



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLAS DE HIDALGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**PRODUCCIÓN DE FRIJOL CHINO (*Vigna unguiculata*) EN
DIFERENTES FECHAS DE SIEMBRA**

MARÍA DE JESÚS ÁVALOS MORENO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO HORTICULTOR

ASESOR: DRA. MARICELA APÁEZ BARRIOS

APATZINGÁN DE LA CONSTITUCIÓN, MICHOACÁN, MEXICO.

NOVIEMBRE 2018

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**PRODUCCION DE FRIJOL CHINO (*Vigna Unguiculata*) EN DIFERENTES
FECHAS DE SIEMBRA**

TESIS QUE PRESENTA

MARÍA DE JESÚS ÁVALOS MORENO

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como
requisito parcial, para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO HORTICULTOR

COMITÉ PARTICULAR

Director:

Dra. Maricela Apáez Barrios

Codirector:

Dr. Patricio Apáez Barrios

Asesor:

Dr. José Luis Escamilla García

Asesor:

Dr. Noé Armando Ávila Ramírez

Asesor:

Dr. Abimael López López

Apatzingán, Michoacán, México. Noviembre, 2018

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Nuestro Creador, basto e Infinito por manifestar su gracia en mi camino por esta vida. Dándome a una madre (*Eva Moreno García*) fuerte que me visualiza realizada a diario, cumpliendo metas, con la fuerza que solo su amor puede impulsar semejante anhelo.

Agradezco a mi única hermana (*María de los Ángeles Ávalos Moreno*) por el sin fin de buenos deseos que me motivan a seguir dando lo mejor de mí.

Agradezco a mi pequeña (*Esmeralda Cano Ávalos*) por recordarme fervientemente todas las mañanas que yo soy su camino y guía, que de mi depende mostrarme a mi misma de todo cuanto debó ser capaz de superar pues ella seguirá mis pasos.

Agradezco a mí amado Padre (*Jorge Avalos Mendoza*) por ser mi padre.

DEDICATORIAS

A mi madre Sra. Eva Moreno García, por su amor y apoyo incondicional.

A mis compañeros de Generación (5 hermanas y 14 hermanos) mi segunda Familia.

**A mis apreciados Profesores, seres inmortales, pues su esencia y conocimiento siempre
vivirá en la historia de la vida.**

A mis queridos amigos, mis lecciones de vida.

**A mi Futuro Colega Alejandro Duque Mendoza, dedicación y amor por lo que se hace es
causa de toda felicidad.**

CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Origen.....	4
Importancia.....	4
Taxonomía.....	5
Descripción botánica.....	5
Ecología.....	6
Prácticas agronómicas.....	7
Densidades de siembra.....	7
Épocas de siembra.....	7
Fertilización.....	8
Plagas.....	8
Enfermedades.....	9
Control de maleza.....	10
Cosecha.....	10
Propiedades medicinales.....	10
III. OBJETIVOS.....	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos.....	11
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
Ubicación del sitio experimental.....	12
Características físicas y químicas del suelo.....	13

Genotipo utilizado.....	13
Siembra y manejo del cultivo.....	13
Tratamientos y diseño experimental.....	15
VARIABLES DE RESPUESTA.....	16
Análisis estadístico.....	19
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
Fenología y condiciones ambientales.....	20
Acumulación de calor.....	21
Altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas.....	23
Rendimiento de vaina verde, componentes del rendimiento y dinámica de la producción de vaina por corte.....	25
Rendimiento de grano seco.....	28
Relación entre variables evaluadas.....	29
VI. CONCLUSIONES.....	33
VII. RECOMENDACIÓN.....	34
VIII. LITERATURA CITADA.....	35

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Taxonomía del frijol chino (<i>Vigna unguiculata</i>).....	5
2. Altura de la planta (cm), diámetro del tallo (DT), número de hojas (NH) en función la fecha de siembra de frijol chino. Apatzingán, Michoacán. Otoño de 2018.	27
3. Rendimiento fresco de vaina (RVV), peso seco (PS), diámetro de vaina (DV), longitud de vaina (LV) y número de vainas (NV) de frijol chino. Apatzingán, Michoacán. Otoño de 2018.....	29
4. Análisis de regresión entre variables de respuesta. Altura de la planta (cm), diámetro del tallo (DT), número de hojas (NH), peso fresco de vaina (PFV), peso seco (PS), diámetro de vaina (DV), longitud de vaina (LV) y número de vainas (NV) en función la fecha de siembra. Apatzingán, Michoacán. Otoño de 2018.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización del sitio donde se estableció el experimento.....	13
2. Aplicación de fertilizante.....	15
3. Aplicación de fertilizante foliar ala planta	16
4. Medición de variables de respuesta.....	18
5. Proceso de obtención de peso de la vaina fresca o en verde.....	19
6. Determinación de rendimiento de vaina verde por corte.....	20
7. Registro de rendimiento de grano.....	21
8. Temperatura máxima, mínima (media decenal) y precipitación (suma decenal) durante el ciclo del cultivo frijol chino. Apatzingán, Michoacán. Otoño de 2018.....	23
9. Acumulación de unidades calor para los tratamientos en función de la fecha de siembra utilizada. Apatzingán, Michoacán, México. Otoño de 2018.....	25
10. Rendimiento de vaina verde (RVV) por número de cortes en función de la fecha de siembra utilizada. Apatzingán, Michoacán, México. Otoño de 2018.....	30
11. Rendimiento de grano en función de la fecha de siembra utilizada. DSH = diferencia significativa honesta. Apatzingán, Michoacán, México. Otoño de 2018.....	31

RESUMEN

El frijol chino (*Vigna unguiculata*(L.) Walp.)Presenta gran variedad de usos, ya que sus hojas, vainas y grano se utilizan en la alimentación humana, además es considerado un forraje de calidad por su alto contenido de proteína el cual superior al de otras leguminosas. Está adaptado a condiciones de clima cálido. El trabajo de tesis se estableció en Apatzingán de la Constitución, Michoacán (clima cálido) con el objetivo de determinar la mejor fecha de siembra para conocer el efectoel tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas del frijol chino, altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas y determinar la fecha de siembra más apropiada para obtener el mayor rendimiento de grano seco y vaina fresca de frijol chino.La siembra se realizó el 03 de octubre (OCT03), 13 de octubre (OCT13), 23 de octubre (OCT23), 02 de noviembre (NOV02) y 12 de noviembre (NOV12) de 2017.El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se registró la temperatura máxima y mínima ($T_{\text{máx}}$ y $T_{\text{mín}}$), precipitación (PP) y acumulación de unidades calor (UC). A madurez comercial se determinó el rendimiento de vaina verde (RVV) y a madurez fisiológica se evaluó el rendimiento de grano (RG). La ocurrencia de las etapas fenológicas del frijol chino se alargó conforme la siembra se hizo más tarde. En la siembra del 03 de octubre el ciclo de cultivo del frijol se acortó en 14 días a madurez fisiológica en comparación con la del 12 de noviembre por reducción en la $T_{\text{máx}}$ en 2.0 °C. El mayor RVV (11,528 kg ha⁻¹), (RG, 11.5t ha⁻¹) se presentó con la siembra OCT03, producto de mayor acumulación de UC (2,545 °C d). En condiciones de clima cálido, el frijol chino en siembras tempranas presenta la mayor producción.

PALABRAS CLAVE: CLIMA , TEMPERATURA,SIEMBRA,RENDIMIENTO,PRODUCCION.

ABSTRACT

The Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) has a wide variety of uses, since its leaves, pods and grain are used in human food, it is also considered a quality forage for its high protein content which is superior to that of other legumes. It is adapted to warm weather conditions. The thesis work was established in Apatzingán de la Constitución, Michoacán (warm weather) with the aim of determining the best sowing date to know the effect of the time to occurrence of the phenological stages of Cowpea, plant height, stem diameter, number of leaves and determine the most appropriate sowing date to obtain the highest yield of dry bean and fresh pod. The sowing was carried out on October 3 (OCT03), October 13 (OCT13), October 23 (OCT23), November 2 (NOV02) and November 12 (NOV12) of 2017. The experimental design was randomized complete blocks with four repetitions. The maximum and minimum temperature (T max and T min), precipitation (PP) and accumulation of heat units (CU) were recorded. The green pod yield (RVV) was determined at commercial maturity and the grain yield (GR) was evaluated at physiological maturity. The occurrence of the phenological stages of the Cowpea was lengthened as the sowing was done later. At sowing on October 3, the crop cycle was shortened by 14 days at physiological maturity compared to November 12, due to a reduction in T max at 2.0 °C. The highest RVV (11,528 kg ha⁻¹), RG (11.5t ha⁻¹) was presented with the OCT03 sowing, product of higher accumulation of UC (2,545 °C d). In warm weather conditions, the cowpea in early sowing has the highest production.

I. INTRODUCCIÓN

El frijo chino (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), es conocido como cowpea o chícharo de vaca, frijol de costa, frijol carita y frijol chino. Es una especie de la familia Fabaceae con amplia diversidad de tipos y cultivares tanto de crecimiento determinado como indeterminado. Presenta rusticidad a condiciones adversas y prolongados periodos de sequía, además de versatilidad en sus usos; vainas y hojas se consumen como verdura, el grano en gran variedad de preparaciones, el forraje es usado en la alimentación del ganado vacuno, para la engorda de pollos y también se utiliza como abono verde (Tshoyhote *et al.*, 2003).

Es una leguminosa, que se cultiva prácticamente en todo el mundo, en 129 países de los cinco continentes. Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), América latina es la zona que concentra la mayor producción y consumo; se estima que más del 45% de la producción mundial proviene de esta región, catalogándose como uno de los productos básicos de la economía (FAO, 2010).

La superficie cultivada con esta leguminosa a nivel mundial se estima en aproximadamente nueve millones de hectáreas, con una producción de 4.5 millones de toneladas de grano. Entre los principales países productores destacan en orden de importancia India (15.5 %), Myanmar (14.9%), Brasil (13 %), Estados Unidos (5.3 %), México (5.1 %), China (4.1%), Tanzania (3.4%), Uganda (2.4%), Kenia (2%) e Indonesia (1.6%) (Fenalce, 2016).

En México se cultiva en los estados de Tamaulipas, Yucatán, Campeche, Tabasco y Guerrero (SIAP, 2018).

Las vainas llegan a medir hasta 75 cm de longitud y presenta alto contenido de vitaminas, ácido fólico, minerales y sobre todo proteínas (23 a 28 %) (Ofori y Klogo, 2005; Apáez *et al.*, 2009).

Este es importante por presentar alto contenido de proteína (24%), carbohidratos, fibra, vitaminas, minerales y bajo en sustancias anti nutricionales. Produce vainas que miden hasta 75 cm de longitud (Apáez *et al.*, 2009). Permiten considerarlo como un alimento rico en proteína superior al frijol común, el cual presenta valores de 18 a 22,3% (Abubaker, 2008).

El rendimiento de frijol varía en función del fotoperíodo (Acosta y White, 1995), la intensidad luminosa (Escalante *et al.*, 2001) y temperatura ambiental (Suzuki *et al.*, 2001). Algunos efectos de la fecha de siembra en frijolejotero en el Valle de México fueron reportados por Esquivel *et al.* (2006), quienes en dos fechas de siembra (21 de mayo y 15 de junio) compararon a 36 cultivares de frijol ejotero de los hábitos de crecimiento tipos I, III y IV; observaron que el rendimiento promedio más alto (25.6 t ha⁻¹) correspondió a la siembra del 21 de mayo y el más bajo (11.5 t ha⁻¹) a la del 15 de junio, diferencia que atribuyeron al cambio en la temperatura mínima y del fotoperíodo. Según Peixoto *et al.* (2002), el cultivar de frijol ejotero „Hav-14“ sembrado el 30 de abril en Anápolis, Brasil con clima cálido, mostró rendimientos que van desde 10.89 a 21.7 t ha⁻¹ en 1996 y 1998, respectivamente, con 42 d de siembra a inicio de floración. En Korea (clima templado) Lee *et al.* (2001) evaluaron fechas de siembra en frijol ejotero entre el 20 de marzo y el 18 de junio, y encontraron que la siembra del 4 de abril produjo 24 t ha⁻¹ debido a la aplicación de riego. El contenido de proteína en relación a otras leguminosas es el siguiente:

El análisis bromatológico del grano de frijol chino indica que contiene entre 19 y 26% de proteína cruda, con una cantidad adecuada de aminoácidos esenciales como lisina, valina, isoleucina, leucina, fenilalanina, arginina, histidina y treonina. En relación al frijol común presenta 30% más de proteínas, ácido fólico y menor contenido de sustancias causantes de flatulencias (Davis *et al.*, 1991).

Es por ello que el frijol *Vigna unguiculata*, junto con la soya, constituye una buena alternativa para satisfacer las necesidades proteicas en la alimentación humana y animal (Quintero y Gil, 2009). Por lo que este cultivo puede ser una alternativa de cultivo en zonas tropicales subdesarrolladas, donde existe una constante búsqueda de fuentes de proteína vegetal para reducir la dependencia alimentaria de proteína animal que es más cara.

Esta leguminosa es de fácil cultivo, de ciclo corto (Labarca *et al.*, 1999), que además soporta temperaturas elevadas en zonas secas, en donde tiene elevada producción de biomasa (Skerman, 1991).

Existen estudios que indican que la temperatura y la acumulación de biomasa están fuertemente relacionados, cualquier cambio significativo repercutirá directamente sobre la capacidad de acumulación y por consiguiente en el rendimiento (Kobata y Uemuki, 2004).

Michoacán es uno de los estados con mayor diversidad climática, encontrándose regiones desde templadas hasta cálidas, particularmente en el valle de Apatzingán de la Constitución las temperaturas que se registran durante el año son cálidas, las cuales podrían ser adecuadas para el cultivo de frijol chino, por lo que es importante realizar estudios para determinar las fechas de siembra más apropiadas para que exprese su máximo potencial de rendimiento.

Por lo que se propone a esta leguminosa como un cultivo complementario y alternativo al limón, toronja, mango, papaya y pepino principalmente, que actualmente presentan problemas de plagas y enfermedades en la región del Valle de Apatzingán.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen

El frijol chino es considerado originario del continente asiático, y que de ahí se distribuyó por todo el mundo. Ahora se puede encontrar sembrado en varios países del continente Africano, Europeo y Americano, siendo este último donde es más consumido (Duke, 1981).

Importancia

Las estructuras de la planta de frijol chino son fuente de alimento; así, en África las hojas verdes son importantes para el consumo humano. También se consumen las vainas inmaduras y a menudo se mezcla con otros alimentos. En el Oeste de África, India, Estados Unidos de América y México se consume el grano seco y la vaina fresca. Es considerado como un excelente alimento en verdura por su alto contenido de proteínas (24.4 %), carbohidratos (63.6 %), y vitaminas A y C. Esta leguminosa se ha sembrado exitosamente como hortaliza en las áreas de riego del norte de Tamaulipas (México). Su vaina seexporta hacia los Estados Unidos donde se comercializa en forma enlatada, congelada y para el mercado fresco (Díaz y Leal, 1992).

Taxonomía

La taxonomía de *Vigna unguiculata* L. se describe en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Taxonomía del frijol chino (*Vigna unguiculata*).

Reino	Vegetal
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneae
Orden	Leguminosae
Familia	Fabaceae
Género	<i>Vigna</i>
Especie	<i>unguiculata</i>
Nombre científico	<i>Vigna unguiculata</i> L.
Nombre común	Frijol chino, castilla, chileno, frijol pelón, entre otros.

Fuente: Arias y Restrepo, 2007.

Descripción botánica

Es una planta herbácea anual, de forma arbustiva, de crecimiento determinado e indeterminado, cuya altura varía de 0.3 a 2 m. La raíz principal puede alcanzar hasta 2 m de profundidad y las laterales desarrollan una retícula cónica. Forman nódulos que son producidos por bacterias fijadoras de nitrógeno de la atmósfera.

Las hojas son de color verde oscuro, trifolioladas con largos peciolo y estípulas aurículas, pubescentes y puntiagudos con el terminal de mayor tamaño que las laterales que son asimétricas.

La inflorescencia son racimos con pedúnculos muy largos y las flores están apretadas en el ápice del pedúnculo, son de color blanco, amarillo, azul claro, violeta o púrpura con las brácteas caedizas una vez fecundadas las flores. Con flores de gran tamaño; el cáliz forma un tubo con los “dientes” iguales y puntiagudos. La corola consta de un estandarte grande redondeado, alas ovaladas y la quilla encorvada, los estambres divididos en dos grupos siendo libre el vexilar. El gineceo con disco y ovario pubescente. De toda la inflorescencia solo dos o cuatro flores se convierten en frutos, pues las demás abortan. Vainas largas, estrechas, colgantes, comprimidas sobre las semillas, las cuales están muy próximas entre sí, con curvaturas más o menos acentuadas, dehiscentes, la longitud puede variar de 15 a 60 cm. Las semillas de color, forma y tamaño variable, pueden ser blancas, cremas, amarillas, púrpuras, pardas o negras, también existen multicoloreadas, ya sea veteadas o moteadas. La superficie puede ser lisa o corrugada (Apáez *et al.*, 2009).

Ecología

Para un óptimo crecimiento del frijol chino, la siembra debe ser en suelos profundos, fértiles, sin problemas de salinidad. La conductividad eléctrica no debe ser mayor de 2 mmhos cm^{-1} y el pH en un intervalo de 5.5 a 6.5. Es un cultivo de clima cálido, muy adaptado a zonas de los trópicos húmedos, también se puede desarrollar en zonas templadas. Es tolerante al calor y condiciones secas, sin embargo es sensible a las heladas; con temperaturas de 5 a 7 °C se tienen problemas con la germinación; siendo la temperatura óptima entre 18 y 20 °C. Prospera en

lugares con precipitación entre 650 a 2000 mm. Es moderadamente tolerante a la sequía, ya que se puede desarrollar a precipitación menor de 400 mm(Apáez *et al.*, 2009).

Prácticas agronómicas

La siembra puede hacerse en forma mecanizada o manual en hilera sencilla o doble. La separación entre las hileras sencillas puede ser de 50, 60 y 70 cm. Cuando se utilizan hileras dobles se recomienda separarlas a 40 cm, dejando las calles a 60 cm(Apáez *et al.*, 2009).

Densidades de siembra

Armela *et al.* (2004), en la estación agrícola perteneciente al Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitroy” al evaluar densidades de siembra de 50, 100, 150, 200 y 250 mil plantas por hectárea con *Vigna unguiculata* (IITA Precoz) de crecimiento determinado, en el ciclo de producción Primavera – Verano, encontraron un rendimiento en vaina superior a 7,000 kg ha⁻¹ con densidades de población entre 150 y 200 mil plantas ha⁻¹.

Épocas de siembra

Debe sembrarse cuando las lluvias no sean intensas, procurar que éstas no sobrepasen la época de fructificación, ya que si continúa lloviendo las plantas mantienen su desarrollo emitiendo nuevas flores y manteniendo el follaje verde, dificultándose la cosecha, debido a que algunas vainas están secas y el resto está verde. La planta presenta una maduración no uniforme de ahí la importancia de lograr que tanto la vaina como la planta sequen de forma simultánea (Apáez *et al.*, 2009).

Fertilización

El cultivo es rústico ya que puede prosperar en suelos de baja fertilidad. Para su óptimo desarrollo necesita una fórmula alta en fósforo y baja en nitrógeno ya que es excelente para fijar nitrógeno. Morales (1991) previo análisis de suelo recomienda aplicar 100 kg ha^{-1} de la fórmula 10-30-10. Antúnez (2002) evaluó diferentes dosis de nitrógeno (00, 40, 80 y 120 kg ha^{-1}), no encontró respuesta de la planta a la fertilización, suponiendo que este efecto se deba a que la planta es fijadora de nitrógeno, o que el nivel inicial de fertilidad del suelo es alto. También encontró que la adición de nitrógeno al cultivo influye negativamente en la formación de nódulos. Efecto similar reporta Aguilera y Loayza (1982) quienes al evaluar dos niveles de nitrógeno (0 y 80 kg ha^{-1}), no encontraron respuesta de la planta a la aplicación.

Plagas

El frijol chino es un cultivo que puede ser atacado por diversas plagas durante su ciclo vegetativo. En la germinación y primeras semanas de desarrollo, puede ser atacado por gusanos cortadores, tales como *Agrotis repleta*, *Feltia subterránea*, *Spodoptera frugiperda*, los cuales cortan la planta a nivel de cuello de la raíz. Estas especies realizan el daño durante la noche permaneciendo ocultas durante el día. El control se realiza con Lorsban 2.5 % (polvo) a razón de 25 kg ha^{-1} . También con Sevín 85 % PM a dosis de 70 g por bomba de mochila de 15 litros (Davis, 1981). En la etapa de crecimiento pueden aparecer ataques de áfidos: *Aphis craccívora*, y *Picturaphisbra siliensis*. Se les encuentra en el tallo o en el envés de las hojas. Su ataque está relacionado con las hormigas y el hongo fumagina por el líquido azucarado que secretan. El control se efectúa con insecticidas sistémicos como Metasystox o Tameron a la dosis del 0.1 %. Después de la floración y durante el crecimiento de la vaina las plagas más comunes son los coquitos perforadores: el coquito azul (*Diphaulacaaulica*), los coquitos pintados (*Diabrotica*

spp), los coquitos rayados (*Systema* spp). También se pueden presentar a los pocos días de desarrollo de las plantas; se alimentan del follaje y ocasionan numerosas perforaciones en las hojas. El control se realiza con Sevín 85 al 0.3 %. Hacia el final del ciclo vegetativo del frijol chino, la plaga de mayor importancia es el perforador de la vaina (*Maruca testulalis*) que daña los granos tiernos. La plaga del grano almacenado es el gorgojo (*Callosobruchus maculatus*) cuya larva se alimenta de la semilla o grano maduro. El control se puede hacer con Actellic 2 %, Malathión 4 %, Lorsban 2.5 % o Sevín 5 %, a la dosis de 2 g kg⁻¹ de semilla. También con Phostoxin o Synfume, utilizando una pastilla por saco de 50 kg de semilla o de grano (Davis, 1981).

Enfermedades

En algunas ocasiones, se presentan ataques de hongos del suelo, que dañan la raíz y cuello de las plantas. Entre las más comunes están: *Rhizoctonia solani*, *Pythium aphanidermatum* y *Sclerotium rolfsii*. El control de estos patógenos debe ser preventivo, en medidas culturales, tales como control de la humedad excesiva, o mediante el uso de variedades resistentes. Existen también enfermedades de las partes aéreas, como Antracnosis (*Colletotrichum* sp.), la Cercosporosis (*Cercospora* sp.), la mancha angular (*Isariopsis griseola*). Para el control de estas enfermedades, se deben efectuar aplicaciones periódicas de fungicidas (Apáez *et al.*, 2009).

Control de maleza

La maleza se debe de combatir particularmente durante los primeros treinta días del cultivo después de este período, el dosel de las plantas cubre el entresurco, limitando el crecimiento de la maleza. El combate puede ser manual, mecánico o con productos químicos, para lo cual se recomiendan los herbicidas y prácticas utilizadas en el frijol común. Un control no apropiado de maleza en el cultivo de frijol chino ocasiona una disminución significativa de todos los componentes de rendimiento. Se deben hacer pases de rastra y aplicación de cobertura logran un rendimiento más alto y respuestas de los componentes del mismo, en comparación con la aplicación de herbicidas pre emergentes y limpias con escardillas (Apáez *et al.*, 2009).

Cosecha

En estado fresco, el ejote debe de tener en promedio 0.5 cm de grosor y una longitud aproximada de 35 cm para cosecharse. La colecta se hace en forma manual. Cuando es para grano, se cortan las vainas en forma individual, a medida que éstas van madurando, y posteriormente se apalean en un saco o lona extrayendo el grano de esta manera (Apáez *et al.*, 2009).

Propiedades medicinales

El grano del frijol chino posee propiedades diuréticas. Puede ser utilizado en el tratamiento de la obesidad, por su riqueza en fibras naturales y taninos. También se usa para la prevención de diabetes y estreñimiento. En comunidades europeas la gente acostumbra utilizar las semillas para curar el “empacho”. Finalmente, el frijol chino puede ser una alternativa de ingreso para los productores dado que es un cultivo de exportación, además de que su contenido nutrimental y propiedades medicinales son una fuente importante en la dieta alimenticia de los mexicanos, por lo que la investigación realizada sobre este cultivo se justifica (Apáez *et al.*, 2009).

III. OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar el efecto de las fechas de siembra sobre la respuesta productiva del frijol chino en Apatzingán de la Constitución, Michoacán, México.

Objetivos específicos

- Conocer el efecto de la fecha de siembra sobre el tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas del frijol chino.
- Determinar la influencia de las fechas de siembra sobre la altura de planta, diámetro del tallo y número de hojas.
- Determinar la fecha de siembra más apropiada para obtener el mayor rendimiento de grano seco y vaina fresca de frijol chino.

IV.MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio experimental

El trabajo de tesis se llevó a cabo en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, dependiente de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) en el municipio de Apatzingán en el estado de Michoacán (Figura 1).

La Facultad se localiza a $19^{\circ}06'00''$ LN y $102^{\circ} 22' 00''$ de LO, a 325 m de altitud. El clima de la región es BS₁, considerado como semiseco cálido con lluvias en verano, con temperaturas máximas de 40 °C y mínimas de 20 °C y precipitación anual de 750 mm (García, 2005).

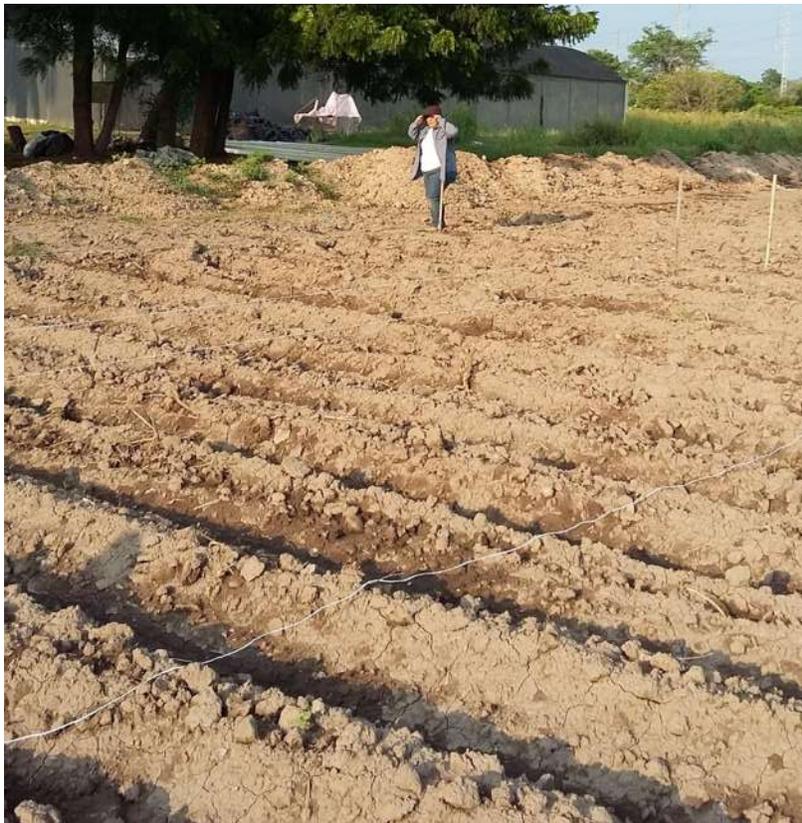


Figura 1. Localización del sitio donde se estableció el experimento.

Características físicas y químicas del suelo

Previo al establecimiento del estudio se efectuó un análisis físico-químico del suelo para conocer el nivel inicial de fertilidad, el cual muestra que es de textura franco-arcillosa, densidad aparente de 1.11 g cm^{-3} , pH 7.78 (alcalino), capacidad de intercambio catiónico (CIC, 56 cmol kg^{-1}), bajo en N-inorgánico (10.3 mg kg^{-1}), materia orgánica media (3.22%) y medio en contenido de P (16.8 mg kg^{-1} de P).

Genotipo utilizado

El genotipo que se utilizó fue un criollo originario del estado de Guerrero.

Siembra y manejo del cultivo

La semilla de siembra se trató con una mezcla de adherente + micorrizas MycoVALLE(30 g de micorriza y 5 mL de adherente).

La siembra se llevó a cabo bajo condiciones de lluvias estacionales y riegos complementarios, a la densidad de población de 6 plantas m^{-2} , cuya distancia entre surcos fue de 0.8 m y entre plantas de 0.6 m. La fórmula de fertilización utilizada fue: $80\text{N}-80\text{P}_2\text{O}_5-60\text{K}_2\text{O}$ kg ha^{-1} . La aplicación de está fue dividida para cada fecha de siembra: a los 21 días después de la siembra (dds) se aplicó todo el P_2O_5 y K_2O y la mitad del N y posteriormente a los 45 dds se aplicó el resto de N. Las fuentes usadas fueron: Urea (46 % N), fosfato diamónico (DAP, 18% P) y cloruro de potasio (60 % K) (Figura 2).



Figura 2. Aplicación de fertilizante.

Además, durante el desarrollo del cultivo se realizaron algunas aplicaciones de productos químicos tanto para aporte nutrimental vía foliar como para el control de plagas y enfermedades que se presentaron. Así, los fertilizantes foliares utilizados fueron: Nutrafer (20-30-10) y Verde abon (20-30-10) a dosis de 30 g por cada 15 L agua (Figura 3).

Los fungicidas e insecticidas utilizados fueron los siguientes: Cipermetrina (1 mL L^{-1} de H_2O), Imidacloprid (1.5 ml L^{-1} de H_2O), Jabón potásico (1 ml L^{-1} de H_2O) y extracto de Neem (1.5 ml L^{-1} de H_2O).



Figura 3. Aplicación de fertilizante foliar a la planta.

Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos consistieron en cinco fechas de siembra, que fueron: 03 de octubre (OCT03), 13 de octubre (OCT13), 23 de octubre (OCT23), 02 de noviembre (NOV02) y 12 de noviembre (NOV12) de 2017.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Por lo cual se tuvieron 20 unidades experimentales, cada unidad experimental fue de 2.4 m² formada por tres surcos de 3 m de longitud. Por otra parte, la parcela útil fue el surco central de cada unidad experimental donde se tomaron las plantas para el registro de las variables evaluadas.

Registro de datos meteorológicos, fenología y acumulación de calor

Durante el ciclo del cultivo se registró la temperatura máxima (T_{max}, °C) y mínima (T_{mín.}, °C) y precipitación acumulada (mm), los datos fueron obtenidos de la estación

meteorológica de CONAGUA. También se registraron las fases fenológicas para cada fecha de siembra, las cuales fueron: días a emergencia (E, considerado cuando más de la mitad de la población haya emergido), a inicio de a inicio de antesis (R₆, cuando más del 50% de la población del tratamiento tenga diferenciado el botón floral y a madurez fisiológica (R₉) (Escalante y Kohashi, 2015).

También se calculó la acumulación de calor por el cultivo con base a unidades calor (UC, °C d) mediante el método residual (Snyder, 1985), con la ecuación es: $UC = [T_{max} + T_{min} / 2] - T_b$, donde T_{max} = temperatura máxima, T_{min} = temperatura mínima y T_b = temperatura base que es de 10 °C de acuerdo con Barrios y López (2009).

Variables de respuesta

Las variables de respuesta que se consideraron fueron: altura de la planta (cm) (Figura 4), diámetro del tallo (DT), número de hojas (NH), rendimiento de vaina verde (RVV), peso seco (PS), diámetro de vaina (DV), longitud de vaina (LV) y número de vainas (NV) en frijol chino y rendimiento de grano seco.



Figura 4. Medición de variables de respuesta.

Para determinar el rendimiento de vaina verde (RVV, g m^{-2}) se cosecharon vainas de longitud mayor a 35 cm. Se cosechó cuando llegó a madurez comercial. Dichas vainas se pesaron en una báscula, con estos datos se calculó el rendimiento en g m^{-2} y posteriormente se extrapoló a t ha^{-1} (Figura 5).



Figura 5. Proceso de obtención de peso de la vaina fresca o en verde.

Para cada fecha de siembra se realizaron cortes de vaina verde a intervalos de 10 días (Figura 6). Para la fecha del 03 de octubre (OCT03), 13 de octubre (OCT13), 23 de octubre (OCT23), 02 de noviembre (NOV02) y 12 de noviembre (NOV12) de 2017,



Figura 6. Determinación de rendimiento de vaina verde por corte.

Al último corte (madurez fisiológica) se registró el rendimiento de grano (RG, peso de granos al 12 % de humedad, g m⁻²) de dos surcos de la unidad experimental (Figura 7), longitud de vainas (cm) y diámetro de vainas.



Figura 7. Registro de rendimiento de grano.

Análisis estadístico

Los datos de las variables se analizaron estadísticamente con el paquete SAS versión 9.0 y a las medias de tratamientos que resultaron con diferencias estadísticas significativas se le aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% de probabilidad (SAS, 2003).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fenología y condiciones ambientales

Los días a ocurrencia de las fases fenológicas mostraron cambios por efecto de la fecha de siembra. En la siembra del 03 de octubre el ciclo de cultivo del frijol se acortó en 14 días a madurez fisiológica en comparación con la del 12 de noviembre. Este resultado es atribuible a la disminución de la temperatura durante el ciclo del cultivo, al presentar en el tratamiento 03 de octubre en promedio una $T_{\text{máx}}$ de 34.9 °C y $T_{\text{mín}}$ de 17.8 °C, mientras que para la siembra del 12 de noviembre 33.9 y 17.6 °C para $T_{\text{máx}}$ y $T_{\text{mín}}$ respectivamente (Figura 2). Así, la floración para la fecha de siembra del 03 de octubre se presentó a los 43 días después de la siembra (dds), para la del 13 de octubre a los 45 dds, en la siembra del 23 de octubre a los 48 dds, para la del 02 de noviembre a los 52 dds y del 12 de noviembre a los 58 dds.

La madurez fisiológica también se retrasó respecto a las dos primeras fechas de siembra por efecto de la temperatura, donde en la fecha del 13 de octubre se retrasó en 2 días, del 23 de octubre en 6 días, 02 de noviembre en 14 días y finalmente en la fecha de siembra 12 de noviembre se prolongó en 15 días (Figura 8).

En la siembra del 03 de octubre se presentó la menor precipitación acumulada durante el ciclo del cultivo con 609 mm, en contraste con la siembra del 12 de noviembre donde se presentó la más alta con 892mm (Figura 8). Sin embargo, se considera que esto no afectó el desarrollo del cultivo, ya que en el tiempo donde no se registraba precipitación se realizaron riego complementarios. Por otra parte, Davis *et al.*, (1991) mencionan que esta leguminosa presenta rusticidad a condiciones adversas y prolongados periodos de sequía.

De tal manera que la precipitación no fue determinante en la respuesta del cultivo a las fechas de siembra.

En relación a los resultados obtenidos respecto a la duración del ciclo del cultivo, Rosales *et al.* (2001) mencionan que la disminución de la temperatura retrasa el ciclo del cultivo de frijol.

De acuerdo con Dugje *et al.* (2009), tanto la temperatura como la precipitación ocurridas durante el estudio, fueron adecuadas para una buena expresión del rendimiento de esta leguminosa.

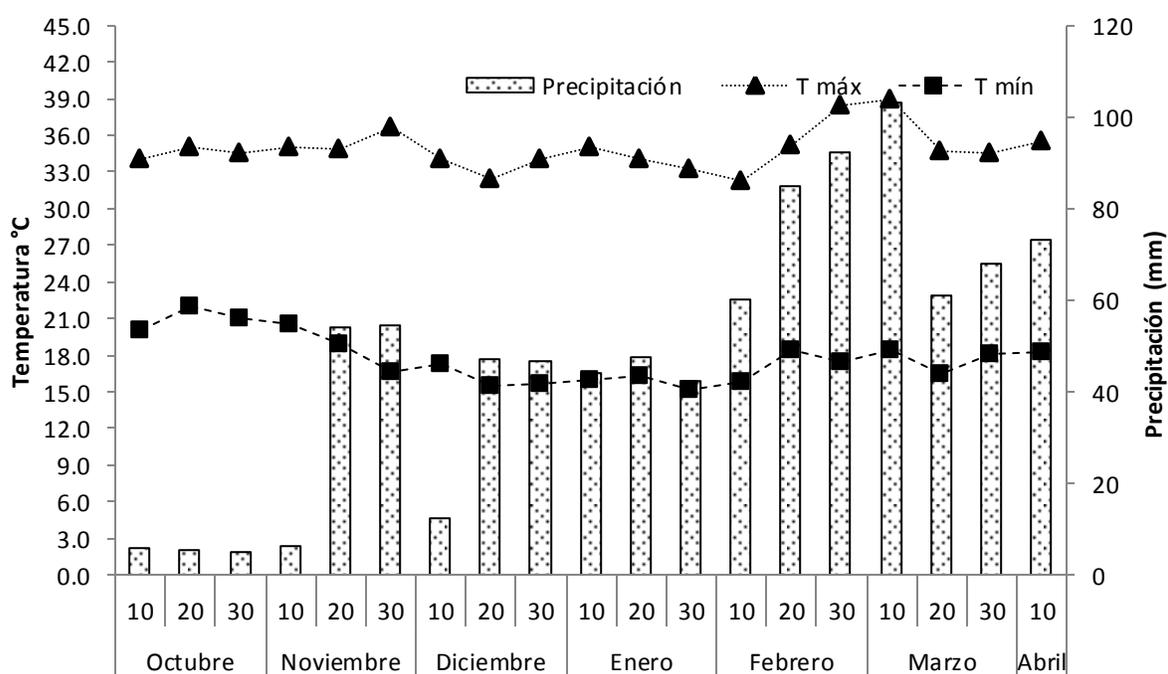


Figura 8. Temperatura máxima, mínima (media decenal) y precipitación (suma decenal) durante el ciclo del cultivo frijol chino. Apatzingán, Michoacán. Otoño de 2018.

Acumulación de calor

En la Figura 9 se presenta la acumulación de unidades de calor del frijol para cada fecha de siembra.

Los datos obtenidos se ajustaron a modelos de regresión lineal. Así, para las plantas

sembradas el 03 de octubre la acumulación de calor durante todo el ciclo de cultivo fue de 2,545 °C d, con un incremento de calor por decena por semana de 160 °C d, para la fecha de siembra del 13 de octubre el calor acumulado fue de 2,535 °C d con un incremento decenal de 158 °C d, para la siembra del 23 de octubre de 2,497 °C d con acumulación diaria de 156 °C d, para la siembra del 02 de noviembre se acumuló un total de calor de 2,501°C d con un incremento decenal de 152 °C d y finalmente para la siembra del 12 de noviembre se acumularon 2,450 °C d con un incremento decenal de 150 °C d.

En este sentido Apáez *et al.* (2013) en condiciones ambientales similares reportan acumulación de calor parecidas a las obtenidas es el presente estudio.

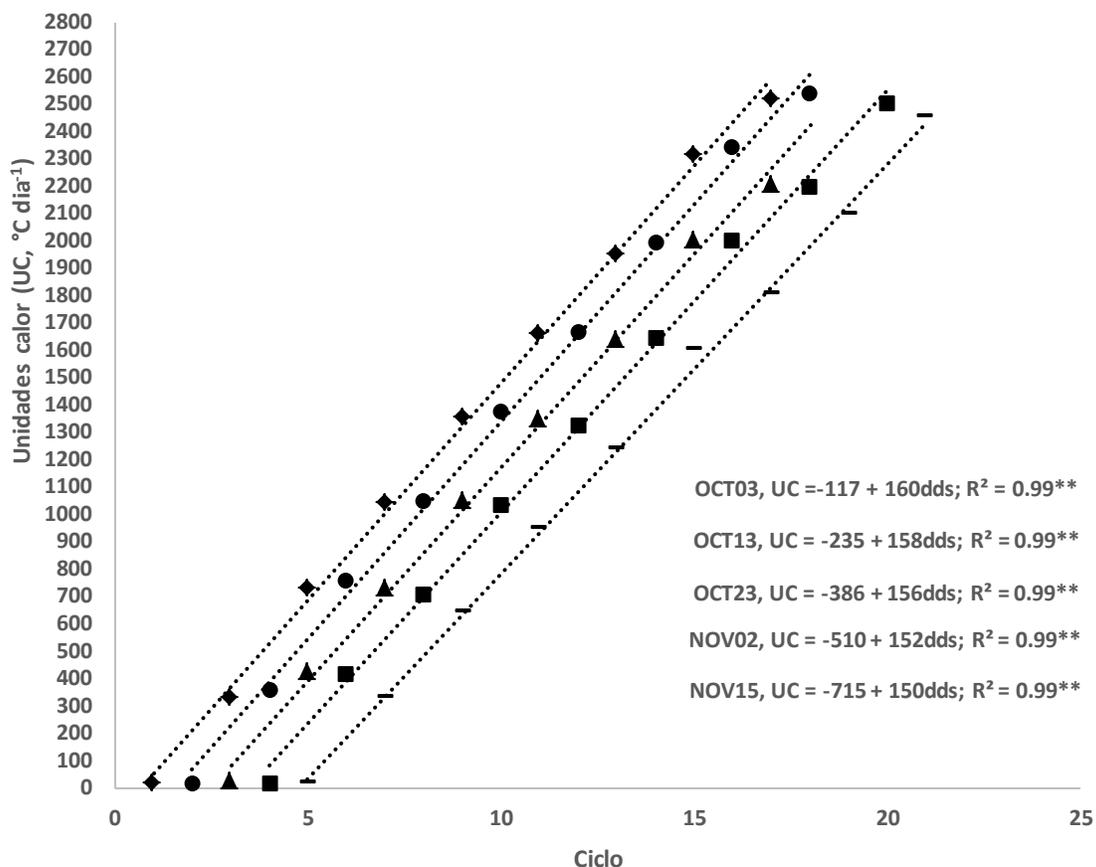


Figura 9. Acumulación de unidades calor para los tratamientos en función de la fecha de siembra utilizada. Apatzingán, Michoacán, México. Otoño de 2018.

Altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas

El Cuadro 2 que muestran la altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas se observa que las fechas de siembra no modificó la altura de la planta y diámetro del tallo, pero sí provocaron cambios estadísticos significativos ($P \leq 0.05$) en el número de hojas.

Así la altura de la planta se mantuvo en un rango de 214.7 a 299.5 cm.

Respuesta similar se presentó para el diámetro del tallo, los valores fluctuaron entre 0.70 y 0.80 cm.

Para el número de hojas, el valor más alto se presentó con la fecha de siembra del 23 de octubre el cual es 89% más alto que la fecha de siembra del 13 de octubre(39.2 mm).

La falta de respuesta de las fechas de siembra sobre la altura de la planta concuerda con lo encontrado por Báez y Hernández (2016) quienes en Cuba probaron fechas de siembra en la época lluviosa y calurosa y registraron similar altura de planta en Vigna. Aunque ellos tampoco registraron cambios en el número de hojas, esto último difiere con lo encontrado en el presente estudio, lo cual se atribuye principalmente al genotipo utilizado.

Cuadro 2. Altura de la planta (cm), diámetro del tallo (DT), número de hojas (NH) en función la fecha de siembra en frijol chino. Apatzingán, Michoacán. Otoño de 2018.

Fecha de siembra	Altura de la planta cm	Diámetro del tallo, cm	Número de hojas por planta
OCT03	249.7±29.5a [¶]	0.82±0.18a	58±12.75ab
OCT13	214.7±19.3a	0.80±0.08a	39±7.1b
OCT23	235.5±33.4a	0.70±0.14a	74±17.0a
NOV02	299.5±63.6a	0.82±0.20a	60±12.5ab
NOV12	261.7±29.9a	0.80±0.1a	55±11.4ab
Media general	252.2	0.79	57.3
Significancia	ns	ns	*
DSH _{0.05}	96.0	0.31	31.38
Coefficiente de variación %	16.8	17.48	24.30

[¶]En cada columna las medias con letra similar indica que las diferencias no fueron significativas, según Tukey ($\alpha = 0.05$), DSH_{0.05} = diferencia significativa honesta al 5 % de probabilidad. * = 0.05.

Rendimiento de vaina verde, componentes del rendimiento y dinámica de la producción de vaina por corte

El rendimiento de vaina verde y sus componentes como diámetro de vaina y longitud de vaina mostraron cambios altamente significativos ($P \leq 0.01$) por efecto de las fechas de siembra. El número de vainas no fue modificado por los tratamientos (Cuadro 3).

Las plantas de frijol chino establecidas en las primeras fechas de siembra presentaron los valores mayores de rendimiento en fresco de vaina, diámetro de vaina y longitud de vaina (Cuadro 3). Las plantas sembradas el 03 de octubre lograron la mayor producción de vainas,

seguidas por las sembradas el 13 y 23 de octubre, que superaron en 89, 67 y 59 %, respectivamente a las plantas del 12 de noviembre. Para el caso de diámetro de la vaina, fue estadísticamente similar en con las siembras del 03 y 13 de octubre y 02 y 12 de noviembre.

En relación a longitud de vaina, los valores más altos se encontraron en las plantas de las tres primeras fechas de siembra, es decir, del 03, 13 y 23 de octubre, superiores en 62, 50 y 55%, respectivamente, en comparación con la siembra del 12 de noviembre. Respecto a la variable número de vainas (NV) esta no presentó diferencias significativas por efecto de fechas de siembra.

La diferencia en el comportamiento del cultivo en relación a las fechas de siembra evaluadas puede atribuirse a diversos factores, entre ellos las condiciones climáticas principalmente de precipitación y temperaturas.

Finalmente, estos resultados indican que el mayor rendimiento de vaina verde y longitud de vaina principalmente se logran con las primeras fechas de siembra, es decir, cuando las temperaturas son más altas mismas que son las apropiadas para el cultivo por estar adaptado a dichas condiciones. Al respecto, Kurubetta (2006) bajo condiciones de clima cálido, evaluaron la siembra de FCH en tres fechas (22 de Junio, 15 y 23 de Julio) y encontraron reducción en el RG y en el tamaño de grano por retraso en la siembra resultados similares a los encontrados en el presente.

Cuadro 3. Rendimiento de vaina verde (RVV), peso seco (PS), diámetro de vaina (DV), longitud de vaina (LV) y número de vainas (NV) en frijol chino. Apatzingán, Michoacán. Otoño de 2018.

Fecha de siembra	RVV kg ha ⁻¹	DV cm	LV cm	NV por planta
OCT03	11528 ±1365.9a [¶]	0.67±0.05a	39.4±3.23a	36.5±21.01a
OCT13	10157±2323.4ab	0.66±0.05a	38.2±0.69a	66.5±45.97a
OCT23	9678 ±2224.5ab	0.41±0.06b	41.1±2.28a	59.75±12.33a
NOV02	7244±904.4bc	0.58±0.04a	28.4±2.30b	26.5±8.81a
NOV12	6080 ±1889.9c	0.59±0.04a	25.3±7.18b	25.5±3.87a
Media general	8,937	0.58	34.49	42.95
Significancia	**	**	**	ns
DSH _{0.05}	3089.9	0.127	9.24	56.0
Coefficiente de variación %	15.34	9.66	11.88	57.8

[¶]En cada columna las medias con letra similar indica que las diferencias no fueron significativas, según Tukey ($\alpha = 0.05$), DSH_{0.05} = diferencia significativa honesta al 5 % de probabilidad. ** = $P \leq 0.01$.

En la Figura 8 se presenta el rendimiento de vaina fresca por corte y la acumulación de éstos. Donde se puede observar que, para el caso de la primera fecha de siembra (03 de octubre) en total se realizaron 15 cortes de vaina, para la segunda fecha de siembra (13 de octubre) 14 cortes, para la tercera fecha de siembra (23 de octubre), también se realizaron 14 cortes, para las siembra del 02 y 12 de noviembre se realizaron 12 cortes. El número mayor de corte efectuado en las plantas sembradas el 03 de octubre ocasionó el más elevado rendimiento, por lo que el número de cortes es determinante en el rendimiento (Figura 10).

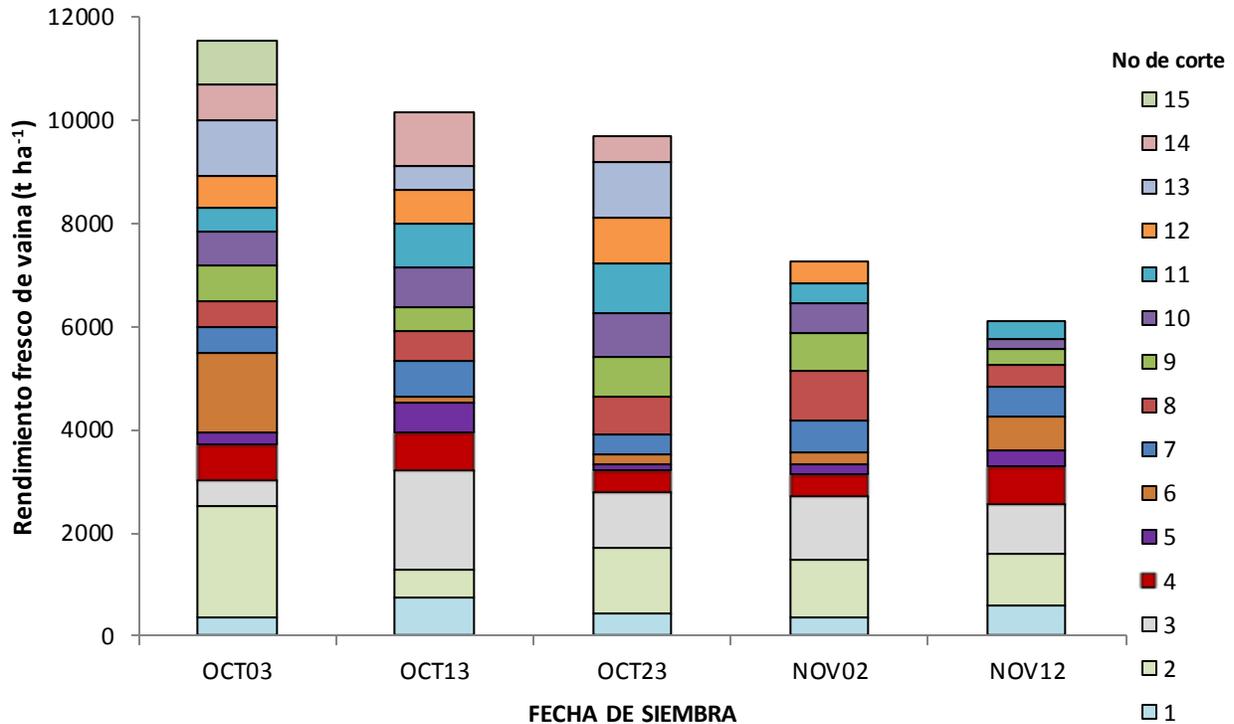


Figura 10. Rendimiento de vaina verde (RVV) por número de cortes en función de la fecha de siembra utilizada. Apatzingán, Michoacán, México. Otoño de 2018.

Rendimiento de grano seco

El rendimiento de grano seco mostró cambios significativos ($P \leq 0.05$) por efecto de las fechas de siembra. Así el rendimiento más alto se encontró en plantas sembradas el 03 de octubre (12.5 t ha^{-1}), seguidas por las del 13 y 23 de octubre y las del 02 de noviembre que superaron en 175, 115, 72 y 56%, respectivamente en relación a la última fecha de siembra que fue el 12 de noviembre (4.537 t ha^{-1}) (Figura 11). Lo anterior se puede atribuir principalmente a las condiciones ambientales.

En relación a lo anterior, Quintero *et al.* (2010) reportaron una amplia recopilación de datos de rendimientos de granos por unidad de área en frijol común obtenidos en condiciones similares a las del presente estudio donde la producción en primavera-verano y en las de

invierno se tienen rendimientos inferiores a las de la presente investigación 4.74 t ha^{-1} . Por lo que el frijol chino tiene un rendimiento superior a las del frijol común en estas condiciones.

Por otra parte, Ustimenko y Vasilieva (1981), en un trabajo de 4 años, promediando los rendimientos y considerando la temporada lluviosa y poco lluviosa en Cuba, obtuvieron una media de rendimiento de 2.87 t ha^{-1} . Dicho rendimiento es inferior en 77% inferior a lo encontrado en la presente investigación.

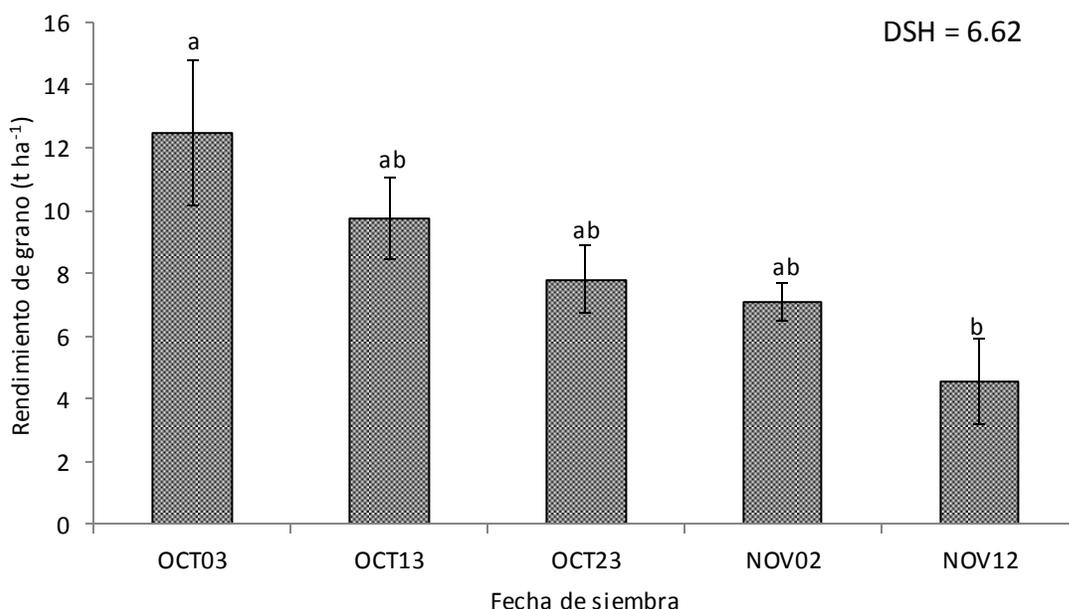


Figura 11. Rendimiento de grano en función de la fecha de siembra utilizada. DSH = diferencia significativa honesta. Apatzingán, Michoacán, México. Otoño de 2018.

Relación entre variables evaluadas

En el Cuadro 4, se observa el grado de relación que existe entre todas las variables evaluadas: Altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas, peso fresco de la vaina, peso seco, diámetro de vaina, longitud de vaina y número de vainas.

Donde al realizar el análisis de correlación de dichas variables se presenta lo siguiente: la altura se relaciona con el diámetro de vaina ($R^2 = 0.9189$), mientras que el diámetro del tallo con longitud de vaina ($R^2 = 0.8241$), número de hojas se relaciona ampliamente con las variables peso seco ($R^2 = 0.9889$) y longitud de vaina ($R^2 = 0.9771$).

Respecto a la correlación de peso seco de grano con otras variables se encontró lo siguiente: tenemos una relación altamente significativa con el número de hojas ($R^2 = 0.9889$). Por otra parte, el diámetro de vainas se relacionó con la altura de la planta ($R^2 = 0.9189$) y número de vainas ($R^2 = 0.8966$). Para el caso de la longitud de vaina está se relacionó con diámetro de tallo ($R^2 = 0.8241$) y número de hojas ($R^2 = 0.9771$) y finalmente, el número de vainas solo presentó relación positiva con el diámetro de vaina ($R^2 = 0.8966$).

El más alto rendimiento de vaina y grano registrado con la siembra del 03 de octubre se atribuyó en gran medida a que las temperaturas fueron más altas y por tanto más adecuadas, además las plantas con más hojas, mayor longitud de vaina, además de que se realizó un mayor número de cortes.

Cuadro4. Correlación entre variables de respuesta altura de la planta (AP), diámetro del tallo (DT), número de hojas (NH), peso fresco de vaina (PFV), peso seco (PS), diámetro de vaina (DV), longitud de vaina (LV) y número de vainas (NV), en función la fecha de siembra. Apatzingán, Michoacán. Otoño de 2018.

	AP	DT	NH	PFV	PS	DV	LV	NV
AP	1.0000 [¶]	0.0301	0.0120	0.2128	0.7338	0.9189	0.0610	0.1461
DT	0.0301	1.0000	0.5472	0.2089	0.0850	0.0625	0.8241	0.1719
NH	0.0120	0.5472	1.0000	0.7532	0.9889	0.0459	0.9771	0.7185
PFV	0.2128	0.2089	0.7532	1.0000	0.0007	0.4284	0.0026	0.2166
PS	0.7338	0.0850	0.9889	0.0007	1.0000	0.2528	0.0101	0.6294
DV	0.9189	0.0625	0.0459	0.4284	0.2528	1.0000	0.6002	0.8966
LV	0.0610	0.8241	0.9771	0.0026	0.0101	0.6002	1.0000	0.0569
NV	0.1461	0.1719	0.7185	0.2166	0.6294	0.8966	0.0569	1.0000

[¶]Valores del coeficiente de determinación (R^2).

Los resultados de regresión obtenidos en el presente estudio son similares a los registrados por Armela *et al.* (2004), quienes en un trabajo de campo desarrollado en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov” evaluaron a *Vigna unguiculata* cultivar IITA Precoz, de crecimiento determinado, encontraron que el número de vainas (NV) es el componente del rendimiento que más aportó al comportamiento del rendimiento. El número de vainas es el carácter que mostró estar más relacionado con el rendimiento de frijol caupí en condiciones de Camajuani, Cuba.

Por otro lado, Gutiérrez *et al.* (1999), registraron entre 8.3 y 13.5 vainas por plantas, valores que son similares a los encontrados en este trabajo. En relación a la longitud de la vaina reportan una estrecha correlación con el rendimiento de grano.

Esto ocurre sobre todo cuando se los compara con la mayoría de los reportados por la literatura para otros granos, como el frijol común (*Phaseolus vulgaris*) y la soya (*Glycinemax* (L.) Merr.). Sin embargo, la información disponible sobre *V. unguiculata* es limitada, especialmente cuando se trata de estudio de componentes del rendimiento. Además de eso como grano proteico, con menos factores anti nutricionales que la soya, puede ser un sustituto indiscutible de esta en las raciones de los animales domésticos. En trabajos y reseñas sobre caupí se hace referencia a las condiciones climáticas desfavorables para otros cultivos en donde el cultivo de frijol chino se puede desarrollar apropiadamente. Estos sitios se caracterizan por un nivel muy bajo de pluviosidad, sequedad y agrietamiento visible del suelo.

IV. CONCLUSIONES

- ✓ La fenología del frijol chino, son afectadas por la fecha de siembra
- ✓ El número de hojas por planta y longitud de vainas es afectado por la fecha de siembra.
- ✓ El rendimiento vaina verde y de grano seco del frijol chino son afectados por la fecha de siembra.
- ✓ Los valores más altos se lograron con la siembra del 03 de octubre, en la cual se presenta un ciclo del cultivo más largo.
- ✓ El mayor rendimiento de vaina verde y grano seco se lograron con la siembra del 03 de octubre

V. RECOMENDACIÓN

Para las condiciones del valle de Apatzingán, Michoacán la siembra del 03 de octubre es la más recomendable.

VII. LITERATURA CITADA

- Águila, E., Díaz F. y Laing, D. 1984. Efecto de densidades de siembra sobre algunas características morfológicas y el rendimiento en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L). Turrialba, Vol 34 No 1. Costa Rica.
- Aguilera, C.G.y R.O Loayza. 1982. Estudio de tres densidades de siembra y dos niveles de nitrógeno en tres cultivares de caupi (*Vigna unguiculata*(L.) Walp), en la granja el Cambio. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Machala. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Ecuador. 60 p.
- Antúnez, O.A. 2002. Evaluación del efecto de nitrógeno y densidad de población sobre el rendimiento de vainita china (*Vigna unguiculata*W.). Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. 66 p
- Albán, M. 2012. Manual de cultivo de Frijol caupí. caupí (*V. unguiculata*). Leguminosas.178p.
- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes y M. Smith. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Riego y drenaje. Manual. 56. FAO. Roma. 298 p.
- Apáez, B. P., Escalante Estrada .J. A., Rodríguez G.M.T., Olalde, G.V.M. y Ramírez, V. P. 2009. Frijol chino (*Vigna unguiculata* (Walp) L.) su cultivo, importancia económica y medicinal. Revista Alternativa. Número 19.

- Apáez, B. P., J. A. Escalante E. y M. T. Rodríguez G. 2013. Producción de vaina verde en frijol chino y tipo de espaldera en clima cálido. *Rev. Ser. Hort.* 19: 120-140.
- Arias, J., Jaramillo, M. y Rengifo, T. 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la producción de frijol voluble. CORPOICA – MANA – FAO. C.I. La Selva Medellín. Disponible en: <http://www.fao.org.co/manual>.
- Arias R., J. H. y Restrepo A. B. 2001. Tecnología para la producción y manejo de semilla de Vigna. Boletín Divulgativo 1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. 32 p.
- Ármela, S.E., R.A. Zamora., G.L. Hernández., Z.W. Zamora., P., E.J. Gómez., S.R. Santiesteban y P.P. Verdecia. 2004. Densidad de siembra para frijol (*Vigna unguiculata*L. Walp). *Revista de tecnología e higiene de los alimentos.* 359:99-102.
- Báez, H. A; Hernández, M. C. A. 2016. Variedades y épocas de siembra de Vigna en Cuba. *Revista Ciencia Tecnológica.* 26:11-18.
- Barrios, G. E. J. y C. López. 2009. Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. *Agrociencia.* 43: 29-35.
- Calegari, A.1995. Leguminosas para adubacao verde da verao no Paraná. P.45 Circular N°. 80 Maio/95. Inst. Agronóm. Paraná (IAPAR), Londrina. P.R., Brasil.

Cárdenas, F. R. 1972. Densidad de siembra en el rendimiento de frijol. Agricultura Técnica. México.

Cardona, C. Araméndiz, H. Jarma, A. 2013. Variabilidad genética en líneas de frijol Cow pea (*Vigna unguiculata*).

CIAT. 1985. Frijol: Investigación y Producción. Referencia de los cursos de Capacitación sobre frijol caupí (*V. unguiculata*) dictados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical. Compilado y editado por Marceliano López, Fernando Fernández, Aart Van Schoonhoven. Cali, Colombia. 417p.

CCI – MADR, 2009. Encuesta Nacional Agropecuaria. Disponible desde Internet en: [www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/201046112648_RESULTADOS_ENA_2009 .pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/201046112648_RESULTADOS_ENA_2009.pdf) (con acceso el 10/16/18).

Davis, J.H.C. 1981. Relaciones de competencia entre el frijol y el maíz en sistemas de asociación y sus inferencias para el mejoramiento genético. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 13 p.

Davis, D. W., E. A. Oelke, E. A. Oplinger, J. D. Doll, C. V. Hanson and D. H. Putman. 1991. Cowpea. Alternative field crops manual. University of Wisconsin, Cooperative

Extension, University of Minnesota: Center for alternative plant and animal products and the Minnesota extension service.

Díaz, F.A.; Leal, F. 1992. Status of horticulture in northern Tamaulipas, México. *Subtropical PlantSci.* 45: 58-59.

Dugje, I.Y., Omoigui, L.O., Ekeleme, F., Kamara, A.Y. and Ajeigbe, H. 2009. Farmers' guide to cowpea production in West Africa. IITA, Ibadan, Nigeria. 19 p.

Duke, S.O. 1981. The gene revolution. Office of Technology Assessment, Background paper for innovative biological technologies for less developed countries. USGPO. Washington. 150 p

Escalante, E. J. A. y J. Kohashi S. 2015. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 84 p.

FAO. 2010. El cultivo de frijol; historia e importancia, Colombia. PP. 1-30. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/014/x1213s/x1213s.pdf>

Federación nacional de cultivadores de cereales y leguminosas, Fenalce. 2016, fondo de importaciones de leguminosas. Informe final del proyecto capacitación en producción de frijol con tecnologías más limpias. Urrao, Antioquia. 73 pp. Disponible en: http://www.fenalce.org/archivos/ig_fnl_2010.pdf

García, E. 2005. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 217 p.

González, F. y Ligarreto, G. 2006. Rendimiento de ocho genotipos promisorios de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.) bajo sistemas de agricultura protegida. *Fitotecnia Colombiana*. 6(2):5 2-61.

Gossain-Rognini J. 2012. Plan de desarrollo territorial del departamento de Bolívar, gobernación departamental. Disponible en: http://www.cccartagena.org.co/docs/dtcb_web.pdf. Fecha de consulta (20 de junio de 2018).

Gritton, E. and Eastin, J. 1968. Response of peas (*Pisum sativum*) to plant population and spacing. *Agron.* 60:482-485.

Kobata, T. and Uemuki, N. 2004. High temperatures during the grain filling period do not reduce the potential grain dry matter increase of rice. *Agron. J.* 96:406-414.

Kurubetta, D. K. 2006. Effect of time of sowing, spacing and seed rate on seed production potentiality and quality of fodder cowpea (*Vigna unguiculate* (L.) Walp). Thesis Master of Science. Department of agronomy College of Agriculture. University of Agricultural Science.

- Labarca, M., Mora, S., Sila, S., Bracho, B., Castro R.; Mavares, O.y Higuera, A. 1999. Optimización de riego en frijol *Vigna unguiculata* en suelos de la altiplanicie de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. 16: 306-317.
- Morales, M.A. 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. SanJosé, Costa Rica. pp:1-2.
- Nielsen, S. 1996. Specieshybridization n thegenusVigna. Proc. of IITA Collaborators meeting ongrain Legume Improvement. Ed. R.A. Luse and Rachie, IITA. Ibanda, Nigeria. Pp:11–13.
- Quintero, G y Gil, V. 2009.Instrucciones básicas para el cultivo y utilización del caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en condiciones de bajos insumos. Fac. C. Agropec. 33: 65-69.
- Quintero, E, Gil, V, García, J., Rodríguez V. y Fernández, P.2010. Potencialidad del caupí para la rápida compensación de pérdidas de la producción de frijol por desastres naturales. Centro Agrícola, 37(3):5-9.
- Rosales, S. R., R. Ochoa M. y J. A. Acosta, G. 2001. Fenología y rendimiento del frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperiodo. *Agrociencia* 35(5): 513-523.
- Salinas R N., Escalante E J A., Rodríguez G M T., Sosa M E. 2008. Rendimiento y calidad nutrimental de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en fechas de siembra. Revista Fitotecnia Mexicana. 31(3): 235-241.
- Skerman, P. 1991.Tropical foragelegumes. FAO, Rome, Italy.

Snyder, R. L. 1985. Hand calculating degree days. *Agri. For. Meteorol.* 35: 353-358.

Statistical Analysis System (SAS Institute). 2003. SAS/STAT User's Guide Release 9.1 ed, Cary, NC, USA.

Tshoyhote, N., Nesamvuni, A., Raphulu, T. and Gous, R. 2003. The chemical composition, energy and amino acid digestibility of cowpea used in poultry nutrition. *S Afr. J. Anim Sci.* 33: 65-69.

Ustimenko, G.; Vasilieva, V. 1981. Particularidades de los vínculos de correlación existentes entre la productividad y el índice de la actividad fotosintética de formas introducidas de vinya en dependencia de las particularidades climáticas. *Centro Agrícola*, N° 3. 210 p.

APENDICE

Cuadro A1. Datos de altura de planta (cm), diámetro de tallo (cm) y número de hojas por planta para las fechas de siembra.

TRATAMIENTO	Días después de la siembra											
	23	38	43	58	73	88	103	118	133	148	163	178
	AP1	AP2	AP3	AP4	DT1	DT2	DT3	DT4	NH1	NH2	NH3	NH4
T1R1	17	63	82	270	0.3	0.7	0.6	0.8	3	10	17	70
T1R2	21	243	280	227	0.4	0.8	0.7	0.7	5	38	48	40
T1R3	12	190	242	222	0.3	0.7	0.9	0.7	3	29	92	60
T1R4	51	210	250	280	0.5	0.9	0.9	1.1	5	65	85	62
T2R1	94	198	295	237	0.6	0.9	0.7	0.8	13	31	46	49
T2R2	100	199	269	225	0.7	0.8	0.6	0.7	9	36	97	37
T2R3	70	200	238	198	7.0	0.8	0.8	0.9	10	57	87	32
T2R4	98	230	193	199	7.0	1.0	0.6	0.8	11	70	79	39
T3R1	18	90	150	199	0.4	0.5	0.6	0.5	5	12	35	50
T3R2	38	120	182.5	280	0.5	0.7	0.8	0.8	5	24	56	90
T3R3	34	110	173	230	0.5	0.8	0.7	0.8	11	16	44	77
T3R4	45	129	194	233	0.6	0.8	0.7	0.7	5	25	66	80
T4R1	90	93	218	243	0.6	0.7	0.7	0.6	12	13	49	45
T4R2	40	125	222	273	0.7	0.7	0.8	0.8	12	15	32	54
T4R3	34	137	226	390	0.5	0.7	0.8	1.1	9	16	36	72
T4R4	45	117	162	292	0.5	0.7	0.7	0.8	7	15	39	68
T5R1	19	98	269	298	0.4	0.4	0.6	0.7	4	19	40	72
T5R2	18	112	247	273	0.5	0.4	0.7	0.7	4	9	38	53
T5R3	29	119	198	230	0.5	0.6	1.0	1.0	3.0	10	30	49
T5R4	29	99	214	246	0.4	0.5	0.7	0.8	3	8	35	47

T1 = siembra del 03 de octubre, T2 = , T3 = ... T5 =. AP = altura de la planta, DT = diámetro

del tallo, NH = número de hojas.

Cuadro A2. Datos de rendimiento de vaina por corte.

TRATAMIENTO	1er corte	2do corte	3er corte	4to corte	5to corte	6to corte	7mo corte
T1R1	0.98	1958.4	400	387.13	197	1604	235.8
T1R2	364.1	2116.5	533.4	487.48	74.5	1339.4	475.1
T1R3	331.8	1872.7	565.6	1678.7	382.7	1720.8	819.8
T1R4	600.8	2729.3	496	251.1	363.2	1428	422.4
Numero de vainas por planta							
T1R1	21	100	44	26	19	52	20
T1R2	38	155	60	36	8	71	38
T1R3	47	124	58	104	38	107	75
T1R4	87	181	60	22	29	83	33
Diámetro de vaina en cm							
T1R1	0.44	0.66	0.64	1	0.62	0.64	0.82
T1R2	0.5	0.74	0.7	1.22	0.66	1	0.68
T1R3	0.54	0.66	0.56	0.9	0.74	0.86	0.68
T1R4	0.48	0.7	0.72	1.02	0.52	0.62	0.66
Longitud de vaina							
T1R1	30.28	38.64	34.08	36.16	42.08	43.38	39.36
T1R2	35.72	40.44	37.72	33.4	37.76	47.88	37.64
T1R3	38.6	42.64	38.92	39.08	41.28	33.06	38
T1R4	31.78	38.24	34.02	35.56	38.56	40.8	37.56

Indicar que es el T1, T2, T3, T4 Y T5

Cuadro A3. Análisis de varianza de la altura de planta de frijol chino en función de la fecha de siembra. Apatzingán, Michoacán, otoño de 2017.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr>F
Tratamiento	7	16200.8	2314.4	1.27	0.33 ^{ns}
Error	12	21790.9	1815.9		
Total	19	37991.75			

Coefficiente de variación = 16.89 %, ns = no significativo.

Cuadro A4. Análisis de varianza del diámetro del tallo de planta de frijol chino en función de la fecha de siembra. Apatzingán, Michoacán, otoño de 2017.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr>F
Tratamiento	7	0.1890	0.0270	1.41	0.284 ^{ns}
Error	12	0.2290	0.0190		
Total	19	0.4180			

Coefficiente de variación = 17.48 %, ns = no significativo.

Cuadro A5. Análisis de varianza del número de hojas de planta de frijol chino en función de la fecha de siembra. Apatzingán, Michoacán, otoño de 2017.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr>F
Tratamiento	7	2547.0	363.85	1.88	0.05*
Error	12	2327.2	193.93		
Total	19	4874.2			

C.V. = 24.13 %, ns = no significativo.

Cuadro A6. Análisis de varianza para la variable peso fresco de vainas de planta de frijol chino en función de la fecha de siembra. Apatzingán, Michoacán, otoño de 2017.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr>F
Tratamiento	7	122711796.3	17530256.6	9.33	0.0005**
Error	12	22555341.2	1879611.8		
Total	19	145267137.5			

C.V. = 15.34, ** = diferencias estadísticas altamente significativas.

Cuadro A7. Análisis de varianza del rendimiento de grano seco de frijol chino en función de la fecha de siembra. Apatzingán, Michoacán, otoño de 2017.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr>F
Tratamiento	7	1616616.283	230945.183	2.67	0.0259*
Error	12	1038385.703	86532.142		
Total	19	2655001.986			

C.V. = 35.30, *=diferencias significativas.

Cuadro A8. Análisis de varianza del diámetro de la vaina de planta de frijol chino en función de la fecha de siembra. Apatzingán, Michoacán, otoño de 2017.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr>F
Tratamiento	7	0.18214000	0.02602000	8.20	0.0009**
Error	12	0.0380800	0.00317333		
Total	19	0.22022000			

C.V. = 9.66, ** = diferencias estadísticas altamente significativas.

Cuadro A9. Análisis de varianza para la longitud de vaina de planta de frijol chino en función de la fecha de siembra. Apatzingán, Michoacán, otoño de 2017.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr>F
Tratamiento	7	830.458600	118.636943	7.05	0.0018**
Error	12	201.828280	16.819023		
Total	19	1032.286880			

C.V. = 11.88 %, ** = diferencias estadísticas altamente significativas

Cuadro A10. Análisis de varianza para el número de vainas por planta de frijol chino en función de la fecha de siembra. Apatzingán, Michoacán, otoño de 2017.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr>F
Tratamiento	7	6805.55000	972.22143	1.57	0.2335 ^{ns}
Error	12	7409.40000	617.45000		
Total	19	14214.95000			

C.V. = 57.85%, ns = no significativo.