



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**CRECIMIENTO Y COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO
DE COLECTAS DE FRIJOL *Vigna* spp. CULTIVADAS EN
TABASCO**

TESIS

Que para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

PRESENTA

FRANCISCO BETUEL FLORES HUCHIM

DIRECTOR

Dr. César Márquez Quiroz

CODIRECTOR

Dr. Efraín de la Cruz Lázaro

Villahermosa, Tabasco

Marzo de 2023



UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”



Jefatura de
Posgrado



Villahermosa, Tabasco a 30 de marzo de 2023

Of. No. 187/JP/2023

Asunto: Autorización de impresión de Tesis

C. FRANCISCO BETUEL FLORES HUCHIM
EGRESADO DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
MATRÍCULA 192C26005
P R E S E N T E.

Estimado C. Flores.

Por medio de la presente y de acuerdo con su solicitud de autorización de impresión de su trabajo recepcional bajo la modalidad de Tesis, le informo que sobre la base del Artículo 77 del reglamento de estudios de Posgrado vigente 2022 de esta Universidad, y atendiendo a las indicaciones de su Comité Sinodal, esta Dirección a mi cargo, le **autoriza la impresión** de su Tesis titulada: **“Crecimiento y comportamiento agronómico de colectas de frijol *Vigna spp*; cultivados en Tabasco”**.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un afectuoso saludo.

ATENTAMENTE


M. V. Z. JORGE ALFREDO THOMAS TÉLLEZ
DIRECTOR



DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN

c.c.p. M. C. Irma Gallegos Morales – Coordinadora de Investigación y Posgrado de la DACA
Dra. Magally Guadalupe Sánchez Domínguez – Jefa de Posgrado de la DACA
Dr. Aldenamar Cruz Hernández – Coordinador del Programa Maestría en Ciencias Agroalimentarias
Dr. Cesar Márquez Quiroz – Director de Tesis.
MGSD/aemh

Km 25, Carretera Villahermosa-Teapa
Ra. La Huasteca, 2ª sección, 86298, Centro, Tabasco, México
Teléfono 993 358 1500 Ext. 6607
Correo electrónico: posgrado.daca@ujat.mx

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

El que suscribe **Francisco Betuel Flores Huchim** del programa de estudios de posgrado de la Maestría en Ciencias Agroalimentarias, con número de matrícula 192C26005, adscrito a la División Académica de Ciencias Agropecuarias, manifiesto ser autor intelectual y titular de los Derechos de Autor del presente Trabajo de Tesis denominada “**Crecimiento y comportamiento agronómico de ocho colectas de frijol *Vigna spp.* Cultivadas en Tabasco**” y autorizo a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice el presente trabajo con fines Académicos y de Investigación ya sea de forma física o digital para su difusión y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional. Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la Tesis mencionado y para los fines estipulados en este documento. Se firma la presente autorización en la Ciudad de Villahermosa, Tabasco; a los treinta días del mes de marzo del año 2023.

ATENTAMENTE



FRANCISCO BETUÉL FLORES HUCHIM

Nombre y Firma del Sustentante

192C26005

DEDICATORIAS

La presente Tesis está dedicado a Dios con todo mi corazón, y con toda mi alma y con toda mi fuerza, ya que gracias a él he logrado concluir la maestría, a mí amada esposa Keyla Ramos por creer en mí capacidad, aun que hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor. A mi amada hija Keyla Flores por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un mejor futuro. A mis amados padres quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dios verdadero por haberme otorgado la fuerza, sabiduría, entendimiento y voluntad para concluir esta etapa de mi vida, a la vez por darme una familia maravillosa, quienes han creído en mí, dándome ejemplo de superación humildad y sacrificio. Enseñándome a valorar todo lo que tengo. A mis profesores por la dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevare grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional y personal. Quienes han sido parte fundamental en mi desempeño. A todos ellos dedico el presente trabajo, porque han fomentado en mí el deseo de superación y triunfo en la vida. Lo que ha contribuido a la consecuencia de este logro. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada.

ÍNDICE

DEDICATORIAS	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
4. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	4
4.1. Objetivo general	4
4.2. Objetivos específicos	4
4.3. Hipótesis	4
5. REVISIÓN DE LITERATURA	5
5.1. Origen del frijol <i>Vigna</i>	5
5.2. Diversidad morfológica del frijol <i>Vigna</i>	5
5.3. Condiciones edafoclimáticas del cultivo de <i>Vigna</i>	6
5.4. Ecofisiología del frijol <i>Vigna</i>	6
5.5. Análisis de crecimiento del frijol <i>Vigna</i>	8
5.6. Importancia de la producción del frijol caupí	9
5.7. Usos del frijol <i>Vigna</i>	10
6. MATERIALES Y MÉTODOS	11
6.1. Localización y descripción de área de estudio	11
6.2. Material vegetativo	11
6.3. Caracterización del suelo y preparación de la mezcla con tepetzil	13
6.4. Manejo agronómico	13
6.4.1. Riego de las plantas de frijol	13
6.4.2. Fertilización de las plantas de frijol	14
6.4.3. Control de plagas y enfermedades	14
6.5. Diseño experimental	14
6.6. Manejo de las muestras	14

6.7.	Variables evaluadas.....	15
6.8.	Fenología de las colectas de frijol <i>Vigna</i>	15
6.9.	Análisis estadístico de datos.....	16
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
7.1.	Propiedades físicas y químicas del suelo para la mezcla con tepetzil.....	17
7.2.	Medición directa de crecimiento y distribución de biomasa de ocho colectas de frijol <i>Vigna</i> en Tabasco.....	18
7.2.1.	Peso seco (g planta ⁻¹).....	18
7.2.2.	Peso seco foliar por planta (WF).....	19
7.2.3.	Peso seco aéreo por planta.....	19
7.2.4.	Materia seca por planta-peso seco total-(W).....	19
7.2.5.	Área foliar total por planta.....	21
7.3.	Ecuaciones de regresión para materia seca y área foliar.....	22
7.4.	Las variables fenológicas y de rendimiento de las colectas de frijol.....	24
7.5.	Índices de crecimiento de las colectas de frijol estudiadas.....	27
8.	CONCLUSIÓN.....	30
9.	LITERATURA CITADA.....	31
	ANEXO.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Índices de crecimiento en plantas	9
Tabla 2. Identificación de las colectas de frijol <i>Vigna</i> spp.....	122
Tabla 3. Valores medios de las propiedades físicas y químicas del suelo.....	177
Tabla 4. Peso seco a los 30 días después de la siembra.....	200
Tabla 5. Peso seco a los 60 días después de la siembra.....	200
Tabla 6. Peso seco a los 90 días después de la siembra.....	211
Tabla 7. Área foliar en cm ² a los 30, 60 y 90 DDS.....	222
Tabla 8. Ecuaciones de regresión para los valores de área foliar y masa seca de las ocho colectas de frijol <i>Vigna</i>	233
Tabla 9. Valores medios de las variables morfológicas y de rendimiento de las colectas del frijol <i>Vigna</i>	26
Tabla 10. Índices de crecimiento para las ocho colectas de frijol <i>Vigna</i> , n=3.	29

RESUMEN

En la actualidad se han desarrollado estrategias para la producción de alimentos de origen vegetal con alto contenido de proteína, minerales y compuestos bioactivos. Razón por la cual la comunidad científica ha puesto en la mira a las leguminosas del género *Vigna* como una alternativa alimentaria. Al respecto, el frijol caupí es una leguminosa de importancia por su valor nutricional, su consumo se encuentra relacionado con la prevención de enfermedades metabólicas y cardiovasculares. En los países de bajos recursos económicos, el caupí representa un recurso alimentario alternativo, económico e importante en cuanto al contenido nutrimental. En México existe diversidad en frijoles tanto del género *Phaseolus* como del género *Vigna*, muchos de ellos cuentan con características ideales para la producción y comercialización en los estados del Sureste de México. Sin embargo, el uso de los distintos genotipos de *Vigna* carece de conocimiento especializado en materia agronómica, ya que gran parte de lo que se conoce en relación con el manejo de estos cultivos es empírico e informal. Por lo que es necesario implementar indicadores del crecimiento que se utilizan para conocer cómo el ambiente, o alguna práctica de manejo del cultivo, afectan la eficiencia. El objetivo fue conocer el comportamiento fisiológico de ocho colectas de frijol *Vigna* spp., cultivadas bajo condiciones protegidas. Se realizaron muestreos destructivos a los 30, 60 y 90 días después de la siembra (DDS) para obtener los datos de área foliar, peso seco total y peso seco de los órganos vegetativos. Índices del crecimiento como la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), índice de área foliar (IAF), entre otros, fueron estimados con los datos obtenidos. Los resultados mostraron que se encontró diferencia estadística para el rendimiento, IAF, TCC y TAN. De manera que los valores de TCR e IAF se incrementaron con el tiempo, mientras que la TCC mostró que la mayor acumulación de materia seca se presentó en el intervalo de tiempo entre los 60 y 90 DDS, siendo el cubano 2 el que registró el mayor valor con 5.525 g/m²/día, el ojo negro presentó la TAN más alta con 0.0388 g/m²/día; por lo que se concluye que el frijol cubano 2 y ojo negro son adecuados para ser considerados en la producción de grano.

Palabras clave: *Vigna unguiculata*, comportamiento fisiológico, rendimiento.

ABSTRACT

At present, strategies have been developed to produce foods of plant origin with a high content of protein, minerals and bioactive compounds. The reason why the scientific community has targeted the legumes of the genus *Vigna* as a food alternative. In this regard, the cowpea bean is an important legume for its nutritional value, its consumption is related to the prevention of metabolic and cardiovascular diseases. In low-income countries, cowpeas represent an alternative, economical and important food resource in terms of nutritional content. In Mexico there is diversity in beans of the genus *Phaseolus* as well as the genus *Vigna*, many of the have ideal characteristics for production and marketing in the southeastern states of Mexico. However, the use of the different *Vigna* genotypes lacks specialized knowledge in agronomic matters, since much of what is known in relation to the management of these crops is empirical and informal. Therefore, it is necessary to implement growth indicators that are used to find out how the environment, or some crop management practice, affects efficiency. Based on the above, the objective was to know the physiological behavior of eight *Vigna* spp. Bean collections, cultivated under protected conditions. Destructive samplings were carried out at 30, 60, and 90 days after planting (DDP) to obtain data on leaf area, total dry weight, and dry weight of vegetative organs. Growth indices such as crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR), leaf area index (LAI), among others, were estimated with the data obtained. The results showed that a statical difference was found for performance, LAI, CGR and NAR. So that the values of CGR and LAI, increased with time, while the CGR showed that the greatest accumulation of dry matter occurred in the time interval between 60 and 90 DAP, being Cubano 2 the one that one that registered the highest value with 5.525 g/m²/day, and the black eye presented the highest NAR with 0.0388 g/m²/day; therefore, it is concluded that the Cuban 2 bean and the black eyes are adequate to be considered in grain production.

Key words: *Vigna unguiculata*, Physiological behaviour, performance.

1. INTRODUCCIÓN

El frijol caupí [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] es una de las leguminosas más importantes para la seguridad alimentaria en los trópicos y subtropicos. Su valor nutricional, radica en que es una fuente de proteína vegetal, fibra, vitaminas del grupo B, ácido fólico, calcio, potasio, fósforo, hierro, y zinc, su consumo se encuentra relacionado con la prevención de enfermedades metabólicas y cardiovasculares (Awika y Duodu, 2017). Es un cultivo polivalente, es decir, se pueden ingerir sus hojas, vainas, granos tanto verdes como secos, pero también se procesan en harinas de alto índice de hierro y proteína (Kushwaha y Kumar 2013). En la industria agropecuaria es empleado para abono verde o como forraje, heno y ensilaje (Párraga *et al.*, 2020; Alemu *et al.*, 2016). En México, esta especie, representa una importante fuente de alimentos para la población rural de los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Jalisco, Oaxaca, Tabasco, Veracruz, Yucatán y Tamaulipas estados donde se cultiva con mayor frecuencia (Lagunes-Espinoza *et al.*, 2008; Apáez- Barrios *et al.*, 2011). El uso de esta especie radica en sus múltiples ventajas agrícolas, como la capacidad de tolerar las sequías y altas temperaturas, aporta grandes cantidades de nitrógeno al suelo y es capaz de coexistir con otros cultivos, sin disminuir su rendimiento (Agza *et al.*, 2012; Alemu *et al.*, 2016; Belay *et al.*, 2017).

Si bien el frijol caupí es un cultivo prometedor, también es una de las especies con genotipos menos estudiados y comparados entre sí, teniendo en cuenta el comportamiento agronómico y productividad. La importancia de entender el ciclo biológico de los genotipos ayudará a establecer condiciones agronómicas, que ayuden a favorecer la producción de las variedades de frijol caupí, y a establecer un manejo agronómico eficiente en las regiones donde lo cultivan (Garrido Flores, 2016). El objetivo del presente trabajo es evaluar el comportamiento agronómico de las ocho colectas de *Vigna* spp.

2. JUSTIFICACIÓN

Vigna unguiculata (L.) Walp es conocido popularmente como frijol caupí, chino, pelón, yorimón, Francia, serpiente y/o Xpelón. Se cultiva en climas tropicales y subtropicales de todo el mundo (Reina *et al.*, 2020). Se aprovecha por sus características nutricionales, las cuales, contribuyen a la seguridad alimentaria en comunidades rurales. La especie *Vigna unguiculata* y sus variedades cuentan con un alto contenido de proteína (14 a 33 %), almidón, vitaminas del complejo B, minerales (Ca, Cu, K, Mg, P, y Zn) y fibra alimentaria (Araméndiz-Tatis *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2018). Esta leguminosa ha sido estudiada por sus propiedades nutricionales y nutracéutico (Vargas *et al.*, 2012), ya que contribuye a reducir la concentración de colesterol en la sangre, y facilita el tránsito de los alimentos en los intestinos; además cuenta con propiedades antioxidantes (Iniestra *et al.*, 2022).

La FAOSTAT en el 2019 reportó una producción mundial de 8,903,329 t y rendimiento promedio de 616.3 kg ha⁻¹. De los 37 países productores de frijol *V. unguiculata* destacan por su producción: En África, Nigeria, Níger, Burkina Faso, Etiopía, Kenia, Malí, mientras que en América sobresalen E.E.U.U., Haití, Perú, Trinidad y Tobago, Jamaica y Guyana (FAOSTAT, 2019). En México el cultivo de frijol ocupa el segundo lugar en superficie a nivel nacional, después del maíz (*Zea mays* L.), con un promedio de 1.85 millones de hectáreas, producción de 1.31 millones de toneladas y valor de 7.5 mil millones de pesos (SADER, 2019).

Los alimentos con alto contenido proteico son ideales para combatir deficiencias nutricionales tanto en animales como en seres humanos. El frijol *Vigna* spp destaca del resto de alimentos por contener glucósidos, taninos, alcaloides, terpenoides, saponinas, esteroides, y aminoácidos, los cuales ayudan en la prevención de algunas enfermedades importantes (Pandey, 2019).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La escasez de proteínas de alta calidad para consumo humano y para la alimentación animal, es uno de los problemas más graves de nutrición que hoy en día enfrentan varias regiones del mundo, sobre todo en países en vías de desarrollo (Hernández *et al.*, 2018). Por lo que muchas zonas no pueden sostener una aportación suficiente de proteína de origen animal a su población (PAHO, 2018). Esta falta de proteína en los alimentos ha generado estrategias para aumentar la producción de alimentos de origen animal, así como la búsqueda de nuevas alternativas de obtención de proteína (David y Luz, 2019). En los países de bajos recursos económicos, el frijol representa una fuente alternativa, económica e importante de proteínas con valores entre 14 y 33 % (Araméndiz-Tatis *et al.*, 2016). El frijol es un cultivo relativamente sencillo de cultivar, cuenta con la capacidad de adaptación en diferentes condiciones de suelos y climas, por lo que no necesita grandes inversiones económicas para su producción además es considerado un cultivo estratégico (Waha *et al.*, 2013). Así también como una de las alternativas agrícolas viables para aportar proteína en los países de Latinoamérica y África (Morales-Morales *et al.*, 2019).

En México existe una gran diversidad de frijoles tanto del género *Phaseolus* como del género *Vigna*, muchos de ellos cuentan con características ideales para la producción y comercialización en los estados del Sureste de México (Fernández-Valenciano *et al.*, 2017). Debido a la capacidad de adaptación los frijoles del género *Vigna*, han tenido una creciente demanda en estados del Sureste del país (SIAP, 2018). Sin embargo, el uso de los distintos genotipos de *Vigna* carece de conocimiento especializado en materia agronómica, ya que gran parte de lo que se conoce en relación con el manejo de estos cultivos es empírico e informal. Por lo que es necesario establecer técnicas estrictas de estudio, que ayuden a comprender el comportamiento agronómico, desarrollo fisiológico y rendimiento.

4. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

4.1. Objetivo general

Conocer el comportamiento fisiológico de ocho colectas de frijol *Vigna* spp., cultivadas bajo condiciones protegidas.

4.2. Objetivos específicos

- Registrar el crecimiento fenológico de ocho colectas de frijol *Vigna* spp., bajo condiciones protegidas.
- Determinar la distribución de biomasa y rendimiento de grano de ocho colectas de frijol *Vigna* spp., bajo condiciones protegidas

4.3. Hipótesis

El estudio fisiológico, permite identificar el crecimiento y comportamiento agronómico de las ocho colectas de frijol *Vigna* spp., en base a los atributos de producción sobresaliente.

5. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Origen del frijol *Vigna*

El frijol *Vigna* es un cultivo ancestral originario de África, se adapta a los climas tropicales y subtropicales del mundo (Carvalho *et al.*, 2012), pero se ha extendido y ahora se cultiva en más de 100 países entre las latitudes 40° N y 30° S (Singh *et al.*, 2017), y puede crecer desde el nivel del mar hasta los 1,600 m s.n.m (Campbell, 2014). FAOSTAT (2019) reporta 37 países productores de frijol *Vigna unguiculata* de los cuales destacan siete países de África, Nigeria, Níger, Burkina Faso, Etiopía, Kenia, Malí; y seis países de América, E.E.U.U., Haití, Perú, Trinidad y Tobago, Jamaica y Guyana. Para el mismo año se reportó una producción mundial de 8,903,329 t y un rendimiento promedio de 616.3 kg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2020).

5.2. Diversidad morfológica del frijol *Vigna*

Alrededor del mundo, las diferentes especies del género *Vigna* se distribuyen en los países tropicales y subtropicales (Campbell, 2014). Dentro del género *Vigna* las especies más cultivadas son: *V. unguiculata*, *V. mungo*, *V. radiata* y *V. subterranea* (Revanappa *et al.*, 2012). De acuerdo con Campbel (2014), de las siete especies silvestres del género *Vigna*, dos provienen del continente africano: *V. subterranea* (L.) Verdc., y *V. unguiculata* (L.) y cinco del continente Asiático: *V. radiata* (L.) Wilczek, *V. mungo* (L.) Hepper, *V. aconitifolia* (Jacq.) Maréchal, *V. angularis* (Willd.) Ohwi *et* Ohashi, y *V. umbellata* (Thunb.) Ohwi *et* Ohashi Walp (Ba *et al.*, 2004).

Al comparar las caracterizas morfológicas de las diferentes especies del género *Vigna* se encontraron que los paramentos más importantes son el número de vainas, la altura y el número de hojas por planta, características que se utilizan para la clasificación taxonómica y los estudios de diversidad genética (Doumbia *et al.*, 2013). En el Sureste de México se han identificado diversas especies utilizadas en sistemas agrícolas tradicionales (milpa), y forman parte importante de las culturas regionales.

5.3. Condiciones edafoclimáticas del cultivo de *Vigna*

Las plantas del frijol *Vigna* se adaptan a diferentes tipos de suelos y climas, con preferencia de suelos bien drenados y precipitaciones entre 700 y 2,000 mm (ASPROMOR, 2012). Este rango de precipitaciones no es limitante, ya que se reporta que el frijol *Vigna* se comporta bien en zonas agroecológicas con precipitaciones entre 500 y 1,200 mm año⁻¹ (Madamba *et al.* 2006). Sin embargo, hay variedades de *Vigna unguiculata* precoces y de maduración temprana, las cuales se pueden cultivar en zonas con precipitaciones inferiores a 500 mm año⁻¹ (Dugje *et al.*, 2009).

El frijol *Vigna* puede cultivarse en condiciones de temporal, con temperaturas entre 28 y 30 °C (noche y día) durante la temporada de crecimiento (Altieri y Koohafkan, 2008). Como la mayoría de las leguminosas, no resiste a las condiciones de anegamiento o inundación (Cabeza *et al.*, 2018). En tabasco la precipitación es 2,550 milímetros de lluvia en promedio, con precipitaciones menores en el mes de abril de 200 mm año⁻¹. La temperatura media anual en la entidad es de 27 °C, la temperatura máxima promedio es de 36 °C.

5.4. Ecofisiología del frijol *Vigna*

Los factores ambientales como la precipitación, radiación solar y temperatura afectan el desarrollo de este cultivo (Wilson *et al.*, 1995). En este sentido el estrés ambiental en las plantas es considera como el principal factor limitante del rendimiento y calidad de cosecha (Benavides-Mendoza, 2002). En condiciones climáticas tropicales y subtropicales las bajas precipitaciones dan lugar a la sequía, lo cual es un factor limitante en la producción del frijol (Pungulani *et al.*, 2013). A pesar de la existencia de variedades precoces de caupí adaptadas a condiciones de precipitaciones inferiores a 500 mm año⁻¹ (Dugje *et al.*, 2009), estas tienen perdidas de rendimiento de semillas de al menos el 50 % por causa de la sequía (Ahmed y Suliman, 2010). La cual provoca un estrés que causa una serie de respuestas morfofisiológicas, bioquímicas y moleculares, como afectación de la fotosíntesis por disminución en la conductancia estomática lo que causa reducción

de CO₂ difundido en las estomas (Cardona-Ayala *et al.*, 2014). Taiz *et al.* (2017), señalan que las plantas abren sus estomas para captar el CO₂ atmosférico para la fotosíntesis, lo que ayuda a la acumulación de biomasa y la producción de azúcares. Mientras se produce la afluencia de CO₂ atmosférico a las hojas, se ocasiona el consiguiente aumento de la pérdida de agua por transpiración (Giuliani *et al.*, 2018). Las células estomáticas responden a múltiples señales exógenas y endógenas como la luz, la concentración de CO₂, el déficit de presión de vapor, entre otras, y esto permite que las plantas ajusten rápidamente su apertura estomática en respuesta a los cambios en el ambiente circundante, a manera de optimizar el balance entre la pérdida de vapor de agua y la absorción de CO₂ (Azcon-Bieto y Talón, 2003; Chaves *et al.* 2011). En contraste, Albino-Garduño *et al.* (2015) reportaron que en condiciones adecuadas de agua y de nutrientes la radiación solar es el determinante de la productividad de los cultivos, razón por la cual la producción biomasa se correlaciona de forma positiva con la cantidad de radiación solar interceptada por las plantas. Varios estudios han indicado que la producción de un alto rendimiento de forraje que aumenta notablemente bajo una alta intensidad de luz contribuye a un bajo rendimiento de grano como resultado de un bajo número de vainas. La temperatura del ambiente en el cual desarrolla la planta afecta sus procesos de división celular, actividad fisiológica, fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción y utilización de los nutrientes, floración y todo el metabolismo de la planta de manera general (Benavides-Mendoza, 2002). Por lo que un aumento en la temperatura normal del cultivo (28 y 30 °C día/noche) para situarse entre 30 a 40 °C puede aumentar la respiración de la planta de frijol y limitar la actividad fotosintética, lo que afecta el crecimiento y provocar deformaciones en órganos reproductores (Chávez-Simental y Álvarez-Reyna, 2012). Las temperaturas diurnas de 32 °C incrementan el crecimiento vegetativo, mientras que las temperaturas nocturnas de 28 °C tienen mayor efecto sobre la elongación del tallo, producción de nudos, hojas y área foliar, y todo se traduce en una mayor producción de materia seca (Benavides-Mendoza, 2002).

5.5. Análisis de crecimiento del frijol *Vigna*

El crecimiento es un incremento constante en el tamaño de un organismo, que está acompañado de dos procesos: morfogénesis y diferenciación celular (Rodríguez y Juárez, 1991; Barrera y Melgarejo, 2010). Por lo que el análisis de crecimiento es una aproximación cuantitativa, que usa datos simples y básicos, para la descripción e interpretación de las plantas que crecen bajo ambientes naturales, seminatural o controlado (Hunt *et al.*, 1978). También se ha utilizado para estudiar factores de desarrollo de la planta y su rendimiento, a través de la acumulación de materia seca (Schirripa, 2019). Por otra parte, Benedetto y Tognette (2016) mencionan técnicas de los análisis del crecimiento de plantas y sus aplicaciones a cultivos intensivos, en esos métodos han sido extensamente aplicados a estudios fisiológicos y ecológicos básicos de los cultivos, pero su empleo en producciones vegetales bajo cultivo intensivo (frutihortícola y ornamental) han tenido menos difusión.

En la Tabla 1 se representan los índices que permiten analizar el crecimiento de la planta a través de la acumulación de materia seca, la cual depende del área foliar, de la tasa a la cual funcionan las hojas y el tiempo que el follaje persiste (Tekaling y Hammes, 2005). De esta forma se tienen índices relacionados con cada uno de estos aspectos; el índice de área foliar (IAF) representa la relación entre el área foliar o superficie fotosintética y el área de suelo ocupada por el cultivo, y la relación de área foliar (RAF) que es la relación entre el área foliar total y el peso seco total. Otros índices que permiten evaluar la eficiencia de la planta, como la tasa relativa de crecimiento (TRC) que es un índice de eficiencia de producción de materia seca, mientras que la tasa de asimilación neta (TAN) es un índice de la eficiencia fotosintética promedio, ya que mide la ganancia neta de asimilados por unidad de área foliar y por unidad de tiempo, y la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) que está considerado como un índice de productividad agrícola, que mide la ganancia en peso de una comunidad de plantas por unidad de área de suelo y por unidad de tiempo y usualmente es similar para aquellas variedades de alto rendimiento. Cuando el follaje es persistente, se tiene la duración de área foliar (DAF) como el

índice que representa la producción de hojas en el periodo de crecimiento del cultivo (Hunt, 1978; Gardner *et al.*, 1985; De Clavijo, 1985).

Tabla 1. Índices de crecimiento en plantas

Índice de crecimiento	Fórmulas para valor medio	Unidades
TRC	$\frac{LNW2 - LNW1}{T2 - T1}$	g/(g día)
TAN	$\frac{W2 - W1}{T2 - T1} * \frac{LN AF2 - LN AF1}{AF2 - AF1}$	g/(cm ² /día)
IAF	$\frac{AF2 - AF1}{As}$	cm ²
RAF	$\frac{\left(\frac{AF1}{W1}\right) + \left(\frac{AF2}{W2}\right)}{2}$	cm ² /g
TCC	$\frac{\left(\frac{AF1}{W1}\right) + \left(\frac{AF2}{W2}\right)}{2}$	g/(cm ² /día)
DAF	$\frac{(IAF1) + (T2 - T1)}{2}$	cm/día

Símbolos utilizados en las fórmulas: W= peso seco; T= tiempo; AF= área foliar; As = área de suelo; WF= peso seco foliar; LN = logaritmo natural. **Fuente:** modificado por Barrera et al. (2010).

5.6. Importancia de la producción del frijol caupí

De las leguminosas cultivadas, el frijol *Vigna unguiculata* ha mostrado varias ventajas agronómicas, medioambientales y económicas, contribuyendo a mejorar las dietas y los ingresos de los campesinos en África, Asia y Sudamérica (Gomes *et al.*, 2019). También desempeña un papel importante en el suministro de nitrógeno del suelo a los cultivos de cereales (como el maíz, el mijo y el sorgo) cuando se cultiva en rotación, sobre todo en zonas donde la escasa fertilidad del suelo es un problema (Khanh *et al.*, 2005). No requiere una alta tasa de fertilización nitrogenada; sus raíces tienen nódulos en los que habitan unas bacterias del suelo llamadas rizobios y ayudan a fijar el nitrógeno del aire al suelo en forma de nitratos (Sheahan, 2012).

5.7. Usos del frijol *Vigna*

La existencia de una morfología diversa y una multitud de uso comestible del frijol *Vigna* lo hacen cumplir una importante función satisfaciendo varias necesidades en la cadena de valor (Carvalho *et al.*, 2016; Morales-Morales *et al.*, 2019). El frijol *Vigna* es la legumbre más cultivada para el consumo doméstico y la generación de ingresos mediante la comercialización de sus excedentes (Asiwe, 2009). Es un cultivo nutritivo con potencial para mejorar la seguridad alimentaria y nutricional mundial, así como la pobreza debido a su producción ampliamente distribuida y a las partes comestibles de la planta, que incluyen las hojas, las vainas inmaduras y las semillas utilizadas para el consumo humano (Owade *et al* 2020). Por lo que es una fuente barata de proteínas, vitaminas y minerales tanto en zonas rurales como zonas periurbanas para sustituir la costosa fuente de proteínas obtenida de la carne (SACG, 2006).

El frijol *Vigna* se utiliza para varios platos dependiendo de la región y de la parte de la planta (Singh *et al.*, 2003a). En Sudáfrica, las hojas verdes se consumen como condimento, las vainas inmaduras pueden hervirse y consumirse, mientras que los granos secos se cocinan y se consumen solos o en combinación con el maíz o el sorgo (Lekunze, 2014). También, se usa el tallo del *Vigna* para la alimentación del ganado (Sow *et al.*, 2020). En un estudio realizado por Mokoboki *et al.* (2000) se documentó que la paja de caupí tiene suficiente proteína para retener el peso vivo del ganado en la estación seca, cuando los residuos de los cultivos son la principal fuente de alimentación.

Otra característica que tiene el frijol *Vigna* es su capacidad para tolerar el estrés hídrico, el calor y las malas condiciones del suelo (Thobatsi *et al.*, 2009). Por otro lado, el frijol *Vigna* añade 40 kg ha⁻¹ de nitrógeno al suelo, lo que mejora el rendimiento del cultivo siguiente, especialmente en el sistema de rotación o el cultivo intercalado de cereales, con el beneficio cultural adicional de la supresión de enfermedades y malas hierbas (Makoi *et al.*, 2009; Sauerborn *et al.*, 2000).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Localización y descripción de área de estudio

El experimento se estableció en el área de viveros e invernaderos de la División Académica de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, la cual se encuentra ubicada en el municipio de Centro, Tabasco, México con coordenadas 17° 46' LN y 92° 57' LO, con altitud de 21 m s.n.m. El clima predominante es cálido húmedo, con temperatura medio anual de 27 °C, la máxima promedio es de 36 °C y mínima promedio 18 °C (Ruiz-Álvarez *et al.*, 2012; INEGI 2005). El invernadero es de tipo Megavent tropical de 200 m² de superficie, con cubierta lateral de malla antiáfidos y malla Grown Cover contra el crecimiento de malezas.

6.2. Material vegetativo

Las semillas para la siembra fueron seleccionadas de un lote de ocho colectas de frijol *Vigna* spp; que se colectaron en el ciclo agrícola 2018-2019. Antes de la siembra, las semillas se sumergieron en agua por 10 minutos para lograr uniformidad en la germinación. Para la siembra se utilizaron 120 bolsas de polietileno negro de 40 cm de ancho por 40 de alto, las cuales se llenaron con la mezcla de suelo y tepetzil (relación 2:1). Las bolsas llenas se distribuyeron en ocho (8) hileras de 15 bolsas y en un marco de plantación de 0.40 x 0.60 m entre surcos y entre plantas, para una densidad de siembra de 125 mil plantas por hectárea. En cada bolsa se colocaron tres semillas a 1 cm de profundidad y distancia de 8 cm formando un triángulo, para luego cubrirlas con tierra.

Tabla 2. Identificación de las colectas de frijol *Vigna* spp.

Colecta	Nombre común	Procedencia	Imagen
Colecta 1	Ojo negro, sin tiempo o caupí*	Cunduacán, Tabasco	
Colecta 2	Vaquita u orca	Cunduacán, Tabasco	
Colecta 3	Negro Xpelón o caupí negro	Cunduacán, Tabasco	
Colecta 4	Rojo toda la vida o caupí rojo*	Ixtacomitán, Chiapas,	
Colecta 5	Cubano 1 o costilla de vaca	Huimanguillo, Tabasco	
Colecta 6	Cubano 2 o costilla de caballo	Teapa, Tabasco	
Colecta 7	Andalón	Jiquipilas, Chiapas	
Colecta 8	Ojo café o pelón*	Jalapa, Tabasco	

*Nombre común de cultivar de frijol *Vigna* en los diferentes lugares de procedencia.

6.3. Caracterización del suelo y preparación de la mezcla con tepetzil

El suelo utilizado correspondió a un Vertisol, para la caracterización se tomó 1 kg de la mezcla para realizar las determinaciones fisicoquímicas en el laboratorio de suelo. En el Laboratorio de Suelos y Plantas (LSP) del Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias (CICA) de la División Académicas de Ciencias Agropecuarias (DACA) se determinaron las siguientes variables fisicoquímicas del suelo: La textura por el método de Bouyoucos, capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), potencial de Hidrógeno (pH) en agua relación 1:2 (suelo-agua), conductividad eléctrica (CE) en agua relación 1:5 (suelo-agua), materia orgánica (MO) por el método de Walkley y Black, nitrógeno total (Nt) por el método de Kjeldahl, las bases intercambiables mediante extracción con acetato de amonio 1 N y pH 7, y el fósforo disponible por el método de P-Olsen. Todos estos análisis se hicieron de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-RECNAT-2000) de la SEMARNAT (2002).

El tepetzil un material de origen volcánico, se considera un componente inorgánico e inestable. Fue empleado en la preparación de bolsas para la siembra de 40x20 cm una relación 1:2 suelo-tepetzil, el suelo se tomó del campo agrícola de la División Académica de Ciencias Agropecuarias.

6.4. Manejo agronómico

Las actividades realizadas para generar las condiciones de siembra, fertilización, riego y control integrado de plagas durante las distintas etapas fenológicas del cultivo fueron las siguientes:

6.4.1. Riego de las plantas de frijol

Para proporcionar un aporte hídrico adecuado, a partir del día seis y hasta el 97 después de la siembra (DDS) se suministró 0.25, 0.5, 0.75 y 1 L de agua por bolsa, durante los 0, 30, 60, 90 DDS respectivamente, la frecuencia de riego fue de dos días.

6.4.2. Fertilización de las plantas de frijol

La fertilización se realizó durante todo el ciclo del cultivo, a partir del día 10 DDS y hasta el día 96 DDS, se mezcló 5 g por litro de agua de NPK (Micro-Min 20-30-10, MEZFER) y de la solución resultante se aplicó 0.25, 0.5, 0.75 y 1 L por planta.

6.4.3. Control de plagas y enfermedades

A los 10 días de emergencia de las plántulas de frijol se detectó la presencia de gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hübner, 1808), en tanto que a los 15 días después de la germinación se presentó trips (*Thrips tabaci*). Por lo que se aplicó cada ocho días el producto Muralla max (Imidacloprid y Betacyflutrin, Bayer) a dosis de 1.5 mL por litro de agua en una bomba de mochila. Para el control del acaro araña roja nombre (*Tetranychus urticae*) se usó Agromectín ímpetor (i.a: abamectina 1.8%, Velsimex) a dosis de 1 mL por litro de agua cada 15 días.

6.5. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar. Los tratamientos evaluados fueron ocho coletas de frijol *Vigna* con 15 repeticiones. Cada bolsa representó una unidad experimental con tres plantas. Se realizaron tres muestreos destructivos (30, 60 y 90 DDS), en los cuales se arrancó una planta en cada unidad experimental.

6.6. Manejo de las muestras

Cada planta muestreada fue separada en raíz, tallo y hojas, para luego tomar una imagen digital con escala de medida de todos los folíolos de cada planta. Al término de la digitalización las muestras se colocaron en bolsa de papel y se trasladaron al LSP donde se secaron a 65 °C por 72 horas en una estufa Riossa® modelo HnCF.41, y se pesaron en una balanza analítica.

6.7. Variables evaluadas

Las variables de la planta fueron evaluadas a través de medidas directas y cálculo de índice de crecimiento. Se tomaron muestras de las plantas a los 30 DDS tomando como indicador la etapa fenológica V4, a los 60 DDS entre formación y llenado de vaina (R7 Y R8), y a los 90 DDS en el estado de llenado de vaina (V9). Las variables evaluadas fueron las siguientes:

Área foliar total (AF), se determinó a partir de las imágenes digitalizadas con la ayuda del software ImageJ, los resultados se expresaron en cm^2 .

Peso seco foliar (WF), se determinó pesando en una balanza analítica, los resultados se expresaron gramos de peso seco.

Biomasa o peso seco total (W), se determinó por medio de la sumatoria del peso del tallo, peciolo y raíz, para luego expresar el peso en gramos (g) de peso seco total.

6.8. Fenología de las colectas de frijol *Vigna*

Altura de planta (AP): se midió con una cinta métrica desde la base del tallo hasta la yema apical, los resultados se reportaron en metros (m).

Días a floración (DF): en las plantas seleccionadas para muestreo no destructivo se anotó la fecha de inicio de floración del 50 % de plantas de cada colecta. Los resultados se reportaron en días después de la siembra (DDS).

Longitud de vaina (LV): se midió 3 vainas con una cinta métrica desde la base hasta el extremo apical de la vaina. Los resultados se reportaron en centímetros (cm).

Grosor de la vaina (GV): se midió el espacio ocupado por las dos valvas en la parte central de la vaina, con un calibrador Vernier digital de marca Truper. Los resultados se reportaron en centímetro (cm).

Número de granos por planta: se contó el número de vainas y granos cosechados en cada planta de cada colecta.

Longitud de grano (LG): se midió con el calibrador Vernier digital la distancia entre los dos extremos longitudinales del grano, los resultados se reportaron en centímetros (cm).

Grosor de grano (GG): se midió con el calibrador Vernier digital el grosor del grano, los resultados se reportaron en centímetros (cm).

Peso de 100 granos (P100): se utilizó una balanza analítica para registrar el peso de 100 granos, los resultados se reportaron en gramos (g).

Rendimiento de grano: El rendimiento se calculó en base al peso seco total de todos los granos por planta, los resultados se reportaron en gramos por planta (g/planta^{-1}).

6.9. Análisis estadístico de datos

Para analizar el crecimiento de planta, a través del tiempo, se realizó un análisis de regresión lineal para las variables Área foliar y Masa seca y los días de muestreos como variable independiente, para los datos obtenidos de los índices de crecimiento y componentes de producción se aplicó un análisis de varianza. La comparación de medias de las variables se realizó con la prueba de Fisher ($p < 0.05$) Los análisis se realizaron con apoyo del programa estadístico InfoStat versión 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Propiedades físicas y químicas del suelo para la mezcla con tepetzil

De acuerdo con las propiedades físicas y químicas, el suelo usado es arcillo arenoso (FAO, 2009), con más de 65 % textura fina, lo cual facilita retención de humedad y nutrientes. El tipo de suelo usado fue Vertisol, el cual tiene una capacidad de 11 % de humedad disponible, pH en el rango ideal para el cultivo del frijol *Vigna* (Tabla 3), con una CE clasificada como ligeramente salino, con rango que no causa problema al desarrollo del frijol, debido a que tolera poco la salinidad (Howeler, 2002). Mientras que todos los demás elementos determinados se encontraron en niveles adecuados con excepción del P y el K que clasificaron como medio y bajo, respectivamente.

Tabla 3. Valores medios de las propiedades físicas y químicas del suelo.

Elemento	Unidad	Valor promedio	Clasificación
Arena	%	34.3	Arcillo arenoso
Limo	%	19.7	
Arcilla	%	46	
CC	%	35.16	
PMP	%	23.91	
pH	1:2 (suelo: agua)	7.81	Medianamente alcalino
	1:5 (suelo: agua)		
CE	dS m ⁻¹	1.73	Muy ligeramente salino
MO	%	6.79	Muy alto
Nt	%	0.29	Muy alto
P	Ppm	8.6	Medio
Ca	cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	17.07	Alto
Mg	cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	11.2	Alto
K	cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	0.29	Bajo

La clasificación textural según la FAO (2009).

7.2. Medición directa de crecimiento y distribución de biomasa de ocho colectas de frijol *Vigna* en Tabasco

La materia seca (W) es la suma del peso seco de raíz (PSR) y del peso seco aéreo (PSA) que a su vez es la suma del peso seco de tallo (PST) y peso seco foliar (PSF). Estas variables son atributos de medición de masa seca y de su distribución, y pueden ser útiles para fines de cobertura o de alimentación animal. Se observó diferencias significativas en PSF los 30 días, y en PSF a los 60 y 90 días. Además, los tiempos de muestreos también presentaron diferencias estadísticas LSD-Fisher ($p < 0.05$) para las variables estudiadas en todas las colectas (Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6). Se muestra la colecta frijol ojo negro obtuvo el mayor PSA a los 30 y 60 DDS con 6.00 y 39.19 g respectivamente, y la colecta frijol cubano 2 con 56.69 g por planta⁻¹ a los 90 días. Cabe señalar que la colecta frijol ojo negro a los 90 DDS ocupa el segundo lugar en PSA con 52.48 g por planta⁻¹

7.2.1. Peso seco (g planta⁻¹)

Después de transcurrir 30 DDS se tomaron 3 muestras para cada variedad, los valores obtenidos del peso seco fueron de 0.20 a 0.60 g de peso raíz seco. En el muestreo a los 60 DDS los valores se encontraron entre 1.86 y 3.46 g, mientras que a los 90 DDS se registraron valores de 3.23 a 6.78 g. En cuanto a los días de muestreos la producción de raíz por planta mostró una tendencia creciente. Los anteriores resultados muestran un incremento en las raíces de las plantas con respecto al tiempo, lo cual está relacionado con la capacidad de absorción de nutrientes del suelo y la etapa fenológica de la planta. Al respecto Reina *et al.*, (2020) señalan que las etapas tempranas de crecimiento del sistema radicular la absorción de elementos minerales es menor, debido a la cantidad de nutrientes mínimos requeridos, por el contrario, en las etapas de llenado de grano la cantidad de absorción de nutrientes es mayor y por lo tanto mayor es la cantidad de raíces encontradas.

7.2.2. Peso seco foliar por planta (WF)

Para la variable peso foliar, las medias oscilaron entre 1.95 a 27.35 g para las tres fechas de muestreo. La colecta frijol ojo negro presentó el mayor WF (con 3.12 y 16.44 g planta⁻¹ de hojas secas) a los 30 y 60 DDS, mientras que a los 90 DDS la colecta frijol cubano 2 presentó el mayor WF. Las colectas frijol negro y frijol cubano 2 cuentan con mayor disponibilidad de biomasa, siendo las que mayor potencial tienen para ser empleadas como forraje.

7.2.3. Peso seco aéreo por planta

Esta variable es de importancia para producción de forraje, debido a que es la suma de todas las partes aéreas, tallo con todo peciolo y hojas, sin incluir las vainas. La colecta frijol ojo negro obtuvo el mayor PSA a los 30 y 60 DDS con 6.00 y 39.19 g respectivamente, y la colecta frijol cubano 2 con 56.69 g planta⁻¹ a los 90 días. Cabe señalar que la colecta frijol ojo negro a los 90 DDS ocupó el segundo lugar en PSA con 52.48 g planta⁻¹.

7.2.4. Materia seca por planta-peso seco total-(W)

La producción de materia seca osciló entre 3.82 y 6.45 g planta⁻¹ en el primer muestreo a los 30 DDS. A los 60 DDS se apreció un aumento equivalente a más de 366 % entre los valores menores y más de 542 % entre los mayores valores, mientras que los valores de 90 DDS solo tienen entre más de 22 y 46 % de aumento en comparación al muestreo anterior. En los dos primeros muestreos la colecta frijol ojo negro logró el mayor W (6.45 y 42.66 g planta⁻¹) y la colecta frijol cubano 2 en el último muestreo con 63.47 g de masa seca planta⁻¹.

Tabla 4. Peso seco a los 30 días después de la siembra.

Colecta	PSR (g)	PSF (g)	PSA (g)	PST (g)
F. andalón	0.34 ^{ab*}	2.48 ^{abc}	4.29 ^{bcd}	4.64 ^{bcd}
F. cub1	0.60 ^a	2.66 ^{abc}	4.72 ^{abcd}	5.32 ^{abcd}
F. cub2	0.44 ^{ab}	2.93 ^{ab}	5.27 ^{abc}	5.71 ^{abc}
F. negro	0.32 ^b	2.41 ^{abc}	4.14 ^{cd}	4.46 ^{cd}
F. ojo café	0.34 ^b	2.29 ^{bc}	4.33 ^{bcd}	4.67 ^{bcd}
F. ojo negro	0.45 ^{ab}	3.12 ^a	6.00 ^a	6.45 ^a
F. rojo	0.42 ^{ab}	3.06 ^{ab}	5.64 ^{ab}	6.06 ^{ab}
F. vaquita	0.26 ^b	1.95 ^c	3.56 ^d	3.82 ^d
R ²	0.54	0.50	0.55	0.55
P-valor	0.0499	0.0853	0.0407	0.0403
CV	13.56	18.06	17.99	17.93

PSR= peso seco de raíz, PSF= peso seco foliar, PSA= peso seco aéreo, PST= peso seco total.

*Medias con una misma letra dentro de las columnas no son significativamente diferentes (p> 0.05).

Tabla 5. Peso seco a los 60 días después de la siembra.

Colecta	PSR (g)	PSF (g)	PSA (g)	PST (g)
F. andalón	1.86 ^{a*}	7.26 ^c	16.16 ^b	18.02 ^c
F. cub1	3.27 ^a	9.29 ^{bc}	19.32 ^b	22.59 ^{bc}
F. cub2	3.18 ^a	15.86 ^a	35.68 ^a	38.86 ^a
F. negro	2.55 ^a	8.34 ^c	16.30 ^b	18.86 ^c
F. ojo café	2.27 ^a	9.01 ^c	20.56 ^b	22.83 ^{bc}
F. ojo negro	3.46 ^a	16.44 ^a	39.19 ^a	42.66 ^a
F. rojo	1.98 ^a	13.69 ^{ab}	31.33 ^a	33.31 ^{ab}
F. vaquita	2.03 ^a	8.18 ^c	16.52 ^b	18.55 ^c
R ²	0.29	0.74	0.77	0.75
P-valor	0.5082	0.0011	0.0004	0.0008
CV	21.95	23.18	24.43	24.32

PSR= peso seco de raíz, PSF= peso seco foliar, PSA= peso seco aéreo, PST= peso seco total.

*Medias con una misma letra dentro de las columnas no son significativamente diferentes (p> 0.05).

Tabla 6. Peso seco a los 90 días después de la siembra.

Colecta	PSR (g)	PSF (g)	PSA (g)	PST (g)
F. andalón	4.53 ^{ab*}	12.79 ^c	23.79 ^c	28.32 ^c
F. cub1	3.90 ^{ab}	10.22 ^c	18.90 ^c	22.80 ^c
F. cub2	6.78 ^a	27.35 ^a	56.69 ^a	63.47 ^a
F. negro	5.03 ^{ab}	14.31 ^{bc}	23.40 ^c	28.42 ^c
F. ojo café	4.44 ^{ab}	16.76 ^{bc}	31.41 ^{bc}	35.85 ^{bc}
F. ojo negro	5.23 ^{ab}	26.69 ^a	52.48 ^{ab}	57.71 ^{ab}
F. rojo	3.36 ^b	20.79 ^{ab}	38.70 ^{abc}	42.06 ^{abc}
F. vaquita	3.23 ^b	10.22 ^c	17.68 ^c	29.91 ^c
R²	0.38	0.75	0.66	0.66
P-valor	0.2621	0.0007	0.0060	0.0059
CV	18.33	26.13	37.34	34.54

PSR= peso seco de raíz, PSF= peso seco foliar, PSA= peso seco aéreo, PST= peso seco total. *Medias con una misma letra dentro de las columnas no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

7.2.5. Área foliar total por planta

Para el AF por planta (Tabla 7) a los 30 DDS la colecta de frijol rojo se destacó con 1,422.36 cm², posteriormente con el tiempo el frijol cubano 2 logró la mayor superficie foliar con 5,338.46 y 10,517.12 cm² en 60 y 90 días, respectivamente. Mientras que la colecta de frijol vaquita produjo la menor AF durante todo el experimento. Al respecto Acosta *et. al.* (2008) mencionan que los incrementos en el área foliar (AF) es función de la etapa fenológica, obteniéndose los valores más altos al inicio del llenado del grano; desacelerando el crecimiento en la etapa intermedia de llenado del grano. El área foliar (AF) disminuye en el frijol vaquita debido a que esta variedad aprovecha los recursos en la formación de las estructuras reproductivas (Ramírez-Vallejo y Kelly, 1998).

Tabla 7. Área foliar en cm² a los 30, 60 y 90 DDS.

Colecta	AFT		
	30	60	90
F. andalón	1131.28 abc*	2632.82 b	4790.15 bc
F. cub1	1156.87 abc	2864.82 b	3380.07 bc
F. cub2	1285.77 ab	5338.46 a	10517.12 a
F. negro	1089.17 bc	3171.62 b	4009.15 bc
F. ojo café	1025.44 bc	3012.12 b	4644.57 bc
F. ojo negro	1330.30 ab	4897.69 a	7041.50 ab
F. rojo	1422.36 a	4953.38 a	6547.42 ab
F. vaquita	894.14B c	2123.11 ^b	2278.42 c
R²	0.55	0.75	0.61
P-valor	0.0409	0.0007	0.0174
CV	7.65	11.35	17.74

AFT= área foliar total. *Medias con una misma letra dentro de las columnas no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

7.3. Ecuaciones de regresión para materia seca y área foliar

El comportamiento del área foliar (AF) y materia seca (W) a través del tiempo se presenta en la Tabla 8, el coeficiente de determinación (R^2) osciló entre 0.65 a 0.94, en tanto que el coeficiente de correlación (r) osciló entre 0.80 a 0.96.

Tabla 8. Ecuaciones de regresión para los valores de área foliar y masa seca de las ocho colectas de frijol *Vigna*.

Colecta	Variable	Ecuación	R²
F. andalón	Área foliar	$y = -807.46 + 60.98x$	0.80
	Masa seca	$y = -6.69 + 0.39x$	0.92
F. cubano 1	Área foliar	$y = 244.06 + 37.05x$	0.70
	Masa seca	$y = -0.57 + 0.29x$	0.65
F. cubano 2	Área foliar	$y = -3517.56 + 152.86x$	0.64
	Masa seca	$y = -21.74 + 0.96x$	0.72
F. negro	Área foliar	$y = -163.33 + 48.67x$	0.65
	Masa seca	$y = -6.72 + 0.40x$	0.78
F. ojo café	Área foliar	$y = -725.08 + 60.32x$	0.91
	Masa seca	$y = -10.06 + 0.52x$	0.94
F. ojo negro	Área foliar	$y = -1288.04 + 95.19x$	0.85
	Masa seca	$y = -15.66 + 0.85x$	0.80
F. rojo	Área foliar	$y = 817.34 + 85.42x$	0.80
	Masa seca	$y = -8.85 + 0.60x$	0.83
F. vaquita	Área foliar	$y = 380.94 + 23.07x$	0.77
	Masa seca	$y = -2.66 + 0.28x$	0.75

7.4. Las variables fenológicas y de rendimiento de las colectas de frijol

Para los días de floración, número de vaina por planta, longitud de vaina, grosor de vaina, número de grano por planta, longitud de grano, ancho de grano, peso de 100 granos y rendimiento. Todas las colectas presentaron diferencias estadísticas para la comparación de media DMS-Fisher ($p < 0.05$) en todas las variables evaluadas (Tabla 9). Para días de floración las colectas de frijol se agrupan en tres, el primer grupo lo conformó la colecta de frijol vaquita y cubano 2, los cuales empezaron a florear a los 42 DDS, un segundo grupo formado por frijol negro, cubano 1 y andalón, iniciaron su floración a los 46 DDS y finalmente el tercer grupo formado por las colectas frijol ojo café, rojo y ojo negro comenzaron su floración a los 52 DDS. De acuerdo con Manggoel y Uguru (2012) las plantas del frijol caupí al florecer antes de 45 días, son precoces, y después de florecer a los 46 días se consideran tardías. Por lo que se puede afirmar que las colectas vaquitas y cubano 2 son precoces, mientras que el frijol negro, cubano 1, andalón, ojo café, rojo y ojo negro se pueden considerar como colecta de floración tardía.

La colecta frijol vaquita obtuvo mayor cantidad de vaina cosechada por planta con 57.33 vainas, peso de 100 granos de 17.52 g y rendimiento de 81.47 g por planta, además de grosor de vaina de 8.03 mm (Tabla 9). Mientras que el frijol rojo presentó mayor número de grano por planta (490.0 granos), seguido por el frijol vaquita con 480.67 granos por planta, y mayor longitud de vainas (18.05 cm).

Por otra parte, el frijol andalón registró el mayor grosor de vaina y ancho de grano con 9.16 y 7.14 mm, respectivamente. Mientras que la colecta frijol cubano 2 tuvo mayor longitud y grosor de grano con 9.70 y 5.83 mm, menor número de vainas, de granos y rendimiento de granos por planta. En tanto que el frijol ojo negro presentó los menores valores de longitud de vaina, grosor y ancho de grano.

Cabe señalar que frijol vaquita fue el de mayor rendimiento de grano por planta (RGP) con 81.47 g, además de que presentó el mayor número de vainas por plantas. Mientras que el largo de vaina (LV) osciló entre 13.79 y 18.05 cm, valores cercanos a los reportados por Bebaji *et al.* (2011) (13.7 y 16.2 cm) de *Vigna unguiculata*. En tanto que el grosor de vaina (GV) osciló entre 8.03 y 9.16 mm, valores que se encuentran entre los valores de 6.69 y 9.33 mm reportados por Ávila-Serrano *et al.* (2010) para *V. unguiculata*. En lo que respecta al peso de 100 granos se tuvieron valores entre 12.14 y 17.52 g los cuales son superiores a los reportados por Guillén-Molina *et al.* (2016) entre 11.8 y 16.7 g, lo cual se puede deber a que estos pesos los reporta solo para una variedad de *V. unguiculata*, mientras que en este trabajo se evalúan diferentes colectas de *V. spp.*

De acuerdo con la clasificación de Ogle *et al.* (1987), el frijol vaquita se puede considerar como grano mediano (15.1 a 20 g). En relación con el ancho de grano (Ag) los valores entre 5.75 y 7.17 mm son similares a los 3.65 y 7.41 mm, reportados por Morales-Morales *et al.* (2019) para colectas de *V. unguiculata*. La longitud (Lg) del grano osciló entre 7.05 y 9.67 mm, valores que coincide con lo reportado por Kabas *et al.*, (2007) (entre 5.5 y 9.0 mm) y con Morales-Morales *et al.* (2019) que obtuvo valores entre 6.26 y 9.56 mm para colectas de *V. unguiculata* de la Península de Yucatán.

En la Tabla 9 se observa que para el número de granos por planta (NGP) se tuvieron valores entre 45 g y 490 g, valores que son superiores a los 200 g. Estrada-Domínguez *et al.*, (2018), lo cual indica la amplia diversidad que hay en el género *Vigna*. Para el grosor del grano (Gg) se encontraron valores entre 4.82 y 5.69 mm, similares a lo reportado por Morales-Morales *et al.* (2019) para las colectas de *Vigna* (2.87 y 5.56 mm). En lo que respecta al rendimiento de grano por planta (RGP) se encontraron valores entre 8 y 8.47 g presentando la colecta vaquita el mayor rendimiento de grano. Estos rendimientos son mayores a los 7 g de granos por planta reportados por Apáez-Barrios *et al.* (2011).

Tabla 9. Valores medios de las variables morfológicas y de rendimiento de las colectas del frijol *Vigna*.

Colecta	Frijol Negro	Frijol Andalón	Frijol Cubano 1	Frijol Ojo negro	Frijol Rojo	Frijol Ojo café	Frijol Vaquita	Frijol Cubano 2
Día de floración	46±1b	46±1 ^b	46±1 ^b	52±1 ^a	52±2a	53±1a	42±1c	42±1c
# Vaina	27.33±6.43c*	5.67±1.53 ^{de}	10.67±2.08 ^{de}	27.00±1.73 ^c	41.33±4.16 ^b	17.00±2.00 ^{cd}	57.33±17.04 ^a	4.33±1.15 ^e
Lv (cm)	16.31±2.23 ^{ab}	15.03±1.99 ^{bc}	17.21±1.57 ^{ab}	13.79±3.63 ^c	18.05±1.35 ^a	18.00±5.75 ^a	16.67±2.07 ^{ab}	15.72±3.97 ^{abc}
Gv (mm)	8.13±0.58 ^c	9.16±0.80 ^a	8.27±0.51 ^c	8.48±0.44 ^{bc}	8.82±0.55 ^{ab}	8.80±0.74 ^{ab}	8.03±0.96 ^c	8.90±0.64 ^{ab}
NGP	254.67±56.05 ^b	55.67±21.57 ^c	82.67±4.08 ^c	236.67±3164 ^b	490.00±30.51 ^a	143.33±58.23 ^{bc}	480.67±148.54 ^a	45.00±13.75 ^c
Lg (mm)	9.23±0.48 ^b	8.75±0.45 ^{cd}	9.07±0.35 ^{bc}	8.19±0.45 ^d	7.05±0.49 ^f	8.68±0.53 ^d	8.60±0.67 ^d	9.67±0.38 ^a
Gg (mm)	5.57±0.38 ^a	5.59±0.39 ^a	5.63±0.47 ^a	4.82±0.20 ^c	4.94±0.31 ^{bc}	5.00±0.32 ^{bc}	5.20±0.48 ^b	5.69±0.37 ^a
Ag (mm)	6.59±0.33 ^b	7.17±0.31 ^a	6.91±0.22 ^a	5.75±0.40 ^d	5.91±0.44 ^c	5.74±0.31 ^c	6.29±0.40 ^b	7.00±0.26 ^a
P100 (g)	14.28±0.85 ^b	16.69±0.59 ^a	17.27±0.14 ^a	13.16±0.38 ^e	12.14±0.64 ^c	14.85±0.28 ^b	17.52±0.81 ^a	17.12±0.92 ^a
RGP (g)	35.73±7.86 ^c	9.00±3.49 ^e	14.38±8.19 ^{de}	31.33±4.19 ^{cd}	56.67±7.23 ^b	21.00±7.52 ^{cde}	81.47±25.18 ^a	8.00±2.26 ^e

*Desv. Est. #V: número de vainas; LV: largo de vaina; GV: grosor de vaina; NGP: Numero de granos por planta; LG: largo de grano; GG: grosor de grano; Ag: ancho de grano; P100: peso de cien semillas; RGP: rendimiento de grano por planta. Medias con una letra común entre columnas no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

7.5. Índices de crecimiento de las colectas de frijol estudiadas

En la Tabla 10 se presentan los resultados de análisis de la varianza de las variables de crecimiento de las colectas de frijol *Vigna*. Para la variable TAN se encontró diferencia estadística. De modo que los valores de TCR, IAF y DAF se incrementaron con el tiempo, mientras que la TCC y la TAN mostró el efecto contrario.

En el caso particular de la TAN, se sabe que es un índice de la eficiencia fotosintética promedio, y la ganancia neta de asimilados por unidad de área foliar y por unidad de tiempo se observa que las tasas más sobresalientes en las colectas se presentaron desde la emergencia hasta los 30 DDS, y decrecieron conforme avanzaba el ciclo de desarrollo del cultivo hasta su madurez fisiológica, cuando se observaron los valores más bajos.

En promedio el frijol ojo negro presentó la TAN más alta con $0.0388 \text{ g/m}^2/\text{día}$ y la más baja el frijol cubano 1 con $0.0003 \text{ g/m}^2/\text{día}$. Al respecto Scott y Batchelor (1979), Escalante-Estrada y Kohashi-Shibata (1982) reportan que la disminución de la TAN a través del ciclo del cultivo se puede atribuir al sombreado del frijol mismo, generado por el tamaño del dosel al transcurrir el ciclo del cultivo y al aumento de la senescencia de las hojas.

La tasa de crecimiento del cultivo (TCC) está considerado como un índice de productividad agrícola. La dinámica de la TCC mostró que la mayor acumulación de materia seca se presentó de los 60 a 90 DDS, siendo el frijol cubano 2 el que registró el mayor valor con $5.525 \text{ g/m}^2/\text{día}$. Por el contrario, la colecta cubano 1 presentó el menor valor con $0.035 \text{ g/m}^2/\text{día}$. Resultados inferiores reportados por Díaz *et al.* (1995), quienes obtuvieron $2.86 \text{ g/m}^2/\text{día}$ en el frijol trepador *Vigna*. Lo que indica que la colecta frijol trepador es la de mayor eficiencia fotosintética

La Tasa de crecimiento relativo (TRC) es un índice de eficiencia de producción de materia seca. La mayor TRC se tuvo a los 90 DDS, presentando la colecta frijol cubano 2 un valor de $3.97 \text{ g g}^{-1}\text{d}^{-1}$, en tanto que, la colecta frijol negro presentó

valores de $3.22 \text{ g g}^{-1}\text{d}^{-1}$. Valores que son inferiores a los $0.11 \text{ g g}^{-1}\text{d}^{-1}$ reportados por Apáez-Barrios *et al.* (2011), lo cual indica un incremento menor de la masa biodisponible en relación los autores antes citados, sin embargo, la colecta frijol cubano 2 es la de mayor potencial para forraje entre las ocho colectas de frijol *Vigna* en este estudio.

El índice de área foliar (IAF) representa la relación entre el área foliar o superficie fotosintetizadora y el área de suelo ocupada por el cultivo. Los mayores valores de IAF y DAF los tuvo el frijol cubano 2 a los 90 DDS, con valores de 521.86 y 11259.12 días, respectivamente. Al respecto, El Naim *et al.* (2012), y El Naim y Gerebelda (2010) reportan que el IAF tiende a disminuir a medida que aumenta la densidad de plantas de frijol caupí. La duración del área foliar (DAF) es el índice que representa la producción de hojas en el periodo de crecimiento del cultivo (Hunt, 1978; Gardner *et al.*, 1985; De Clavijo, 1985). La DAF mínima se presentó en la colecta vaquita a los 30 días, y el máximo en el frijol cubano 2, seguida por la colecta de frijol rojo a los 90 días (Tabla 10). Este índice relaciona el IAF con el tiempo y representa la capacidad de producción de hojas en el periodo de crecimiento del cultivo (Hunt, 1978). En cuanto al tiempo que el follaje persiste, se tienen la duración de área foliar (DAF) como índice que representa la reproducción de hojas en el periodo de crecimiento del cultivo (Hunt, 1978; Gardner *et al.* 1985; Clavijo, 1989).

Tabla 10. Índices de crecimiento para las ocho colectas de frijol *Vigna*, n=3.

Colecta	DDS	TRC (g g ⁻¹ d ⁻¹)	TCC (g/m ² /día)	TAN (g/m ² /día)	IAF (m ²)	DAF (días)
F. negro	30	-	-	-	0.54	-
	60	2.83	2.400	2.22	1.58	29.22
	90	3.22	1.595	799.43	2.00	53.61
F. andalón	30	-	-	-	0.56	-
	60	2.84	2.230	2.34	1.31	26.65
	90	3.24	1.717	832.74	2.39	54.06
F. cubano1	30	-	-	-	0.57	-
	60	3.04	2.877	2.84	1.43	29.52
	90	3.01	0.035	20.21	1.69	53.61
F. ojo negro	30	-	-	-	0.66	-
	60	3.69	6.035	3.86	2.44	41.05
	90	3.89	2.509	756.63	3.52	88.57
F. rojo	30	-	-	-	0.71	-
	60	3.42	4.542	2.83	2.47	42.44
	90	3.61	1.458	456.41	3.27	85.70
F. ojo café	30	-	-	-	0.51	-
	60	3.07	3.026	2.98	1.50	27.65
	90	3.47	2.170	1020.23	2.32	56.54
F. vaquita	30	-	-	-	0.44	-
	60	2.84	2.456	3.25	1.06	21.31
	90	2.94	0.392	329.65	1.13	32.99
F. cubano2	30	-	-	-	0.64	-
	60	3.57	5.525	3.32	2.66	42.70
	90	3.97	4.101	931.21	5.25	114.56

DDS= días después de la siembra; TRC= tasa relativa de crecimiento; TCC= tasa del crecimiento del cultivo; TAN= tasa asimilación neta; IAF= índice de área foliar; DAF= duración de área foliar

8. CONCLUSIÓN

La velocidad de los procesos metabólicos influyó en la distribución de biomasa y la dinámica de crecimiento de las colectas de frijol *Vigna* spp. El frijol vaquita y cubano 2 se caracterizaron por tener una floración precoz, con respecto a la distribución de la biomasa el frijol rojo obtuvo la mayor producción de biomasa, seguido de los genotipos frijol ojo negro y frijol cubano. Es importante mencionar que el frijol rojo, ojo negro, cubano 1 y cubano 2 son adecuadas para ser usadas como forraje, ya que son las colectas que producen mayor biomasa. Además, la colecta de frijol vaquita registró el mayor número de vainas, granos por planta, y peso de 100 granos, seguido del frijol ojo negro y frijol rojo, por lo que cuentan con rendimientos suficientemente buenos como para ser considerados en la producción de granos de frijol *Vigna*.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

9. LITERATURA CITADA

- Agza, B., Kasa, B., Zewdu, S., Aklilu, E., & Alemu, F. (2012). Animal feed potential and adaptability of some cowpea (*Vigna unguiculata*) varieties in North West lowlands of Ethiopia. *J. Agric. Res*, 11, 478-483.
- Ahmed, F.E. y A.S.H. Suliman. 2010. Effect of water stress applied at different stages of growth on seed yield and water-use efficiency of cowpea. *Agric. Biol. J. N. Am.* 1(4), 534-540.
- Albino-Garduño, R., Turrent-Fernández, A., Cortés-Flores, J. I., Livera-Muñoz, M., y Mendoza-Castillo, M. C. (2015). Distribución de raíces y de radiación solar en el dosel de maíz y frijol intercalados. *Agrociencia*, 49(5), 513-531.
- Alemu, M., Asfaw, Z., Woldu, Z., Fenta, B. A., & Medvecky, B. (2016). Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)(Fabaceae) landrace diversity in northern Ethiopia. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 8(11), 297-309.
- Apáez-Barrios, P., Escalante-Estrada, J. A. S., & Rodríguez-González, M. T. (2011). Crecimiento y rendimiento del frijol chino en función del tipo de espaldera y clima. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13(3), 307-315.
- Araméndiz-Tatis, H., Cardona-Ayala, C. E., & Combatt-Caballero, E. M. (2016). Contenido nutricional de líneas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) seleccionadas de una población criolla. *Información tecnológica*, 27(2), 53-60.
- Ascencio, J. (1985). Determinación del área foliar en plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y batata (*Ipomoea batata* (L.) Poir.), utilizando dimensiones lineales y de peso seco de las hojas. *Turrialba*, 35(1), 55-64.
- Asiwe, J.A.N. (2009). Needs assessment of cowpea production practices, constraints and utilization in South Africa. *African Journal of Biotechnology*, 8(20): 5383 - 5388.
- ASPROMOR. (2012). Manual del cultivo de frijol caupí. Asociación de Productores Agropecuarios del Distrito de Morropón. DRAP. Perú. 26p

- Awika, J. M. y Duodu, K. G. (2017). Bioactive polyphenols and peptides in cowpea (*Vigna unguiculata*) and their health promoting properties: A review. *Journal of Functional Foods*, 38, 686-697.
- Azcon-Bieto, J. y Talón, M. (2003). Uno de los aumentos fisiología Vegetal. Facultad de biología Universitat de Barcelona; Centro de Genómica Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Moncada (Valencia).
- Ba, F.S., Pasquet, R.S., Gepts, P. (2004) Genetic diversity in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] As revealed by RAPD markers. *Genetic Resources and Crop Evolution* 51: 539-550.
- Barrera, J., Suárez, D. y Melgarejo, L. M. (2010). II. Análisis de crecimiento en plantas. *Experimentos en fisiología vegetal. Melgarejo, LM (Ed). Laboratorio de Fisiología y Bioquímica Vegetal. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia*, 43, 25-39 p.
- Barrera, J., Suárez, D., & Melgarejo, L. M. (2010). Análisis de crecimiento en plantas. Melgarejo, LM (Ed.), *Experimentos en fisiología vegetal* (25-39). Laboratorio de Fisiología y Bioquímica Vegetal. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia
- Belay, F., Gebreslasie, A. y Meresa, H. (2017). Agronomic performance evaluation of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] varieties in Abergelle District, Northern Ethiopia. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 9(8), 139-143.
- Benavides-Mendoza, A. (Compilador). (2002). *Ecofisiología y Bioquímica del Estrés en Plantas*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Horticultura, Buenavista, Saltillo, Coah. México. 287p.
- Cabeza, R. C., Escobar, I. H., Zayas, I. U., Robaina, F. R., Gil, M. E. D., Dubergel, E. F., & Gózales, J. C. G. (2018). El cultivo de algunas legumbres para la producción local de alimentos y la mitigación del cambio climático PARTE I. El cultivo del frijol carita o caupí (*Vigna unguiculata* Lin). *Anuario Ciencia en la UNAH*, 16(1). 2, 12-22

- Campbell, B.C. (2014) Just eat peas and dance: Field peas (*Vigna unguiculata*) and food security in the Ozark Highlands, US. *Journal of Ethnobiology* 34(1): 104-122.
- Cardona-Ayala, C., Jarma-Orozco, A., Aramendis-Tatis, H., Pena-Agresott, M. y Vergara-Córdoba, C. (2014). Respuestas fisiológicas y bioquímicas del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) bajo déficit hídrico. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 250-261.
- Carvalho, A. F. U., de Sousa, N. M., Farias, D. F., da Rocha-Bezerra, L. C. B., da Silva, R. M. P., Viana, M. P., ... & Freire Filho, F. R. (2012). Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. *Journal of Food Composition and Analysis*, 26(1-2), 81-88.
- Carvalho, M., Castro, I., Matos, M., Lino-Neto, T., Silva, V., Rosa, E., & Carnide, V. (2016). Caracterização agro-morfológica de acessos de feijão-frade (*Vigna unguiculata*): bases para o melhoramento. *Revista de Ciências Agrárias*, 39(4), 506-517.
- Chaves, M. M., Costa, J. M. y Saibo, N. J. M. (2011). Recent advances in photosynthesis under drought and salinity. *Adv Bot Res.* 57: 49-104.
- Chávez-Simental, J. A. y Álvarez-Reyna, V. D. P. (2012). Ecofisiología de seis variedades de frijol bajo las condiciones climáticas de la Región Lagunera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(2): 299-309.
- Da Silva Maia, S., González, S. C., Da Silva, I. K. C., Barreto, G. F., de Souza, L. T., Murga, H., & Rodriguez, C. A. (2021). Interferencia de *Cenchrus echinatus* y *Rottboellia exaltata* en el crecimiento del frijol caupí. *Bioagro*, 33(1), 21-28.
- De Clavijo, E. R., & Muñoz, J. (1985). Algunas plantas interesantes de la provincia de Córdoba. *Acta botanica malacitana*, 10: 79-84.
- Devi, C. B., Kushwaha, A., & Kumar, A. (2015). Sprouting characteristics and associated changes in nutritional composition of cowpea (*Vigna unguiculata*). *Journal of food science and technology*, 52(10): 6821-6827.

- Di Benedetto, A., & Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 42(3): 258-282.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2020). InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. .
- Doumbia, I. Z., Akromah, R., & Asibuo, J. Y. (2013). Comparative study of cowpea germplasms diversity from Ghana and Mali using morphological characteristics. *Journal of Plant Breeding and Genetics*, 1(3): 139-147.
- Duan Y, Guan N, Li P, Li J, Luo J (2016) Monitoring and dietary exposure assessment of pesticide residues in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) in Hainan, China. *Food Control* 59: 250-255.
- Dugje, I. Y., Omoigui, L. O., Ekeleme, F., Kamara, A. Y., & Ajeigbe, H. (2009). Farmers' guide to cowpea production in West Africa. *IITA, Ibadan, Nigeria*, 20; 2-14.
- Duran, L.A., Blair, M.W., Giraldo, M.C., Macchiavelli, R., Prophète, E., Nin, J.C. and J.S. Beaver. 2005. Morphological and molecular characterization of common bean landraces and cultivars from the Caribbean. *Crop Science*, 45(4): 1320 - 1328.
- Ehlers, J. D., & Hall, A. E. (1997). Cowpea (*Vigna unguiculata* L. walp.). *Field crops research*, 53(1-3): 187-204.
- Escalante-Estrada, J. A., Kohashi-Shibata, J. (1982). Efecto del sombreado artificial sobre algunos parámetros del crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Agrociencia*. 48: 29- 38
- Fernández-Gómez, W. D., & Arroyo-Rosales, F. L. (2019). Evaluación de 10 genotipos de frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) por características agronómicas y nutricionales en el municipio de Cereté–Córdoba.
- Fernández Valenciano, A. F., & Sánchez-Chávez, E. (2017). Estudio de las propiedades fisicoquímicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. *Nova scientia*, 9(18), 133-148.

- Ferreira, P. A. A., Pereira, J. P. A. R., Oliveira, D. P., Vale, H. M. M. D., Jesus, E. D. C., Soares, A. L. D. L., & Moreira, F. M. D. S. (2019). New rhizobia strains isolated from the Amazon region fix atmospheric nitrogen in symbiosis with cowpea and increase its yield. *Bragantia*,
- Gardner, F. P., Pearce, R., & Mitchell, R. L. (1985). Physiology of crop plants. Iowa State University press. Ames. USA.
- Garrido Flores, C. R. (2016). Evaluación de la actividad micoparasítica de 15 cepas de trichoderma spp. Frente a rhizoctonia solani, utilizando frejol caupí (vigna unguiculata) en laboratorio.
- Giuliani, M. M., Carucci, F., Nardella, E., Francavilla, M., Ricciardi, L., Lotti, C., Gatta, G. (2018). Combined effects of deficit irrigation and strobilurin application on gas exchange, yield and water use efficiency in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Sci Horti-Amsterdam*. 233: 149-158.
- Gomes, A. M., Rodrigues, A. P., António, C., Rodrigues, A. M., Leitão, A. E., Batista-Santos, P., ... & Ramalho, J. C. (2020). Drought response of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Landraces at leaf physiological and metabolite profile levels. *Environmental and Experimental Botany*, 175, 104060.
- Hall, A.E. (2012). Phenotyping cowpeas for adaptation to drought. *Frontiers in Physiology*, 3(155): 1 - 8.
- Hernández, R. I. E., Correa, S. M. M., & Correa, J. L. M. (2018). *Nutrición y salud*. Manual Moderno.
- Hernández-Murillo, J. R. (2021). Evaluación de la viabilidad del polen en cultivares de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en Montería-Córdoba mathematical function. *Annals of Botany*, 43(2), 245-249.
- Horn, L. N., & Shimelis, H. (2020). Production constraints and breeding approaches for cowpea improvement for drought prone agro-ecologies in Sub-Saharan Africa. *Annals of Agricultural Sciences*.
- Howeler, R. H. (2002). Cassava mineral nutrition and fertilization. *Cassava: Biology, production and utilization*, 115-147.
- Hunt, R. (1978). Plant growth analysis studies on biology. 96 Edward Arnold Publishers Ltd, 8-38.

- INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1; Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las Cartas de Climas y Precipitación Total Anual 1:1 000 000, serie I.
- Iniestra, J., Rocha, E., Gallegos, A., Laredo, G., & Ibarra, F. J. (2022). Factores antinutricios y actividad antioxidante en variedades mejoradas de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). *Agrociencia*, 39(6), 603–610.
- Khanh, T. D., Chung, M. I., Xuan, T. D., & Tawata, S. (2005). The exploitation of crop allelopathy in sustainable agricultural production. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191(3), 172-184.
- Kushwaha, A., & Kumar, A. (2013). A Comprehensive Review on Physical Properties, Nutritional Composition, Culinary Uses and Processing of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *Int. J. Pure App. Biosciences*, 1(5), 51-69
- Lagunes-Espinoza, L.C., Gallardo-López, F., Becerril-Hernández, H., Bolaños-Aguilar, E. (2008) Diversidad cultivada y sistema de manejo de *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata* en la región de la Chontalpa, Tabasco. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(1): 13-21
- Lekunze, J.N. 2014. Market analysis of cowpeas leaves: An indigenous vegetable in North West province, South Africa. *Journal of Human Ecology*, 48(1): 73 - 81.
- Madamba, R., Grubben, G. J. H., Asante, I. K., & Akromah, R. (2006). *Vigna unguiculata* (L.) Walp record from protabase. *PROTA (Plant Resources of Tropical Africa)*, Wageningen, Netherlands.
- Makoi, J.H., Chimphango, S.B., Dakora, F.D. (2009). Effect of legume plant density and mixed culture on symbiotic nitrogen fixation in five cowpea genotypes in South Africa. *Symbiosis*, 48: 57 - 67.
- Márquez-Quiroz, C., De la Cruz-Lázaro, E., Osorio-Osorio, R., & Sánchez-Chávez, E. (2015). Biofortification of cowpea beans with iron: iron's influence on mineral content and yield. *Journal of soil science and plant nutrition*, 15(4), 839-847.
- Mokoboki, H.K., Ayisi, K.K. and L.R. Ndlovu. (2000). Chemical composition and physical characteristics of cowpea haulms as forage for ruminants. *South African Journal of Animal Science*, 30(1): 87- 88.

- Morales-Morales, A. E., Andueza-Noh, R. H., Márquez-Quiroz, C., Benavides-Mendoza, A., Tun-Suarez, J. M., González-Moreno, A., & Alvarado-López, C. J. (2019). Caracterización morfológica de semillas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) de la Península de Yucatán. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(18), 463-475.
- Olukolu, B.A., Mayes, S., Stadler, F., Ng, N.Q., Fawole, I., Dominique, D. and C. Kole. 2012. Genetic diversity in Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) As revealed by phenotypic descriptors and DArT marker analysis. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(3): 347 – 358.
- Osuna, C. F. J.; Garcia, P. F.; Ramirez, R. S.; Canul K. J. y Moreno, L. M. F. (2011). Manejo de Sustratos para el Control Biológico de la producción de raíz en noche buena de interior con trichoderma spp. SAGARPA. INIFAP. Pp. 29.
- Owade, J. O., Abong', G., Okoth, M., & Mwang'ombe, A. W. (2020). A review of the contribution of cowpea leaves to food and nutrition security in East Africa. *Food science & nutrition*, 8(1), 36-47.
- PAHO. (2018). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2018. Pan America Health Organization, 12(3), 1-22. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/11948>
- Palomino De La Cruz, O. B. (2019). Secuencia de siembra en asociación del cultivo de caupí (*Vigna unguiculata* L.) y maíz (*Zea mays* L.) en agricultura sucesional, centro poblado Natividad, Pichari 485 msnm, Cusco, 2017.
- Párraga, J. E. C., Peñate, M. U., García, Á. R. S., Parraga, J. P. M., Ferrín, R. X. B., & Peñate, A. V. (2020). Necesidades hídricas del frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Calculadas con el coeficiente de cultivo utilizando lisímetro de drenaje. *Ciencia y Agricultura*, 17(3), 111-121.
- Pungulani, L.L.M., J.P Millner, W.M. Williams y M. Banda. 2013. Improvement of leaf wilting scoring in cowpea (*Vigna Sinensis* (L.) Walp.): From qualitative scale to quantitative index. *Aust. J. Crop Sci.* 7 (9), 1262-1269.
- Radford, P. J. (1967). Growth analysis formulae-their use and abuse 1. *Crop science*, 7(3), 171-175.

- Reina, A. M. M., Zumaque, L. T., Martínez, L. M. G., Pinto, M. D. V. R., & Cordero, C. C. C. (2020). Caracterización Fríjol Caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp): perspectiva socioeconómica y tecnológica en el Caribe colombiano. *Ciencia y Agricultura*, 17(2), 12-22.
- Revanappa, S. B., Kamannavar, P. Y., Vijaykumar, A. G., Ganajaxi, M., Gajanan, D. K., Arunkumar, B., Salimath, P. M. (2012). Genotype x environment interaction and stability analysis for grain yield in blackgram (*Vigna mungo* L.). *Legume Research: An International Journal* 35(1): 56-58.
- Rodríguez, M. C., & Juárez, Á. (1991). Fisiología vegetal.
- Ruiz-Álvarez, O., Ortega-Ramírez, R., Vásquez-Pena, M.A., Ontiveros-Capurata, R.E. y López-López, R. (2012). Balance hídrico y clasificación climática del estado de Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 2: 1-14.
- SADER. (2019). Secretaria Agricultura y Desarrollo Rural. <http://www.agricultura.gob.mx/sader-2019>
- Salifu, A. B. (1982). *Biology of cowpea flower thrips and host plant resistance* (Doctoral dissertation, University of Ghana).
- Schirripa, L. (2019). *Cambios en el patrón de acumulación de materia seca en el cultivo de trigo (Triticum aestivum L) a partir de diferentes momentos de fertilización* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Luján.).
- Scott, H. D., Batchelor, J. T. 1979. Dry weight and leaf area production rates of irrigated soybeans. *Agronomy Journal*. 71: 776-782.
- SEMARNAT. (2002). Norma Oficial Mexicana. Nom-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 85p.
- Shardendu K., 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. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 105(1): 40 - 50.

- Shardendu, K., Singh, S. K., Reddy, K. R. (2011). Regulation of photosynthesis, fluorescence, stomatal conductance and water-use efficiency of cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) Under drought. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 105(1): 40 - 50.
- Sheahan, C.M., (2012). Plant guide for cowpea (*Vigna unguiculata*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Cape May Plant Materials Center, Cape May, NJ.
- SIAP. (2018). Servicio de Información y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap>
- Sidney, W. (2008). Fermented Beans and Western Taste. *The World of Soy*, 56.
- Silva, F.A.S. y Azevedo, C.A.V. (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr J Agr Res*. 11: 3733-3740.
- Singh, B. B., Ajeigbe, H. A., Tarawali, S. A., Fernandez-Rivera, S., & Abubakar, M. (2003a). Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. *Field Crops Research*, 84(1-2), 169-177.
- Singh, V., Singh, A.K., Singh, M.K., Raghuvanshi, T., y Singh, U. (2017). Morphological and Yield Traits of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) under Integrated Nutrient Management. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (10), 3402-3407
- Som, M. G., & Hazra, P. (1993). Cowpea: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In *Genetic improvement of vegetable crops* (pp. 339-354). Pergamon.
- Sow, F., Niang, K., Camara, Y., Traoré, E. H., Moula, N., Cabaraux, J. F., & Hornick, J. L. (2020). Comparative Study of Intake, Apparent Digestibility and Energy and Nitrogen Uses in Sahelian and Majorera Dairy Goats Fed Hay of *Vigna unguiculata*. *Animals*, 10(5), 861.
- Taiz L., Zeiger, E., Moller, I. M., Murphy, A. (2017). *Physiology and plant development* (6th ed.). Porto Alegre: Artmed 858p.
- Tekalign, T., & Hammes, P. S. (2005). Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth: II. Growth analysis, tuber yield and quality. *Scientia horticultrae*, 105(1), 29-44.

- Thobatsi, J. T. (2009). *Growth and yield responses of maize (Zea mays L.) and cowpea (Vigna unguiculata L.) in an intercropping system* (Doctoral dissertation, University of Pretoria).
- Togola, A., Boukar, O., Belko, N., Chamarthi, S. K., Fatokun, C., Tamo, M., & Oigiangbe, N. (2017). Host plant resistance to insect pests of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.): achievements and future prospects. *Euphytica*, 213(11), 1-16.
- Villadiego, C. E. C., Tatis, H. A., Camacho, M. M. E. y Ayala, C. E. C. (2021). Evaluación agronómica y nutricional de ocho líneas de frijol Caupí (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.). *Revista de Investigacion Agraria y Ambiental*, 12(1), 7.
- Waha, K., Müller, C., Bondeau, A., Dietrich, J. P., Kurukulasuriya, P., Heinke, J. y Lotze-Campen, H. (2013). Adaptation to climate change through the choice of cropping system and sowing date in sub-Saharan Africa. *Global Environmental Change*, 23(1), 130-143.
- Wander, F. (2012). Abelhas mamangavas (*Xylocopa cearensis* e *Xylocopa grisescens*) como potenciais polinizadores do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*). *Bvsalud.org*, 83–83.
<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-102>

ANEXO

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día de floración	24	0.95	0.93	2.48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	413.63	7	59.09	42.97	<0.0001
COLECTTA	413.63	7	59.09	42.97	<0.0001
Error	22.00	16	1.38		
Total	435.63	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.02965

Error: 1.3750 gl: 16

COLECTTA	Medias	n	E.E.	
OJO CAFÉ	53.00	3	0.68	A
OJO NEGRO	52.00	3	0.68	A
ROJO	52.00	3	0.68	A
NEGRO	46.00	3	0.68	B
CUBANO1	46.00	3	0.68	B
ANDALÓN	46.00	3	0.68	B
VAQUITA	42.00	3	0.68	C
CUBANO 2	42.00	3	0.68	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
30	IAF 24	0.55	0.36	15.24	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1559.32	7	222.76	2.82	0.0409
Colecta	1559.32	7	222.76	2.82	0.0409
Error	1265.43	16	79.09		
Total	2824.75	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=15.39322

Error: 79.0893 gl: 16

Colecta	Medias	n	E.E.
F. rojo	71.12	3	5.13 A
F. o. negro	66.51	3	5.13 A B
F. cub2	64.29	3	5.13 A B
F. cub1	57.84	3	5.13 A B C
F. andalón	56.56	3	5.13 A B C
F. negro	54.46	3	5.13 B C
F. o café	51.27	3	5.13 B C
F. vaquita	44.71	3	5.13 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
60	IAF	24	0.75	0.64	22.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	80395.43	7	11485.06	6.91	0.0007
Colecta	80395.43	7	11485.06	6.91	0.0007
Error	26579.44	16	1661.21		
Total	106974.87	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=70.54782

Error: 1661.2147 gl: 16

Colecta	Medias	n	E.E.	
F. cub2	266.92	3	23.53	A
F. rojo	247.67	3	23.53	A
F. o. negro	244.88	3	23.53	A
F. negro	158.58	3	23.53	B
F. o café	150.61	3	23.53	B
F. cub1	143.24	3	23.53	B
F. andalón	131.64	3	23.53	B
F. vaquita	106.16	3	23.53	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90	IAF	24	0.61	0.43	44.20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	351730.38	7	50247.20	3.53	0.0174
Colecta	351730.38	7	50247.20	3.53	0.0174
Error	227919.20	16	14244.95		
Total	579649.59	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=206.58614

Error: 14244.9502 gl: 16

Colecta	Medias	n	E.E.		
F. cub2	525.86	3	68.91	A	
F. o. negro	352.07	3	68.91	A	B
F. rojo	327.37	3	68.91	A	B
F. andalón	239.51	3	68.91	B	C
F. o café	232.23	3	68.91	B	C
F. negro	200.46	3	68.91	B	C
F. cub1	169.00	3	68.91	B	C
F. vaquita	113.92	3	68.91		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Longitud grano (mm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud grano (mm)	105	0.74	0.72	5.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	59.19	7	8.46	39.28	<0.0001
Colecta	59.19	7	8.46	39.28	<0.0001
Error	20.88	97	0.22		
Total	80.06	104			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.35982

Error: 0.2152 gl: 97

Colecta	Medias	n	E.E.			
Cubano 2	9.70	14	0.12	A		
Negro	9.28	14	0.12	B		
Cubano 1	9.23	12	0.13	B	C	
Andalón	8.91	13	0.13		C	D
Ojo café	8.81	13	0.13			D
Vaquita	8.71	13	0.13			D
Ojo negro	8.13	13	0.13		E	
Rojo	7.12	13	0.13			F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Grosor de grano (mm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grosor de grano (mm)	105	0.47	0.43	7.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12.58	7	1.80	12.13	<0.0001
Colecta	12.58	7	1.80	12.13	<0.0001
Error	14.37	97	0.15		
Total	26.95	104			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.29852

Error: 0.1481 gl: 97

Colecta	Medias	n	E.E.		
Cubano 2	5.84	14	0.10	A	
Andalón	5.62	13	0.11	A	
Negro	5.59	14	0.10	A	
Cubano 1	5.56	12	0.11	A	
Vaquita	5.24	13	0.11		B
Ojo café	5.01	13	0.11		B C
Rojo	4.95	13	0.11		B C
Ojo negro	4.85	13	0.11		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Ancho de grano (mm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ancho de grano (mm)	105	0.75	0.74	5.06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31.34	7	4.48	42.27	<0.0001
Colecta	31.34	7	4.48	42.27	<0.0001
Error	10.27	97	0.11		
Total	41.61	104			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.25240

Error: 0.1059 gl: 97

Colecta	Medias	n	E.E.		
Andalón	7.14	13	0.09	A	
Cubano 2	7.12	14	0.09	A	
Cubano 1	6.90	12	0.09	A	
Negro	6.53	14	0.09		B
Vaquita	6.31	13	0.09		B
Rojo	5.98	13	0.09		C
Ojo café	5.84	13	0.09		C D
Ojo negro	5.65	13	0.09		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Peso seco hoja

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
30	Peso seco hoja	24	0.50	0.28	18.06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.50	7	0.50	2.25	0.0853
Colectas	3.50	7	0.50	2.25	0.0853
Error	3.56	16	0.22		
Total	7.06	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.81673

Error: 0.2226 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.
Frijol ojo negro	3.12	3	0.27 A
Frijol rojo	3.06	3	0.27 A B
Frijol cubano 2	2.93	3	0.27 A B
Frijol cubano 1	2.66	3	0.27 A B C
Frijol andalón	2.48	3	0.27 A B C
Frijol negro	2.41	3	0.27 A B C
Frijol ojo café	2.29	3	0.27 B C
Frijol vaquita	1.95	3	0.27 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso raíz

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
30	Peso raíz	24	0.54	0.34	28.17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.23	7	0.03	2.66	0.0499
Colectas	0.23	7	0.03	2.66	0.0499
Error	0.20	16	0.01		
Total	0.43	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.19300

Error: 0.0124 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.
Frijol cubano 1	0.60	3	0.06 A
Frijol ojo negro	0.45	3	0.06 A B
Frijol cubano 2	0.44	3	0.06 A B
Frijol rojo	0.42	3	0.06 A B
Frijol andalón	0.34	3	0.06 B
Frijol ojo café	0.34	3	0.06 B
Frijol negro	0.32	3	0.06 B
Frijol vaquita	0.26	3	0.06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso seco tallo

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
30	Peso seco tallo	24	0.60	0.42	19.26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.03	7	0.58	3.42	0.0198
Colectas	4.03	7	0.58	3.42	0.0198
Error	2.70	16	0.17		
Total	6.73	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.71093

Error: 0.1687 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.				
Frijol ojo negro	2.88	3	0.24	A			
Frijol rojo	2.58	3	0.24	A	B		
Frijol cubano 2	2.34	3	0.24	A	B	C	
Frijol cubano 1	2.06	3	0.24		B	C	D
Frijol ojo café	2.05	3	0.24		B	C	D
Frijol andalón	1.81	3	0.24			C	D
Frijol negro	1.74	3	0.24			C	D
Frijol vaquita	1.61	3	0.24				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso aéreo

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
30	Peso aéreo	24	0.55	0.36	17.99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14.39	7	2.06	2.82	0.0407
Colectas	14.39	7	2.06	2.82	0.0407
Error	11.66	16	0.73		
Total	26.04	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.47754

Error: 0.7287 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.				
Frijol ojo negro	6.00	3	0.49	A			
Frijol rojo	5.64	3	0.49	A	B		
Frijol cubano 2	5.27	3	0.49	A	B	C	
Frijol cubano 1	4.72	3	0.49	A	B	C	D
Frijol ojo café	4.33	3	0.49		B	C	D
Frijol andalón	4.29	3	0.49		B	C	D
Frijol negro	4.14	3	0.49			C	D
Frijol vaquita	3.56	3	0.49				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso seco planta

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
30	Peso seco planta	24	0.56	0.37	17.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18.06	7	2.58	2.95	0.0349
Colectas	18.06	7	2.58	2.95	0.0349
Error	14.02	16	0.88		
Total	32.08	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.62020

Error: 0.8762 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.
Frijol ojo negro	6.58	3	0.54 A
Frijol rojo	6.28	3	0.54 A B
Frijol cubano 2	5.89	3	0.54 A B
Frijol cubano 1	5.46	3	0.54 A B
Frijol ojo café	4.81	3	0.54 B C
Frijol andalón	4.80	3	0.54 B C
Frijol negro	4.67	3	0.54 B C
Frijol vaquita	3.83	3	0.54 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Área foliar total

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
30	Área foliar total	24	0.55	0.36	15.24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	623727.95	7	89103.99	2.82	0.0409
Colectas	623727.95	7	89103.99	2.82	0.0409
Error	506171.46	16	31635.72		
Total	1129899.41	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=307.86446

Error: 31635.7163 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.			
Frijol rojo	1422.36	3	102.69	A		
Frijol ojo negro	1330.30	3	102.69	A	B	
Frijol cubano 2	1285.77	3	102.69	A	B	
Frijol cubano 1	1156.87	3	102.69	A	B	C
Frijol andalón	1131.28	3	102.69	A	B	C
Frijol negro	1089.17	3	102.69		B	C
Frijol ojo café	1025.44	3	102.69		B	C
Frijol vaquita	894.14	3	102.69			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Altura de planta cm

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
30	Altura de planta cm 24	0.61	0.44	14.97	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3662.50	7	523.21	3.58	0.0164
Colectas	3662.50	7	523.21	3.58	0.0164
Error	2338.00	16	146.13		
Total	6000.50	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=20.92343

Error: 146.1250 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.
Frijol vaquita	96.00	3	6.98 A
Frijol ojo café	92.67	3	6.98 A
Frijol negro	88.33	3	6.98 A B
Frijol cubano 2	85.33	3	6.98 A B
Frijol rojo	83.33	3	6.98 A B
Frijol ojo negro	75.67	3	6.98 A B C
Frijol andalón	67.67	3	6.98 B C
Frijol cubano 1	57.00	3	6.98 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso seco hoja

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
60	Peso seco hoja	24	0.74	0.62	23.18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	289.10	7	41.30	6.34	0.0011
Colectas	289.10	7	41.30	6.34	0.0011
Error	104.21	16	6.51		
Total	393.30	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4.41736

Error: 6.5131 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.
Frijol ojo negro	16.44	3	1.47 A
Frijol cubano 2	15.86	3	1.47 A
Frijol rojo	13.69	3	1.47 A B
Frijol cubano 1	9.29	3	1.47 B C
Frijol ojo café	9.01	3	1.47 C
Frijol negro	8.34	3	1.47 C
Frijol vaquita	8.18	3	1.47 C
Frijol andalón	7.26	3	1.47 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso raíz

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
60	Peso raíz	24	0.29	0.00	44.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.69	7	1.24	0.93	0.5082
Colectas	8.69	7	1.24	0.93	0.5082
Error	21.30	16	1.33		
Total	29.99	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.99702

Error: 1.3311 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.
Frijol ojo negro	3.46	3	0.67 A
Frijol cubano 1	3.27	3	0.67 A
Frijol cubano 2	3.18	3	0.67 A
Frijol negro	2.55	3	0.67 A
Frijol ojo café	2.27	3	0.67 A
Frijol vaquita	2.03	3	0.67 A
Frijol rojo	1.98	3	0.67 A
Frijol andalón	1.86	3	0.67 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso seco tallo

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
60	Peso seco tallo	24	0.78	0.69	26.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	710.87	7	101.55	8.16	0.0003
Colectas	710.87	7	101.55	8.16	0.0003
Error	199.07	16	12.44		
Total	909.94	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.10538

Error: 12.4418 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.
Frijol ojo negro	22.75	3	2.04 A
Frijol cubano 2	19.82	3	2.04 A
Frijol rojo	17.64	3	2.04 A B
Frijol ojo café	11.56	3	2.04 B C
Frijol cubano 1	10.03	3	2.04 C
Frijol andalón	8.90	3	2.04 C
Frijol vaquita	8.35	3	2.04 C
Frijol negro	7.96	3	2.04 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso aéreo

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
60	Peso aéreo	24	0.77	0.67	24.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1891.24	7	270.18	7.62	0.0004
Colectas	1891.24	7	270.18	7.62	0.0004
Error	567.54	16	35.47		
Total	2458.78	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=10.30883

Error: 35.4713 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.
Frijol ojo negro	39.19	3	3.44 A
Frijol cubano 2	35.68	3	3.44 A
Frijol rojo	31.33	3	3.44 A
Frijol ojo café	20.56	3	3.44 B
Frijol cubano 1	19.32	3	3.44 B
Frijol vaquita	16.52	3	3.44 B
Frijol negro	16.30	3	3.44 B
Frijol andalón	16.16	3	3.44 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso seco planta

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
60	Peso seco planta	24	0.75	0.64	24.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2042.79	7	291.83	6.79	0.0008
Colectas	2042.79	7	291.83	6.79	0.0008
Error	688.04	16	43.00		
Total	2730.84	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=11.35059

Error: 43.0026 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.
Frijol ojo negro	42.66	3	3.79 A
Frijol cubano 2	38.86	3	3.79 A
Frijol rojo	33.31	3	3.79 A B
Frijol ojo café	22.83	3	3.79 B C
Frijol cubano 1	22.59	3	3.79 B C
Frijol negro	18.86	3	3.79 C
Frijol vaquita	18.55	3	3.79 C
Frijol andalón	18.02	3	3.79 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Área foliar total

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
60	Área foliar total	24	0.75	0.64	22.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32158173.18	7	4594024.74	6.91	0.0007
Colectas	32158173.18	7	4594024.74	6.91	0.0007
Error	10631774.29	16	664485.89		
Total	42789947.47	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1410.95643

Error: 664485.8931 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.	
Frijol cubano 2	5338.46	3	470.63	A
Frijol rojo	4953.38	3	470.63	A
Frijol ojo negro	4897.69	3	470.63	A
Frijol negro	3171.62	3	470.63	B
Frijol ojo café	3012.12	3	470.63	B
Frijol cubano 1	2864.82	3	470.63	B
Frijol andalón	2632.82	3	470.63	B
Frijol vaquita	2123.11	3	470.63	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Altura de planta cm

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
60	Altura de planta cm	24	0.46	0.22	23.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	59283.29	7	8469.04	1.92	0.1322
Colectas	59283.29	7	8469.04	1.92	0.1322
Error	70510.67	16	4406.92		
Total	129793.96	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=114.90479

Error: 4406.9167 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.
Frijol ojo negro	340.67	3	38.33 A
Frijol ojo café	338.00	3	38.33 A
Frijol cubano 2	303.33	3	38.33 A
Frijol rojo	295.33	3	38.33 A B
Frijol cubano 1	289.00	3	38.33 A B
Frijol vaquita	256.00	3	38.33 A B
Frijol negro	236.00	3	38.33 A B
Frijol andalón	183.33	3	38.33 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso seco hoja

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90	Peso seco hoja	24	0.75	0.64	26.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	993.44	7	141.92	6.87	0.0007
Colectas	993.44	7	141.92	6.87	0.0007
Error	330.43	16	20.65		
Total	1323.87	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=7.86591

Error: 20.6517 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.
Frijol cubano 2	27.35	3	2.62 A
Frijol ojo negro	26.69	3	2.62 A
Frijol rojo	20.79	3	2.62 A B
Frijol ojo café	16.76	3	2.62 B C
Frijol negro	14.31	3	2.62 B C
Frijol andalón	12.79	3	2.62 C
Frijol cubano 1	10.22	3	2.62 C
Frijol vaquita	10.22	3	2.62 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso raíz

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90	Peso raíz	24	0.38	0.11	36.59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27.80	7	3.97	1.43	0.2621
Colectas	27.80	7	3.97	1.43	0.2621
Error	44.56	16	2.79		
Total	72.36	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.88870

Error: 2.7853 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.
Frijol cubano 2	6.78	3	0.96 A
Frijol ojo negro	5.23	3	0.96 A B
Frijol negro	5.03	3	0.96 A B
Frijol andalón	4.53	3	0.96 A B
Frijol ojo café	4.44	3	0.96 A B
Frijol cubano 1	3.90	3	0.96 A B
Frijol rojo	3.36	3	0.96 B
Frijol vaquita	3.23	3	0.96 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso seco tallo

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90	Peso seco tallo	24	0.63	0.47	43.20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1172.94	7	167.56	3.96	0.0107
Colectas	1172.94	7	167.56	3.96	0.0107
Error	676.91	16	42.31		
Total	1849.85	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=11.25836

Error: 42.3066 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.
Frijol cubano 2	25.87	3	3.76 A
Frijol ojo negro	25.79	3	3.76 A
Frijol rojo	17.91	3	3.76 A B
Frijol ojo café	14.65	3	3.76 A B
Frijol andalón	11.00	3	3.76 B
Frijol negro	9.09	3	3.76 B
Frijol cubano 1	8.68	3	3.76 B
Frijol vaquita	7.46	3	3.76 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso aéreo

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90	Peso aéreo	24	0.70	0.57	32.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4295.07	7	613.58	5.38	0.0026
Colectas	4295.07	7	613.58	5.38	0.0026
Error	1823.29	16	113.96		
Total	6118.36	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=18.47729

Error: 113.9555 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.
Frijol cubano 2	53.22	3	6.16 A
Frijol ojo negro	52.48	3	6.16 A
Frijol rojo	38.70	3	6.16 A B
Frijol ojo café	31.41	3	6.16 B C
Frijol andalón	23.79	3	6.16 B C
Frijol negro	23.40	3	6.16 B C
Frijol cubano 1	18.90	3	6.16 C
Frijol vaquita	17.68	3	6.16 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso seco planta

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90	Peso seco planta	24	0.70	0.57	30.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4784.69	7	683.53	5.28	0.0028
Colectas	4784.69	7	683.53	5.28	0.0028
Error	2072.16	16	129.51		
Total	6856.85	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=19.69803

Error: 129.5103 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.
Frijol cubano 2	60.00	3	6.57 A
Frijol ojo negro	57.71	3	6.57 A
Frijol rojo	42.06	3	6.57 A B
Frijol ojo café	35.85	3	6.57 B C
Frijol negro	28.42	3	6.57 B C
Frijol andalón	28.32	3	6.57 B C
Frijol cubano 1	22.80	3	6.57 B C
Frijol vaquita	20.91	3	6.57 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Área foliar total

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90	Área foliar total	24	0.61	0.43	44.20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	140692152.73	7	20098878.963.53	0.0174	
Colectas	140692152.73	7	20098878.963.53	0.0174	
Error	91167681.32	16	5697980.08		
Total	231859834.05	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4131.72286

Error: 5697980.0824 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.			
Frijol cubano 2	10517.12	3	1378.16	A		
Frijol ojo negro	7041.50	3	1378.16	A	B	
Frijol rojo	6547.42	3	1378.16	A	B	
Frijol andalón	4790.15	3	1378.16		B	C
Frijol ojo café	4644.57	3	1378.16		B	C
Frijol negro	4009.15	3	1378.16		B	C
Frijol cubano 1	3380.07	3	1378.16		B	C
Frijol vaquita	2278.42	3	1378.16			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Altura de planta cm

Días después de la siembra.	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90	Altura de planta cm	24	0.63	0.47	18.45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	88076.63	7	12582.38	3.97	0.0106
Colectas	88076.63	7	12582.38	3.97	0.0106
Error	50717.33	16	3169.83		
Total	138793.96	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=97.45159

Error: 3169.8333 gl: 16

Colectas	Medias	n	E.E.				
Frijol ojo café	416.67	3	32.51	A			
Frijol ojo negro	347.33	3	32.51	A	B		
Frijol cubano 2	334.00	3	32.51	A	B	C	
Frijol rojo	330.00	3	32.51	A	B	C	
Frijol negro	279.67	3	32.51		B	C	D
Frijol cubano 1	276.67	3	32.51		B	C	D
Frijol vaquita	245.00	3	32.51			C	D
Frijol andalón	212.33	3	32.51				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)