



**UNIVERSIDAD DE MATANZAS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**Título: Comportamiento productivo de  
variedades de frijol común en condiciones de  
sequía en  
CCS " Gustavo Almejeiras".**

**Autor: Lisdayni Permoy Alfonso**

**Tutores: Dr.C Amalia Domínguez Suárez**

**Ms.C Rodolfo Darías Rodríguez**

**Ms.C Yordanys Martínez Dávalos**

**2019**

## Pensamiento

*"La tierra produce sin cesar, si los que en ella  
viven quieren librarse de miseria, cultívenla  
de modo que en toda época, produzca más de  
lo necesario para vivir "*

*José Martí*

**NOTA DE ACEPTACION**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----

-----  
Presidente del Tribunal

-----  
Tribunal

-----  
Tribunal

-----  
Tribunal

-----  
**Evaluación**

## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

Declaro que yo, Lisdayni Permoy Alfonso soy el único autor de este Trabajo de Diploma por lo que autorizo a la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

Firma: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por su apoyo y esfuerzo durante estos cinco años, especialmente a mi mami Rosa Alfonso Suarez gracias por quererme tanto, por confiar y creer en mí y por tu apoyo incondicional y tus sacrificios, te adoro.

A mi novio Yoanel Garcia Subiaurt eternamente agradecida porque me ha apoyado y acompañado incondicionalmente durante estos cinco años y especialmente en el trascurso del diploma. Tu compañía fue mi motor para llegar hasta aquí.

A mis tutores Dr.C Amalia Domínguez Suárez, Ms.C Yordanys Martínez Dávalos y Ms.C Rodolfo Darias, mil gracias por su paciencia, su dedicación y compromiso. Gracias por brindarme todos sus conocimientos y hacer posible la realización de este trabajo.

A mis amigas y amigos del grupo, gracias por estar junto a mi todo este tiempo brindándome tanto amor, dedicación, apoyo y sobre todo su linda amistad.

A todo el claustro de profesores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias por la formación que me han dado, por su ayuda y compromiso durante mi carrera, gracias a todos, nunca los olvidare.

Al productor Osmani Arencibia y a su familia por brindarme sus tierras y su apoyo para la realización de mi trabajo.

A todas las personas que de una manera u otra me apoyaron y ayudaron en la realización de este trabajo e hicieron posible que lograra mis sueños y llegar hasta aquí.

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**OPINIÓN DEL TUTOR**

El estudiante Lisdayni Permoy Alfonso ha logrado una amplia formación, en Metodología de la Investigación y en técnicas de evaluación de indicadores fenológicos y de productividad en condiciones de sequía. Ha demostrado una constancia en la solución de los problemas presentados en el transcurso de la investigación, lo que le ha permitido culminar con éxito el trabajo científico emprendido, ha consolidado los conocimientos sobre el estrés hídrico en plantas y en particular en frijol común, ya que es el fruto del trabajo de varios años, pues desde el primer año de la carrera el estudiante ha estado vinculado al grupo científico que trabaja esta temática, resultados que han sido presentados y obtenido premios en Jornadas Científicas Estudiantiles.

Su diploma para optar por el título de Ingeniero Agrónomo: Comportamiento productivo de variedades de frijol común (rojo) en condiciones de sequía en CCS "Gustavo Almejeiras", es de gran interés y actualidad, constituye un aporte científico valioso para futuros trabajos en esta temática, por lo que resultará de interés para investigadores, productores y estudiantes del sector agrícola, en el estudio de la respuesta del frijol al déficit hídrico y en particular a productores del municipio de Limonar donde este cultivo se realiza en condiciones de secano.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) constituye una de las principales fuentes de alimentación por su contenido en proteínas y calorías, tanto del hombre como de los animales, pero son varios los factores que influyen negativamente sobre su cultivo, entre ellos la sequía, por lo que es necesario, contar con materiales tolerantes o resistentes a estrés hídrico. La evaluación de indicadores fenológicos y de productividad, en variedades de frijol común (rojo), bajo condiciones experimentales de sequía permitió identificar la variedad más tolerante a estrés hídrico en las condiciones de campo.

Estimados miembros del tribunal realmente Lisdayni Permoy Alfonso ha demostrado el saber, la laboriosidad y la creatividad necesaria para la obtención del diploma de Ingeniero Agrónomo.

Fraternalmente,

Dr. C. Amalia Domínguez Suárez.

Tutor.

## **Resumen**

Seleccionar variedades de frijol tolerantes a la sequía puede constituir una estrategia que permita minimizar el efecto del déficit hídrico sobre el rendimiento y la calidad del grano de frijol cultivado. El objetivo del presente trabajo fue seleccionar variedades de frijol rojo más tolerantes a la sequía, en condiciones experimentales de sequía, en casa de tapado y en CCS “Gustavo Almejeiras”, en el municipio de Limonar. Para ello se realizó dos experimentos con tres variedades de frijol común de color rojo (Buenaventura, Velazco Largo y Delicia 364), en diferentes condiciones de humedad del suelo: Uno en vasos con sustrato a 80% y 20% de capacidad de campo (CC) en vivero. Se evaluó el contenido relativo de agua (CRA), actividad fotosintética, área foliar, peso fresco y seco de tallo y raíz. En el otro se evaluaron características fenológicas e indicadores de rendimiento, en condiciones diferentes de riego, cinco riegos (sequía) y 10 riegos (condiciones óptimas de humedad). Con los datos de rendimientos en las dos condiciones de humedad se calcularon los índices de intensidad de sequía (IIS), susceptibilidad a la sequía (ISS), índice reproductivo (IR) y el porcentaje de pérdidas del rendimiento. El análisis estadístico fue realizado utilizando el programa InfoStat versión 2011. Se llegó a la conclusión que la variedad Delicia 364 fue la que tuvo el comportamiento más tolerante en las condiciones de experimentación.

**Palabras clave:** frijol común, riego, tolerancia a sequía, rendimiento.

## **Abstract**

Selecting tolerant varieties of bean to the drought can constitute a strategy that it enables minimizing the effect of the hydric deficit on the performance and the quality of the cultivated- bean grain. The objective of the present work was selecting more tolerant varieties of red bean to the drought, in experimental conditions of drought, at the house of topcoat and CCS Gustavo Almejeiras, in the municipality of Limonar. For it came true two experiments with three varieties of red-colored common beans (Buenaventura, Velazco Largo and Delicia 364), in different conditions of soil water: One in glasses with substratum 80 % and 20 % of field capacity (CC) in nursery. The relative content of water (CRA), photosintetic activity, foliating area, cool and dry weight of stem and root. In the other one phenologics characteristics and indicators of performance where evaluated, in different conditions of irrigation, 5 irrigations (drought) and 10 irrigations (optimal conditions of humidity). With the data of yield in the two conditions of humidity the intensity of drought (IIS), drought resistance (ISS), reproductive rate (IR) and the percentage of yield losses where calculated. The statistical analysis was accomplished using the program InfoStat version 2011. It took place to the conclusion than variety Delicia 364 was the one that had the most tolerant behavior in the conditions of experimentation.

**Key words:** Common bean, irrigation, tolerance to drought, yields.

## INDICE

	Pag
I. INTRODUCCIÓN.	1
Problema Científico.	2
Hipótesis Científica.	2
Objetivo General y Objetivos Específicos	2
II. Revisión bibliográfica.	4
II.1 El cultivo del frijol.	4
II.2 Fases y etapas de desarrollo de la planta de frijol	5
II.2.2 Fase vegetativa	6
II.2.3 Fase reproductiva	7
II.3 El frijol en Cuba.	7
II.4 Expectativas con las cooperativas en Cuba	9
II.5 Factores que limitan el desarrollo del cultivo del frijol.	11
II.6 Efecto del estrés hídrico en frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	14
III. Materiales y métodos	18
III.1 Primera etapa: Experimento en casa de tapado	18
III. 2 Determinación de indicadores morfofisiológicos	19
III.2.1 Área foliar.	19
III. 2.2 Índice de Área Foliar (IAF)	20
III.2.3 Cociente raíz/parte aérea (CRPA)	20
III.2.4 Determinación del Contenido Relativo de Agua (CRA).	21
III.2.5 Determinación de actividad fotosintética	21
III. 3 Segunda etapa: Experimento en campo	22
III.3.1 Descripción del agroecosistema	22
III.3.2. Evaluación de indicadores fenológicos, de rendimiento y de productividad	23
IV. Resultados Y Discusión.	26
IV.1. Primera etapa: experimento en casa de tapado.	26
IV.1.1 Observación macroscópica	26
IV.1.2 Determinación de indicadores morfofisiológicos	27
IV.2 Segunda etapa: Experimento en campo en diferentes condiciones de riego	35
IV 2.1 Evaluación de los indicadores fenológicos	35
IV. 2.2. Evaluación de los indicadores de rendimiento	37
Conclusiones	45
Recomendaciones	45
BIBLIOGRAFÍA	46

<b>Índice de Figuras</b>	<b>Páginas</b>
Figura 1. Etapas del desarrollo del frijol	6
Figura 2. Variedades de frijol utilizadas en el experimento	18
Figura 3. Aditamento para realizar montaje para fotografía para determinar área foliar	20
Figura 4. Localización de la finca Triunvirato de la CCS “Gustavo Almejeira”	23
Figura 5. Aditamento para realizar montaje para fotografía para determinar área de las semillas	26
Figura 6. Síntomas de marchitez de los primordios foliares de <i>P. vulgaris</i> L., transcurrida 15 días de tratamientos con los diferentes riegos	27
Figura 7. Índice de área foliar total expresada (%) de genotipos de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. sometidos a condiciones severas de estrés hídrico.	28
Figura 8. Cociente raíz parte aérea (CRPA) en genotipos de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. sometidos a condiciones severas de estrés hídrico.	29
Figura 9. Proporción longitud raíz/tallo en genotipos de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. sometidos a condiciones severas de estrés hídrico.	30
Figura 10. Comparación de los valores promedio del Contenido Relativo de Agua (CRA) de las hojas estresadas y no estresadas de las plantas en las dos condiciones de humedad del sustrato	32
Figura 11. Contenido retenido de agua en hojas, tallo y raíz expresado en gramo, en genotipos de <i>Phaseolus vulgaris</i> L., sometidos a condiciones severas de estrés hídrico.	33
Figura 12. Actividad fotosintética expresada en $\mu\text{moles O}_2/\text{m}^2/\text{min.}$ , en genotipos de <i>Phaseolus vulgaris</i> L., sometidos a condiciones severas de estrés hídrico.	35
Figura 13. Morfología de semillas cosechadas en condiciones de sequía (5R) y vainas en las dos condiciones de riego.	39
Figura 14. Frecuencia del tamaño del grano.	40
Figura 15. Rendimiento de las variedades ( $\text{t ha}^{-1}$ ) bajo las dos condiciones de riego.	40
Figura 16. Porcentaje de reducción de los indicadores de rendimiento evaluados	42

<b>Índice de Tablas</b>	<b>Páginas</b>
Tabla 1: Las principales variedades de frijol cosechadas en Cuba	8
Tabla 2. Resultados de suelo de la finca Triunvirato	23
Tabla 3. Variables fenológicas de las variedades en dos condiciones de riego	37
Tabla 4. Indicadores de rendimiento de las variedades estudiadas bajo diferentes condiciones de riego	38
Tabla 5. Respuesta de las variedades a la sequía según su rendimiento e ISS	43

## I. INTRODUCCIÓN.

En América Latina el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), perteneciente a la familia *Fabaceae* ha sido sembrado tradicionalmente, encontrándose entre los cultivares más importantes no sólo por su alto valor nutricional, sino también por su elevado consumo en la población, pero en la mayoría de las zonas productoras del frijol los rendimientos potenciales nunca son alcanzados, esto se debe a que esta leguminosa se cultiva principalmente en condiciones ambientales poco favorables, como son la escasas precipitaciones en durante la etapa de crecimiento, por ejemplo en América Latina el 60% de los campos agrícolas sembrados con frijol común sufren estrés hídrico o sequía en alguna etapa del desarrollo (Cabrera y col., 2011).

Alemán y col. (2010) plantean que un estrés severo de sequía induce numerosas irregularidades metabólicas en las plantas, tales como, disminución de la tasa de crecimiento, reducción en la capacidad de intercambio gaseoso, pérdida de turgencia y síntesis de algunos metabolitos secundarios. Estas alteraciones y su impacto en la morfología, fisiología y bioquímica de las plantas, van a depender del grado de tolerancia de los tejidos a la deshidratación, principalmente en las hojas. Reportes similares son planteados por Domínguez y col. (2016)

En estudios realizados por (Polania y col., 2012 y Osuna y col., 2013) plantea que el estrés por sequía, causado por la baja disponibilidad de agua en el suelo, modifica negativamente la productividad del frijol. Esta puede ser más o menos afectada dependiendo de la intensidad y duración de la escasez de agua, de la rapidez con la cual se alcance dicha intensidad y además de la etapa fenológica en que el efecto ocurra, así como el pre acondicionamiento de la planta.

La producción de frijol común comercial, pueden ser afectadas por enfermedades y las condiciones climáticas, en particular por las precipitaciones y su frecuencia, afectando la calidad del grano. Por otra parte, en el frijol rojo la intensidad del color puede variar en dependencia de las lluvias, lo que disminuye su demanda. Los granos oscuros son menos demandados a diferencia de los claros (Hernández y col., 2018).

La utilización de criterios de selección mediante la identificación de características morfofisiológicas fenológicas y reproductivas de la planta altamente relacionadas con el rendimiento resulta de gran interés, por lo que es útil abordar estos aspectos en estudios de respuesta a estrés hídrico en las diferentes variedades de frijol común.

### **Problema Científico.**

La necesidad de obtener variedades de color rojo más adaptadas y tolerantes a la sequía y que tengan un buen rendimiento en campo, en particular en el municipio Limonar que se cultiva el frijol en condiciones de secano.

### **Hipótesis Científica.**

La evaluación de indicadores morfo fisiológico, fenológicos y de rendimiento, en variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo condiciones experimentales de sequía en vivero y campo, permitirá seleccionar variedades más tolerantes, lo que contribuirá a elevar el rendimiento de la producción de dicho cultivo en el municipio.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el comportamiento de tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su tolerancia al déficit hídrico, en condiciones de sequía en casa de tapado y campo, teniendo en cuenta indicadores morfofisiológico, fenológicos y de rendimiento.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar indicadores morfofisiológico en condiciones experimentales en casa de tapado (80% y 20% de capacidad de campo (CC).
2. Evaluar indicadores fenológicos y de rendimiento en condiciones experimentales de sequía en CCS "Gustavo Almejeiras".

### **Novedad científica y originalidad**

Este trabajo constituye un aporte científico y valioso para futuros trabajos en condiciones controladas y de campo, ya que plantea una metodología y estrategia de caracterización de variedades de frijol común, en cuanto a su tolerancia al déficit hídrico, por lo que resultará de interés para investigadores, productores y estudiantes del sector agrícola, en el estudio de la respuesta del frijol rojo a la sequía, ya que este es un problema ambiental que se debe seguir agravando como consecuencia de los cambios climáticos, por lo que este es un tema de extraordinaria importancia y vigencias en todos los tiempos.

## II. Revisión bibliográfica.

### II.1 El cultivo del frijol.

El frijol es uno de los alimentos más antiguos que el hombre conoce; ha formado parte importante de la dieta humana desde hace miles de años. Los frijoles comunes empezaron a cultivarse hace aproximadamente 7000 años A.C. en el sur de México y Guatemala. En México, los nativos cultivaron los frijoles blancos, negros, y todas las demás variedades de color. También semillas pequeñas y semillas grandes. Puesto que las culturas Mesoamericanas de México cruzaron el continente americano, estos frijoles y las prácticas de cultivo se propagaron poco a poco por toda Suramérica a medida que exploraban y comercializaban con otras tribus. Los primeros exploradores y comerciantes llevaron posteriormente las variedades de frijol americano a todo el mundo, y a principios del siglo XVII, los frijoles ya eran cultivos populares en Europa, África y Asia. (Treviño y Rosas, 2013). Actualmente, esta leguminosa se cultiva prácticamente en todo el mundo (Reyes y col., 2014)

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) forma parte del grupo de las leguminosas comestibles. Este grano se considera estratégico, no solo por sus propiedades nutricionales y culinarias, sino además por su presencia en los cinco continentes del mundo y su importancia para el desarrollo rural y social de muchas economías (Hernández y col., 2018). Este producto es un alimento tradicional en América Latina y el Caribe (García y col., 2015). Es una de las principales fuentes de proteína en Latinoamérica y África, que oscila entre el 12 % y el 25 % del peso de las semillas seca. Además es una fuente significativa de vitaminas, minerales y fibra dietética, muy utilizada por los habitantes de países en desarrollo (Dhima y col., 2015; Borges, 2017)

En los últimos años el cambio climático es una amenaza progresiva y cada vez más latente para la producción de alimentos, entre ellos el frijol, especialmente en las regiones menos desarrolladas. Entre estas amenazas se encuentran sequías e inundaciones severas frecuentes, que favorecen la aparición de nuevas plagas y enfermedades y el aumento de las ya existentes (Polania y col., 2012, Estrada y col., 2016)

La sequía es uno de los factores de estrés más importantes, inhibe el crecimiento de las plantas y el rendimiento. Hay muchos informes sobre los mecanismos de la percepción, la transducción y respuesta de las plantas contra el estrés por sequía (Seçkin y Aksoy, 2014). Entre todas las limitaciones ambientales, el estrés por sequía es el factor más limitante para la productividad de la planta y distribución, en los sistemas agrícolas y naturales (Srivastava, 2014; Shafiq y col., 2015)

Una propuesta reciente para mitigar los efectos del cambio climático y reducir el consumo de agua en la agricultura, es la generación de variedades que hagan un uso eficiente del agua (Nieto y col., 2013; Hernández y col., 2018).

En el mundo existen unas 180 especies de este género, de las cuales aproximadamente el 70 % provienen del continente americano. Su cultivo suele generar una importante demanda de insumos y servicios productivos que favorece el desarrollo de un entramado empresarial diverso y de las dinámicas económicas locales y rurales. Al ser un cultivo de ciclo corto puede combinarse con otras producciones agropecuarias. Ello le aporta gran valor para la implementación de estrategias y políticas orientadas a diversificar estas producciones. Además, contribuye a mitigar sus riesgos específicos y otros asociados a las condiciones de mercado (Mireles y col., 2014).

## **II.2 Fases y etapas de desarrollo de la planta de frijol**

El desarrollo del cultivo del frijol tiene dos fases: la vegetativa y la reproductiva. La primera abarca desde la germinación de la semilla hasta el comienzo de la floración y la segunda se extiende desde la floración hasta la madurez de cosecha, es decir de la vaina del frijol.

El ciclo biológico del frijol cambia según el genotipo y los factores del clima; durante el desarrollo de la planta se presentan cambios morfológicos y fisiológicos que sirven de base para identificar las etapas de desarrollo del cultivo. La falta de agua durante las etapas de pre floración, formación y llenado de vainas afecta seriamente el rendimiento (Muñoz y col., 2007).

El cultivo del frijol se distribuye en diez etapas de desarrollo, cinco son para desarrollo vegetativo están: Germinación (Vo), Emergencia (V1), Hojas

primarias (V2), Primera hoja trifoliada (V4); y en desarrollo reproductivo: Prefloración (R5), Floración (R6), Formación de vainas (R7), Llenado de vainas (R8) y Maduración (R9), ver figura 1. La duración de las etapas está afectada por factores que incluyen el genotipo (cuyas características, hábitos de crecimiento y precocidad pueden variar), y el clima. Existen otros factores tales como las condiciones de fertilidad, las características físicas del suelo, la sequía y la luminosidad, entre otros, que causan variación en la duración de las etapas.



Figura 1: Etapas del desarrollo del frijol. Tomado de: Etapas de desarrollo de frijol común. Fuente González, 2016.

## II.2.2 Fase vegetativa

La fase vegetativa se inicia cuando se le brinda a la semilla las condiciones para iniciar la germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales en las variedades de hábito de crecimiento determinado, o los primeros racimos en las variedades de hábito de crecimiento indeterminado. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa necesaria para iniciar la actividad reproductiva de la planta.

### **II.2.3 Fase reproductiva**

Esta fase se encuentra comprendida entre el momento de la aparición de los botones florales o los racimos y la madurez de cosecha. En las plantas de hábitos de crecimiento indeterminado continúa la aparición de estructuras vegetativas cuando termina dicha fase, lo cual hace posible que una planta esté produciendo simultáneamente hojas, ramas, tallos, flores y vainas.

### **II.3 El frijol en Cuba.**

En Cuba, al igual que en América Latina, existe un hábito muy arraigado de consumir frijoles. Este grano se ubica en una posición aventajada con respecto a otros alimentos de origen vegetal, con alta preferencia en la dieta diaria de los cubanos, y es considerado una fuente eficiente de hierro y proteína. Las favorables condiciones edafoclimáticas que dispone Cuba para este cultivo, la actual política de entrega de tierras en usufructo a los campesinos, la disponibilidad de áreas para la siembra, la aún dependencia de la importación para cubrir las demandas del consumo doméstico y los altos precios de compra del frijol en el mercado internacional, entre otros aspectos, motivaron que la proyección de incrementar la producción nacional de frijol fuera incluida en la Estrategia de Desarrollo Nacional, plasmada en los Lineamientos de la Política Económica y Social, aprobados en el VII congreso del PCC, en el 2011 (CCPCC, 2011).

En Cuba el frijol común *Phaseolus vulgaris* L., ha sido cultivado tradicionalmente, encontrándose entre los cultivos económicos más importantes. Sin embargo, el rendimiento del cultivo del frijol en nuestro país se ha caracterizado en los últimos 20 años por ser bajos, no sobrepasando el valor medio 0,61 a 1,0 ton/ ha en el sector estatal y no estatal respectivamente (Cabrera y col., 2011).

En nuestro país muchas de las áreas donde se produce frijol, son cultivadas por campesinos donde el suministro de agua depende fundamentalmente de las precipitaciones, por lo que la utilización de variedades con tolerancia a este factor constituye una de las estrategias para lograr estabilizar los rendimientos. Se hace necesario aprovechar la diversidad genética de las especies silvestres

**Comportamiento productivo de variedades de frijol común en condiciones de sequía en CCS " Gustavo Almejeiras".**

y cultivadas, para lograr la estabilidad y mejorar las cosechas, ya que no todas las variedades presentan la misma respuesta al déficit de humedad, lo que indica la variabilidad en la respuesta hídrica (Cabrera y col., 2011).

Las principales variedades de frijol cosechadas en Cuba Según Faure y col. (2012) se presentan en la tabla1, donde se puede apreciar datos importantes de la variedad: color, hábito de crecimiento, período de floración, madurez fisiológica y de cosecha.

**Tabla 1. Las principales variedades de frijol cosechadas en Cuba, según Faure y col. (2012).**

Variedades	Color del grano	HC	Días después de la siembra		
			DF	DMF	DMC
CC 25-9	Negro	III	47	86	100
BAT 304	Negro	III	38	68	75
Tazumal	Negro	II	41	75	86
Tomeguín 93	Negro	II	38	69	80
CUL 156	Negro	II	36	69	79
Liliana	Negro	II	41	72	84
Cubana 23	Negro	II	43	75	85
Triunfo 70	Negro	II	32	54	75
Milagro	Negro	II	33	58	85
Velazco largo	Rojo	I	30	66	75
CC 25-9R	Rojo	III	35	72	86
Guama 23	Rojo M	II	43	67	75
Delicias 364	Rojo	II	38	69	80
Buenaventura	Rojo	II	33	68	79
Wacuto	Rojo	II	36	56	80
Rubí	Rojo	II	34	64	81
Chévere	Blanco	III	39	71	81
Engañador	Crema	III	40	72	83
Quivicán	Blanco	II	37	70	86
Aluvia	Blanco	I	30	66	75
Lewa	Blanco	II	36	66	85

En dicha tabla se reporta el hábito de crecimiento (HC), días a la floración (DF), días a la madurez fisiológica (DMF) y días a la madurez de cosecha (DMC), de las diferentes variedades.

En los sistemas de producción del mundo en general, y de Cuba en particular, existe un problema, la baja diversidad de variedades dentro de las especies cultivadas. El caso específico del frijol común, aunque se dispone de un grupo bastante amplio de variedades comerciales a nivel de país, 34 según la lista oficial de variedades comerciales del Ministerio de Agricultura, (MINAG, 2010), el acceso de los productores, principalmente aquellos pertenecientes a organizaciones productivas de mayor tamaño como las Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA), Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), y Granjas Estatales, que tienen una alta dependencia del sector formal de Semillas, por diversos motivos, es limitado.

#### **II.4 Expectativas con las cooperativas en Cuba**

La mayor parte de la producción de frijol en Cuba está en manos de productores particulares que se agrupan en cooperativas. Sin embargo, aún es insuficiente el volumen de producción requerido para satisfacer la demanda actual de este grano, lo cual es justificado con la falta de fertilizantes, los efectos de la sequía y problemas de organización y productividad (González, 2010).

Las cooperativas constituyen, tanto en el presente como en el futuro, el modelo empresarial predominante en la agricultura cubana y sobre el cual se cifran las mayores expectativas en cuanto a la recuperación del sector. (Lineamiento 178). Transformar el modelo de gestión del sector agroindustrial en correspondencia con el nuevo escenario y alcanzar las metas trazadas para el quinquenio 2011-2015, a tenor con la mayor presencia de formas productivas no estatales en el sector sería uno de los objetivos fundamentales.

Con el Triunfo Revolucionario cubano y la proclamación del carácter socialista de la sociedad se copió, de forma crítica el modelo de dirección de la economía soviética, motivo por el cual se hizo extensiva a Cuba la implementación de la cooperativa en el sector agropecuario, forma de propiedad regulada en el artículo 20 de la Constitución de la República, así como en las correspondientes legislaciones adjetivas destinadas a tal efecto (Mireles, 2014).

El mismo autor comenta: "El Cooperativismo es, sin lugar a dudas, el movimiento socioeconómico más grande del mundo, el que más humaniza al hombre. El cooperativismo tiene como su propia materia prima al ser humano, desde el surgimiento hace miles de años de nuestros antecesores hasta la actualidad el hombre aprendió y necesitó la cooperación". Tal fenómeno reviste gran importancia mundialmente al punto de que "Hoy el cooperativismo abarca más de 900 millones de asociados, la mitad de la población mundial se vincula de una manera u otras en formas asociativas, en las que la cooperación se erige como la base de este proceso". En medio de tal plano Cuba se alza con un modelo cooperativo indudablemente peculiar que difiere en cierta medida del modelo histórico y doctrinalmente establecido de dicha institución.

En Cuba existen tres tipos de cooperativas, entre las que se encuentran:

- Cooperativa de Crédito y Servicios (CCS):

Funcionando desde la década de los sesenta son asociaciones de agricultores pequeños que se unen para utilizar equipos, recibir créditos y comercializar. Mantienen la propiedad de sus tierras y la trabajan por separado.

- Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA):

Operando desde 1975, sus asociados unieron sus tierras y demás medios y trabajan de forma colectiva.

- Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC):

Operando desde 1993, constituye una combinación o híbrido entre la empresa y la cooperativa. Los usufructuarios trabajan en conjunto en tierras usufructuadas colectivamente y con medios de producción colectivos comprados al Estado.

El MINAG, en la actualidad estimula a que se realice un duro y serio trabajo con el fin de aumentar la producción de alimentos, en general y en particular del frijol, con el objetivo de satisfacer las necesidades cada vez más creciente de la población, y han impulsado a los agricultores cubanos a introducir prácticas agroecológicas y sostenibles como: el empleo de abonos orgánicos, la rotación de cultivos, el empleo de medios biológicos en el control de plaga y

enfermedades, con el fin de potenciar el rendimiento de los cultivos, tanto en el sector estatal como privado, tarea que adquiere particular prioridad en momentos de crisis económica, escasez y encarecimiento de los alimentos (MINAG, 2010).

## **II.5 Factores que limitan el desarrollo del cultivo del frijol.**

El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*) al igual que otros cultivos de importancia económica se afecta durante el crecimiento y desarrollo por factores bióticos y ambientales adversos (abiótico) como: precipitación, temperatura, humedad, luminosidad y mala distribución del área cultivada (Hernández y col., 2018). Así como factores edáficos que varían entre localidades como: como topografía, tipo de profundidad del suelo, época de siembra que puede favorecer la aparición de plagas y enfermedades. Además, la falta de cultivares adaptados al medio ambiente, incluso a los cambios climatológicos a nivel global (Cardona, 2013).

El 60% de la producción mundial de frijol se obtiene en condiciones de déficit hídrico por lo que ese factor es quien más contribuye en la reducción del rendimiento después de las enfermedades (Reyes y col., 2014).

El estrés por sequía es cuando la baja disponibilidad de agua en el suelo modifica negativamente la productividad del frijol. Esta es afectada dependiendo de la intensidad, duración de la escasez de agua y de la rapidez con la cual alcance dicha intensidad y además de la etapa fenológica en que el efecto ocurra, así como las características de adaptación de la planta (Polón y col., 2014; Treviño y Rosa, 2013).

La etapa más sensitiva de la planta, cultivada en condiciones de secano, es el inicio de la floración, inicio del crecimiento de las vainas y el llenado de los granos, por lo que el rendimiento puede disminuir hasta en 50 y 72% (Fang y col., 2010; Padilla y col., 2011; Aguilar y col., 2012).

En el caso de la temperatura, la planta de frijol crece bien en temperaturas promedio entre 15 y 27 °C. En términos generales, las bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que las altas causan una aceleración. Las temperaturas extremas (5 °C o 40 °C) pueden ser soportadas por períodos

cortos, pero por tiempos prolongados causan daños irreversibles (Hernández y col., 2018).

Si bien, el papel de la luz es importante en la fotosíntesis, puede afectar la fenología y morfología de la planta. El frijol es una especie de días cortos, los días largos tienden a causar demora en la floración y la madurez. Cada hora más de luz por día puede retardar la maduración de dos a seis días (Reyes y col., 2014).

Los factores climáticos como la temperatura y la luminosidad no son fáciles de modificar, pero es posible manejarlos; se puede recurrir a prácticas culturales, como la siembra en las épocas apropiadas, para que el cultivo tenga condiciones favorables (Hernández y col., 2018).

El agua es un elemento indispensable para el crecimiento y desarrollo de cualquier planta, como reactivo en la fotosíntesis, elemento estructural, medio de transporte y regulador de temperatura. Está demostrado que el frijol no tolera el exceso ni la escasez de agua. Sin embargo, la planta ha desarrollado algunos mecanismos de tolerancia a estas condiciones de estrés, como el aumento en el crecimiento de las raíces para mejorar la capacidad de extracción de agua. En cambio, no se han identificado mecanismos de tolerancia al anegamiento, y su recuperación frente a este hecho se relaciona con la habilidad para producir raíces adventicias (Hernández y col., 2018).

Por otra parte, las propiedades del suelo que están directamente relacionadas con el desarrollo de este cultivo como son la textura y la estructura también influyen sobre el desarrollo del cultivo. Uno de los elementos que más influye negativamente, es la acumulación de humedad en exceso, en suelos que por su textura arcillosa permitan dicha acumulación y sobre la estructura influye a su vez las labores a que este se somete, ya que si se hacen de forma inadecuada no favorece la granulación del suelo y por tanto se altera la estructura. También, es un factor limitante la baja fertilidad del suelo en general y en particular, la deficiencia en nitrógeno y fósforo, además de las altas concentraciones de Aluminio y Magnesio que pueden llegar a niveles muy elevados siendo tóxico para las plantas (Hernández y col., 2018). El frijol requiere para su desarrollo que el terreno tenga buena fertilidad, que sea suelto, con buen drenaje, tanto interno como superficial, y con un pH de 5,5 a

6.5 cerca de la neutralidad. Los mejores suelos son los ferralíticos rojos, los pardos y los aluviales.

Entre los factores bióticos que afectan la producción de frijol se encuentran principalmente las enfermedades causadas por hongos y, en menor grado, las producidas por bacterias, virus, gusanos, plagas y malezas.

Algunas de las Principales plagas que atacan al cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) según Martínez y col., (2007) son las siguientes:

Principales plagas.

- Mosca blanca (*Bemisia tabaci*, Gennadius)
- Salta hojas (*Empoasca kraemelidae*, Ross y Moore)
- Ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus*, latus)
- Ácaro rojo (*Tetranychus tumidus*, Banks)
- Crisomélidos (*Diabrotica balteata*, Leconte)

Principales enfermedades.

- Roya del frijol (*Uromyces appendiculatus*, [Pers.] Unger)
- Antracnosis (*Collectotrichum lindemuthianum*)
- Bacteriosis común (*Xanthomonas campestris*pv. *Phaseoli* [Smith] Vauterin)
- Mancha anular (*Isariopsis grisiola* Sacc.)
- Mosaico amarillo (Bean yellow mosaic virus BGMV)

De todos los factores anteriormente expuestos, la disponibilidad del agua conjuntamente con la salinidad de los suelos, constituye un grave problema que afecta el rendimiento de los cultivos y la sostenibilidad de la agricultura. Cerca del 10 % de la superficie del planeta está afectada por uno de estos estreses y muchas hectáreas de tierras constantemente son abandonadas a causa de los mismos. Un estrés severo de sequía induce numerosas irregularidades metabólicas en las plantas, tales como, disminución de la tasa de crecimiento, reducción en la capacidad de intercambio gaseoso, pérdida de turgencia y síntesis de algunos metabolitos secundarios. Estas alteraciones y su impacto en la morfología y fisiología de las plantas, van a depender del grado de tolerancia de los tejidos a la deshidratación, principalmente en las hojas, según lo reportado por García, 2011.

## II.6 Efecto del estrés hídrico en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

La producción de este cultivo es afectada por la sequía, ya que una gran parte de la superficie sembrada se ubica en zonas semiáridas con régimen de temporal deficiente, períodos frecuentes de sequía intermitentes o terminal, por ejemplo en México un 85% del frijol sembrado es en condiciones de secano. Además, en la mayoría de los casos se siembra en suelos delgados y degradados, de bajo contenido de materia orgánica y capacidad limitada para retener humedad, por lo que solo en condiciones de riego se obtienen los más altos rendimientos (Padilla y col., 2011; Reyes y col., 2014).

Plantea Nieto y col. (2010) que un estrés severo induce numerosas irregularidades metabólicas en las plantas, tales como, disminución de la tasa de crecimiento. Estas alteraciones y su impacto en la morfología y fisiología de las plantas (Borges, 2017; Domínguez y col., 2012; Romero, 2017), las cuales van a depender del grado de tolerancia de los tejidos a la deshidratación, principalmente en las hojas (Gholami, 2010).

La fotosíntesis en estrés hídrico también declina debido a la reducción en la fijación de CO<sub>2</sub> total (Martinazzo y col., 2013), al daño en la maquinaria biosintética requerida para la asimilación de C y para su conversión a productos metabólicamente utilizables (Singh y Reddy, 2011).

Ante el estrés hídrico la fotosíntesis es afectada por la disminución de la conductancia estomática al disminuirse la difusión de CO<sub>2</sub> desde los estomas hacia los espacios intercelulares, y luego, hacia los sitios de carboxilación a través del mesófilo, constituyendo una primera limitación (limitación estomática). Una segunda limitación, de naturaleza bioquímica conocida como limitación no estomática, está relacionada con la restricción de la fotofosforilación, la deficiente regeneración de ribulosa 1,5-bifosfato (RuBp) y el decrecimiento de la actividad de la rubisco (Singh y Reddy, 2011).

Para disminuir los riesgos por sequía existen estrategias, tanto genéticas como de manejo agronómico del cultivo (Shafiq y col., 2015). Ambas pueden estabilizar las diferencias entre cultivares e incrementar el rendimiento de frijol bajo restricción de humedad, en parte mediante la identificación de genotipos,

cuya diferencia en rendimiento de grano con riego sea mínima respecto a la condición de secano. Sin embargo, la complejidad de las respuestas fenotípicas al déficit de humedad dificulta el mejoramiento para la tolerancia a la sequía. La evaluación de genotipos con origen genético común y respuestas contrastantes al estrés por sequía ha permitido identificar cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos propios de la especie y contrastantes entre genotipos (Padilla y col., 2011).

La selección de genotipos de frijol por adaptación a déficit temporal de humedad ha permitido elevar el potencial productivo y la calidad de los materiales, pero las prácticas de manejo de cultivo han logrado más producción, cuando el cultivo con frecuencia enfrenta sequía terminal, sobre todo en suelos con baja capacidad para almacenar humedad. El manejo agronómico del cultivo, por ejemplo, disminuir la distancia entre surcos, aumentar la densidad de plantas y captar agua de lluvia "in situ", permite hacer un uso eficiente de factores limitativos, como la disponibilidad de agua en el suelo (Pedroza y col., 2016).

García (2011) plantea que un déficit hídrico prolongado da origen a un menor número de hojas y a la reducción de su tamaño, este inhibe la expansión foliar y el alargamiento del tallo de los cultivos por medio de la reducción de la turgencia celular.

Otros estudios realizados por Castañeda y col. (2006) han revelado pérdidas en el rendimiento de grano del frijol debido al déficit hídrico durante la etapa reproductiva. Estos autores encontraron que un estrés hídrico de  $-1,5\text{MPa}$  aplicado al inicio durante 15 días redujo en 42 y 50% el rendimiento, lo que se atribuyó a reducciones en el número de vainas por planta y en el índice de área foliar.

Es común que el estrés causado por las deficiencias hídricas y calor se presente con frecuencia en forma simultánea en las etapas fenológicas más sensitivas de la planta para la formación del rendimiento; inicio de la floración, inicio de crecimiento de las vainas y llenado del grano en las áreas de secano; estos estreses abióticos disminuyen el rendimiento y calidad de la producción (Polania, 2011). El mejoramiento genético del rendimiento de frijol en estas

condiciones se podría lograr al seleccionar genotipos con mecanismos fisiológicos de adaptación a sequía y calor que contribuyan a mantener la turgencia del aparato fotosintético y la actividad metabólica relacionada con la fijación del CO<sub>2</sub>, lo que contribuirá a mantener la tasa de crecimiento de raíces y órganos aéreos, y se reflejará en mayor producción de biomasa y rendimiento de semilla (Barrios, López y Kohashi, 2011).

La tolerancia a la sequía y a la baja fertilidad de los suelos están asociadas a la mayor eficiencia de ciertos genotipos de frijol con características de raíces que les permite una mayor absorción de agua y nutrimentos y/o una mayor tasa de producción de biomasa y desarrollo de granos bajo estas condiciones limitantes (Borges, 2017; Polania y col., 2012)

Henry y col (2008) exponen que la identificación de genotipos que presentan estas características asociadas a mayor tolerancia a la sequía y la baja fertilidad es importante para fines de mejoramiento, a través de la incorporación de estas características en genotipos superiores y/o su utilización en enfoques de variedades multilíneas para ambientes variables que presentan estrés causado por la sequía y la baja fertilidad individualmente, o ambos simultáneamente. El conocimiento de las bases fisiológicas de la tolerancia a la sequía podría contribuir a los procesos de selección, proponiendo nuevos indicadores fisiológicos para aumentar la eficiencia en la selección de genotipos con una mayor tolerancia al déficit hídrico (Girdthai y col., 2010; Meriño y col., 2017; Polón y col., 2017).

El genotipo ideal de frijol común adaptado a sequía sería aquel con un sistema radicular vigoroso que le permita mayor adquisición de agua y nutrientes, y estos contribuyan a un mayor desarrollo foliar de la planta, que combinado con una mayor movilización de reservas a la formación de vainas y grano lo que determinará un mayor rendimiento (Roa y col., 2010). Por lo que la combinación de una serie de características fisiológicas y morfológicas puede originar una variedad o genotipo más adaptado al déficit hídrico.

Es por ello que se han realizado significativos esfuerzos de investigación, en especial en las tres últimas décadas, para mejorar la adaptación del frijol común a la sequía, estos esfuerzos incluyen: estudios de los efectos de la

sequía en el desarrollo de la planta, desarrollo de métodos de evaluación en campo, evaluación e identificación de germoplasma tolerante y evaluación de características fisiológicas, morfológicas y bioquímicas relacionadas a la adaptación de la sequía (Beebe y col.,2010; Borges, 2017; Domínguez y col., 2012; 2014; 2016; Martínez, 2016 y Romero, 2017 ).

Por ejemplo, se ha demostrado que la apertura de los estomas normalmente varía como respuesta a cambios en la intensidad de la luz, déficit de saturación de vapor de agua del aire y la disponibilidad de humedad del suelo; con este cambio en el tamaño de apertura de los estomas, las tasas de fotosíntesis y la transpiración puede variar, debido a que el tamaño de esos poros proporciona una resistencia a la entrada de CO<sub>2</sub> y salida de H<sub>2</sub>O en la hoja. Algunas investigaciones han sugerido, que respuestas a sequía están asociadas con evitación de la deshidratación por medio del control de estomas, al encontrar considerables diferencias genotípicas en transpiración. Estas investigaciones sugieren, que bajas tasas de transpiración, por estos cambios anatómicos, contribuyen a la tolerancia a la sequía por lo que pueden ser un criterio útil en la evaluación y selección de variedades tolerantes (Aleman y col., 2010).

### III. Materiales y métodos

Para el cumplimiento de los objetivos planteados, la investigación constó de dos períodos de experimentación, donde se utilizaron tres genotipos cubanos provenientes de la Empresa Provincial de Semillas de Matanzas, Buenaventura, Velasco Largo y Delicia 364, de color rojo, como se puede apreciar en la figura 2.



**Figura 2. Variedades de frijol utilizadas en el experimento, obtenidas de la Empresa de semillas de Jovellanos, Matanzas. Fuente: Estructura varietal para la producción eficiente de frijol común (Heredia y col., 2015)**

#### III.1 Primera etapa: Experimento en casa de tapado

En una primera etapa se realizó una evaluación en condiciones de sequía experimental en casa de tapado. Las semillas esterilizadas se sembraron en flujo laminar, en condiciones estériles, en placas Petri y se mantuvieron en oscuridad por 24 horas. Una vez germinadas se sembraron en vasos de 400 mL de volumen que contenían como sustrato suelo negro. Posteriormente se trasladaron a casa de tapado con un fotoperiodo de 13 horas de luz y a temperatura ambiente. Previo a la siembra se determinó la capacidad de campo (CC) del sustrato mediante el método gravimétrico. El riego se mantuvo a plena capacidad de campo (CC), cada dos días, hasta que los primordios foliares estaban completamente desarrollados y se formó el primer trifolio.

Transcurrido ese tiempo, las plantas se distribuyeron de forma aleatoria en dos grupos con niveles de humedad de 80 % CC (control) y 20% CC (estrés severo). Se emplearon 10 plantas por cada CC, para un total de 20 plantas por variedad.

El experimento se detuvo 15 días después de inducir el estrés, cuando los cultivares más susceptibles mostraron la presencia de marchites e inicio de clorosis en las hojas, según Alemán y col. (2010). Se les realiza determinaciones de indicadores morfofisiológicos.

### **III. 2 Determinación de indicadores morfofisiológicos**

Las plantas fueron cortadas a nivel de la superficie del sustrato para realizar las mediciones y pesadas del tallo.

Longitud del tallo. Se midieron las plantas desde la superficie del sustrato hasta la yema apical para calcular la longitud del tallo.

Longitud de la raíz. Los vasos fueron cortados para sacar el contenido. Posteriormente se separó el sustrato de la raíz y se lavó con abundante agua a mano. Posteriormente se midió con una cinta métrica.

Masa fresca (MF) del tallo y la raíz. Se pesaron los tallos y las raíces de las plantas inmediatamente después de ser separadas, en una balanza digital Saltorios.

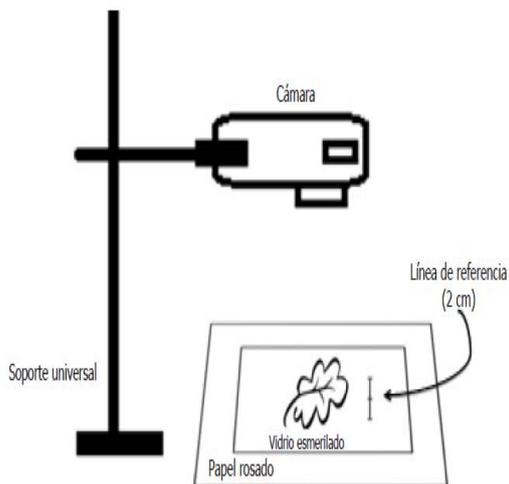
Masa seca (MS). Se envolvieron en papel los tallos y las raíces y se pusieron a secar en una estufa a 60° C por dos días. Posteriormente se pesaron en una balanza digital Saltorios.

#### **III.2.1 Área foliar.**

La determinación del área foliar se determinó utilizando el software libre para procesamiento de imágenes ImageJ (Rincón N y col. 2012).

**Montaje para fotografía.** Las hojas o piezas de papel con área conocida se fotografiaron sobre un fondo de color blanco A4, con una línea de referencia de 2 cm de longitud dibujada al lado del sitio de ubicación de las hojas. Para

extender las hojas completamente se cubrieron con un vidrio transparente de 21 x 27 cm y 3 mm de espesor, de superficie esmerilada para evitar brillos (Figura 3).



**Figura 3. Aditamento para realizar montaje para fotografía para determinar área foliar.**

Para las imágenes de las hojas y semillas de cada foto, se abrió una foto en el software libre Imagen J. (Versión 1.51 J8, (Rasband, 2007) y se fijó una medida de referencia de tamaño para los análisis posteriores.

### III. 2.2 Índice de Área Foliar (IAF)

El índice de área foliar se determinó según la expresión  $IAF = (\text{área foliar por planta} \times \text{densidad de población}) / \text{unidad de superficie}$  (Aguilar-García, L. y col. 2005), para ello se utilizaron 10 plantas por cada variante estudiada.

### III.2.3 Cociente raíz/parte aérea (CRPA)

Se calcula teniendo en cuenta la siguiente ecuación:  $CRPA = PSTR/PSPA$ .

Para ello se determinó el peso seco total de las partes aéreas de la planta (PSPA) y el peso seco total de las raíces (PSTR).

La asignación de materia seca entre las raíces y la parte aérea de la planta (cociente raíz/parte aérea) constituye otro factor importante en la adaptación a la sequía; los genotipos tolerantes a sequia requieren desarrollar un sistema radical extenso y profundo, constituido por raíces delgadas y con vasos de xilema de menor diámetro, que permita mantener la

absorción de agua y nutrientes, para la expansión de nuevos tejidos tanto en el sistema radical como en los órganos aéreos de la planta (área foliar, tallos y estructuras reproductoras). En este aspecto es importante señalar que el cociente de raíz/parte aérea por sí mismo, no es un criterio de selección efectivo para incrementar la absorción de agua y nutrientes, y la tolerancia a la sequía y rendimiento, habrá que tener cuidado de seleccionar cultivares que además de producir sistemas radicales y extensos también tengan alta acumulación de biomasa en la parte aérea; de otra manera un crecimiento radical excesivo a expensas de los órganos aéreos de la planta puede resultar en bajo rendimiento.

#### **III.2.4 Determinación del Contenido Relativo de Agua (CRA).**

Se utilizaron discos foliares de 1 cm. de diámetro los cuales fueron pesados en una balanza digital Sartorius para la determinación de la masa fresco (5 discos por tratamiento de plantas diferentes). Después se depositan en una palca Petri con agua y se dejan saturar durante cuatro horas. Posteriormente los discos se sacan de la placa Petri y se secan en papel de filtro y se pesan nuevamente para determinar el peso de turgencia (MT). Finalmente los discos se secan en estufa a 85 °C durante 48 horas y se pesan nuevamente (MS).

La fórmula para la determinación del CRA fue la siguiente (Ascón y Taylón, 2000):  $CRA (\%) = [(Mf - Ms) / (MT - Ms)] * 100$

Donde MT es el peso del tejido a su máxima turgencia.

#### **III.2.5 Determinación de actividad fotosintética**

Para la determinación de la actividad fotosintética se utilizó el equipo PH1LP utilizando la técnica descrita en "PH1LP Teaching Photosynthesis Package - Instructor's Manual" (QUBIT SYSTEMS INC. 2017).

Se determinó la actividad fotosintética utilizando en cada planta la tercera hoja trifoliada, a las cuales se les determinó además el área foliar. Para los cálculos se utilizó el ajuste lineal para determinar las pendientes de la curva %O<sub>2</sub> vs Tiempo en el intervalo entre 5 y 10 minutos después de iniciada la medición. La intensidad fotosintética se expresó en  $\mu\text{moles O}_2/\text{m}^2/\text{min}$ .

### III. 3 Segunda etapa: Experimentos en campo.

El experimento en campo se realizó con diferentes condiciones de riego: condiciones óptimas de riego (10R) y en condiciones de sequía (4R), en los meses de enero a marzo de 2019, con una norma neta total promedio de 3500 m<sup>3</sup> ha, según Faure y col. (2012). Se sembraron tres variedades de color rojo (Buenaventura, Delicia y Velazco Largo), en áreas de la finca "Triunvirato" de la CCS "Gustavo Almejeiras" que está enclavada en el municipio de Limonar, en el poblado Triunvirato, en la provincia de Matanzas.

#### III.3.1 Descripción del agroecosistema

La finca "Triunvirato" cuenta con una extensión de catorce hectáreas. Colinda al norte con la finca propiedad de Miguel Hernández, al este con la micro presa, al sur con la finca propiedad de Carlos Alfonso y al oeste el camino viejo a Majagua con un área no cultivada (figura4). La manera de acceder a la misma es mediante tractor o carreta con tracción animal.



**Figura 4. Localización de la finca Triunvirato de la CCS "Gustavo Almejeira". Fuente: Osmany Sánchez.**

El suelo de la finca es negro, pedregoso. Según los resultados del estudio realizado en el Laboratorio Provincial de Suelo (Tabla 2), se encuentra en condiciones adecuadas para realizar el cultivo de frijol siguiendo las normas técnicas para dicho cultivo.

**Comportamiento productivo de variedades de frijol común en condiciones de sequía en CCS " Gustavo Almejeiras".**

Es de destacar que el contenido de materia orgánica es medio, el pH es neutro. El contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O están altos, pero dentro de los rangos permisibles para el cultivo del frijol, por lo que el laboratorio lo dio apto para dicho cultivo, recomendando añadir materia orgánica y no fertilizante.

**Tabla 2. Resultados de suelo de la finca "Triunvirato" realizados en el Laboratorio Provincial de Suelo.**

		Materia Orgánica				S.A.Q		Método
Cultivo	Productor	% M.O.	% N.T	% N.A.	pH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g	K <sub>2</sub> O mg/100g	
frijol	Osmani García	2,773	,1387	0,0042	6,67	140	41,75	Oniani
		medio			neutro	alto	alto	

Se utilizó un diseño en bloque al azar, con tres repeticiones. La siembra se hizo en dos hileras de 6m de largo X 0,60 m de ancho, con una densidad de 15-18 semillas por metro lineal según Faure y col, 2012. Se adicionaron 10 riegos al control y cinco riegos para provocar estrés hídrico, con una norma neta total promedio de 3500 m<sup>3</sup> ha. Según Faure y col. (2012).

**III.3.2. Evaluación de indicadores fenológicos, de rendimiento y de productividad**

Se evaluaron indicadores fenológicos, de rendimiento y de productividad según la metodología reportada por Domínguez y col. (2014).

En la madurez fisiológica se cosecharon 10 plantas por tratamientos y repeticiones a las que determinaron el rendimiento en t ha<sup>-1</sup>. Además, registraron los datos fenológicos de días de inicio de floración (DIF), días de madurez fisiológica (DMF) e índice reproductivo (IR) según la ecuación reportado por Boicet y col. (2011):

$$IR (\%) = 1 - (DPR/DMF) * 100$$

Donde:

$$DPR = \text{días del período reproductivo (DMF-DIF)}$$

Al adquirir la madurez de la cosecha se recolectaron muestras de 2 metros por surcos de cada variedad y por condición de riego, lo que equivale a un área de

2,4m<sup>2</sup> para calcular los indicadores de productividad: número de vainas por plantas, número promedio de semillas por vaina, el peso de cien semillas, área de las semillas y rendimiento (t ha<sup>-1</sup>).

Además se determinó la altura de la planta, para lo cual las plantas fueron cortadas a nivel de la superficie del suelo. Se midieron las plantas desde la superficie del suelo hasta la yema apical para calcular la longitud del tallo.

Para estimar la reducción del rendimiento por causa del estrés hídrico se aplicó la siguiente ecuación (Reportada por Acosta y col., 2011)

$$\text{Pérdida de rendimiento (PR)} = 1 - (\text{Re}/\text{Rr}) * 100$$

Donde:

Re= promedio general de rendimiento en sequía

Rr = promedio general de rendimiento en riego.

Para estimar la intensidad y el efecto de la sequía sobre el rendimiento, se determinó el Índice de intensidad de sequía (IIS) mediante la ecuación reportada por Boicet y col. (2011):

$$\text{IIS} = [1 - (\text{RS}/\text{RRS})]$$

Donde:

RS= promedio general de rendimiento en sequía.

RR = promedio general de rendimiento en riego

El Índice de susceptibilidad a la sequía (ISS) para cada variedad fue determinado con la ecuación:

$$\text{ISS}_i = [1 - (\text{RS}_i/\text{RR}_i)]/\text{IIS}$$

Donde:

ISS<sub>i</sub>= Índice de susceptibilidad a sequía de la i-ésima variedad.

RS<sub>i</sub>= rendimiento promedio en sequía de la i-ésima variedad.

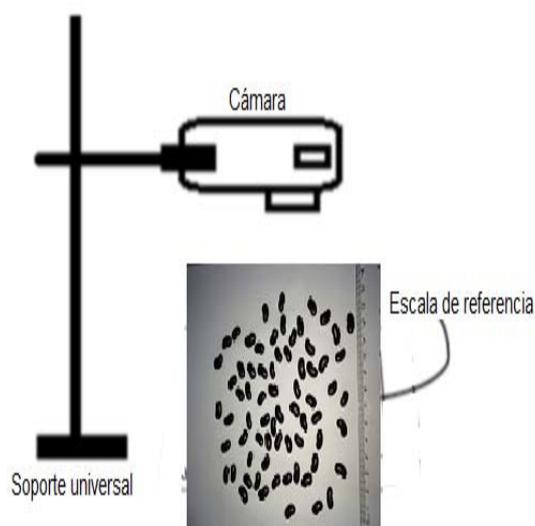
RR<sub>i</sub>= rendimiento promedio en riego suplementario para la i-ésima variedad.

Para el cálculo de estos índices se utilizaron los valores de rendimientos obtenidos en cada repetición de sequía con su correspondiente repetición en riego.

También se determinó el área de la semilla. Se realizó utilizando el software libre para procesamiento de imágenes ImageJ, adaptando el método para área foliar utilizado por Rincón y col. (2012).

**Montaje para fotografía.** Las hojas o piezas de papel con área conocida se fotografiaron sobre un fondo de color blanco A4, con una escala de referencia. Se tomaron al azar 100 semillas y se expandieron sobre el papel.

En cada foto se determinó el área de la semilla más pequeña, el de la semilla más grande, el área promedio y la DS. Posteriormente se hicieron 6 grupos de semillas por su tamaño y se confeccionó el gráfico correspondiente en Excel para analizar la frecuencia de tamaño del grano en cada variedad.



**Figura 5. Aditamento para realizar montaje para fotografía para determinar área de las semillas.**

Para todos los análisis estadísticos se utilizó el programa InfoStat (Di Rienzo, y col., 2011). Se realizó el análisis de varianza aplicando el test de Tukey para  $p \leq 0,05$ .

#### IV. Resultados Y Discusión

##### IV.1. Primera etapa: Experimento en casa de tapado

A continuación son expuestos y discutidos los principales resultados obtenidos del experimento realizado, donde se realizó una evaluación en diferentes condiciones experimentales de humedad del sustrato, 80% capacidad de campo (CC) y 20% CC (estrés hídrico), en casa de tapado.

##### IV.1.1 Observación macroscópica

A través de la observación macroscópica se pudo constatar que todas las plantas, en condición de estrés severo, mantuvieron un desarrollo de sus primordios muy similar o con ligeras diferencias en relación a las plantas no estresadas, luego de una semana de tratamientos. Las susceptibles mostraron síntomas de marchitez con el tratamiento de estrés severo, como se puede apreciar en la Figura 6



**Figura 6. Síntomas de marchitez de los primordios foliares de *P. vulgaris* L., transcurrida 15 días de tratamientos con los diferentes riegos. Fuente personal.**

Teniendo en cuenta la pérdida de las hojas, tamaño y el grado de marchitez aparente del primordio foliar, sin que llegara a alcanzar el punto de marchitez permanente, según lo reportado por Alemán y col. (2010), la variedad Velazco Largo fue la que tuvo un comportamiento más susceptible al déficit hídrico seguida de la variedad Buenaventura

La sequía puede tener importantes impactos sobre el crecimiento y el desarrollo de la planta, causando disminución de los rendimientos de las cosechas. Los efectos del estrés hídrico en la planta varían entre especies de plantas. El reconocimiento temprano de los síntomas de estrés hídrico puede

ser fundamental para mantener el crecimiento de un cultivo. El síntoma más común de estrés de la planta es la marchites. A medida que la planta sufre estrés hídrico, la presión del agua dentro de las hojas disminuye y la planta se marchita (Domínguez y col., 2014).

La marchites puede evaluarse como índice de marchites foliar, con la relación entre el número de hojas marchita y el número total de hojas por plantas; existe una fuerte correlación positiva entre este índice y la tolerancia a la sequía (Pungulani y col., 2013)

#### IV.1.2 Determinación de indicadores morfofisiológicos

##### - Área foliar

En la figura 7, se puede constatar que el área foliar total en la variedad Velazco Largo fue la que presentó mayor variación, seguida de la variedad Buenaventura, al compararlas con las no estresadas, a diferencia de la variedad Delicia, lo que concuerda con los resultados obtenidos de índice de marchites.

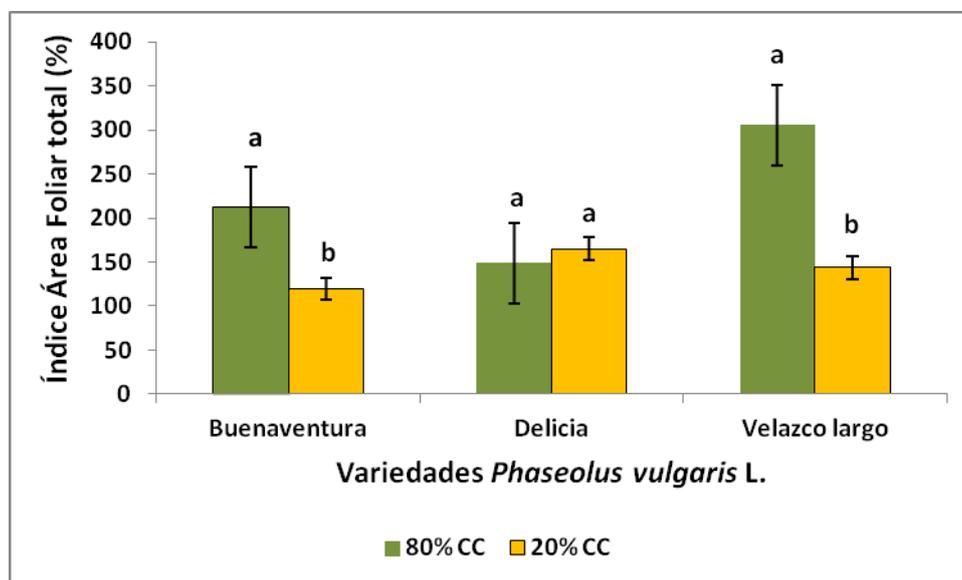


Figura 7. Índice de área foliar total expresada (%) de genotipos de *Phaseolus vulgaris* L. sometidos a condiciones severas de estrés hídrico. Leyenda: No estresadas (70% CC), Estresadas (20% CC). Las letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias del tratamiento con estrés entre genotipos,  $p < 0.01$  según Test de Tukey.

La altura de la planta, el número hojas y el número de flores por plantas, disminuyen en la medida que se agota el agua aprovechable del suelo. Además el estrés hídrico severo incrementa la senescencia y la abscisión de las hojas (Ichi y col., 2013). También se reduce el tamaño de las hojas y, por ende el área foliar y el peso seco de la parte aérea (Okon, 2013)

Varios autores reportan las afectaciones del área foliar como uno de los primeros cambios que se pueden observar a simple vista en las plantas que sufren déficit hídrico, por lo que se puede considerar un indicador de estrés hídrico (Cardona y col., 2013).

#### - Cociente raíz/parte aérea (CRPA).

Al analizar el cociente raíz parte aérea se constató que no todas las variedades respondieron por igual a las condiciones de estrés. La variedad Velazco Largo fue la que presentó la mayor disminución, seguido de la variedad Buenaventura. En el caso de la variedad Delicia no hubo diferencia significativa entre el resultado del grupo no estresado (80% CC) y el estresado (Figura 8).

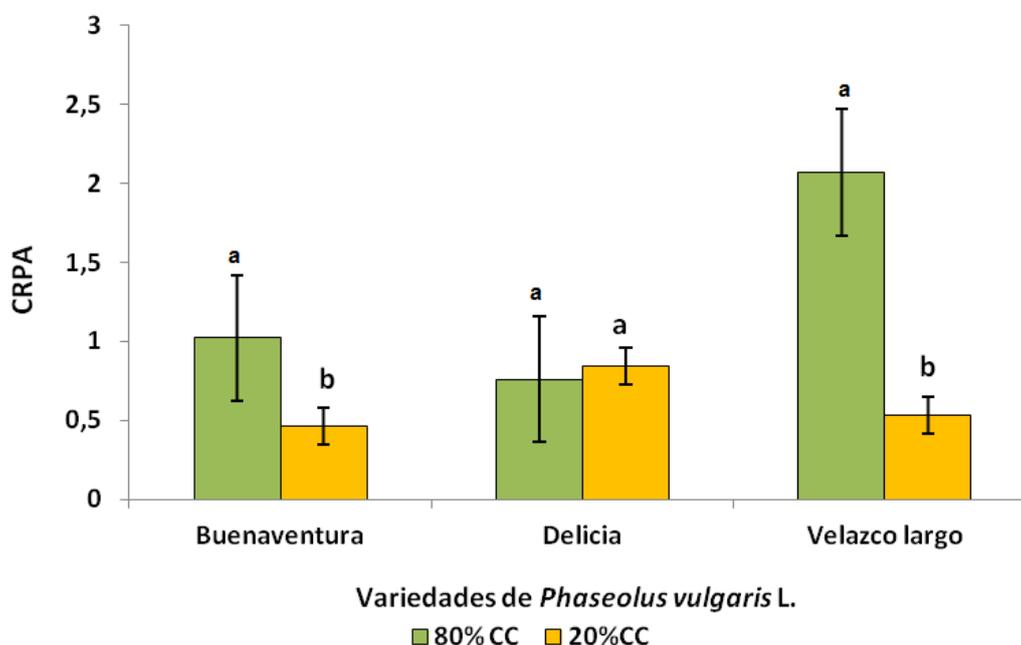


Figura 8. Cociente raíz parte aérea (CRPA) en genotipos de *Phaseolus vulgaris* L. sometidos a condiciones severas de estrés hídrico. Leyenda: No estresadas (80% CC), Estresadas (20% CC). Las letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias del tratamiento con estrés entre genotipos,  $p < 0.01$  según Test de Tukey.

Estas alteraciones y su impacto en la morfología y fisiología de la planta, van a depender del grado de tolerancia de los tejidos a la deshidratación, principalmente en las hojas (Gholami y col., 2010; Cabrera, 2011). La respuesta de las plantas al estrés es compleja y tiene como consecuencia una serie de modificaciones metabólicas, morfológicas y fisiológicas en todos los órganos de la planta, constituye en muchas ocasiones mecanismos de adaptación (Polania y col., 2012).

### Relación longitud raíz/tallo

Al correlacionar la longitud de la raíz con la del tallo se pudo constatar que, no en todas las variedades aumento la relación longitud raíz / tallo. La variedad Delicia presentó la mayor relación en condiciones de estrés hídrico, lo que significa una mayor longitud de la raíz que del tallo (figura 9).

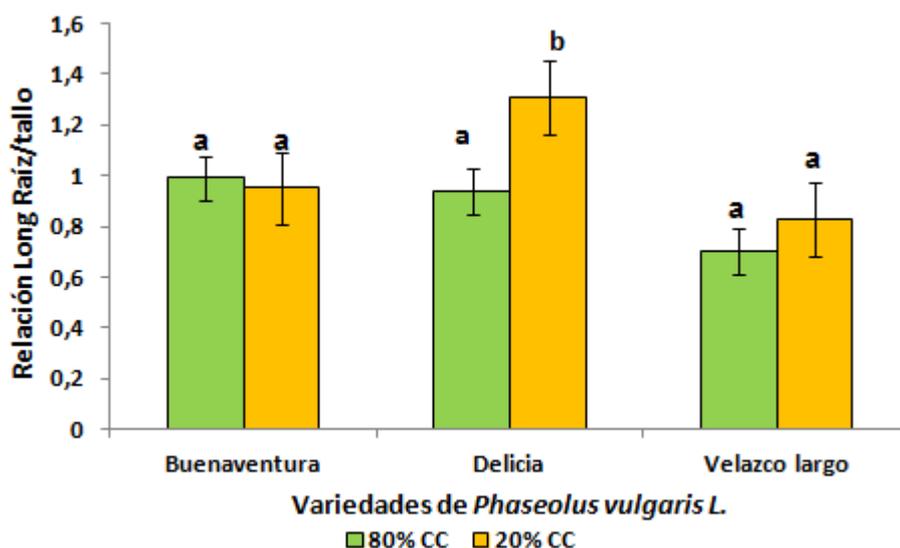


Figura 9. Proporción longitud raíz/tallo en genotipos de *Phaseolus vulgaris* L. sometidos a condiciones severas de estrés hídrico. Leyenda: No estresadas (80% CC), Estresadas (20% CC). Las letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos en una misma variedad,  $p < 0.01$  según Test de Tukey.

Es conocido que el crecimiento de la raíz es menos sensible al déficit hídrico que el de la parte aérea, esto pudiera ser una respuesta adaptativa a la escasez de agua, que le permitirá crecer a una mayor profundidad donde exista agua. Por lo tanto, una mayor afectación del crecimiento de la parte aérea que

de la raíz, como consecuencia del déficit de agua, conduce a un aumento de la relación raíz / parte aérea. Este aumento de la raíz lo que conlleva a una mayor profundidad favorece una mayor conductividad hidráulica, que le permite un ajuste de potencial hídrico y una mayor eficiencia en el uso del agua, de esta manera retrasando la deshidratación (Beebe y col., 2010).

Los desbalances que ocasiona el estrés por sequía en las plantas pueden ser compensados por el mayor crecimiento radicular con un alto uso de foto-asimilados y una mayor absorción de agua (Khan y col., 2010; Polania y col., 2012).

Polania y col. (2012) en condiciones de estrés por sequía terminal, en invernadero, encontraron que algunas líneas de frijol común presentaron características morfo-fisiológicas de raíces que se correlacionaron positivamente con producción de biomasa foliar, entre éstas: longitud total de raíz (cm/planta), profundización visual de raíz (cm).

El desarrollo radicular adecuado permite reducir y amortiguar los efectos de la deshidratación en las plantas, así, la profundización de la raíz les permite explorar un mayor volumen de suelo y extraer agua de perfiles inferiores, cuando las raíces superficiales ya han agotado el agua disponible en capas superiores del suelo (Khan y col., 2010). Un sistema radicular profundo y vigoroso es una característica importante de las plantas adaptadas a sequía prolongada. En el caso particular del frijol el desarrollo de raíces profundas es una característica para mejorar adaptación a sequía (Borges, 2017; Beebe y col., 2013).

Así mismo, la evitación de la sequía se relaciona con el mantenimiento de altos potenciales hídricos en los tejidos de la planta, a pesar de la escasez de agua en el suelo, lo que obedece a una mayor profundización de las raíces, disminución de la conductancia estomática, movimiento foliar para disminuir la absorción de luz y disminución del área foliar. La tolerancia a sequía se atribuye al ajuste osmótico, incremento en la elasticidad celular, disminución del tamaño de las células y resistencia del protoplasma a la desecación (Beebe y col., 2013)

Rao y col. (2010) planean que el genotipo ideal de frijol común adaptado a la sequía sería aquel con un sistema radicular vigoroso que le permita mayor adquisición de agua y nutrientes, y estos contribuyan a un mayor desarrollo foliar de la planta, que tendría influencia sobre un mayor rendimiento.

### Contenido relativo de agua en hojas (CRA)

En la Figura 10, se observan los valores correspondientes al CRA en las condiciones de experimentación. Todas las variedades estudiadas mostraron una reducción significativa en condiciones drásticas de sequía.

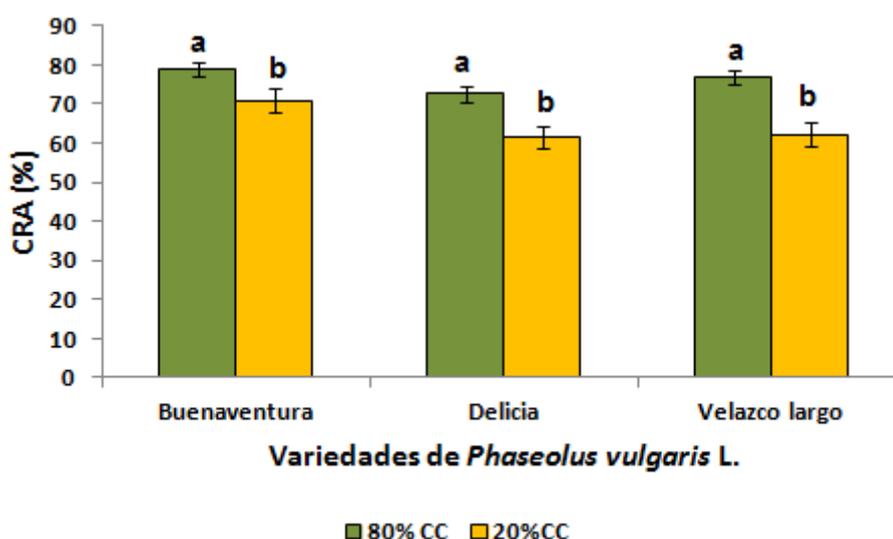


Figura 10. Comparación de los valores promedio del Contenido Relativo de Agua (CRA) de las hojas estresadas y no estresadas de las plantas en las dos condiciones de humedad del sustrato: no estresadas (80% CC), estresadas (20% CC) Letras diferentes indican diferencias para  $p \leq 0,01$  según Test de Tukey. .

La reducción del CRA ha sido reportado para numerosas variedades de *P. vulgaris* en condiciones de estrés hídrico (Martínez, 2016; Romero, 2017). Estos autores reportan una alta correlación entre el CRA con la tolerancia al déficit hídrico por lo que sugieren que sea utilizado como criterio de selección de tolerancia a la sequía.

Domínguez y col. (2014) en estudio realizado, con 22 genotipos de frijol común, en condiciones experimentales de sequía corroboraron que en las variedades, con comportamiento susceptible, el CRA de las hojas de las plantas estresadas

disminuyó significativamente, a diferencia de los tolerantes cuyos valores no mostraron diferencias significativas al comparar las hojas de las plantas estresadas con las no estresadas.

Las diferencias observadas entre las distintas variedades pueden ser atribuida a la capacidad de variar la absorción de agua del suelo y/o la capacidad de controlar la pérdida de agua a través de los estomas (Bayoumi y col., 2008). A nivel celular operan mecanismos moleculares como la producción de compuestos osmóticamente activos, por ejemplo la prolina que realizan un ajuste osmótico para mantener la turgencia en los tejidos y una actividad fisiológica adecuada (Bayoumi y col., 2008; Cardona y col., 2013).

### Contenido de agua retenido en hojas, tallo y raíz

Al calcular las diferencias entre los valores de masa fresca y masa seca se pudo calcular el porcentaje del contenido relativo de agua en las hojas, tallo y raíces (figura 11),

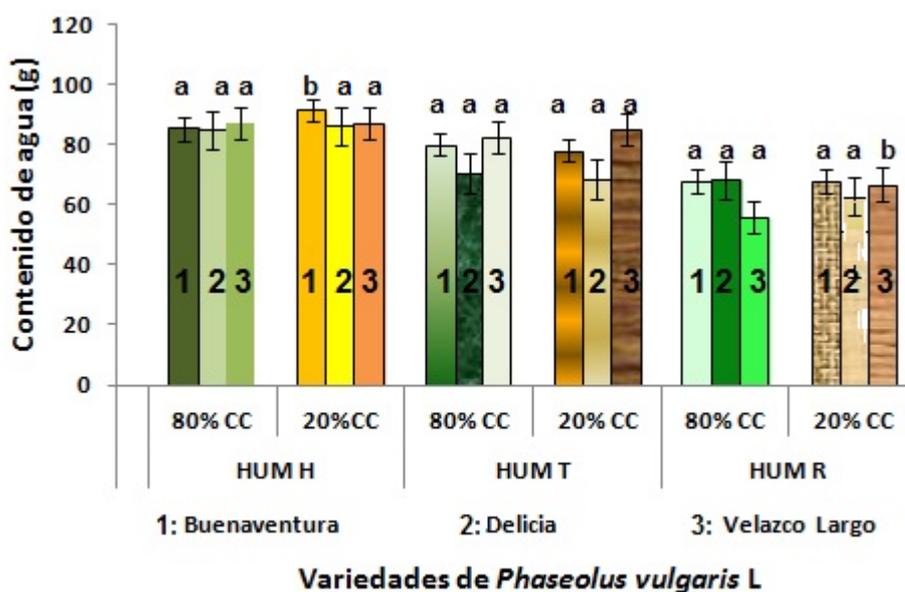


Figura 11. Contenido retenido de agua en hojas, tallo y raíz expresado en gramo, en genotipos de *Phaseolus vulgaris* L., sometidos a condiciones severas de estrés hídrico. No estresadas (80% CC), estresadas (20% CC). Letras diferentes indican diferencias para  $p \leq 0,01$ , según Test de Tukey.

Se pudo constatar que la variedad Delicia no presento diferencia del contenido de agua ni en hojas, ni en el tallo, ni en las raíces al comparar al grupo

estresado (20% CC) con el control (80% CC). Sin embargo, en el caso del contenido de agua en las hojas la variedad Buenaventura tenía mayor contenido de agua en condiciones de estrés, así como Velazco Largo lo presentó en la raíz.

Borges (2017) encontró que el contenido de agua retenido en tallo aumento, en condiciones de estrés hídrico, en cuatro de las cinco variedades de frijol común estudiadas (Cuba Cueto 25-9 rojo, Cuba cueto 25-9 Blanco Bolita 42 y BAT 58) y en una de ellas no varió (Cuba Cueto 25-9 negro).

Está diferencia en contenido de agua en el tallo y las individualidades de los cambios morfológicos detectados en las condiciones de déficit hídrico puede estar relacionado con características fenotípicas y genotípicas de cada variedad, por lo que la identificación de genotipos que presentan estas características asociadas a mayor tolerancia a la sequía, es importante para fines de mejoramiento y para su cultivo en ambientes variables que provocan estrés por sequía (Beebe y col., 2013).

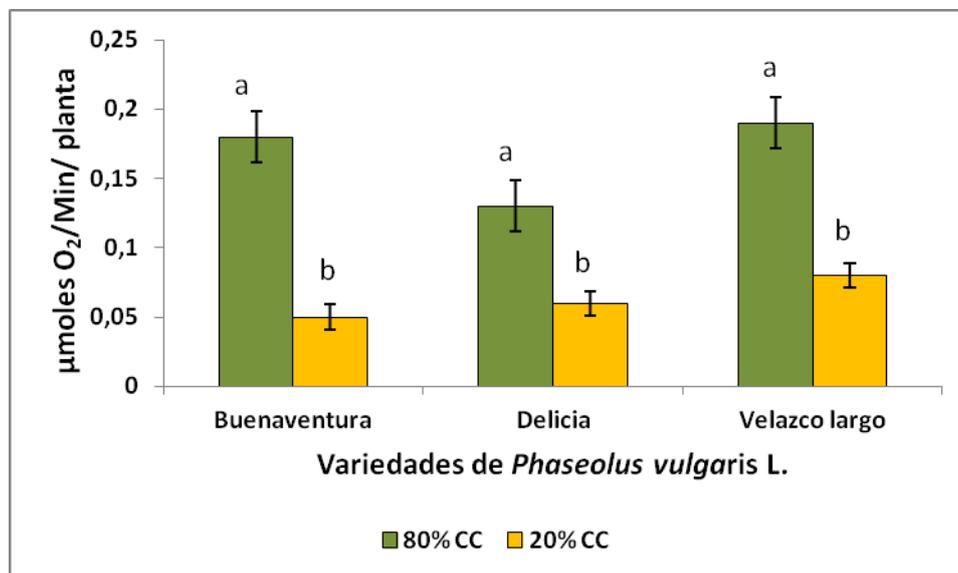
Los aspectos botánicos ayudan a precisar datos, por lo que una descripción varietal puede determinar la diferencia, la uniformidad y la estabilidad para cada especie: diferencia en el sentido de que la variedad se puede identificar por una o más características morfológicas y físicas (Rao y col., 2010), pero también es importantes que estas características morfológicas, que hacen más tolerante a la planta a la sequía, se acompañen de un rendimiento adecuado en el campo en condiciones climáticas adversas como es la sequía.

### **Actividad fotosintética.**

En la figura 11 se puede apreciar que la actividad fotosintética disminuyó en las tres variedades estudiadas como consecuencia del estrés hídrico. La variedad Delicia presentó la menor disminución al comparar los resultados de las hojas estresadas (20% CC) con el de las hojas no estresadas.

Se ha encontrado que los efectos perjudiciales de la sequía en el aparato fotosintético pueden durar días, semanas o hasta meses; por lo que la capacidad de las plantas estresadas de recuperar su capacidad fotosintética

puede estar asociada a la capacidad de los estomas de reabrirse total o parcialmente y a la síntesis de proteínas para superar el daño sufrido por el aparato fotosintético (Pungulani y col., 2013)



**Figura 12. Actividad fotosintética expresada en  $\mu\text{moles O}_2/\text{m}^2/\text{min.}$ , en genotipos de *Phaseolus vulgaris* L., sometidos a condiciones severas de estrés hídrico. No estresadas (80% CC), Estresadas (20% CC). Letras diferentes indican diferencias para  $p \leq 0,01$ , según Test de Tukey.**

Por otra parte se pudo constatar que en las variedades tolerantes o medianamente tolerantes no se observaron cambios en la estructura del mesófilo, donde el parénquima clorofílico en empalizada, conserva su organización no variando la disposición de las células, no así en la variedad susceptible donde en el riego al 20% de CC se evidenció la separación de las células del parénquima clorofílico en empalizada, aumentando los espacios intercelulares. Esto supondría una disminución en la actividad fotosintética para aquella variedad susceptible debido a que el parénquima clorofílico en empalizada representa dos tercios del grosor del mesófilo de la hoja y por consiguiente la disminución de cloroplastos (Borges, 2017 y Martínez, 2016) y el amarillamiento de las hojas en la variedad susceptible.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de los indicadores morfofisiológicos evaluados, en las condiciones experimentales de sequía en casa de tapado, la variedad que mostró un comportamiento más tolerante fue la variedad Delicia y la más susceptible la variedad Velazco Largo.

## **IV.2 Segunda etapa: Experimentos en campo en diferentes condiciones de riego**

Durante el período del primer experimento registró el comportamiento climático del municipio de Limonar, zona donde se encuentra la finca "Triunvirato" donde se lleva a cabo el experimento durante los meses enero a marzo de 2019. Se puede observar las precipitaciones ocurridas y el comportamiento de la temperatura. En las temperaturas (máxima, y mínimas) se observa un comportamiento variable, donde las temperaturas medias oscilaron entre 22 y 29 °C, las temperaturas mínimas oscilaron entre 18 y 23 °C y las máximas entre 28 y 31 °C. Estas temperaturas propician un desarrollo normal del cultivo al estar entre los rangos permisibles, si se considera que el mismo crece bien entre temperaturas promedios de 15 a 27 °C y se desarrolla a temperaturas óptimas entre 24 y 25 °C (Barrios y col., 2011). Por otro lado, los valores de humedad relativa oscilaron entre 32 y 78%. Ambos valores permisibles para el desarrollo del cultivo.

### **IV 2.1. Evaluación de los indicadores fenológicos**

En la tabla 3, se muestran los resultados de la siembra realizada de tres variedades de frijol rojo, en la CCS "Gustavo Almejeiras" del municipio de Limonar, con diferentes condiciones de riego.

Al evaluar los días de inicio de la floración en las plantas, que se desarrollaron bajo condiciones de riego, se pudo constatar que hubo diferencias al respecto entre las variedades. La fecha de inicio osciló entre 28 y 37 días. En la condición de déficit hídrico (5R) todas las variedades adelantaron su floración de tres a cuatro días con respecto a su similar en condiciones óptimas de riego. La variedad Buena Ventura fue la que presentó la mayor precocidad con respecto a la aparición de las flores (cuatro días) al compararla con el grupo no estresado, mientras que el resto de las variedades tuvieron sus primeras flores abiertas tres y cuatro días antes (Tabla 3).

**Tabla 3. Variables fenológicas de las variedades bajo dos condiciones de riego en CCS "Gustavo Almejeira", de enero a marzo 2019.**

Variedades	DF (días)		DMF (días)		IR (%)	
	10R	5R	10R	5R	10R	5R
<b>Delicia 364</b>	37	34	70	63	52	53
<b>B. Ventura</b>	33	29	69	64	47	46
<b>Velazco Largo</b>	31	28	67	61	46	45

Estos resultados concuerdan con lo reportado por otros autores, Rodríguez y col., (2009), quienes encontraron respuestas similares al trabajar con 64 líneas en condiciones diferente de humedad del suelo.

Bello (2018) en estudios realizados con tres variedades de frijol negro también constató este efecto.

De forma similar los días de madurez fisiológica (DMF) se adelantaron en todas las variedades en condiciones de sequía. En las plantas del tratamiento con los diez riegos, oscilaron los valores entre 70 y 67 días después de la siembra; mientras que en las con déficit hídrico fue entre 64 y 61 días.

Se ha podido constatar significativa interacción de la línea con la condición de humedad, lo que puede estar relacionado con la capacidad de algunas líneas para modificar el inicio de la floración como repuesta al déficit hídrico que les permite reducir el efecto negativo de la sequía (Polania y col., 2012).

El índice reproductivo de las variedades mostró respuestas diferentes entre ellas, se pueden considerar como las más adaptadas a las condiciones que se establecieron en el lugar de los ensayos, a las que combinan un índice reproductivo alto y un mayor período desde la floración hasta la madurez, lo que favorece un período amplio para la formación de órganos reproductivos (Meriño y col., 2014).

López y col. (2008) señalaron que si bien el IR es un criterio aceptable para seleccionar genotipos que reduzcan menos su rendimiento en condiciones de estrés hídrico, no necesariamente estos serán los de mayor rendimiento. No hubo un patrón uniforme de respuesta, pues encontró que hubo variedades

susceptibles con alto y bajo potencial de rendimiento, así como genotipos tolerantes con alto y bajo potencial de rendimiento.

Al parecer, ante bajo estrés por sequía, la producción de granos es favorecida por la capacidad de la planta de acelerar los días a madurez, manteniendo un alto índice de cosecha, de igual forma, una temprana floración y madurez reducen el impacto negativo del estrés; así que una de las formas de escape se basa en un rápido desarrollo fenológico (Polania y col., 2012; Meriño y col., 2014).

La sequía debe haber ocasionado, el aborto de flores y vainas en formación, lo que sin dudas repercutió en los rendimientos alcanzados por las variedades. De acuerdo con Muñoz y col. (2007) la falta de agua durante las etapas de prefloración, formación y llenado de vainas afecta seriamente el rendimiento.

#### **IV. 2.2. Evaluación de los indicadores de rendimiento**

En la Tabla 4 se presentan los parámetros de rendimientos analizados de las diferentes variedades.

**Tabla 4. Indicadores de rendimiento de las variedades estudiadas bajo diferentes condiciones de riego.**

Variedades	Peso Total		Peso 100 Semillas		Número Vainas / Plantas		Número Semillas / vainas	
	10R	5R	10R	5R	10R	5R	10R	5R
<b>Delicia 364</b>	209,87a	196,24 b	30,62 a	25,88 b	19,2 a	18,3 a	2,91 a	2,83a
<b>Buenaventura</b>	227,00 a	196,43 b	32,66 a	28,42 b	14 a	11,75 b	3,92 a	3,38 a
<b>Velazco Largo</b>	281,46 a	199,79 b	42,96 a	39,41 b	6,3 a	8,3 a	3,57 a	3,49 a

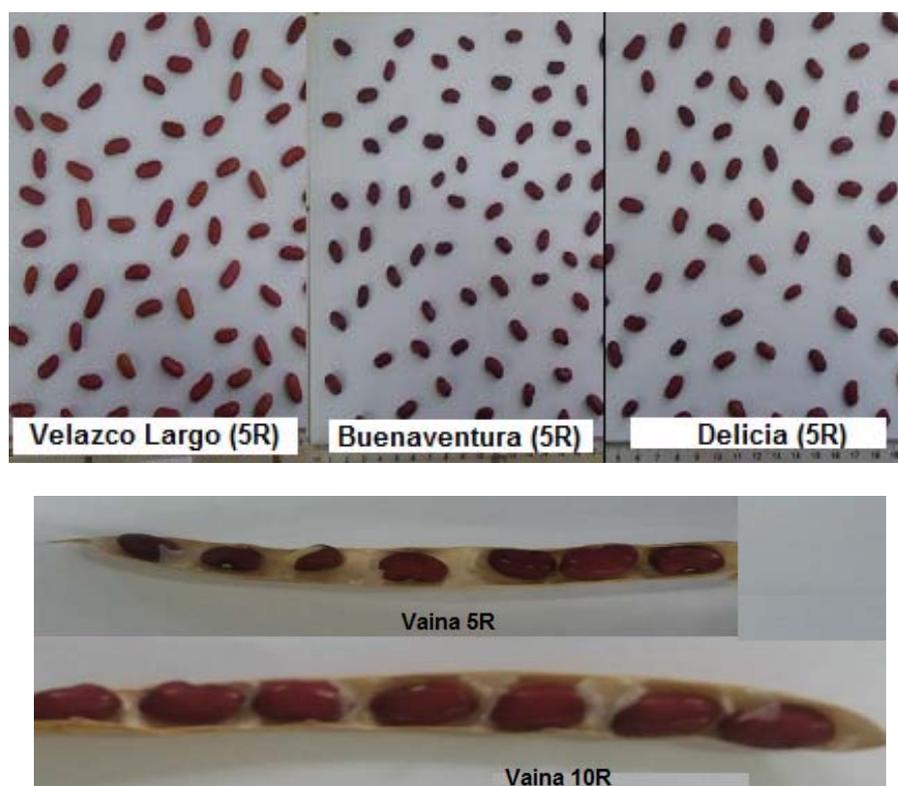
**Letras diferentes indican diferencias para  $p \leq 0,05$ , según Test de Tukey.**

Se puede constatar que no todos los parámetros de rendimiento se modificaron por igual en las condiciones de sequía (5R) en las diferentes variedades estudiadas.

Al analizar el peso de 100 semillas se encontró que este indicador de rendimiento se modificó en todas las variedades. Esta variación puede explicarse por la incidencia del déficit hídrico sobre el contenido relativo de agua, ya que este indicador fisiológico se demostró por Domínguez y col. (2014) que presenta correlación con la tolerancia a la sequía, lo que concuerda

que las variedades clasificadas como tolerantes presentaron los mayores peso lo que puede significar mayor contenido de agua.

En el número de vainas por plantas y el número de semillas por vainas no se observó diferencia en la mayoría de las variedades, pero cuando se analiza la morfología de la semilla y el área de los granos si se aprecia diferencia (Figura 13). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Bello (2018), en estudio realizado con cuatro variedades de frijol negro. La variedad que tuvo la mayor afectación fue Buenaventura.



**Figura 13. Morfología de semillas cosechadas en condiciones de sequía (5R) y vainas en las dos condiciones de riego.**

En la figura 14 se puede apreciar que en todas las variedades el tamaño del grano disminuyó con el estrés hídrico.

Los mayores valores alcanzados por la variedad Delicia con 5R son de 60-75 mm<sup>2</sup>, con 10R de 75-90 mm<sup>2</sup>, Velazco Largo con 5R son 75-90 mm<sup>2</sup>, con 10R de 90-105 mm<sup>2</sup> y Buenaventura con 5R en su mayoría está distribuido entre 45-60 mm<sup>2</sup> y 60-75 mm<sup>2</sup> y con 10R entre 60-75 mm<sup>2</sup> y 75-90 mm<sup>2</sup>.

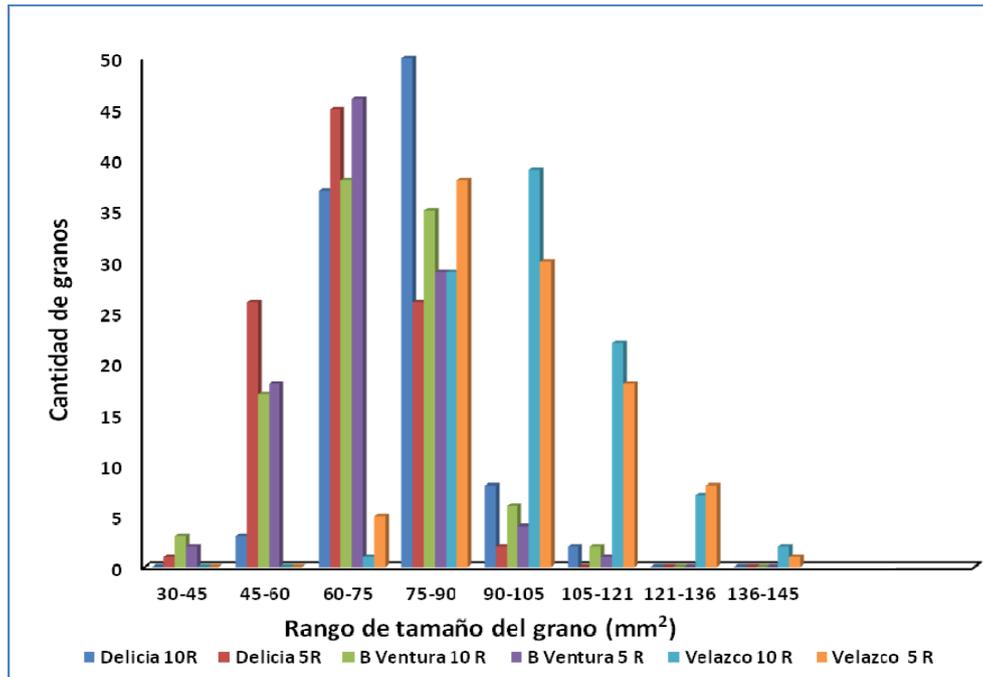


Figura 14. Frecuencia del tamaño del grano por variedad y condiciones de riego, expresado en mm<sup>2</sup>.

Al comparar las medias del rendimiento obtenido en t ha<sup>-1</sup>, en las diferentes condiciones de riego, se encontró que existen diferencias significativas en la repuesta al déficit hídrico de las variedades (Figura 15).

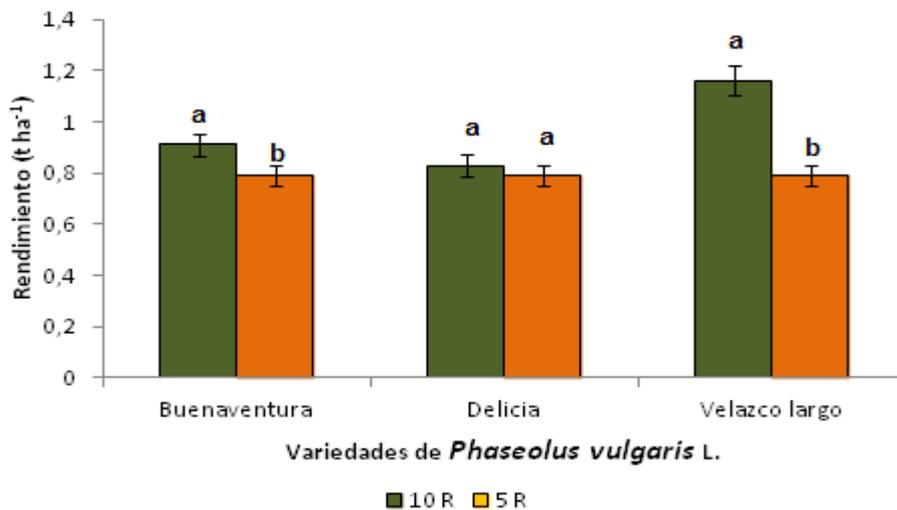


Figura 15. Rendimiento de las variedades (t ha<sup>-1</sup>) bajo las dos condiciones de riego: 10R (condiciones óptimas de humedad) y 5R (sequía). Letras diferentes indican diferencias significativas entre grupo con diferentes riegos, para P ≤ 0.05 según Test de Tukey.

Al respecto existen discrepancias, ya que en la literatura hay autores que coinciden con que el déficit hídrico disminuye los indicadores de rendimiento (Boicet y col., 2011 y López, 2011) y otros plantean que existen variedades que pueden hasta incrementar el rendimiento bajo estrés hídrico (Cabrera, 2011; Polón y col., 2014). En estudios realizados en la estación experimental Los Palacios, Provincia Pinar del Rio, bajo condiciones edafoclimáticas, se corroboró un aumento del rendimiento en el cultivo del frijol al ser sometido a un déficit de agua, pero en la fase vegetativa (Polón y col., 2013).

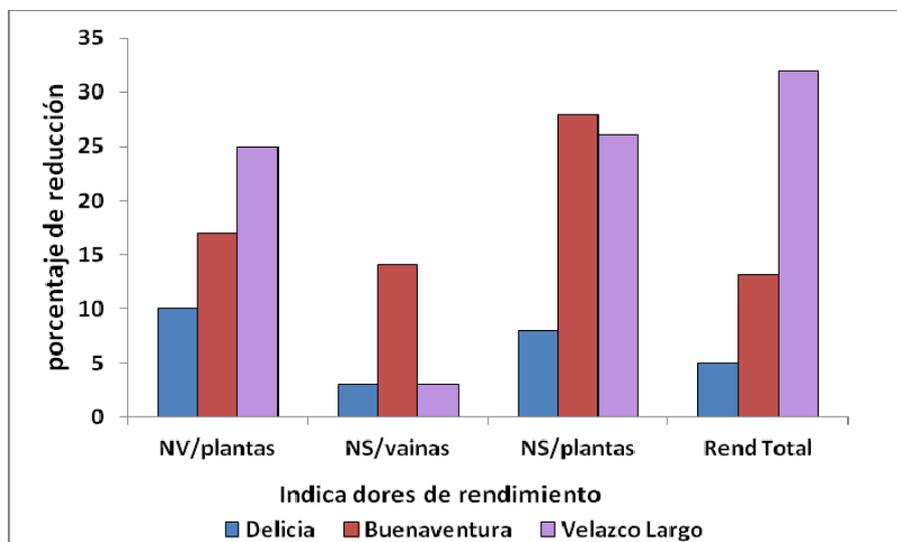
Durante el período de ensayo las condiciones que prevalecieron fueron las de sequía, tal como lo muestra el índice de intensidad a la sequía (IIS) de 0,18, fundamentalmente en el período reproductivo, que es la fase donde más se afecta por el déficit hídrico, debido a que los procesos fisiológicos más susceptible a la escasez de agua del suelo es el crecimiento celular, por lo que la sequía reduce el área foliar, disminuye la transpiración y la fotosíntesis. Además acelera la senescencia de hojas madura y la abscisión de estructura reproductivas y a la limitación de fotoasimilados para la formación de granos (Ahmed y Suliman, 2010; Ishiyaku y Aliyu, 2013).

Estos resultados fueron semejantes a los reportados por Jiménez y col. (2013), en experimento, con ocho variedades de frijol común, en la Estación Experimental del INIFAP en México, bajo riego y sequía, donde se demostró una reducción en el rendimiento de todos los genotipos en comparación con el tratamiento de riego, a una intensidad de sequía representada por un valor de 0,27.

Con los resultados obtenidos de los indicadores de rendimiento, en ambas condiciones de riego, se calculó la pérdida de rendimiento (PR) de cada variedad (Figura 16).

De forma general hubo una disminución en todos los indicadores estudiados. El número de vainas por plantas disminuyó 17,33 %, el número de semillas por vainas 6,66%, semillas por plantas 20,66% y en el rendimiento total 16,73%.

La pérdida de rendimiento debido a la sequía fue indudable en todas las variedades, pero fue más acentuada en las variedades Velazco Largo con 32% y la de menor fue Delicia con solo un 5% (Figura 16).



**Figura 16. Porcentaje de reducción de los indicadores de rendimiento evaluados, bajo condiciones de sequía, enero-marzo 2019. Leyenda: NV/plantas: número de vainas por plantas; NS/vainas: número de semillas por vainas; NS/plantas. Número semillas por plantas y Rend Total: rendimiento total**

Ahmed y Suliman (2010), en trabajos realizados en campo, reportaron disminución del rendimiento por ha entre 50 y 74% en este tipo de leguminosa.

Por otra parte, Cardona y col. (2014) observaron que el estrés por sequía causó disminución de 57,72%, del rendimiento de grano por planta, 49,40%, del número de vainas por planta, 32,07% del número de semillas por vaina y 13,9% de la longitud de la vaina, con una correlación altamente significativa entre los dos primeros caracteres mencionados, en experimento realizado con frijol Caupí.

Al igual, Bello (2018) encontró una reducción en los indicadores de rendimiento, en estudio realizado con cuatro variedades de frijol negro (Tomeguín, BAT 304, Güira y BAT 58). De forma general, el número de vainas por plantas disminuyó 11,91%, número de semillas por vainas 18,06%, número de semillas por plantas 26,29% y el rendimiento total 21,89%.

Los resultados de índices de susceptibilidad para los genotipos estudiados estuvieron entre 0,27 y 1,77 (Tabla 5). Estos fueron similares a los obtenidos por López y col. (2008) y Padilla y col. (2011) quienes sugirieron la utilización combinada de índice que provoque la reducción del rendimiento en este tipo de estudio.

**Tabla 5. Respuesta de las variedades a la sequía según su rendimiento e ISS.**

Variedades	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )		ISS	Respuesta a la sequía
	10R	5R		
<b>Delicia 364</b>	0,83	0,79	0,27	<b>Más Tolerante</b>
<b>Buenaventura</b>	0,91	0,79	0,73	<b>Medianamente Tolerante</b>
<b>Velazco Largo</b>	1,16	0,79	1,77	<b>Menos Tolerante</b>

Los resultados evidenciaron variabilidad entre genotipos en cuanto a la reducción del rendimiento, tal como lo reportaron otros trabajos (Ishiyaku y Aliyu, 2013; Cardona y col., 2013). La variedad Delicia presentó una menor reducción del rendimiento, simultáneamente a un menor índice de susceptibilidad a la sequía (ISS), lo que expresa una mayor tolerancia al déficit hídrico. Sin embargo Velazco Largo disminuyó su rendimiento y presento un ISS mayor que uno lo que evidencia menor tolerancia a la sequía. Por otra parte, Buenaventura también presenta una disminución significativa del rendimiento, pero presenta un ISS menor que uno.

Osuna y col. (2013), al cultivar 10 genotipos en diferentes condiciones de siembra y riego, encontraron que la reducción de rendimiento por falta de humedad fue evidente en todos los genotipos. La mayoría de los genotipos presentaron moderada tolerancia al estrés hídrico, debido que obtuvieron índices de susceptibilidad a la sequía menores a uno.

Probablemente la pérdida de rendimientos en estos indicadores de productividad obedezca a la limitada actividad fotosintética y a una menor absorción de nutrientes por la reducida movilidad de iones en el suelo y toma de agua por las raíces.

Es innegable, como refieren Uemale y col. (2013) que el agua interpreta un papel determinante en la producción de vainas y llenado de las mismas. Según García (2009), cuando las precipitaciones están por debajo de las necesidades del cultivo los rendimientos disminuyen drásticamente, fundamentalmente si coinciden con la floración y el llenado de las vainas del cultivo, es decir, que la precipitación acumulada durante la etapa reproductiva es determinante para el rendimiento de frijol (Padilla y col., 2011; Ahmed y Suliman, 2010). En varios estudios se ha reiterado el efecto deletéreo de la sequía sobre el crecimiento, el rendimiento y la nutrición mineral de las plantas (Afshar, Hadi y Pirzard, 2013).

La medida del rendimiento de genotipos en ambientes de sequía y ambientes favorables, parece un punto de partida común en la identificación de los genotipos deseables para las condiciones de ambientes con lluvias impredecibles (Mohammadi y col., 2010). Por tal razón, la pérdida de rendimiento es la preocupación principal de los mejoradores de plantas, debido a lo cual enfatizan en el estudio del rendimiento obtenido bajo condiciones de sequía (Nazari y Pakniyat, 2010).

Los resultados obtenidos muestran que existe una respuesta varietal, ya que todas las variedades no responden igual al efecto del estrés hídrico. Diversos estudios concluyen que el ISS podría considerarse como un criterio para caracterizar y seleccionar genotipos; sin embargo, deben tenerse en cuenta otras características, ya que no siempre las variedades más tolerantes son las que presentan mayor rendimiento, pero sí las que menos reducen su rendimiento al variar la disponibilidad de agua (Domínguez y col., 2016; Martínez, 2016).

Polón y col. (2017) demostraron que el cultivo de la variedad Delicia 364 al ser sometida a estrés hídrico, en la fase vegetativa, se incrementa el rendimiento en granos, el número de vainas por plantas y la masa seca por planta, con un uso más eficiente del agua respecto al riego normal, los granos de frijol con estrés de agua presentaron un color más brillante y pesados respecto al testigo.

Estos resultados corroboran el efecto negativo de la sequía, lo que ha sido reportado por diferentes autores (Borges, 2017; Martínez, 2015; Polón y col., 2017 y Romero, 2017), ya que las variedades que crecieron con menos disponibilidad de agua, tuvieron menos rendimiento. No todas las variedades respondieron de igual forma, presentaron un índice de estrés que varía en correspondencia a la tolerancia a la sequía que caracteriza a la variedad, ya que la respuesta de las plantas a este estrés ambiental depende de varios factores incluyendo el genotipo (Ishiyaku y Aliyu, 2013), la etapa del desarrollo de la planta, la longitud y la severidad del estrés aplicado (Polón y col., 2013; Campos y col., 2011; Fang y col., 2010). Por otra parte, las características del suelo pueden influir en dichos resultados, de ahí la importancia de evaluar el comportamiento productivo de las variedades en cada localidad (Hernández y col., 2015).

## **Conclusiones**

De las tres variedades de frijol rojo estudiadas, en diferentes condiciones de humedad del suelo, la variedad Delicia 364 tuvo un comportamiento más tolerante a la sequía, teniendo en cuenta indicadores morfofisiológico, en casa de tapado y fenológicos y de rendimiento en campo.

## **Recomendaciones**

Continuar con investigaciones que permitan seguir seleccionando variedades que tengan un comportamiento tolerante a la sequía, en las condiciones climáticas del territorio.

Ensayar estas variedades en otras CCS lo que permitirá generalizar los resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

Acosta, E.; Hernández, I.; Rodríguez, R.; Acosta J. A.; Pedroza J.; Amador, M.D. y Padilla, J.S. 2011. Efecto de la sequía en la producción de biomasa y grano de frijol. *Ciencia Agrícola*. México. 2 (2): 249-265.

Afshar, R.M.; Hadi, H. y Pirzard, A. 2013. Effect of nanoiron on the yield and yield component of cowpea under end season water deficit. *Int. J. Agric. Res. Rev.* 3 (1): 27-34.

Aguilar-García L., Escalante-Estrada J.A., Fucikovsky-Zak L., Tijerina-Chávez L. y Mark Engleman. E. 2005. Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra Latinoamericana*. 23(3):23-25

+Aguilar, G.; Peña, C.; García, R.; Ramírez, P.; Benedicto, G. y Molina, J.D. 2012. Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en relación con la concentración de Vermicompost y déficit de humedad de sustrato. *Agrociencia* 46 (1): 37-50.

Ahmed, F.E. y Suliman, A.S.H. 2010. Effect of water stress applied at different stages of growth on seed yield and water-use efficiency of cowpea. *Agric. Biol.* 1 (4): 534-540.

- Alemán, S.; Domínguez, A.; Domínguez, D.; Fuentes, L. Miranda, K.; Pérez, Y.; Pernía, B.; Sosa, D.; Sosa, M. e Infante; D.2010. Estudio anatómico y bioquímico en materiales cubanos y venezolanos de *Phaseolus vulgaris* L. bajo condiciones de estrés hídrico. *Revista de estudios transdisciplinarios*. 1(1): 89-99.

+Barrios, J.; López, C. y Kohashi, J. 2011. Relaciones hídricas y temperaturas altas en frijol del tipo "flor de mayo". *Agronomía Costarricense*. 35 (1): 42-50.

Bayoumi, T.Y.; Manal, H.E. y Metwali, E.M. 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology*. 7 (14): 2341-2352.

Beebe, S.E., I.M. Rao, M.W. Blair y J.A. Acosta-Gallego. 2013. Phenotyping common beans for adaptation to drought. *Front. Physiol.* 4, 35; 229-237.

Beebe, S.E.; Rao, I.M.; Blair M.W. y Acosta, J.A. 2010. Phenotyping common beans for adaptation to drought. In: J. M. Ribaut and P. Monneveux (eds.) *Drought phenotyping in crops. From theory to practice. Generation Challenge Program Special Issue on Phenotyping*; pp. 311-334

Bello, A. 2018. Comportamiento productivo de variedades de frijol común (negro) en condiciones de sequía en CCS "Sabino Pupo". Tesis de grado en opción al título de ingeniero agrónomo.

Boicet, T.; Secada, Y.; Chaveco, O.; Boudier, A.; Gómez, Y.; Meriño, Y.; Reyes, J.; Ojeda, C.M.; Tornes, N. y Barroso, L. 2011. Respuesta a la sequía de genotipos de frijol común utilizando diferentes índices de selección. Centro Agrícola. 38 (4): 69-73.

+Borges M. 2017. Efecto del estrés hídrico sobre indicadores morfológicos en variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Trabajo para optar por el título de ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Matanzas

- Cabrera, M.; León, N. y Mendoza, M.J. 2011. Tolerancia a la sequía de cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Agrisost. 17(3): 1.15

+Cabrera, M. 2011. Comportamiento de algunas variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) bajo condiciones edafoclimáticas adversas. En: Libro Resumen. 5to Encuentro Internacional de Arroz. 1er Simposio de Granos. Palacio de las Convenciones de La Habana 2011. p 112.

Campos, G.; García, M.; Perez D. y Ramis C. 2011. Respuesta de 20 variedades de carota (*Phaseolus vulgaris* L) ante el estrés por NaCl durante la germinación y en fase plantular. Biagro 23 (3): 215-224.

Cardona, C.; Jarma, A.J.; Araméndiz, H; Peña, M. y Vergara, C. 2014. Respuesta fisiológicas y bioquímicas del frijol caupi (*Vigna unguiculata* LWalp) bajo déficit hídrico. Ciencia Hortícola. 8 (2): 250-261.

Cardona, C.; Jarma, A.J. y Araméndiz, H. 2013. Mecanismo de adaptación a sequía en frijol Caupí (*Vigna unguiculata* LWalp). Ciencia Hortícola. 7 (2): 277-286.

+Castañeda, C. Córdova, L. González, V. A. Delgado, A. Santacruz, A. y García, G. 2006. Respuestas fisiológicas; rendimiento y calidad de semilla en frijol sometido a estrés hídrico. 31 (6).

+CC-PCC. 2011. Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, VII Congreso del Partido Comunista de Cuba. p.28

CUBIT SYSTEMS INC. 2017. PH1LP Teaching Photosynthesis Package. Instructor's Manual. Published in Canada. Copyright 2017.

+Dhima, K., Vasilakoglou, I., Stefanou, S., Eleftherohorinos, I. 2015. Effect of cultivar, irrigation and nitrogen fertilization on chickpea (*Cicer arietinum* (L.)). *Productivity Agricultural Sciences*, 6: 1187-1194.

Di Rienzo, JA; Balzarini, M.; Casanoves, F.; González, L.; Tablada, M. y Robledo, C.W. 2011. InfoStat/ profesional versión 1.1. Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba.

- Domínguez, A.; Martínez, Y.; Pérez, Y.; Sosa, M.; Fuente L.; Darias, R.; Rea, R.; y Sosa, D. 2016. Rendimiento de genotipos de frijol común, cubanos y venezolanos, cultivados en condiciones de secano. Revista Avanzada Científica. Vol: 19, N0:1, 12-22. ISSN 1029-3450.

Domínguez, A.; Martínez, Y.; Pérez, Y.; Fuentes, L., Darias, R.; Sosa, M.; Rea, R.; Sosa, D. 2016. Comportamiento de variedades de frijol común, cubanos y venezolanos, cultivados en condiciones de sequía. Revista Ciencia UNEMI. 9 (20). ISSN: 1390-4272 (Impreso); ISSN: 2528-7737 (electrónica).

Domínguez, A.; Darias, R.; Marrero, L. Álvarez, J. y Martínez, Y. 2016. Vinculo extensión, capacitación y proceso docente CCS del municipio de Unión de Reyes. XII Conferencia Científico Metodológica de la Universidad de la UMCC 2016. Matanzas. Ministerio de Educación superior.

Domínguez, A.; Pérez, Y.; Alemán, S.; Sosa, M.; Fuentes, L.; Darias, R.; Demey, J.; Rea, R.; y Sosa, D. 2014. Respuesta de cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. al estrés por sequía. Biotecnología Vegetal. 14 (1): 29 – 36. ISSN 2074-864.

Domínguez, A.; Mita, N.; Alemán, S.; Pérez, Y.; Sosa, M. y Fuente, L. 2012. Algunos indicadores morfológicos y bioquímicos de cinco variedades de *Phaseolus vulgaris* L, bajo condiciones de sequía. Revista Avanzada Científica. 15 (2): 1-18.

+Estrada, W.; Jerez, E.; Nápoles, M.C.; Sosa, A.; Maceo Y.C. y Cordoví, C. 2016. Respuesta de cultivares de frijol (*phaseolus vulgaris* L.) a la sequía utilizando diferentes índices de selección. Cultivos Tropicales, vol. 37 (3): 79-84.

+Fang, X.N.C.; Turner, G.; Yan, F.; Li, Y. y Siddiqui, K.H.M. 2010. Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicerarietinum* L) under terminal drought. J. Exp. Bot. 61: 335-345.

+Faure, B.; Benitez, R.J.; León, N.; Chaveco, O. y Rodríguez, O. 2012. Guía técnica para el cultivo del frijol común (*PhaseolusVulgaris* L). Agroecológica, La Habana.

+García L.R., Leiva M., Carabeo A., Collado R., Proveta I., Veitia N., y col. 2015. Efecto del estrés hídrico inducido con PEG 6000 sobre la germinación *in vitro* de semillas de *Phaseolus vulgaris* L. cv. 'ICA Pijao'. Biotecnología vegetal. 15(2): 243-249. ISSN 2070-6647.

García, M. 2011. Efecto de la sequía en el rendimiento del cultivo del frijol [en línea] Disponible en: (<http://www.monografias.com/trabajos94/efecto-sequia-rendimiento-del-cultivo-del-frijol/efecto-sequia-rendimiento-del-cultivo-del-frijol.shtml>) Consultado 10 de Febrero 2016].

García, M.E. 2009. Guía técnica para el cultivo del frijol. Proyecto Innovaciones para mejorar la competitividad de la cadena agroindustrial de granos y semillas de frijol de los socios de ASOPROL. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA); Managua. Nicaragua. 28 p.

+Girdthai, T.; Jogloy, S.; Kesmla T.; Vorasoot, N.; Akkasaeng, C. Wongkaew, S.; Holbrook, C.C. y Patanothai, A. 2010. Relationship between root characteristics of peanut in hydroponics and pot studies. *Crop Sci.* 50: 159-167. [Consultado 10 de Febrero 2016].

+Gholami, M.; Rahemi, M.; and Kholdebarin, B. 2010. Effect of drought stress induced by polyethylene glycol on seed germination of four wild almond species. *Australian J. Basic Appl. Sci.*, 4, 785-791.

+González, L. 2010. En Cuba Frijoles [en línea] Disponible en: <http://cubaout.wordpress.com/2010/08/11/en-cuba-%C2%A1-ni-frijoles/> [Consulta: 3 de febrero 2014].

González F. 2016. Etapas del desarrollo del frijol. [en línea] Disponible en: <http://es.calameo.com/read/70012534046c93d920a/7f5>. [Consultado 30 de abril 2019].

+Henry, A.; Rosas, J.C.; Beaver, J.S. y Lynch, J.P. 2008. Multilines of contrasting root architecture: Multiple stress response and belowground competition. *Crop Science* (sometido para publicación). <http://www.botanicargentina.com.ar/boletin/38/075-dicot.pdf> [Consulta enero, 09, 2017].

Heredia Y., Faure B., Benítez R. 2015. Estructura varietal para la producción eficiente de frijol común. Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones de Granos. Artemisa, Cuba (presentación PowerPoint).

- Hernández J.C., Chaves N.F., Araya R. y Beebe S. 2018. DIQUÍS", variedad de frijol común rojo brillante. *Agronomía Costarricense.* 42(1) 127-136. ISSN 0377-9424.

Hernández, J.A., Pérez, J.J., Bosh, I.D. Y Castro S.N. 2015, Clasificación de los suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Ministerio de Educación Superior, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba. 91 p. ISBN: 978-959-7023-77-7.

Ichi, J.O., H.E. Igbadun, S. Miko and A.M. Samndi. 2013. Growth and yield response of selected cow-pea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) variety to irrigation interval and sowing date. *The Pacific J. Sci. Techn.* 14 (1), 453-463.

Ishiyaku, M.E. y Aliyu, H. 2013. Field evaluation of cowpea genotypes for drought tolerance and striga resistance in the dry savanna of the North-West Nigeria. *Int. J. plant. Breed. Genet.* 7 (1): 45-56.

Jimenez J.C. y Acosta J.A. 2013. Rendimiento de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y Tépari (*Phaseolus acutifolius* A. Gray) bajo el método riego-sequía en Chihuahua. Rev. Mex. Cienc. Agríc.4 (4):35-41. versión impresa ISSN 2007-0934

Khan H. R., J. G. Paull, K. H. M. Siddique, F. L. Stoddard. Faba bean. 2010. Faba bean breeding for drought-affected environments: a physiological and agronomic perspective. Field Crops Research. s.l: 115: 279-286.

López, A. 2011. Manejo del riego y nitrógeno en frijol común cultivado en sistemas de plantío directo. Ciencia Agronómica, 42 (1): 51-56.

López, S.; Tosquy, O.H.; Ugalde, F.J. y Acosta, J.A. 2008. Rendimiento y tolerancia a sequía de genotipos de frijol negro en el estado de Veracruz. Revista Fitotecnia Mexicana. 31(3): 5-39.

Martinazzo, E.C.; Perboni, A.T.; Deoliveira P.V.; Bianchi, V.J. and Bacarin, M.A. 2013. Photosynthetic activity in Japanese plum under wáter déficit and flooding. Ciencia Rural 43(1), 35-41.

Martínez, Y. 2016. Evaluación de indicadores productivos en variedades de frijol común en condiciones de sequía. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias Agrícolas. Universidad de Matanzas.

Martínez, Y.; Pérez, Y.; Fuentes, L.; Sosa, M.; Rea, R.; Sosa, D. y Domínguez, A. 2015. Evaluación de cultivares de frijol común comercializadas en Venezuela y Cuba en condiciones de secano. En las memorias de la VII Convención Científica Internacional de la Universidad de Matanzas, Centro de Conversión de Plaza América Varadero. ISBN: 978-959-16-2442-0.

+Martínez, E.; Barrios, G.; Rovesti, L. y Fernández-Santoss, R. 2007. Manual de manejo integrado de plagas. Entre pueblos. España. 529p.

Meriño, Y., Boicet, T., Boudet; A.; Cedeño,.A. 2017. Respuesta agronómica de dos cultivares de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) bajo diferentes condiciones de humedad del suelo en la provincia de Granma. Centro Agrícola 44 (2): 22-28.

Meriño, Y., Boudet; A.T., Boicet E., Barreiro,.A., Jorge, A., & Oduardo, R. 2014. Rendimiento y tolerancia la sequía de seis variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de campo. *Agroecología*. Disponible en:<http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/html/v42n1/body/cag10115>. Html

+MINAG. 2010. Instructivo Técnico para el cultivo del frijol. Dirección de Cultivos Varios. La Habana. 35p.

Mireles, M. 2014. Rol de las cooperativas en el nuevo contexto agropecuario cubano. Matanzas. CCS Sabino Pupo. (Presentación de Power Point).2h.

+Mireles M, A Antúnez, V Martino. 2014, Informe Consultoría de Agrocadena. En: Taller interactivo: Diagnóstico de la cadena de valor frijol en las provincias de Guantánamo y Matanzas. Caso Unión de Reyes. 8 de agosto, 2014. Unión de Reyes, Matanzas, Cuba.

Mohammadi, R.; Armion, M.; Kahrizi, D. y Amri, A. 2010. Efficiency of screening techniques for evaluating durum wheat genotypes under mild drought conditions. *Int J Plant Pro* .4 (1): 11-24.

+Muñoz, C.G.; Allen, R.G.; Westermann, D.T; Wright, J.L. y Sing, S.P. 2007. Water use efficiency among dry beans landraces and cultivars in drought stressed and non stressed environments. *Euphytica* 155: 393-402.

Nazari, L. y Pakniyat, H. 2010. Assessment of drought tolerance in barley genotypes. *J. Applied Sciences*. 10: 151-156.

+Nieto, J. E. R.; Tavera, V. M.; Gallegos, J. A. A.; Ibarra, E. P. y Aguirre, C. L. 2013. Caracterización fisiológica y genética del uso eficiente del agua en dos variedades de frijol contrastantes. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 1(1): 43–51, ISSN 0122-8706.

Nieto-Garibay, A.; Murillo-Amador, B.; Troyo-Diéguez, E.; García-Hernández, J.L. and Ruíz-Espinoza, F.H. 2010. Water stress in two capsicum species with different domestication grade. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 12: 353-360.

Okon, I.E. 2013. Effect of water stress on some growth aspect of two varieties of cowpea, *Vigna unguiculata* L. Walp. Fabaceae. *Bullet. Environ. Pharmacol. Life Sci*. 2(5), 69-74.

- Osuna, E.S.; Reyes, L.; Padilla, J.S.; Rosales, R.; Martínez, M.A.; Acosta, J.A. y Figueroa, B. 2013. Rendimiento de genotipos de frijol con diferentes métodos de siembra y riego-sequía en Aguascalientes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4 (8): 1209-1221.

+Padilla, J.S.; Osuma, E.S.; Martínez, M.A. y Acosta, J.A. 2011. Rendimiento de grano frijol bajo temporal y riego en dos fechas de siembra. In: memoria del XI simposio Internacional y VI congreso nacional agricultura Sostenible 2011. San Luis Potosí. p1-6.

+Pedroza-Sandoval A, Trejo-Calzada R, Sánchez-Cohen I, Samaniego-Gaxiola JA, Yáñez-Chávez LG. 2016. Evaluación de tres variedades de frijol pinto bajo riego y sequía en Durango, México. *Agronomía Mesoamericana*. 27(1):167–76. doi:10.15517/am.v27i1.21896.

- Polania, J.A.; Rao, I.M. Mejía, S. Beebe, S.E. y Cajiao, C. 2012. Características morfofisiológicas del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) relacionadas con la adaptación a sequía. *Acta Agron*. 61(3): 197-206.

Polanía, J.A. 2011. Identificación de características morfofisiológicas asociadas a la adaptación a sequía para ser usadas como criterios de selección en mejoramiento de frijol común *Phaseolus Vulgaris* L. Trabajo de grado para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias; Área de Fitomejoramiento. Universidad nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Sede Palmira.

Polón, R.; Ruiz, M.; Miranda, A. y Ramírez, M.A. 2017. Efectos del estrés hídrico sobre el rendimiento de los granos del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 26(1): 66-70, 2017, ISSN: 2071-0054

+Polón, R.; Miranda, A.; Ramírez, M.A. y López, L.A. 2014. Efectos del estrés de agua sobre el rendimiento de granos en la fase vegetativa en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 23:4, ISSN -1010-2760, RNPS-0111

Polón, R.; Miranda, M.; Maqueria, L.A. y Ramírez, M.A. 2013. Effect of different intensities of drought stress in the vegetative phase in the cultivation of the bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 22 (4): 60-64, ISSN -1010-2760, RNPS-0111.

Pungulani, L.L.M., Millner, J.P., Willians, W.M. and Banda, M. 2013. Improvent of leaf wiring scoring in cowpea (*Vigna Sinensis* (L.) Walp.): From qualitative scale to quantitative index. Aust. J. Crop. Sci., 7 (9):1262-1269.

+Rao, I.M.; Beebe, S.E.; Polania, J.A.; Grajales, M.; Cajiao, C.; Ricaurte, J.; Borrero, G. y Rivera, M. 2010. Avances en caracterización fenotípica en adaptación a sequía en frijol común. I Curso Nacional para resistencia a factores bióticos y abióticos. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Junio de 2010.

Rasband, W.S. 2007. ImageJ, US National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. <http://rsbweb.nih.gov/ij/>; [consulta: febrero 2018].

+Reyes J., Martínez D., Rueda R., y Rodríguez T. 2014. Efecto del estrés hídrico en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de invernadero. Revista Iberoamericana de Ciencias. 1(2):191-203.

Rincón N y col. 2012. Determinación del Área Foliar en Fotografías Tomadas con una Cámara Web, un Teléfono Celular o una Cámara Semiprofesional Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 65(1): 6399-6405.

+Romero, V.Y. 2017. Respuestas fisiológicas, bioquímicas y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo déficit hídrico. Trabajo para optar por el título de ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Matanzas.

+Shafiq S., Akram N.A. Y Ashrat M. 2015. Does exogenously Applied trehalose alter oxidative defense system in the edible part of radish under water deficit conditions. *Scientia Horticulturae*. 185(30):68-75. ISSN 0304-4238.

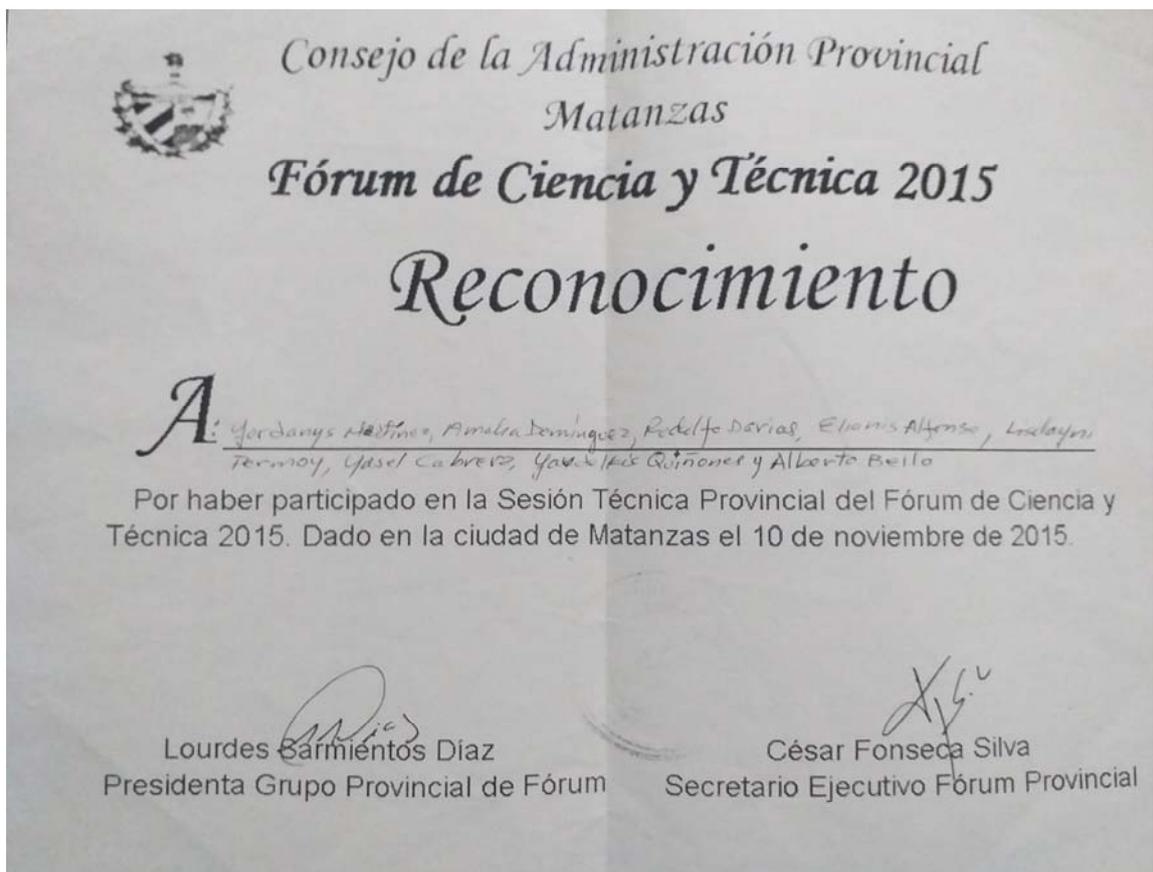
+Srivastava, N. 2014. Influence of water deficit on morphological characteristics of green manure crop (*Dhaincha*) *Sesbaniacannabina* Poir". *Unique Journal Pharmaceutical and Biologial Sciences*. 2 (3): 15-18, ISSN 2347-3614.

+Seçkin D. B. y Aksoy M. 2014. Drought tolerance of knotgrass (*Polygonum maritimum* L.) leaves under different drought treatments. *Pakistan Journal of Botany*. 46(2) pp 417-421, ISSN 0556-3321,2070-3368.

Singh, S.K. and K.R. Reddy. 2011. Regulation of photosynthesis, fluorescence, stomatal conductance and water-use efficiency of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) under drought. *J. Photochem. Photobiol B: Biol.*105, 40-50.

+Treviño, C y Rosas, R. 2013. El frijol común: factores que merman su producción. *Revista de divulgación científica y tecnología de La Universidad Veracruzana*.26

Ulemale, C., Mate, S. and Deshmukh, D. 2013. Physiological Indices for Drought Tolerance in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *World Journal of Agricultural Sciences*, 9 (2): 123-131.





OTORGA EL PRESENTE:

ANAP MUNICIPAL  
UNIÓN DE REYES

**ANAP**

# Reconocimiento

**A:** Elianys Alfonso Negrín, Lisbet Álvarez, Lisdayni Permoy, Yaudelkis Quiñones, Alberto Bello y Yasel Cabrera

**POR PARTICIPAR EN EL EVENTO MUNICIPAL DE CIENCIA Y TÉCNICA.**

*Relevante*

Ciencia y Técnica , significa preparar un país, crear un país, no importa de dónde partamos hoy, no importa las dificultades de hoy, pero si crear un país que viva de su inteligencia y su sudor...

Fidel Castro Ruz.  
diciembre 1994.

Dado en Unión de Reyes a los 14 días del mes de marzo de 2017.  
"Año 59 de la Revolución"

*Lilian García*  
Lilian García García  
Presidenta de la ANAP Municipal

*Yatny Yaga Alfonso*  
Yatny Yaga Alfonso  
Agrociencia Municipal



**ANAP**

Asociación Nacional de Agricultores Pequeños  
Matanzas

Otorgan el presente:

# Destacado

**A:** Elianis Alfonso Negrín, Lisvet Álvarez Ávila, Lisdayni Permoy Alfonso, Alberto Bello Alfonso, Yasel Cabrera Alonso, Yaudelkis Quiñones Fernández, Elianis Rodríguez Ponce.

Tutores: Amalia Domínguez Suárez y Rodolfo Darías Rodríguez

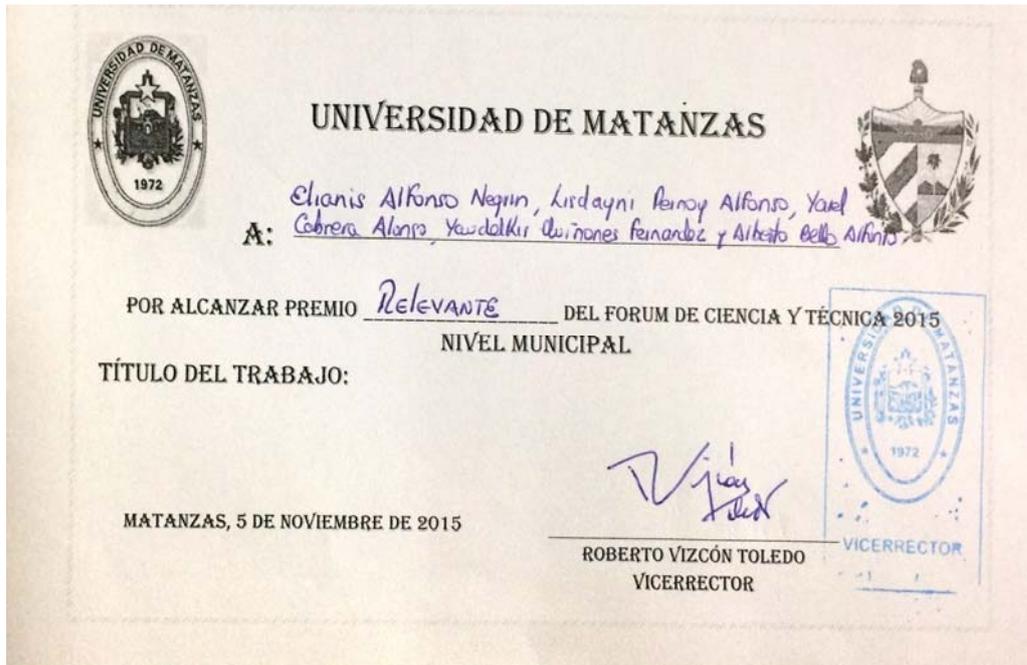
**Por los resultado alcanzados en el Fórum Ramal  
Provincial de Ciencia y Técnica.**

"No se concibe en el mundo de hoy... un progreso sin la ciencia, un avance sin la ciencia."

Dado en Matanzas a los 26 días del mes de octubre de 2017

Fidel Castro Ruz  
28-03-1992







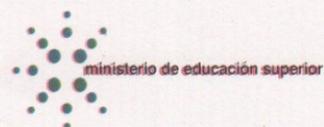
## CERTIFICADO POR SU CONTRIBUCIÓN A LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA

"LABOR EXTENSIONISTA A TRAVÉS DEL VÍNCULO  
UNIVERSIDAD Y AGRICULTURA"

Amalia Domínguez Suárez,  
Yordanys Martínez Dávalo,  
Leticia Fuentes Alfonso,  
Rodolfo Darias Rodríguez,  
Leonel Marrero Artabe,  
Yunel Pérez Hernández,  
Elianis Alfonso Negrín,  
Lisdayni Permoy Alfonso,  
Alberto Bello Alfonso,  
Yasel Cabrera Alonso  
Yaudelkis Quiñones Fernández

Presidente  
Comité Organizador

Presidente  
Comité Científico





CONVENCIÓN  
INTERNACIONAL  
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA  
E INNOVACIÓN

Del 31 de octubre al 4 de noviembre de 2016  
Palacio de las Convenciones de la Habana, Cuba

EL COMITÉ ORGANIZADOR DE LA  
CONVENCIÓN INTERNACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN  
TIENE EL HONOR DE CONCEDERLE EL PRESENTE

## CERTIFICADO

*A.* AMALIA DOMÍNGUEZ SUÁREZ  
YORDANYS MARTÍNEZ DAVALO  
RODOLFO DARIAS RODRÍGUEZ  
LEONEL MARRERO ARTABE

Estudiantes: Elianis Alfonso, Lisdayni Permoy, Alberto Bello,  
Yasel Cabrera, Yaudelkis Quiñones y Lisbet Alvarez  
por su participación en el evento:

I CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIAS E INNOVACIÓN  
INCLUSIVAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE CIDERS'2016

Título de la ponencia:

APLICACIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE  
FRIJOL COMÚN EN COOPERATIVAS AGROPECUARIAS.

Dado en La Habana, Cuba, a los    días del mes de noviembre de 2016

  
Msc. Armando Rodríguez Batista  
Presidente Comité Científico

*Cuba, un país de hombres de ciencia*

Memorias CD del evento Cit@tenas 2016. ISSN: 2415-5888.

## **Integración Universidad Agricultura: una experiencia en la producción de frijol común en condiciones de secano**

### **Integration University Agriculture: An experience in the production of common bean in dry conditions**

**Autores:** Dr. Amalia Domínguez Suárez, MSc. Rodolfo Darías Rodríguez, MSc. Yordanys Martínez Dávalos y Dr. Leonel Marrero Artabe

Estudiantes coautores: Lisbet Álvarez Ávila, estudiante de 2do año Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Matanzas

Elianis Alfonso Negrín y Lisdayni Permoy Alfonso, estudiantes 3er año Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Matanzas

Alberto Bello Alfonso, Yasel Cabrera Alonso y Yaudelkis Quiñones Fernández, estudiantes de 4to año Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Matanzas

*Centro de Estudios Biotecnológicos, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Matanzas.*

*Autopista Varadero; Km 3<sup>½</sup>, Matanzas. Cuba. Teléfono: 261251; móvil: 53363578*

*Email: [amalia.dominquez@umcc.cu](mailto:amalia.dominquez@umcc.cu)*

#### **Resumen**

La investigación se realizó en tres CCS del municipio de Unión de Reyes, Matanzas, donde los productores de frijol lo cultivan en condiciones de secano. Constó de dos etapas: la primera (octubre 2014-febrero 2015), donde se llevó a cabo actividades de capacitación, con el objetivo de contribuir a elevar el conocimiento de los productores sobre aspectos de interés en el cultivo de frijol. El programa de las actividades de capacitación se confeccionó con la información obtenida de las entrevistas no formales realizadas a productores y el informe final del taller interactivo: Diagnóstico Integral de la cadena de valor frijol en las provincias de Guantánamo y Matanzas. Caso Unión de Reyes. En la segunda etapa (Marzo 2016), se entrevistaron nuevamente a los productores y se recogió la información sobre la variedad de frijol cultivada, fuente de adquisición de la semilla y rendimiento, con el objetivo de evaluar el impacto de la capacitación y el comportamiento productivo de las variedades cultivadas en las CCS, en condiciones edafoclimáticas. Se pudo concluir que la integración universidad- Agricultura a través de la capacitación tuvo un efecto positivo sobre los productores de las CCS, lo que se manifiesta en un mayor conocimiento de las variedades y realizar la adquisición en la Empresa de semilla. El rendimiento del cultivo varió en dependencia de la cantidad de veces que llovió (1-3). Todas las variedades disminuyeron su rendimiento al disminuir las precipitaciones, pero todas no respondieron de igual forma. La variedad Tomeguín tuvo un comportamiento más tolerante y CC25-9 N más susceptible.

Palabras claves: Cooperativa Créditos y Servicios (CCS), frijol común, rendimiento productivo, sequía.

CD Memorias XX Congreso Científico. Instituto Nacional de Ciencias Agrícola, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, del 23- 25 noviembre, 2016. ISBN: 978-959-7023-89-0.

**TOLERANCIA AL DÉFICIT HÍDRICO DE VARIEDADES DE FRIJOL COMÚN EN CONDICIONES DE SEQUÍA EN CAMPO.**

**WATER DEFICIT TOLERANCE OF COMMON BEAN UNDER DROUGHT FIELD CONDITION.**

Autores: Amalia Domínguez Suárez, Rodolfo Darías Rodríguez, Leonel Marreo Yordanys Martínez Dávalos y Leonel Marrero Artabe.

Estudiantes: Elianis Alfonso, Lisdayni Permoy, Alberto Bello, Yasel Cabrera, Yudelkis Quiñones y Lisbet Álvarez

Centro de Estudios Biotecnológicos, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Matanzas. Cuba.

**Resumen**

Seleccionar variedades de frijol tolerantes a la sequía puede constituir una estrategia que permitan minimizar el efecto del déficit hídrico sobre el rendimiento y la calidad del grano de frijol cultivado. El objetivo del presente trabajo fue identificar variedades más tolerantes a la sequía, en la finca Sabanilla de la CCS Sabino Pupo, Unión de Reyes. Se utilizó un diseño en bloque al azar, con tres repeticiones. La siembra se hizo en tres hileras de 7 m de largo X 0,60 m de ancho, por repetición. Fueron evaluadas las características fenológicas e indicadores de rendimiento de ocho variedades de frijol común (CC 25-9 colorado, BAT 58, Güira 89, CC 25-9 blanco, CC 25-9 negro, Tomeguín, Velazco largo y BAT304.), en condiciones diferentes de riego, cuatro riegos (sequía) y 10 riegos (condiciones óptimas de humedad). Con los datos de rendimientos en las dos condiciones de humedad se calcularon el índice reproductivo (IR) y el porcentaje de pérdidas del rendimiento. El análisis estadístico fue realizado utilizando el programa InfoStat versión 2011. Se llegó a la conclusión que las variedades que tuvieron el comportamiento más tolerante en las condiciones de experimentación fueron: Tomeguín, BAT 304 y CC 25-9 colorado y las más susceptible: Velazco Largo y CC 25-9 negro.

**Palabras clave:** frijol común, riego, tolerancia a sequía, rendimiento, criterios de selección.