

CULTIVO DEL FRIJOL COMÚN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) Y ESTRÉS HÍDRICO

Dr. C. Amalia Domínguez Suárez¹, M. Sc. Rodolo Darías Rodríguez², Ing. Lisbet Álvarez Dávila³

1, 2, 3 Universidad de Matanzas,
amalia.dominguez@umcc.cu

Resumen

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) constituye una de las principales fuentes de alimentación por su amplio consumo y valor nutritivo. El presente trabajo aborda aspectos de interés relacionados con el cultivo del frijol y el estrés hídrico, ya que este provocan una disminución de su rendimiento. Afecta negativamente procesos morfológicos, fisiológicos y bioquímicos importantes tales como: la fotosíntesis, la respiración, el metabolismo de los carbohidratos, la nutrición mineral de la planta y la síntesis de promotores del crecimiento, lo que repercute en el rendimiento, sobre todo si ocurre durante la etapa de prefloración y floración, ya que ocasiona el aborto de flores, afecta el llenado de las vainas y disminución del peso del grano, por lo que 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.

Palabras claves: frijol común; estrés hídrico; *Phaseolus vulgaris* L.

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 *et al.*, 2011).



Monografías 2020
Universidad de Matanzas© 2020
ISBN: 978-959-16-4472-5

Alemán *et al.* (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 Suárez *et al.* (2016)

En estudios realizados por (Polania *et al.*, 2012 y Osuna *et al.*, 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 *et al.*, 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.

Desarrollo

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 Matamoros *et al.*, 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 *et al.*, 2018). Este producto es un alimento tradicional en América Latina y el Caribe (García *et al.*, 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 *et al.*, 2015; Borges Cuello, 2017).

Tiene la cualidad de realizar la actividad simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico (*Rhizobium phaseoli*) y así contribuye gratuitamente a mejorar la fertilidad de los suelos (Dhima *et al.*, 2015).

Además es un componente calórico importante de la dieta por su contenido de carbohidrato y grasas, por lo que es un alimento de alto valor energético, contiene alrededor de 70% de carbohidratos totales y además aporta cantidades importantes de minerales (Ca, Mg, Fe), Vitaminas A, B₁-Tiamina, B₂-Rivoflavina, C-ácido ascórbico (Reyes Matamoros *et al.*, 2014), como se puede apreciar a continuación:

Energía 333 kcal 1390 kJ

| | |
|-------------------------------------|---------------|
| Carbohidratos | 61,5 g |
| • Fibra alimentaria | 4,3 g |
| Grasas | 1,8 g |
| • saturadas | 0,12 g |
| • mono insaturadas | 0,06 g |
| • poliinsaturadas | 0,18 g |
| Proteínas | 19,2 g |
| Agua | 7,9 g |
| Retinol (vit. A) | 1,0 µg (0%) |
| Tiamina (vit. B ₁) | 0,62 mg (48%) |
| Riboflavina (vit. B ₂) | 0,14 mg (9%) |
| Niacina (vit. B ₃) | 1,7 mg (11%) |
| Vitamina B ₆ | 0,4 mg (31%) |
| Ácido fólico (vit. B ₉) | 394 µg (99%) |
| Calcio | 228 mg (23%) |
| Magnesio | 140 mg (38%) |
| Fósforo | 407 mg (58%) |
| Potasio | 1406 mg (30%) |
| Sodio | 24 mg (2%) |
| Zinc | 2,79 mg (28%) |

Las semillas de frijol poseen un valor energético elevado, sus proteínas contienen aminoácidos esenciales, de ahí su interés nutricional, pues en *P. vulgaris* se puede encontrar la isoleucina, leucina, lisina, fenilalanina, metionina, triptófano, etc. en cantidades moderadas. Sin embargo, la utilidad primordial de las fabáceas de grano reside en el empleo de sus semillas para la alimentación, estas plantas tienen múltiples empleos en la agricultura, por ejemplo, como abono verde, forraje y ensilado (López, 2011.)

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 *et al.*, 2012, Estrada *et al.*, 2017)

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 (Shafiq *et al.*, 2015)

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 *et al.*, 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 (Figura 1).

ETAPAS DE DESARROLLO DE UNA PLANTA DE FRIJOL

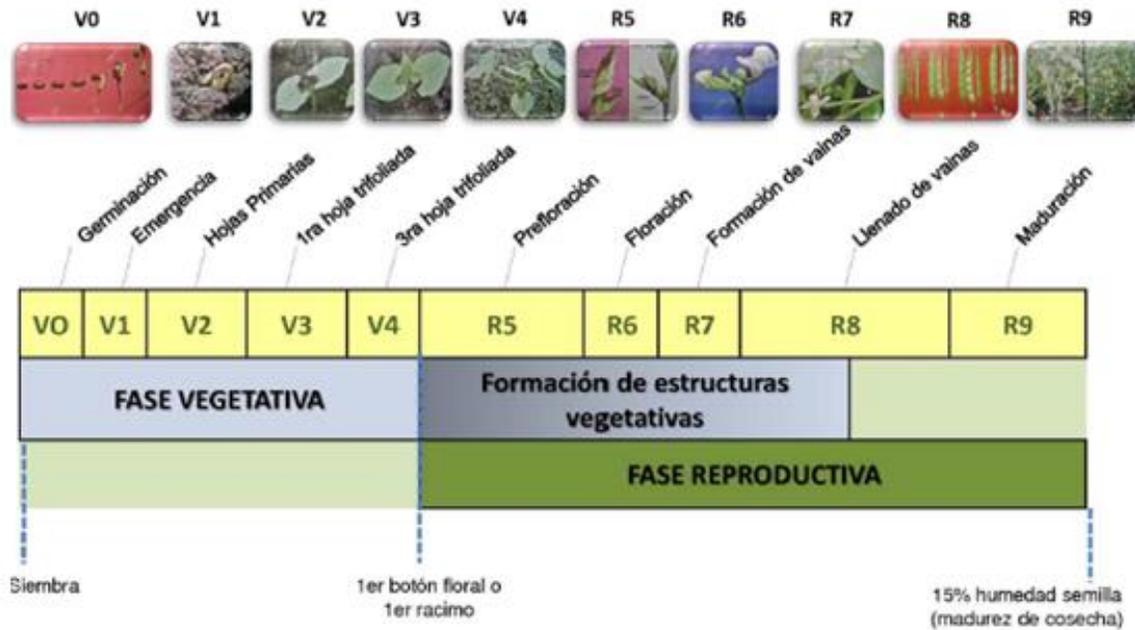


Figura 1: Etapas del desarrollo del frijol. Tomado de: Etapas de desarrollo de frijol común. Fuente González, 2016.

El cultivo del frijol se distribuye en diez etapas de desarrollo, cinco son para desarrollo vegetativo están: Germinación (V0), 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). 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.

La respuesta de las plantas a este estrés ambiental depende de varios factores incluyendo el genotipo (Alfonso, 2019; Ishiyaku y Aliyu, 2013), la etapa del desarrollo de la planta, la longitud y la severidad del estrés aplicado. La falta de agua durante las etapas de pre floración, formación y llenado de vainas afecta seriamente el rendimiento (Polón Pérez *et al.*, 2017). 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 *et al.*, 2015)

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 cultivo del frijol en el mundo, América Latina y Cuba

El frijol común o *Phaseolus vulgaris* L., también conocido como habichuela, poroto, alubia y caraota, entre otros nombres, fueron domesticados independientemente en las regiones: en los Andes, en lo que es hoy Perú, Ecuador, México y América Central. Estas variedades tienen un ancestro común en Mesoamérica, según los científicos. Las diferencias entre las dos grandes fuentes genéticas se basan en variaciones en el tipo de proteína y en el ADN mitocondrial, entre otros criterios (Papa y Bitocchi, 2012).

El frijol es uno de los alimentos más antiguos que el hombre conoce; forma 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).

También se considera un alimento importante en África oriental y meridional; es cultivado por pequeños agricultores, donde es a menudo expuesto a condiciones no favorables y mínimo uso de insumos (Beebe *et al.*, 2014).

El frijol se valora actualmente como una fuente poco costosa de proteína y calorías para pequeños agricultores de países con pobreza endémica, sus rendimientos se ven afectados por varias causas, entre las cuales, la sequía genera pérdidas entre 10 y 100%. Cerca del

60% de las regiones productoras de frijol presentan períodos prolongados de sequía, el segundo factor más importante de reducción en rendimiento después de las enfermedades. En la actualidad, se cultiva ampliamente en todos los continentes, se puede encontrar desde los 520⁰ latitud norte y a los 320⁰ latitud sur, y desde el nivel del mar hasta más de 3 000 m.s.n.m. (Polania, 2011).

En el 2017, el rendimiento promedio mundial en este cultivo se ubicó en 861 kilogramos por hectárea; entre los principales países productores antes mencionados, los rendimientos más altos se obtuvieron en Estados Unidos, con 1,997 kg.ha⁻¹, y los más bajos en India, con 414 kg.ha⁻¹. En México se ubicaron en un promedio de 730 kg.ha⁻¹. Se estima que aproximadamente 70% del cultivo de frijol en el mundo se desarrolla en condiciones de temporal, por lo cual la productividad es altamente vulnerable a las condiciones ambientales, principalmente la cantidad y distribución de la precipitación (FAO, 2017; Gaucin, 2020).

De acuerdo con datos de la FAO (2019), el consumo per cápita es de alrededor de 20 kg en Nicaragua, 16,1 kg en Brasil y 10,1 kg en México, mientras en algunos países desarrollados como Alemania o Francia, es inferior a 1,0 kg. En Estados Unidos, según datos del Departamento de Agricultura Estados Unidos (USDA), el consumo per cápita se ubica en 3 kg, sostenido principalmente por el consumo de la población de origen hispano (Gaucin, 2020).

Anualmente, se exportan alrededor de 3,7 millones de toneladas, es decir, un volumen equivalente a 13% de la producción mundial. Los principales exportadores son Myanmar (19,8% del total), China (14,1%), Estados Unidos (12,5%), Argentina (9,7%) y Canadá (8,6%), mientras que los tres principales importadores son también productores destacados que realizan compras al exterior con el fin de complementar su demanda: India, Brasil y Estados Unidos (FAO, 2019 y Gaucin, 2020).

En Cuba el frijol se encuentra distribuido en todo el territorio nacional, en diferente magnitud. En la mayoría de las zonas productoras de frijol, los rendimientos potenciales nunca son alcanzados, esto se debe a que esta leguminosa se cultiva principalmente en condiciones ambientales desfavorables, donde la escasa y errática precipitación pluvial durante la fase de crecimiento del cultivo una de las que más afecta, según lo reportado por García (2011).

El Ingeniero Osvaldo Puig Triana, Jefe del Departamento de Granos, de la División Tecnológica del Ministerio de la Agricultura intervino en el programa Mesa Redonda, donde explicó el Programa de Desarrollo de los granos aprobado en octubre del 2012 con el objetivo de incrementar producción de alimentos y específicamente de sustitución de importación de granos de frijoles y maíz y el objetivo es sustituir al 100% las importaciones para la canasta básica, el consumo social y el turismo (Puig Triana, 2018).

Este programa se aplica en todo el país y participan más de tres mil unidades productivas. Los antecedentes fueron que la Producción no garantizaba el consumo normado de la población y para eso se hacían importaciones y era un gran costo, solamente en 2006 la importación fue de mayor de 147 mil toneladas de frijoles, y en 2009 el país dedicó más de 75 millones de dólares en importar este grano (Rodríguez, 2018).

Como parte del programa, entre el 2014 y 2016 se hicieron compras de 139 máquinas de riego para 5 mil 600 hectáreas. De esta manera se beneficiaron con riego unas 9 mil cien hectáreas. La perspectiva de producción de frijol es para llegar a producir las 52 mil toneladas que se necesitan para sustituir importaciones. Además se deben producir otras 18 mil toneladas para el mercado agropecuario para mantener una presencia de este producto a la venta. Se debe señalar como algo positivo que desde el 2014 no se importa frijol para el turismo (Rodríguez, 2018).

Alrededor de junio de 2017 se planificó la primera planta en Iguará en Sancti Spiritus, provincia con un polo productivo fuerte en la producción de granos. En todo el país se producen frijoles, pero los verdaderos Polos están en Matanzas, Jovellanos, Perico; Mayabeque en Güines Batabanó, en Sancti Spiritus; en Ciego, en La Cuba, en Holguín, la zona de Velasco. Pinar del Río en Los Palacios, Consolación, San Luís (Rodríguez, 2018).

En Cuba, Las provincias de Matanzas (municipio Unión de Reyes), Pinar del Rio, Holguín, Camagüey y Sancti Spíritus ocupan los primeros lugares en el país en cuanto a áreas cultivadas. La zona de Velasco, en Holguín, es la mayor perspectiva en su cultivo, debido a la tradición y a las condiciones naturales. El consumo de los diferentes tipos de frijol en el país son: frijoles negros 85,34%, frijoles colorados 6,52% y otros tipos 8,14% (Expósito y García, 2011).

En muchas de estas áreas el frijol se cultiva en condiciones de secano como es el caso de Unión de Reyes, por lo que resulta importante profundizar en el estudio de variedades de frijol comercializadas en Cuba (Tabla 1), con el objetivo de conocer el comportamiento de estas frente a la sequía y su rendimiento, en condiciones de secano y así contribuir a elevar la producción de dicho grano, ya que la selección de variedades tolerantes al déficit hídrico puede constituir una estrategia para contrarrestar la sequía.

Tabla 1. Las principales variedades de frijol cosechadas en Cuba, según Faure et al. (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 villareño | 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 Española | 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.

II.4. Factores que afectan la producción de frijol: bióticos-abióticos.

La agricultura es el principal sector de crecimiento económico de los países en Desarrollo. Sin embargo son muchos los factores que limitan altas producciones con el fin de satisfacer las necesidades de la población (Antúnez y Ferrer, 2016). Treviño y Rosa (2013) plantean que independientemente de la variedad, la producción del frijol común se ve comprometida por una serie de factores que se clasifican como bióticos (seres vivos con los que se relaciona) y abióticos (ambientales, físicos y químicos).

Factores bióticos

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 (Ventura *et al.*, 2018).

Factores abióticos

Cardona *et al.* (2013) exponen, que el conocimiento sobre los procesos y mecanismos de tolerancia a factores de estrés de tipo abiótico (sequía) y los efectos perjudiciales en especies cultivadas, particularmente en aquellas sometidas a condiciones secas, ayudará a mejorar su comportamiento agronómico mediante la incorporación de características relacionadas con la tolerancia a la sequía en los nuevos cultivares.

La temperatura y la disponibilidad de agua son los principales factores que merman la producción del frijol; ambos están estrechamente ligados y, actualmente su efecto se ve recrudecido por el cambio climático; por ejemplo, se estima que tres cuartas partes de la producción total de América Latina y casi la mitad de la de África ocurre bajo microclimas con poca agua en algún momento del período de cultivo (FAO, 2016)

Influencia de la temperatura

Este factor influye sobre el cultivo del frijol durante todo su ciclo. La planta de frijol crece bien en temperaturas promedios de 15 a 27 °C, pero hay un gran rango de tolerancia entre variedades diferentes. Una planta es capaz de soportar temperaturas extremas (5-40 °C) por cortos períodos, pero mantenida a tales extremos por un tiempo prolongado, ocurren daños irreversibles (Padilla *et al.*, 2011).

Las temperaturas bajas retardan el desarrollo de la planta, lo que acentúa las siembras tardías de diciembre y enero. Las temperaturas altas inducen el aborto de las flores, aumentan la tasa de evapotranspiración y ocasionan el marchitamiento de la planta si hay un suministro insuficiente de humedad en el suelo. La temperatura óptima está comprendida entre los 22 y 26 °C; cuando la temperatura pasa los 26 °C se afecta el sistema reproductivo, debido al bajo poder germinativo del polen y de la escasa formación de sustancia encargada de retener los frutos (Cabrera, 2011). En Cuba se considera esta causa como una limitante de la producción en verano.

Disponibilidad de agua. Estrés hídrico

El término “sequía” denota en muchos casos baja disponibilidad hídrica, alta temperatura y alta irradiación. Entre los factores abióticos, el estrés por déficit hídrico se considera uno de los más relevantes, tanto desde una perspectiva ecológica como agronómica, respecto a los cultivos, aunque no siempre es el factor central. Está claro que el déficit hídrico es el principal factor abiótico que limita el rendimiento de la mayoría de los cultivos (Shafiq *et al.*, 2015). Según Eroski Consumer (2011), gran parte del mundo registra un elevado riesgo de sufrir un deterioro de la cantidad y calidad del agua. El agua está cada vez más escasa,

su consumo aumenta y su cantidad y calidad disminuye. La Unión Europea alerta de esta peligrosa conjunción que afecta a gran parte de los europeos, y especialmente en España. Y si las previsiones del cambio climático se cumplen, el problema será aún más grave en los próximos años lo que limitara cada vez más el agua disponible para los cultivos. Por ello, la comunidad científica que trabaja la temática, recomiendan un uso más responsable y eficiente de este recurso (FAO, 2016).

El estrés hídrico incluye en realidad dos tipos de estrés contrapuestos: por déficit o por exceso de agua en el suelo. Además, la falta de agua puede interactuar con otros factores como altas temperaturas y altas irradiaciones (Mita Poma, 2012).

*II.5. Efecto del estrés hídrico en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)*

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 (Shafiq *et al.*, 2015). 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 (Padilla *et al.*, 2011). 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 (Hernández *et al.*, 2015), por lo que solo en condiciones de riego se obtienen los más altos rendimientos (Padilla *et al.*, 2011).

Un estrés severo induce numerosas irregularidades metabólicas en las plantas. Estas alteraciones y su impacto en la morfología y fisiología de las plantas han sido estudiadas por diferentes autores (Borges Cuello, 2017; Domínguez Suárez *et al.*, 2014; García *et al.*, 2015; Romero Álvarez, 2017), las cuales van a depender del grado de tolerancia de los tejidos a la deshidratación, principalmente en las hojas.

El déficit hídrico en la fase reproductiva en frijol y otras leguminosas como el garbanzo (*Cicerarietinum* L.), haba (*Vicia faba* L.) y soya (*Glysinemax* L.), disminuye el rendimiento en mayor proporción que cuando sólo afecta la fase vegetativa (Polón Pérez *et al.*, 2014). Dependiendo de la intensidad del estrés hídrico y la tolerancia del cultivar, se estima que, durante las etapas de floración, formación de vaina y llenado del grano, el número de vainas y el rendimiento disminuye hasta en 50 y 72% (Aguilar *et al.*, 2012; Domínguez Suárez *et al.*, 2019; Padilla *et al.*, 2011).

La selección de genotipos de frijol por adaptación a déficit temporales de humedad ha permitido elevar el potencial productivo y la calidad de los materiales (Cardona *et al.*, 2013), 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 (Osuna *et al.*, 2013).

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, (Bello Alfonso, 2018; Permoy Alfonso, 2019). 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 CO₂, 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 *et al.*, 2011). Además 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 (Romero Álvarez, 2017).

En estudios realizados por Rodríguez *et al.* (2009), concluyen que el estar sometido el cultivo a un déficit hídrico durante el período donde se enmarca la etapa de prefloración y floración, momentos muy importantes de los cuales depende el rendimiento del cultivo, ocasionó el aborto de flores, afectación del llenado de las vainas y disminución del peso del grano, lo cual afectó grandemente los rendimientos finales. Por otra parte, otros autores, han comprobado que cuando los períodos de sequía inciden principalmente durante la etapa reproductiva, es común observar una importante disminución de rendimiento o incluso la pérdida total de la producción (Expósito y García, 2011).

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, en condiciones ambientales no favorable (Domínguez Suárez *et al.*, 2012; Girdthai *et al.*, 2010).

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 (Rao *et al.*, 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.

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 CO₂ y salida de H₂O 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 (Aleján *et al.*, 2010; Borges Cuello, 2017).

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 *et al.*, 2013; Hernández *et al.*, 2018).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO), en la publicación Legumbre y Cambios Climáticos, con motivo del Año Internacional de las Legumbres, al plantear que los cambios climáticos es una amenaza para la seguridad alimentaria, porque ya sea en forma de sequías, inundaciones o huracanes, el cambio climático afecta a todos los niveles. La producción de alimentos, la seguridad alimentaria y el cambio climático están relacionados intrínsecamente en la producción de alimentos. El clima cambiante seguirá aumentando la presión sobre los ecosistemas agrícolas, en particular en las regiones y en las poblaciones que son especialmente vulnerables (FAO, 2016).

Las legumbres son inteligentes con respecto al clima, porque se adaptan al cambio climático a la vez que contribuyen a mitigar sus efectos. Por otra parte, pueden fijar nitrógeno atmosférico y aportárselo al suelo. Esto reduce la necesidad de fertilizantes sintéticos del nitrógeno y contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (FAO, 2016).

Las legumbres tienen una amplia diversidad genética. Esta diversidad es un atributo particularmente importante porque se pueden desarrollar más variedades de legumbres resilientes frente al clima (FAO, 2016).

Es por ello que se realizan 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 (Chaves-Barrantes *et al.*, 2018; Polón Pérez *et al.*, 2017)
- Desarrollo de métodos de evaluación en campo (Martínez Dávalo, 2016; Meriño *et al.*, 2015; Osuna *et al.*, 2013)

- Evaluación e identificación de germoplasma tolerante y evaluación de características fisiológicas, morfológicas y bioquímicas relacionadas a la adaptación de la sequía (Bello Alfonso, 2018; Cardona *et al.*, 2014; Domínguez Suárez *et al.*, 2014; 2019; Permoy Alfonso, 2019).

Conclusiones

En América Latina el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L), es una leguminosa que 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 son varios los factores que influyen negativamente sobre su cultivo, dentro de ellos la sequía, la cual se incrementa cada vez más como consecuencia del cambio climático. En estudios realizados se ha podido constatar que el déficit hídrico induce numerosas irregularidades metabólicas en las plantas. Estas alteraciones y su impacto en la morfología, fisiología y bioquímica de la planta repercute en el rendimiento, sobre todo si ocurre durante la etapa de prefloración y floración, ya que ocasiona el aborto de flores, afectación del llenado de las vainas y disminución del peso del grano, lo cual afecta grandemente los rendimientos finales, por lo que 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.

Referencias bibliográficas

AGUILAR, G.; PEÑA, C.; GARCÍA, R.; RAMÍREZ, P.; BENEDICTO, G. Y MOLINA, J.D. Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en relación con la concentración de Vermicompost y déficit de humedad de sustrato. *Agrociencia*, no.1, vol. 46, 2012, pp. 37-50.

ALEMÁN, S.; DOMÍNGUEZ, A.; DOMÍNGUEZ, D.; FUENTES, L. MIRANDA, K.; PÉREZ, Y.; PERNÍA, B.; SOSA, D.; SOSA, M. y INFANTE, D. Estudio anatómico y bioquímico en materiales cubanos y venezolanos de *Phaseolus vulgaris* L. bajo condiciones de estrés hídrico. *Revista de estudios transdisciplinarios*, no. 1, vol.1, 2010, pp. 89-99.

ALFONSO NEGRIN, E.C. Resultados de proyecto empresarial sobre producción de frijol, en cooperativas agropecuarias, municipio de Unión de Reyes. Trabajo para optar por el título de ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Matanzas, 2019.80p.

ANTÚNEZ, V. I. Y FERRER, M.C. El Enfoque de cadenas productivas y la planificación estratégica como herramientas para el desarrollo sostenible en Cuba. *Revista de Investigaciones Políticas y Sociológicas*, no.2, vol.15, 2016, pp.99-130.

BARRIOS, J.; LÓPEZ, C. Y KOHASHI, J. Relaciones hídricas y temperaturas altas en frijol del tipo “flor de mayo”. *Agronomía Costarricense*, no. 1, vol. 35, 2011, pp. 40-52.

BEEBE, S. E.; I.M. RAO, M. J.; DEVI, AND J. POLANÍA. Common beans, biodiversity, and multiple stresses: Challenges of drought resistance in tropical soils. *Crop Pasture Sci.* Vol.65, 2014, pp. 667-675. doi:10.1071/CP13303

BELLO ALFONSO, A. 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.. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Matanzas, 2018. 72p.

BORGES CUELLO, M. 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. 2017. 76p

CABRERA, M.; LEÓN, N. Y MENDOZA, M.J. Tolerancia a la sequía de cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agrisost.*, no.3, vol. 17, 2011, pp. 1-15.

CARDONA, C.; JARMA, A.J.; ARAMÉNDIZ, H; PEÑA, M. Y VERGARA, C. Respuesta fisiológicas y bioquímicas del frijol caupi (*Vigna unguilata* LWalp) bajo déficit hídrico. *Ciencia Hortícola*, no. 2, vol. 8, 2014, pp. 250-261.

CARDONA, C.; JARMA, A.J. Y ARAMÉNDIZ, H. Mecanismo de adaptación a sequía en frijol Caupí (*Vigna unguilata* LWalp). *Ciencia Hortícola*, no. 2, vol. 7, 2013, pp. 277-286.

CHAVES-BARRANTES, N.F.; POLANÍA J.A.; MUÑOZ-PEREA C.G.; RAO I.M; BEEBE S.E. Caracterización fenotípica por resistencia a sequía terminal de germoplasma de frijol común. *Agron. Mesoam.*, no. 1, vol. 29, 2018, pp.1-17. Enero-abril, 2018. ISSN 2215-3608 doi:10.15517/ma.v29i1.27618.

DHIMA, K., VASILAKOGLU, I., STEFANOY, S., ELEFTHEROHORINOS, I. Effect of cultivar, irrigation and nitrogen fertilization on chickpea (*Cicer arietinum* (L.)). *Productivity Agricultural Sciences*, vol. 6, 2015, pp. 1187-1194.

DOMÍNGUEZ SUÁREZ, A.; DARIAS RODRÍGUEZ, R.; MARTÍNEZ DÁVALO, Y. Y ALFONSO NEGRIN, E. Tolerancia al déficit hídrico de variedades de frijol común en condiciones de sequía experimental, en campo. *Revista Centro Agrícola*, no.3, vol.46, julio-septiembre, 2019, pp. 22-29. ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-20012019.

DOMÍNGUEZ SUÁREZ, A.; MARTÍNEZ DÁVALO, Y.; PÉREZ HERNÁNDEZ, Y.; SOSA DEL CASTILLO, M.; FUENTE ALFONSO, L.; DARIAS RODRÍGUEZ, R.; REA SUÁREZ, R.; Y SOSA DEL CASTILLO, D. Rendimiento de genotipos de frijol común, cubanos y venezolanos, cultivados en condiciones de secano. *Revista Avanzada Científica*, no.1, vol. 19, 2016, pp. 12-22. ISSN 1029-3450.

DOMÍNGUEZ, A.; PÉREZ, Y.; ALEMÁN, S.; SOSA, M.; FUENTES, L.; DARIAS, R.; DEMEY, J.; REA, R.; Y SOSA, D. Respuesta de cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. al estrés por sequía. *Biotecnología Vegetal*, no.1, vol. 14, 2014, pp. 29 – 36. ISSN 2074-864.

DOMÍNGUEZ SUÁREZ, A.; MITA POMA, N.; ALEMÁN GARCÍA, S.; PÉREZ HERNÁNDEZ, Y.; SOSA DEL CASTILLO, M. Y FUENTE ALFONSO, L. Algunos indicadores morfológicos y bioquímicos de cinco variedades de *Phaseolus vulgaris* L, bajo condiciones de sequía. *Revista Avanzada Científica*, no.2, vol. 15, 2012, pp. 1-18.

ESTRADA, W.; CHÁVEZ, L.; JEREZ, E., NÁPOLES, M.C.; SOSA, A.; CORDOVÍ, C. Y CELEIRO, F. Efecto del Azofert® en el rendimiento de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de déficit hídrico. *Centro Agrícola*, no. 3, vol. 44, 2017, pp. 36-42.

EROSKI CONSUMER. Medio Ambiente Urbano, 2011. [en línea] Disponible en: <http://Estrés hídrico EROSKI CONSUMER.mht> [Consulta 23 de Junio 2014].

EXPÓSITO, R. Y GARCÍA, N. Comportamiento productivo de cultivares de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L) En la Cooperativa de Créditos y Servicios “José Manuel Rodríguez” del Municipio Jesús Menéndez. *Revista académica de economía*, 2011. ISSN 1696-8352.

FAO. Aumentan consumo y producción de productos pecuarios en América Latina y el Caribe, 2019. Disponible: <www.fao.org/americas/prioridades/producción-pecuaria> [Consultado: 28 de marzo 2020].

FAO (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA ALIMENTACIÓN). El futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y Desafíos, 2017 Disponible: <www.fao.org/3/a-i6583e> [Consultado: 16 de marzo 2020].

FAO. Legumbres y el Cambio Climático. 2016. Disponible: www.fao.org/pulses-2016/es.C0374s/1/11.16.

FAURE, B.; BENITEZ, R.J.; LEÓN, N.; CHAVECO, O. Y RODRÍGUEZ, O. Guía técnica para el cultivo del frijol común (*Phaseolus Vulgaris* L). *Agroecológica*, La Habana. 2012.

GARCÍA, L.R.; LEIVA, M.; CARABEO, A.; COLLADO, R.; PROVETA, I.; VEITIA, N. Efecto del estrés hídrico inducido con PEG 6000 sobre la germinación *in vitro* de semillas de *Phaseolus vulgaris* L. *ICA Pijao´. Biotecnología vegetal*, no.2, vol. 15, 2015, pp. 243-249. ISSN 2070-6647.

GARCÍA, M. Efecto de la sequía en el rendimiento del cultivo del frijol, 2011. [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].

GAUCIN, D. El mercado mundial y nacional del frijol, 2020. Disponible: en: <http://Estrés hídrico Agua en peligro.mht> [Consulta Junio; 30; 2018].

GIRDTHAI, T.; JOGLOY, S.; KESMALA T.; VORASOOT, N.; AKKASAENG, C. WONGKAEW, S.; HOLBROOK, C.C. Y PATANOTHAI, A. Relationship between root characteristics of peanut in hydroponics and pot studies. *Crop Sci*, vol. 50, 2010, pp. 159-167.

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

HERNÁNDEZ, J.C.; CHAVES, N.F.; ARAYA, R. Y BEEBE, S. DIQUÍS”, VARIEDAD DE FRIJOL COMÚN ROJO BRILLANTE. *AGRONOMÍA COSTARRICENSE*, no.1, vol. 42, 2018, pp. 127-136. ISSN 0377-9424.

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

ISHIYAKU, M.E. Y ALIYU, H. Fiel evaluation of cowpea genotypes for drought tolerance and striga resistance in the dry savanna of the North-West Nigeria. *Int. J. plant. Breed. Genet*, no. 1, vol. 7, 2013, pp. 45-56.

LÓPEZ, A. Manejo del riego y nitrógeno en frijol común cultivado en sistemas de plantío directo. *Ciencia Agronómica*, no.1, vol. 42, 2011, pp. 51-56.

MARTÍNEZ DÁVALO, Y. 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. 2016. 100p.

MERIÑO, H.Y.; BOUDET, A.A.; BOICET, F.T.; AMADO, B.E.; PALACIO, A.J.; CASTILLO, R.O. “Rendimiento y tolerancia a la sequía de seis variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de campo”. *Centro Agrícola*, no. 1, vol.42, 2015, pp. 69–74. ISSN: 2072-2001.

MIRELES, M.; ANTÚNEZ, A.; MARTINO, V. 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. Unión de Reyes, Matanzas, Cuba. 2014

MITA POMA, N.M. Estudio Morfofisiológico y Bioquímico de cinco variedades cubanas de *Phaseolus vulgaris* L, bajo condiciones de estrés hídrico. Matanzas. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias Agrícolas. Universidad de Matanzas” Camilo Cienfuegos”. 2012. 90p.

NIETO, J. E. R.; TAVERA, V. M.; GALLEGOS, J. A. A.; IBARRA, E. P. Y AGUIRRE, C. L. Caracterización fisiológica y genética del uso eficiente del agua en dos variedades de frijol contrastantes. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, no. 1, vol.1, 2013, pp. 43–51. ISSN 0122-8706.

OSUNA, E.S.; REYES, L.; PADILLA, J.S.; ROSALES, R.; MARTÍNEZ, M.A.; ACOSTA, J.A. Y FIGUEROA, B. Rendimiento de genotipos de frijol con diferentes métodos de siembra y riego-sequía en Aguascalientes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, no.8, vol. 4, 2013, pp. 1209-1221.

PADILLA, J.S.; OSUMA, E.S.; MARTÍNEZ, M.A. Y ACOSTA, J.A. 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.

PAPA, R. y BITOCCHI, E. El frijol se originó en Mesoamérica. Redacción BBC Mundo, 2012. Disponible: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro07/Cap3>. [Consulta: Marzo; 06; 2018].

PERMOY ALFONSO, L. Comportamiento productivo de variedades de frijol común (rojo) en condiciones de sequía en CCS "Gustavo Almejeiras". Trabajo para optar por el título de ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Matanzas, 2019. 76p.

POLANIA, J.A.; RAO, I.M.; MEJÍA, S.; BEEBE, S.E. Y CAJIAO, C. Características morfofisiológicas del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) relacionadas con la adaptación a sequía. *Acta Agron.*, no.3, vol. 61, 2012, pp. 197-206

POLANÍA, J.A. 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, 2011.

POLÓN-PÉREZ, R.; RUIZ-SÁNCHEZ, M.; MIRANDA-CABALLERO, A.; RAMÍREZ-ARREBATO, M.A. Efectos del estrés hídrico sobre el rendimiento de los granos del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, no. 1, Vol. 26, 2017, pp. 66-70. ISSN -1010-2760, E-ISSN: 2071-0054,

POLÓN PÉREZ, R.; MIRANDA CABALLERO, A.; RAMÍREZ ARREBATO, M.A. Y LÓPEZ, L.A. 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*, no. 4, vol. 23, 2014, pp.44-56. ISSN -1010-2760, RNPS-0111.

PUIG TRIANA, O. Producción de alimentos en Cuba. Entrevista al Ministro de Agricultura, 2018. Disponible: CUBADEBATE [Consultado: 28 de marzo 2020].

RAO, I.M.; BEEBE, S.E.; POLANIA, J.A.; GRAJALES, M.; CAJIAO, C.; RICAURTE, J.; BORRERO, G. Y RIVERA, M. 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.

REYES-MATAMOROS, J.; MARTÍNEZ-MORENO, D.; RUEDA-LUNA, R.; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, T. “Efecto del estrés hídrico en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de invernadero”, *Revista Iberoamericana de Ciencias*, no.2, vol. 1, 2014, pp. 192-200. ISSN: 2334 - 2501.

RODRÍGUEZ, R.G. Producción de alimentos en Cuba. Entrevista al Ministro de Agricultura, 2018. Disponible: CUBADEBATE [Consultado: 28 de marzo 2020].

RODRÍGUEZ, O.; CHAVECO, O.; ORTIZ, R; PONCE, M.; RÍOS, H.; MIRANDA, S.; DÍAS, O. PORTELLES, Y.; TORRES, R. Y CEDEÑO, L. Líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) resistentes a la sequía. Evaluación de su comportamiento frente a condiciones de riego, sin riego y enfermedades. *Temas de Ciencia y Tecnología*, no. 38, vol.13, 2009, pp. 17 – 26.

ROMERO ÁLVAREZ, V.Y. Respuestas fisiológicas, bioquímicas y rendimiento del fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo déficit hídrico. Trabajo para optar por el título de ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Matanzas, 2017. 82p.

SHAFIG, S.; AKRAM, N.A. Y ASHRAT, M. Does exogenously Applied trehalose alter oxidative defense system in the edible part of radish under water deficit conditions. *Scientia Horticulturae*, no. 30, vol. 185, 2015, pp.68-75. ISSN 0304-4238.

SEÇKIN, D. B. Y AKSOY, M. Drought tolerance of knotgrass (*Polygonum maritimum* L.) leaves under different drought treatments. *Pakistan Journal of Botany*, no. 2, vol.46, 2014, pp. 417-421. ISSN 0556-3321, 2070-3368.

TREVIÑO, C. Y ROSAS, R. El frijol común: factores que merman su producción. *Revista de divulgación científica y tecnología de La Universidad Veracruzana*, 2013. p26.

VENTURA, R.; CLARÁ, A.; BRUNO, O.; PARADA, J.R. Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. Programa de Granos Básicos. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Enrique Álvarez Córdova, 2018. p37. www.centa.gob.sv.