargo estos fueron más estables no siendo afectados por el tipo de conservación.

Tabla 4. Efecto del tipo de conservación y color de semilla sobre la variable rendimiento por parcela, expresado en gramos por parcela

Tipo de conservación	Color			DMS (5 %)
	Crema	Café	Rojo	
CIAT	683.7	589.1	423.5	189.9
PL	824.8	348.4	453.8	189.9
REGEN	768.4	539.7	471.4	189.9
DMS (5 %)	ns	189.9	ns	

PL: Poblaciones locales o conservadas *in situ*, DMS: Diferencia mínima significativa

3.2.4 Índice de cosecha

El efecto de la interacción color x tipo de conservación fue muy evidente en el grupo de poblaciones de grano café (Mono) presentando los menores valores las poblaciones locales; Sin embargo, en los grupos de poblaciones de grano crema (Gualiceño) y rojo, dicha interacción resultó no significativa, aunque se apreció una tendencia en las poblaciones locales a presentar mayores valores de índice de cosecha sobre todo el grupo de poblaciones de grano crema.

Tabla 5. Efecto del tipo de conservación y color de semilla sobre el índice de cosecha de las poblaciones de frijol común evaluadas en este estudio

Tipo de Conservación	Color			DMS (5 %)
	Crema	Café	Rojo	
CIAT	0.56	0.55	0.53	ns
PL	0.58	0.43	0.53	0.06
REGEN	0.56	0.57	0.54	ns
DMS (5 %)	ns	0.06	ns	

PL: Poblaciones locales o conservadas *in situ*, DMS: Diferencia mínima significativa

IV. DISCUSIONES

4.1 Discusiones generales

El propósito del presente trabajo fue comparar el comportamiento en campo de una misma población sometida a diferentes formas o tipos de conservación (*ex situ*, en Bancos de germoplasma e *in situ*, en fincas de agricultores), colectadas además, en diferentes periodos de tiempo a fin de establecer un gradiente, lo que se logró de alguna manera ya que algunos de los materiales utilizados en el estudio fueron colectados en el periodo de 1952-1965, otros de 1987-1992, y en época más reciente que corresponde a las variedades locales utilizadas actualmente. Los criterios utilizados para considerar las muestras de semillas como pertenecientes a la misma población fueron el provenir del mismo agricultor o localidad (o en su defecto de localidades cercanas), de donde fue tomada la muestra original de semillas de una población años atrás, tener el mismo nombre local y características externas de la semilla similares (color, tamaño principalmente). De igual manera, se tomó como patrón una muestra de semillas de las poblaciones conservadas en los Bancos de germoplasma para su comparación visual con las muestras a tomar. En términos generales, se pudieron cumplir los supuestos antes descritos y se conformaron tres grupos de poblaciones, siendo la principal característica distintiva de cada uno de ellos el color de semillas.

Se estuvo interesado en conocer el efecto que el color de semilla, tipo de conservación y población podrían tener sobre el crecimiento de varias poblaciones locales de frijol común, evaluados ambos eventos por determinadas características como longitud de tallo, área foliar, materia seca de láminas foliares, materia seca de restos de componentes, materia seca total, rendimiento e índice de cosecha. De igual manera, se consideró la interacción y anidamiento de algunos de los factores antes mencionados sobre las variables ya descritas (Tabla 2), realizándose las mediciones varias veces a través del tiempo. Las mayores diferencias se apreciaron entre materiales genéticos agrupados por color de semilla y por tipo de conservación (*ex situ* e *in situ*), resultando además, el efecto del tiempo altamente significativo para todas las variables evaluadas. El color de semilla resultó ser un marcador excelente para diferenciar las poblaciones, destacándose el grupo de color crema (Gualiceño). Este grupo de poblaciones mostró una mayor longitud de tallo y área foliar total en comparación a la manifestada por los otros grupos de poblaciones (rojo y café), sobre todo hasta la floración lo que podría estar asociado a los mayores rendimientos mostrados por este grupo de poblaciones; sin embargo, se debe tener un poco de cuidado al establecer este tipo de relaciones tal y como lo expresa Wallace & Yan (1998), porque si bien a mayor área foliar

se esperaría una mayor actividad fotosintética y por ende una mayor disponibilidad de fotosintatos, la realidad es que se debe considerar también que la translocación de éstos hacia el producto económico de interés varía en diferentes materiales genéticos.

Este mismo comportamiento fue observado en el grupo de materiales genéticos que han venido siendo utilizados y conservados de manera continua por los agricultores: las poblaciones locales (conservación *in situ*). Se debe aclarar que de las poblaciones conservadas *ex situ*, las provenientes del CIAT presentaron un comportamiento más similar a las poblaciones locales que las conservadas en el REGEN. Esta diferenciación entre los dos grupos de poblaciones conservadas *ex situ* se debe probablemente a que las poblaciones del CIAT han sido sometidas a regeneración y/o multiplicación más recientemente que las del REGEN, ya que se utilizaron en el presente estudio accesiones originales que no habían sido regeneradas o multiplicadas por 10-15 años, aunque otras si ya habían sido sometidas a los procesos descritos; sin embargo, en promedio fue posible su separación de las del grupo del CIAT. Es común escuchar entre los agricultores la expresión de que una planta es buena porque carga bastante (alto número de vainas por planta) o porque luce vigorosa a simple vista (Gómez & Fornos, 1998). En caso de que el agricultor seleccionara plantas para la próxima cosecha, algunas como las descritas anteriormente serían seleccionadas y de esa manera la media de la población variaría en la dirección hacia donde se lleve a cabo la selección. Lo anterior es posible que esté ocurriendo en las poblaciones locales en comparación con las conservadas *ex situ* y explique, en parte, los mayores valores promedios determinados en ellas para las variables antes mencionadas, lo que viene a confirmar lo expresado por diferentes autores en el sentido de que la conservación *in situ* en fincas de agricultores permite la evolución continua de estos materiales (Negri & Tosti, 1997).

Tanto el rendimiento como el índice de cosecha resultaron estadísticamente superiores en el grupo de poblaciones de grano crema. Sin embargo, para materia seca total el resultado fue totalmente distinto habiendo mostrado todas las poblaciones locales (agrupadas por color de semilla y tipo de conservación) valores similares (Figura 6). El comportamiento diferenciado de las poblaciones de color crema en cuanto a rendimiento se debe probablemente a que estas son más eficientes en la traslocación de fotosintatos hacia el grano lo cual se refleja en los mayores valores de índice de cosecha mostrados por las mismas (Tabla 5). De igual manera, las poblaciones utilizadas actualmente por los agricultores (poblaciones locales) dentro del grupo color crema (Gualiceño), mostraron la tendencia hacia valores superiores en ambas variables (rendimiento e índice de cosecha, Tablas 4 y 5), lo que parece indicar que dichos materiales genéticos son mas eficientes en la redistribución de la materia seca acumulada

hacia el grano en comparación con aquellos conservados *ex situ*, en bancos de germoplasma (REGEN y CIAT). Dentro del grupo de poblaciones de grano color café (Mono) y de grano rojo los resultados fueron un poco contradictorios ya que se apreció una tendencia contraria a lo expresado anteriormente.

Por otro lado, es posible que las poblaciones locales color crema hayan mostrado mayor rendimiento debido a que tal vez, al haber tenido mayor longitud de tallo, hayan presentado mayor número de nudos, sitio que en el cual según Debouck e Hidalgo (1985) y Kohashi (1990), se implantan los racimos florales que dan origen al fruto y por ende al rendimiento como tal. Esta relación longitud de tallo-rendimiento es explicada por Ramirez & Serrano (1992), quienes concluyeron que existe una buena correspondencia entre estos dos caracteres.

Para concluir se puede decir que no se detectaron suficientes evidencias para diferenciar las poblaciones individuales basado en las variables de crecimiento consideradas en el presente trabajo; sin embargo, se detectaron diferencias significativas al agruparlas por color o tipo de conservación, destacándose el grupo de poblaciones de grano crema (Gualiceño), el que presentó los mayores valores promedios para cada una de las variables de crecimiento evaluadas, lo que repercutió en su mayor rendimiento, producto posiblemente de una mayor eficiencia en la traslocación de fotosintatos hacia el producto de interés, en este caso el grano (altos valores del índice de cosecha).

V. CONCLUSIONES

Como conclusiones se pueden mencionar las siguientes:

1. Los factores color de semilla y tipo de conservación (*in situ* y *ex situ*) permitieron una diferenciación de las poblaciones estudiadas en cuanto a las variables longitud de tallo, área foliar total y materia seca de láminas foliares.
2. Tanto el rendimiento como el índice de cosecha resultaron dependientes de la interacción de los factores descritos en el punto anterior.
3. El grupo de poblaciones de color de semilla crema (Gualiceño) mostró los mayores valores para las variables descritas y patrones de crecimiento diferenciados con relación a los grupos de poblaciones de color de semilla rojo y café. Un comportamiento similar se observó en las poblaciones conservadas *in situ*, exceptuando para las variables rendimiento e índice de cosecha, en comparación con las poblaciones guardadas *ex situ*.
4. No se detectaron diferencias significativas entre los valores promedios de materia seca total entre las poblaciones estudiadas, lo que refleja que las diferencias en rendimiento e índice de cosecha se deben a una traslocación diferenciada de fotosintatos hacia el producto de interés de la planta, en este caso el grano.

VI. RECOMENDACIONES

1. Al darle seguimiento a esta línea de investigación es importante tratar de abordar otros aspectos relacionados con la agronomía del cultivo, que permitan dilucidar con mayor base los cambios que experimentan nuestras poblaciones de frijol común conservadas *in situ* y *ex situ*.
2. También resultaría muy fructífero el profundizar estudios donde se aborden procesos fisiológicos que permitan determinar variaciones en las poblaciones que puedan ser producto de fenómenos selectivos.
3. Incorporar a estos estudios otras especies de origen Mesoamericano que presenten gran interés, principalmente aquellas en donde la información disponible es escasa.
4. Promover la conservación *in situ* de las poblaciones criollas de frijol común a fin de generar diversidad novel en comparación con la conservada *ex situ* en los bancos de germoplasma.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Argüello, X. 1992. Caracterización y evaluación preliminar de veintiocho accesiones de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis. EPV-UNA. Managua, Nicaragua. 51p.
- Barrera, J.; Alvarez, J. 1998. Caracterización y evaluación preliminar de doscientos sesenta y un accesiones de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) recolectadas en diferentes localidades de Nicaragua. Tesis. EPV-UNA. Managua, Nicaragua. 125p.
- Carballo, J. 1998. Caracterización y evaluación preliminar de treinta accesiones de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) recolectadas en diferentes localidades de Nicaragua. Tesis. EPV-UNA. Managua, Nicaragua. 111p.
- CIAT. 1998. Protección de la base genética de los cultivos. CIAT en per 1997-1998:22-26.
- Cortez, F. 1995. Evaluación de ochenta y nueve líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) obtenidas a partir de ocho poblaciones recolectadas en Nicaragua. Tesis. EPV-UNA. Managua, Nicaragua. 66 p.
- Debouck, D; Hidalgo, R. 1985. Morfología de la planta de frijol común. In: López, M; Fernández, F; Van schoonhaven (eds). Frijol: Investigación y Producción. Cali, Colombia. p: 7-43.
- Gómez, O; Fornos, M. 1998. Identificación y Priorización de Problemas Relacionados con el Manejo y la Producción de Semillas de Maíz y Frijol en Cuatro Localidades de Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 102 p.
- Hernández, R. 1995. Evaluación de veinte accesiones criollas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones naturales en La Compañía, Carazo. Tesis. EPV-UNA. Managua, Nicaragua. 63 p.
- INTA. 1995. Cultivo de frijol: Guías tecnológicas. Managua, Nicaragua.

- Jaramillo, S.; Baena, M. 2000. Material de apoyo a la capacitación en la conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. 210p.
- Kohashi-shibata, J. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol *Phaseolus vulgaris* L y su relación con el rendimiento. Colegio de postgraduados. Chapingo, México. 44 p.
- Lleras, E. 1991. Conservación de los recursos genéticos *in situ*. Diversity 7(1&2): 78-81. Fuente original: Frankel, O. Genetic Conservation in perspective. P: 469-489. In: Frankel, O.; Bennet, E (eds). Genetic Resources in plants their exploitation and conservation. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U. K.
- Loáisiga, C. 1999. Diversidad genética: Especies domesticadas. In: Biodiversidad en Nicaragua: Un estudio de país. MARENA. Managua, Nicaragua. P: 277-356.
- Marín, V. 1991. Caracterización y evaluación de treinta cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). In: XXXVII Reunión Anual PCCMCA. Panamá, Panamá. P: 238-249.
- Martínez, F. 1994. Evaluación de 20 variedades criollas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) recolectadas en Nicaragua. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 47 p.
- Miranda, S. 1967. Origen de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común). Agrociencia 1(2): 99-109.
- Negri, V; Tosti, N. 1997. Collecting Cowpea germplasm (*Vigna unguiculata* (L) Walp) in the trasimero area. Plant Genetic Resources Newsletter 120: 107-109.
- Ramírez, A; Serrano, S. 1992. Selección de variables respuesta en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Chapingo 77: 22-25.
- Rodríguez, D; Urbina, D. 1997. Evaluación preliminar de la colección de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) del banco de germoplasma del REGEN, en la época de postrera en la estación experimental La Compañía, Carazo. Tesis. EPV-UNA. Managua, Nicaragua. 75 p.

SAS Intitute. 2000. JMP Statistics and Graphics Guide. Version 4.05. SAS Institute, Cary, NC.

Soleri, D; Smith, E. 1995. Morfological and fenological comparisons of two Hopi Maize varieties conserved *in situ* and *ex situ*. Economic Botany 49: 56-76. Fuente original: Frankel, O. Genetic Conservation in perspective. P 469-489. *In*: Frankel, O; Bennet, E. (eds). Genetic Resources in plants their explotation and conservation. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U. K.

Somarriba, C. 1997. Granos Básicos: Texto Básico. EPV-UNA. Managua, Nicaragua. 197p.

Tapia, H. 1987. Criterios de selección y consumo de frijol común en Nicaragua. Revista Nicaragüense de Ciencias Agropecuarias. 1(1): 42-53.

Verissimo, L. 1999. Leguminosas de grano: Frijol. *In*: Enciclopedia para la agricultura y la ganaderia. OCEANO/CETRUM. P 353-383.

Wallace, D; Yan, W. 1998. Plant breeding and whole-system crop physiology. CAB International. Cambridge, UK 390 p.