

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FENOLÓGICA DE DOCE
GENOTIPOS DE FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.)
ADAPTADOS AL ORIENTE DE GUATEMALA, 2018.



ILONKA LILY CALDERON RAMIREZ

CHIQUMULA, GUATEMALA, MARZO 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FENOLOGICA DE DOCE
GENOTIPOS DE FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.)
ADAPTADOS AL ORIENTE DE GUATEMALA, 2018.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

ILONKA LILY CALDERON RAMIREZ

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, MARZO 2020

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA**



RECTOR
M.Sc. Ing. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Representante de Profesores:	M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Representante de Profesores:	M.Sc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén
Representante de Graduados:	Inga. Evelin Dee Dee Sumalé Arenas
Representante de Estudiantes:	A.T. Estefany Rosibel Cerna Aceituno
Representante de Estudiantes:	PEM. Elder Alberto Masters Cerritos
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	M. A. Edwin Rolando Rivera Roque
Coordinador de Carrera:	PhD. Rodolfo Augusto Chicas Soto

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente: M.Sc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda
Secretario: PhD. Rodolfo Augusto Chicas Soto
Vocal: M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso

TERNA EVALUADORA

M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Ing. Agr. Marlon Paiz Osorio
Ing. Agr. Servio Darío Villeda Morataya

Chiquimula, Marzo 2020

Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Chiquimula

Honorables miembros

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación titulado: **"CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FENOLOGICA DE DOCE GENOTIPOS DE FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.) ADAPTADOS AL ORIENTE DE GUATEMALA, 2018."**, como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el grado académico de Licenciado.

En espera que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente



Ilonka Lily Calderon Ramirez

REF-HRVV-03-2020
Chiquimula, enero de 2020

Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

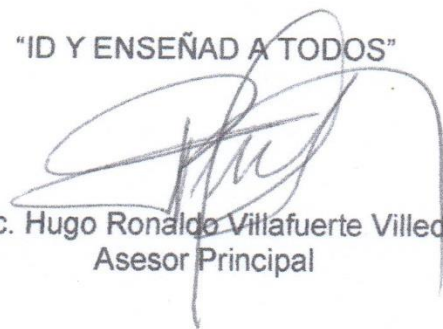
Respetable Ingeniero Coy:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación - PTG- de la Carrera de Agronomía, para asesorar a la estudiante, Ilonka Lily Calderón Ramirez carné: 200940487, en el trabajo de investigación denominado: **"CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FENOLOGÍA DE DOCE GENOTIPOS DE FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.) ADAPTADOS AL ORIENTE DE GUATEMALA, 2018"**, tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a asesorar y orientar a la sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En mi opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomiendo la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



MSc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda
Asesor Principal



cc. Archivo

D-TG-A-029/2020

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **ILONKA LILY CALDERON RAMIREZ** titulado "**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FENOLÓGICA DE DOCE GENOTIPOS DE FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.) ADAPTADOS AL ORIENTE DE GUATEMALA, 2018**", trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera Agronomía. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a veintiocho de febrero de dos mil veinte.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
DIRECTOR
CUNORI - USAC

ACTO QUE DEDICO

A DIOS:

Por el don de la vida, la sabiduría y la fuerza para recorrer el camino a lograr mis metas.

A MIS PADRES:

Elder Augusto Calderón Morales, ejemplo de lucha y perseverancia, quien a pesar de mis tropiezos, siempre confió en mí, gracias por cada palabra de aliento, por ser mi guía, te agradezco infinitamente el enorme sacrificio que has hecho por mí, hoy puedo decirte, misión cumplida, pues sin todo tu apoyo no estuviera aquí, este triunfo es tuyo, Te Amo.

Lily Ramírez de Calderón, gracias madre por estar en cada momento, por ser fuerza en mis debilidades, gracias por el amor que me das, por la confianza en mí y por todo lo que has hecho para que llegue al día de hoy, solo me queda decirte, lo logramos este triunfo también es tuyo, Te Amo.

A MIS PADRINOS:

Adalberto López y Julieta de López (QEPD), mis segundos padres, gracias por estar conmigo en todo momento, por ser parte esencial en mi formación, por cada consejo y por tanto amor que me han dado.

A MI HERMANO:

Elder Josué, gracias por todo tu apoyo incondicional, porque a pesar de la distancia tengo la certeza que cada que te necesito ahí estas, Te Amo.

A MIS SOBRINOS:

Paula Emiliana, Mario Guillermo, Rodrigo Alejandro y Liam Alejandro, por ser mi inspiración y mi luz, que mis triunfos sean un ejemplo en sus vidas, los amo.

A MIS ABUELOS:

Manuel de Jesús Calderón, María Elodia Morales, Carlos Arturo Ramírez y Carmen Marroquín, hermosos ángeles en el cielo, gracias por cada momento compartido, por cada consejo y por tanto amor brindado en el tiempo que estuvieron a mi lado, hoy aunque no físicamente, sé que están conmigo como siempre y me llena de orgullo poder decirles lo logre, hasta el cielo un abrazo, Los Amo.

A MIS PRIMOS Y PRIMAS:

Gracias por todo su apoyo incondicional, en especial a: Raquel, Carmen y Veraly, por nunca dejarme caer y siempre tener una palabra de aliento en los momentos que todo se volvía oscuro, gracias por no dejarme renunciar.

A MIS TÍOS Y TÍAS:

Por su apoyo incondicional, sus consejos y su cariño.

A MIS AMIGOS:

Por cada momento disfrutado, por su apoyo incondicional y el cariño demostrado.

En especial a: Raúl García, Miguel Aguirre, Hugo Villafuerte, Bryan Morales, Rafael Pacheco, Gabriela Morán, por esa amistad sincera, porque a pesar de tomar diferentes caminos sé que siempre están cuando los necesito, gracias por convertirse en mis hermanos.

Amanda Girón gracias por estar en cada momento de mi vida, por siempre tener una palabra de aliento cuando la necesito. Beatriz Pineda, mi hermana que a pesar de tomar diferentes caminos siempre estás para mí. Patricia Córdón, Rocío Bravo, Pablo Villafuerte, Maria Jose Solís, gracias por su amistad y su apoyo.

Familia Lee del Cid, por hacerme sentir parte de su familia, por el apoyo incondicional y el cariño que me han brindado.

AGRADECIMIENTOS

AL CENTRO UNIVERITARIO DE ORIENTE “USAC-CUNORI”

A LA CARRERA DE AGRONOMÍA

A MIS CATEDRÁTICOS

Por formar parte esencial en mi formación académica.

A MIS ASESORES DE TESIS

Ing. Hugo Ronaldo Villafuerte e Ing. José Carlo Figueroa, por su guía y supervisión en el proceso de elaboración de este documento.

AL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS –ICTA-

Por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación, especialmente a la Inga. Ángela Miranda e Ing. José Carlo Figueroa, por todo el apoyo que me brindaron durante el proceso, por sus consejos y enseñanzas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO CONCEPTUAL	2
2.1 Antecedentes	2
2.2 Justificación	3
2.3 Planteamiento del Problema	3
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1 Importancia del Cultivo del Frijol	5
3.2 Clasificación botánica del frijol	6
3.3 Descripción de la planta del frijol	6
3.4 Hábito de crecimiento del frijol	7
3.5 Características generales sobre el desarrollo del cultivo de frijol	8
3.6 Descripción del Fenotipo	9
3.7 Clasificación de los caracteres descriptivos	10
3.8 Requerimientos de clima y suelo	11
3.9 Limitantes del cultivo de frijol	12
3.10 Contribuciones de la mejora genética	14
3.11 La semilla, concepto e importancia en la producción agrícola y forestal	14
3.12 Legislación nacional sobre semillas	17
4. MARCO REFERENCIAL	20
4.1 Localización del área de estudio y época	20
4.2 Condiciones climáticas y zonas de vida	20
4.3 Características del material evaluado	20

5.	MARCO METODOLÓGICO	21
5.1	Objetivos	21
5.1.1	General	21
5.1.2	Objetivos Específicos	21
5.2	Caracterización morfológica y fenológica de los genotipos de frijol	21
5.2.1	Tamaño de la parcela	21
5.2.2	Tamaño de la muestra	21
5.2.3	Variables de respuesta	22
5.2.4	Toma de datos	45
5.2.5	Análisis de la información de la caracterización morfológica	45
5.2.6	Manejo del cultivo en campo	45
6.	RESULTADOS	47
6.1	Caracterización Morfológica	47
6.1.1	Caracteres morfológicos cuantitativos	47
6.1.2	Caracteres morfológicos cualitativos	48
6.2	Características fenológicas de los genotipos	53
6.3	Análisis de conglomerados.	55
7.	CONCLUSIONES	57
8.	RECOMENDACIONES	58
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
10.	ANEXOS	61

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	CONTENIDO	PÁGINA
1.	Clasificación botánica del frijol <i>P. vulgaris</i> .	6
2.	Genotipos de frijol utilizados en la caracterización morfológica, Ipala, Chiquimula, Guatemala, 2018.	20
3.	Resumen de las variables respuesta en estado de plántula, 12 días después de la siembra.	25
4.	Resumen Variables de Respuesta al momento de la floración, 25 a 40 días después de la siembra.	34
5.	Resumen Variables de Respuesta al momento de la madurez fisiológica, 55 a 70 días después de la siembra.	37
6.	Resumen de Variables de respuesta al momento de la cosecha.	44

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	CONTENIDO	PÁGINA
1.	Características morfológicas cuantitativas de los genotipos de frijol arbustivo adaptados al oriente de Guatemala, 2018.	47
2.	Intervalos de confianza (95%) para las características morfológicas cuantitativas de los genotipos de frijol arbustivo, adaptados al oriente de Guatemala, 2018.	48
3.	Rendimiento potencial con Intervalos de confianza (95%) de los genotipos de frijol arbustivo, adaptados al oriente de Guatemala, 2018.	49
4.	Características morfológicas cualitativas en estado de plántula de los genotipos de frijol arbustivo adaptados al oriente de Guatemala, 2018.	50
5.	Características morfológicas cualitativas al momento de floración de los genotipos de frijol arbustivo adaptados al oriente de Guatemala, 2018.	51
6.	Características morfológicas cualitativas al momento de madurez fisiológica de los genotipos de frijol arbustivo adaptados al oriente de Guatemala, 2018.	52
7.	Características morfológicas cualitativas al momento de la cosecha de los genotipos de frijol arbustivo adaptados al oriente de Guatemala, 2018.	53
8.	Características fenológicas de los genotipos de frijol arbustivo adaptados al oriente de Guatemala, 2018.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	PÁGINA
1.	Fases de desarrollo de cultivo de frijol.	9
2.	Estructuras esenciales de la plántula de frijol.	23
3.	La hoja de frijol: sus componentes y la determinación de su longitud y anchura: ab = longitud; cd = anchura.	24
4.	Estructura de la corola de la flor.	27
5.	Estructuras del estandarte de la flor de frijol.	28
6.	Esquema de los cuatro tipos de hábito de crecimiento del frijol.	30
7.	Pubescencia del tallo principal del frijol.	31
8.	Determinación de la longitud del tallo principal (altura de la planta) en una planta de frijol con hábito de crecimiento indeterminado y determinado.	32
9.	Formas del corte transversal de la vaina del frijol, seccionando la semilla.	37
10.	La vaina del frijol: sus componentes y la determinación de su longitud.	38
11.	Forma del perfil de la vaina del frijol.	40
12.	Forma predominante del ápice de la vaina de frijol.	41
13.	Formas que presenta la semilla de frijol	43
14.	Análisis de conglomerado realizado a los genotipos de frijol arbustivo adaptados al oriente de Guatemala, 2018.	55

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	CONTENIDO	PÁGINA
1.	Mapa de ubicación del municipio de Ipala, Chiquimula. En el cual se realizó la caracterización morfológica y agronómica de doce genotipos de frijol común (<i>phaseolus vulgaris</i> L.) arbustivo adaptados al oriente de Guatemala. 2018.	62
2.	Resumen de las características morfológicas cuantitativas.	63
3.	Aspectos importantes de la ley de semillas en Guatemala.	64
4.	Momento de siembra de los doce genotipos evaluados, en Ipala, Chiquimula.	65
5.	Genotipos evaluados en estado de plántula.	65
6.	Toma de datos de genotipos evaluados en estado de plántula.	66
7.	Monitoreo de parcelas de caracterización de frijol.	66
8.	Planta de frijol, en estado de floración.	67
9.	Toma de datos en estado de floración.	68
10.	Medición de longitud del tallo principal.	69
11.	Planta en inicio de estado de madurez fisiológica.	70
12.	Planta en final de estado de madurez fisiológica.	71

13.	Momento de la cosecha.	72
14.	Semilla de los diferentes genotipos caracterizados.	73
15.	Guía para identificar de forma rápida y práctica una variedad de otra.	74

INTRODUCCIÓN

Según Rosas (2003), el cultivo del frijol común es importante ya que es una de las principales fuentes de proteína vegetal de buena calidad. Posee en su composición grasas y carbohidratos, así como otros elementos esenciales en la dieta humana. El valor nutricional de la proteína que brinda el grano es de 22%, debido a que posee un mayor contenido de aminoácidos esenciales, que la papa y el maíz, y ligeramente superior a la carne de pollo.

El programa de mejoramiento de frijol del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas –ICTA-, ha concentrado sus esfuerzos en la búsqueda de soluciones a los principales problemas que afronta el productor. El programa ha realizado la selección de genotipos con alto rendimiento, tolerancia a sequía, resistencia a plagas y enfermedades y alta calidad nutricional.

En esta investigación se realizó una caracterización de doce genotipos de frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) adaptados a la región del oriente de Guatemala, del programa de mejoramiento del ICTA. Contar con los descriptores varietales de cada genotipo que sea liberado es de suma importancia, para registrar los lotes de producción de semilla en sus diferentes categorías (básica, registrada y certificada) para fines comerciales o de promoción, factor sin el cual no puede mantenerse la pureza genética de los materiales a través de los ciclos de manipulación de semillas.

La caracterización morfológica y fenológica se realizó evaluando los descriptores varietales de cada genotipo, en las diferentes etapas de desarrollo del ciclo vital del cultivo de frijol, con el objetivo de encontrar las diferencias cualitativas y cuantitativas entre las diferentes variedades incluidas dentro del estudio.

Las parcelas de caracterización de esta investigación se establecieron en el municipio de Ipala, Chiquimula, en una finca con ubicación geográfica 14°36'57" latitud Norte y 89°37'10" longitud Oeste, en aldea el sauce, en época de primera siembra durante los meses de mayo a agosto de 2018.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes

Se acepta el origen americano del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), pues investigaciones arqueológicas han permitido ubicar restos del cultivo de frijol en diversos sitios de Estados Unidos, México y Perú. En América Latina, el frijol ha venido cultivándose desde tiempos ancestrales, no se sabe cuándo el frijol escapó de la parcela familiar para convertirse en un cultivo de importancia económica (Vavilov, 1951).

La especie *Phaseolus vulgaris* L. Fue considerada por Linnaeus (1753), como de origen asiático, señalando a la India como el posible centro de diversificación debido a la gran variedad de tipos. Posteriormente De Candolle (1886), basándose en los escritos griegos sobre el cultivo de la leguminosa “*Phaseolus*”, considero que *Phaseolus vulgaris* L. procedía de Asia Occidental (Vavilov, 1951).

Poco después, cuando Wittmack encontró en las excavaciones de Ancona, Perú, semillas de *Phaseolus vulgaris* L. Junto con semillas de *Phaseolus lunatus* L. De Candolle modificó su opinión, el sentido de que *Phaseolus vulgaris* L. posiblemente tenía su centro de diversificación en América del Sur. Más tarde Vavilov, de acuerdo con Bucasov (1931), después de haber estudiado numerosas variedades de frijol recolectadas en México, Guatemala, Colombia, Perú, Chile y Bolivia, dedujo que el área México-Guatemala era el centro de mayor diversificación de la especie *Phaseolus vulgaris* L. (Fernández de C, et. al., 1986).

Según Simmons (1959), las leguminosas como el frijol, son fuente muy importante de proteínas y calorías en la dieta de los habitantes de América y África tropical, en dónde éstas suplen la alimentación en carbohidratos como maíz, yuca y plátano.

Existe un acuerdo que *Phaseolus* es originario del continente americano y las especies del viejo mundo pasan al género *Vigna* (Fernández de C, et. al., 1986).

Debouck (1988), indica que existen 5 especies que actualmente son cultivadas en el continente americano: *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus lunatus*, *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus actufikius*. var *latifolius*, *Phaseolus polyanthus*.

El género *Phaseolus* tiene un amplio rango de adaptación, desde climas semiáridos hasta tierras altas, húmedas y frías de Guatemala. Condiciones de temperaturas cálidas, son mejores para *Phaseolus vulgaris*, ésta se encuentra entre alturas de 500 a 1800 msnm (Simmons, 1959).

2.2 Justificación

Considerando las condiciones edafoclimáticas y topográficas, asociadas a la cultura agrícola y orientadas a la producción de granos básicos en el oriente de Guatemala, se plantea la necesidad de realizar proyectos de investigación y caracterización de diferentes cultivos y variedades que contribuyan a generar información, que promueva el fortalecimiento del manejo agrícola, y se logre la certificación de semillas de las diferentes variedades adaptadas a la región del oriente, que muestren mejores características y rendimientos en producción.

En los artículos 4°, 5°, 6° y 7°, de los acuerdos presidenciales del 12 de mayo de 1961, “Normas reglamentarias para la producción, certificación y comercialización de semillas agrícolas y forestales, y en el cumplimiento de la ley, se realizó la caracterización de doce variedades de frijol adaptadas al oriente de Guatemala, para conocer las características principales y los rendimientos que presentan, para que sean certificadas como semillas de buena calidad y ser comercializadas en el mercado de semillas del país.

2.3 Planteamiento del Problema

El cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.); se siembra en el oriente de Guatemala para satisfacer las necesidades del mercado y de las familias de todo el territorio. El cambio climático, la disminución de áreas de producción y la disponibilidad de insumos y materiales productivos, han logrado que los rendimientos se vean afectados dentro del área agrícola. En Guatemala el cultivo de frijol, se ha visto afectado en su rendimiento, ya que se ha reducido en promedio entre 0.7 a 0.8 toneladas métricas por hectárea, por lo que es necesario generar alternativas para los problemas que presentan los agricultores en el campo de cultivo.

Una de las causas del bajo rendimiento del cultivo de frijol, es que las tecnologías de cultivo y manejo post cosecha no se han mejorado y no se les ha brindado la atención necesaria y adecuada a los productores.

Los productores han perdido la pureza genética de las variedades de frijol que se cultivan, por lo que es necesario conocer y diferenciar las características, morfológicas y agronómicas de sus cultivares.

La semilla de frijol que utilizan los productores en el oriente del país proviene de cosechas anteriores, de selección masal y de la compra de semillas en agro servicios. Por esta razón las características morfológicas y agronómicas que presentan los cultivares sembrados suelen ser muy similares, en su forma, hábito de crecimiento y rendimientos.

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), organización dedicada a la mejora genética de semillas, cuenta con diferentes variedades frijol común arbustivo, de las cuales a 12 de ellas se les evaluó su comportamiento en campo, así como sus características morfológicas y agronómicas, para obtener información descriptiva de cada una de ellas, la cual será de utilidad para la inscripción y registro de los genotipos promisorios de frijol, con potencial de adaptación a las condiciones del oriente de Guatemala.

La presente caracterización del cultivo de frijol, estará a disposición de los agricultores del oriente de Guatemala, con la información necesaria sobre el comportamiento de los 12 genotipos evaluados, para que los productores puedan diferenciar de manera sencilla las diferencias entre variedades y seleccionar la de su interés.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Importancia del Cultivo del Frijol

Dentro del grupo de las leguminosas comestibles, el frijol común es una de las más importantes, debido a su amplia distribución en los cinco continentes y por ser un suplemento nutricional en la dieta alimenticia de los habitantes de Centro y Sur América. En América Latina y África, el frijol común y los guisantes forrajeros son importantes fuentes de proteínas en la dieta humana. Desde el punto de vista de la cantidad consumida, las leguminosas ocupan el segundo lugar, después de los cereales (Poey (1979), citado por Mas (2007)).

En el país, dentro de los granos básicos, el frijol ocupa el segundo lugar después del maíz, tanto por la superficie sembrada como por la cantidad que consume la población. El frijol se cultiva a nivel nacional variando, desde luego, el área de siembra, los rendimientos y las tecnologías de una región u otra (Poey (1979), citado por Mas (2007)).

Para los guatemaltecos, especialmente para aquellos de escasos recursos económicos, el frijol es importante para la dieta, contiene entre el 15 y el 27% de proteína. El frijol de color negro es el preferido y es un cultivo practicado por agricultores de bajos recursos económicos y utilizando principalmente suelos marginales y frecuentemente es asociación con otros cultivos entre estos el maíz (Poey (1979), citado por Mas (2007)).

Según el Instituto Nacional de Estadística –INE- (2008), citado por el Villatoro, Castillo y Franco (2011), como producto alimenticio básico, la demanda siempre aumenta, es comprensible la tendencia al alza que se observa, tanto en el número de fincas, como en la superficie cosechada y la producción obtenida (Poey (1979), citado por Mas (2007)).

3.2 Clasificación botánica del frijol

La taxonomía inicial del cultivo fue hecha por Linneo en 1753, posteriormente fue modificada por Cronquist (1981), citado por Rivas (2004) quien menciona que el frijol común es un prototipo del género *Phaseolus*.

Cuadro 1. Clasificación botánica del frijol *P. vulgaris*.

Clasificación botánica del frijol común	
REINO	Plantae
DIVISION	Magnoliophyta
CLASE	Magnoliopsida
SUBCLASE	Rosidae
ORDEN	Fabales
FAMILIA	Fabaceae
SUBFAMILIA	Faboideae
GENERO	<i>Phaseolus</i>
ESPECIE	<i>Vulgaris</i>

Fuente: Cronquist, 1981

3.3 Descripción de la planta del frijol

El frijol es una especie anual, originaria de América Central, el Sur de México y Sur América, en estos lugares se cultiva desde épocas precolombinas. Hoy en día se encuentran especies silvestres en ciertos lugares de Sur América, el frijol es sin duda la especie más importante del género *Phaseolus*. Es una planta con un sistema radicular bien desarrollado, compuesto de una raíz principal y muchas raíces secundarias ramificadas en la parte superior del suelo. Los tallos son débiles, angulosos, de sección cuadrangular y de altura muy variable de acuerdo con la variedad (Molina. (1972), citado por Mas (2007)).

El porte de la planta está determinado por la forma y posición de tallos; si el tallo principal presenta una inflorescencia terminal, el crecimiento de éste se detiene rápidamente (crecimiento determinado), las plantas son enanas y erectas. Si el tallo no produce esta inflorescencia aparecen axilas y la planta será guiadora o trepadora

(crecimiento indeterminado). Las inflorescencias, ya sea en racimos terminales o axilas, tienen péndulos erguidos y algo vellosos, cada péndulo lleva numerosas flores. El número de flores puede ser de unas pocas hasta 30 o más; las hojas son alternas, compuestas de tres folíolos, con los extremos acuminados, los frutos o vainas son de tamaño variado, estas pueden medir de 6 a 22 cm de largo (Molina. (1972), citado por Mas (2007)).

3.4 Hábito de crecimiento del frijol

Las plantas de frijol son arbustivas o postradas. Estos dos tipos de frijol han sido clasificados en diferentes categorías basadas en hábitos de crecimiento. Una clasificación ha sido propuesta por el CIAT (1979), el cual sugiere una clave para identificar los cuatro principales hábitos de crecimiento. A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de estos hábitos de crecimiento y de subtipos (CIAT (1979), citado por Mas (2007)).

Tipo I

Hábito de crecimiento indeterminado; yemas terminales reproductivas en el tallo principal y las ramas; limitada o ninguna formación de nudos y hojas después de iniciada la floración (CIAT (1979), citado por Mas (2007)).

- Ramas y tallo principal generalmente fuerte y erecto (Ia).
- Ramas y tallo principal débil, postrado, con alguna habilidad trepadora (Ib).

Tipo II

Hábito de crecimiento indeterminado; yemas terminales del tallo y las ramas, vegetativas; hay producción de hojas después de iniciada la floración tanto el tallo como las hojas fuertes y erectas (CIAT (1979), citado por Mas (2007)).

- Guía terminal (indeterminados excesivamente alargados y débiles) ausente, por tanto, carece de habilidad trepadora (IIa).
- Guía terminal de longitudes variables y por tanto posee cierta habilidad trepadora (IIb).

Tipo III

Hábito de crecimiento indeterminado; ramas relativamente débiles y abiertas, semipostradas. Carga de vainas concentrada en la parte basal de la planta. Su máximo rendimiento se logra en monocultivo (CIAT (1979), citado por Mas (2007)).

- Ramas relativamente cortas, guía de tallo principal y/o en las ramas son pequeñas cuando se presentan y poseen débil habilidad trepadora (IIIa).
- Ramas largas, a menudo postradas, con guía del tallo principal relativamente larga y habilidad trepadora moderada (IIIb).

Tipo IV

Hábito de crecimiento indeterminado. Tallo y ramas muy débiles y excesivamente largos, con fuerte habilidad trepadora. Necesita apoyo para lograr rendimientos máximos (CIAT (1979), citado por Mas (2007)).

- Carga de vainas distribuida a todo a lo largo de la planta (IVa).
- Carga de vainas principalmente en la parte superior de la planta (IVb).

Los tallos y ramas del frijol son delgados, torcidos, angulosos y apostillados; las formas trepadoras tienen más nudos que están más espaciados que en los tipos arbustivos determinados. Las hojas son alternas, trifoliadas, un poco pilosas y cada una posee un pulvino bien desarrollado en la base. El frijol normalmente se autopoliniza, ocurre menos de 1% de polinización cruzada (CIAT (1979), citado por Mas (2007)).

3.5 Características generales sobre el desarrollo del cultivo de frijol

El desarrollo de la planta de frijol comprende de manera general las siguientes dos fases sucesivas (Fernández de C, et. al., 1986).

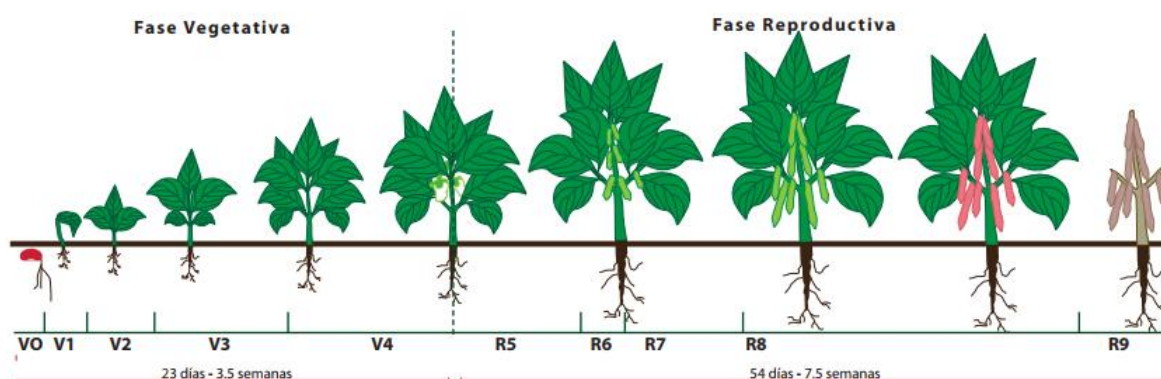
Fase vegetativa

Inicia en el momento en que la semilla dispone de condiciones adecuadas para germinar y finaliza cuando inician los primeros botones florales (Figura 1) (Fernández de C, et. al., 1986).

Fase reproductiva

Inicia con la aparición de los primeros botones o racimos florales y finaliza cuando el grano alcanza el grado de madurez necesario para la cosecha. A pesar de ser esta fase eminentemente reproductiva, durante ella las variedades indeterminadas (Tipo II, III y IV), continúan, aunque con menor intensidad, produciendo estructuras vegetativas (Fernández de C, et. al., 1986).

A lo largo de las fases vegetativa y reproductiva, se han identificado 10 etapas bien definidas de desarrollo, las cuales conforman la escala del desarrollo del cultivo de frijol (Figura 1), cada una de esas etapas se designa con un código formado por una letra y un número; la letra V o R es la literal de una fase (vegetativa o reproductiva) a la cual pertenece la etapa, y el número (0 al 9) indica la posición de la etapa dentro el ciclo de vida de la planta (Fernández de C, et. al., 1986).



Fuente: Guía de identificación y manejo integrado de enfermedades de frijol, IICA,

Figura 1. Fases de desarrollo de cultivo de frijol.

3.6 Descripción del Fenotipo

La descripción varietal se hace en el fenotipo observando las plantas de una variedad y depende del potencial genético (genotipo) de la planta y su expresión (fenotipo) que recibe los efectos ambientales presentes. Por lo tanto, se debe conocer el fenotipo para tratar de diferenciar las variaciones debidas a los efectos genéticos de aquella que ocurren por efectos ambientales, que no se pueden eliminar (Muñoz, et. al., 1993).

Para mantener la pureza varietal, interesa principalmente el componente genético o genotípico, ya que los efectos ambientales no se transmiten por semilla. Es necesario, por lo tanto, identificar las causas de las variaciones observadas entre las plantas, ya que aquellas que se deben a efectos ambientales no se pueden considerar las plantas diferentes como plantas fuera de tipo (Muñoz, et. al., 1993).

En cambio, las plantas observadas en el campo que no se ajustan a los caracteres que aparecen en la descripción varietal -incluyendo su variación aceptada- constituirán el grupo de plantas fuera de tipo o contaminantes, que deben eliminarse en los incrementos de semilla y considerarse en las tareas de inspección durante su producción y comercialización (Muñoz, et. al., 1993).

3.7 Clasificación de los caracteres descriptivos

De acuerdo con su grado de integración con el medio ambiente, los caracteres descriptivos se diferencian en fijos o variables (Muñoz, et. al., 1993).

3.7.1 Caracteres fijos

Dependen generalmente de uno o pocos genes que determinan una característica de distribución discreta, es decir, de fácil diferenciación entre las posibles alternativas fenotípicas (por ejemplo, color de la flor o color de grano). Estos o no pueden ser medidos numéricamente o se dificulta su medición en cuanto incluyen un grado de subjetividad en la evaluación (por ejemplo, color, forma, intensidad). En estos caracteres las modificaciones que experimentan por acción del ambiente son pocas (Muñoz, et. al., 1993).

3.7.2 Caracteres variables

La expresión de estos depende de la acción de muchos o pocos genes, pero afectados por modificadores; estos caracteres interactúan con el medio ambiente y, según el sistema de medida empleado, pueden dividirse en dos grupos: los variables cuantitativos (que se pueden medir mediante un sistema de numeración continua, se manifiestan genotípicamente con una distribución normal donde aparece un ámbito de la expresión fenotípica, por ejemplo, altura de la guía en frijoles de crecimiento

indeterminado) y los variables calificativos (no se pueden medir por un sistema de numeración continua. Presentan un tipo de distribución discreta y depende de la acción de muchos genes o de genes mayores afectados por modificadores, por ejemplo, el color del grano de frijol) (Muñoz, et. al., 1993).

3.8 Requerimientos de clima y suelo

Agua

El agua es indispensable para el desarrollo del cultivo y para su rendimiento. Hay líneas y variedades que muestran buena tolerancia a deficiencias hídricas, dando rendimientos aceptables en esas condiciones, tolerancia que puede estar basada en la mayor capacidad de extracción de agua de capas profundas del suelo (Cabrera, et. al., 2008).

Temperatura

La planta de frijol se desarrolla bien entre temperaturas promedio de 15 a 27° C, las que generalmente predominan a elevaciones de 400 a 1,200 msnm, pero es importante reconocer que existe un gran rango de tolerancia entre diferentes variedades (Cabrera, et. al., 2008).

Luminosidad

Obviamente el papel principal de la luz está en la fotosíntesis, pero la luz también afecta la fenología y morfología de una planta por medio de reacciones de fotoperiodo y elongación. A intensidades altas puede afectar la temperatura de la planta (Cabrera, et. al., 2008).

Requerimientos edáficos

El cultivo de frijol requiere suelos fértiles, con buen contenido de materia orgánica; las texturas del suelo más adecuadas son las medias o moderadamente pesadas, con buena aireación y drenaje, ya que es un cultivo que no tolera suelos compactos, la poca aireación y acumulación de agua (Cabrera, et. al., 2008).

El pH óptimo fluctúa entre 6.5 y 7.5; dentro de este rango la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan una máxima disponibilidad para la planta. El frijol tolera pH hasta de 5.5, aunque debajo de éste, presenta generalmente síntomas de toxicidad de aluminio y/o manganeso (Cabrera, et. al., 2008).

3.9 Limitantes del cultivo de frijol

2.1.1 Plagas

El cultivo de frijol es atacado por los insectos desde el momento que se deposita la semilla en el suelo hasta la cosecha y almacenamiento. Se requiere el uso de diferentes prácticas que contribuyan a la prevención y/o control de las mismas en forma oportuna, tratando de integrar dichas prácticas (manejo integrado) de tal manera que el uso de plaguicidas sea aplicado en forma racional (Rosas, 2003).

- **Insectos del suelo**

Causan daños en las raíces y las plántulas. La presencia de estos insectos puede ser reducida con la preparación del terreno, haciendo una aradura profunda y volteando el suelo para que las plagas queden expuestas y sean destruidas por el sol o consumidas por aves, reptiles y otros animales insectívoros (Rosas, 2003).

Entre las principales plagas de este grupo se encuentran: Gallina ciega, *Phillophaga spp.* y gusanos cortadores, *Agriotis ípsilon* (Rosas, 2003).

- **Plagas defoliadoras o que dañan las hojas**

Para reducir la presencia de estas plagas, es muy importante mantener los campos libres de malezas (Rosas, 2003).

Entre las principales plagas de este grupo se encuentran: Babosas, *Vaginulus plebeius*; crisomélidos, *Diabrotica spp* y *Cerotoma spp.*; gusanos defoliadores; plagas chupadoras, *Empoasca kraemeri* y mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Rosas, 2003)

3.9.1 Enfermedades

Al igual que los insectos, las enfermedades ocasionan pérdidas considerables en el rendimiento del frijol cuando no son prevenidas en forma oportuna. Cuando una enfermedad se desarrolla completamente sobre el cultivo, es difícil su control, por lo que se recomienda la utilización de diferentes prácticas de prevención o control (manejo integrado) para disminuir el ataque de los patógenos (Rosas, 2003).

- **Enfermedades causadas por virus**

La enfermedad viral de mayor importancia es el virus del mosaico dorado amarillo que es transmitido por la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Rosas, 2003).

- **Enfermedades causadas por bacterias**

La principal enfermedad causada por bacterias es la bacteriosis común causada por *Xanthomonas campestris pv. Phaseoli* (Rosas, 2003).

- **Enfermedades causadas por hongos**

En estas podemos encontrar: Mustia hilachosa, *Thanatephorus cucumeris*; mancha angular, *Phaeoisariopsis griseola*; antracnosis, *Colletotrichum lindemuthianum* y la roya, *Uromyces appendiculatus* (Rosas, 2003).

3.9.2 Malezas

Las malezas compiten con el cultivo por el espacio, la luz, el agua, los nutrimentos y son hospederas de plagas y enfermedades. Las malezas no solo pueden ser el problema en el primer mes de establecida la parcela. Si se presentan a finales del cultivo provocan mayor humedad, calor y sombra, lo que favorece el desarrollo de enfermedades que contaminarán y dificultarán la cosecha (Rosas, 2003).

Existen malezas de hoja angosta (zacates) y de hoja ancha, que se pueden propagar por medio de semillas, tubérculos, pedazos de tallos o raíces (Rosas, 2003).

3.10 Contribuciones de la mejora genética

La obtención de variedades mejoradas para nuevas zonas de cultivo ha sido una de las contribuciones más importantes de la mejora genética de las plantas. Esto se ha podido hacer frecuentemente ajustando el ciclo de la variedad a las variaciones del clima durante la vida de la planta en la nueva zona de cultivo. Otras contribuciones que ha hecho la mejora genética de plantas ha sido la mejora por ciertos caracteres agronómicos y además la obtención de variedades resistentes a enfermedades e insectos que ha sido una de las contribuciones más importantes, y ciertamente la mejor conocida (Allard, 1978), citado por Rivas (2004)).

3.11 La semilla, concepto e importancia en la producción agrícola y forestal

Semilla

Según el botánico, Cronquist, citado por Vásquez (2006), semilla “es el óvulo fecundado y maduro”, dicho concepto es aplicado únicamente a la semilla como producto de la maduración del óvulo en un sistema de reproducción sexual donde se unen, tanto el gameto masculino como el femenino, para dar origen al huevo o cigoto y posteriormente al embrión. En el proceso de la reproducción sexual ocurre la división celular meiotica que da lugar a la formación de los gametos masculinos y femeninos y al mismo tiempo la recombinación genética como una de las fuentes de la diversidad genética que mediante la fecundación se combinan individuos con características distintas.

En la producción agrícola y forestal el concepto de semilla es más amplio

La definición de lo que es semilla dada anteriormente es una definición la semilla botánica. Esta clase de semilla es la utilizada para la producción agrícola de cereales, la mayoría de las hortalizas, y en el sector forestal. En algunos cultivos de importancia económica la parte utilizada para la obtención de plantas no es precisamente la semilla botánica o sexual, en éstas se utilizan estructuras distintas a la semilla sexual, que son estructuras vegetativas como: esquejes, rizomas, bulbos, hojas, yemas, tubérculos, etc. a las que se les ha dado en llamar semillas vegetativas o asexuales. La mayoría de las legislaciones en América Latina han tomado el concepto amplio de semilla, es decir toda estructura vegetal, capaz de generar otro individuo, la que por supuesto incluye la semilla botánica y la semilla vegetativa o asexual (Vásquez, 2006).

La producción de semillas en Guatemala

Según a unidad de normas y regulaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-, para el año 2003 la superficie que se destinó para la producción de semillas certificada fue de 2,509.1 hectáreas, para diferentes especies, otorgándole al cultivo del frijol una superficie de 122.76 ha, siendo esto un 4.79% del área total (Vásquez, 2006).

El papel que juegan las semillas

Aunque pareciera que el papel de las semillas solo sea en la producción agrícola, vemos que las semillas juegan un rol mucho más amplio en un país determinado, entre otros, las más importantes son: (Vásquez, 2006).

- a. Insumo en la producción agrícola:** es quizá uno de los más importantes en la lista de insumos utilizados en el proceso productivo ya que sin semilla no se puede iniciar el mismo. En las instituciones dedicadas al proceso de generación y transferencia de tecnología agrícolas como el ICTA, en nuestro país la introducción de variedades mejoradas ha sido una innovación relativamente fácil de adoptar por los productores principalmente de granos básicos. La semilla es el pilar fundamental para la producción (Vásquez, 2006).

- b. Mecanismo de reproducción de muchas especies vegetales:** gracias a la semilla la gran mayoría de especies vegetales superiores pueden perpetuar su especie. En 8 el proceso evolutivo cada especie ha generado diferentes procesos de dispersión de estas (Vásquez, 2006).
- c. Fuente de alimentos:** la humanidad se ha beneficiado con las semillas de muchos vegetales solo por mencionar los grupos de especies que se conocen como cereales (maíz, arroz, trigo, cebada, centeno, y sorgo), las leguminosas (frijol, soya, gandul, etc.), las hortalizas (tomate, chile, lechuga, pepino, cebolla, ajo, coliflor, etc.) En países de la región centroamericana forman parte de la seguridad alimentaria de los pueblos, por la cultura de consumo de maíz, frijol, arroz y sorgo. De tal manera que la semilla tiene que ver con la seguridad alimentaria de un país (Vásquez, 2006).
- d. Materia prima en los procesos agroindustriales:** muchas de las semillas o granos son utilizados en actividades de transformación industrial para producir otros bienes de consumo (Vásquez, 2006).
- e. Para el mejoramiento genético:** la obtención de variedades requiere generalmente del cruzamiento de individuos seleccionados, estos ciclos de selección son posibles gracias a la reproducción sexual ya que a través de ella se puede observar la variación que surge de la segregación. La semilla es de vital importancia para los fito-mejoradores, quienes por medio del mejoramiento genético generan nuevas variedades, siendo la semilla el vehículo a través del cual llega a los agricultores las nuevas variedades generadas (Vásquez, 2006).
- f. Es parte de la cultura de los pueblos:** muchas culturas prehispánicas en el continente americano han utilizado las semillas no solo como alimento sino también como cuentas de collares y particularmente en la cultura maya la semilla de cacao era utilizada para como medio de pago en las transacciones comerciales. En nuestros países ricos en etnias la semilla es parte de la cultura de los pueblos, las mismas han sido heredadas de generación en generación para asegurar la alimentación, vestido u otras necesidades del ser humano (Vásquez, 2006).

3.12 Legislación nacional sobre semillas

Acuerdo gubernativo del 12 de mayo de 1,961

La primera regulación en semillas en nuestro país ocurrió a través de un acuerdo gubernativo de fecha 12 de mayo de 1,961: “Normas reglamentarias para la producción, certificación y comercialización de semillas agrícolas y forestales”, más conocido como la Ley de semillas, dicho acuerdo cuenta con 21 Artículos. Con este acuerdo se creó el Servicio Nacional de Certificación de Semillas, adscrito a la Dirección de Agricultura (en la actualidad ya no existen), dependencia del Ministerio de Agricultura, quien tendría a su cargo el cumplimiento de dicho acuerdo, asignándole entre otras atribuciones el control de la producción, el procesamiento y tratamiento de semilla certificada, los análisis de laboratorio de semillas producidas (pureza física, humedad, germinación, etc.), proveer de etiquetas y marchamos a los semilleristas, los requisitos mínimos de campo y el control de las semillas importadas y la exportación de semillas (Vásquez, 2006).

Las clases de semillas reguladas en el acuerdo son tres: semilla básica, semilla de fundación, registrada y semilla certificada. En cuanto a la importación de semilla, el Artículo 11 indica que “queda prohibida la importación de semillas agrícolas cuyo análisis revelare la presencia de semillas de cualesquiera de las siguientes especies botánicas...”. En el listado de especies se nombran siete, las cuales en esa fecha no existían en el país sin embargo en la actualidad es necesario determinar si ya existen o no (Vásquez, 2006).

En el Artículo 16, de dicho normativo, se establecen las sanciones, correspondientes a multas equivalentes al doble del valor de las semillas o el decomiso de estas, cuando se infrinjan las normas del acuerdo. Este acuerdo gubernativo o “Ley de semillas”, es el instrumento que ha regido en materia de semillas, desde la fecha de su emisión hasta nuestros días (Vásquez, 2006).

Acuerdo ministerial del 19 de enero de 1,962

El 19 de enero de 1,962, el Ministro de Agricultura emitió el acuerdo denominado “Reglamento de condiciones y requisitos básicos para los semilleristas”. En este normativo se da la definición de semillerista, indicando que es toda persona inscrita en el Servicio Nacional de Certificación de Semillas, autorizada para producir semilla certificada. Así mismo se indican los requisitos que deben llenarse para ser considerado como semillerista. Este acuerdo está vigente (Vásquez, 2006).

Acuerdo gubernativo número 698-89

Con este acuerdo se crea dentro del MAGA tres direcciones técnicas a saber: Dirección técnica de riego y avenamiento, Dirección técnica de semillas y la Dirección técnica de sanidad vegetal. De las anteriores, la Dirección Técnica de semillas es la encargada de controlar, promover, coordinar, proponer y orientar las actividades y/o proyectos de la producción de semillas botánica y material vegetativo para la producción agrícola, asignándole las funciones correspondientes. La emisión de este acuerdo confirma la importancia que ha tenido la semilla en el campo de la producción agrícola destinando un órgano que se encargara de dicha actividad. La dirección técnica de semillas tenía tres departamentos, a saber: a) De control y certificación de semillas, b) De análisis y acondicionamiento de semillas y c) De postcosecha. Actualmente el MAGA ya no tiene la misma organización, pues desapareció la Dirección Técnica de Semillas (Vásquez, 2006).

Acuerdo ministerial número 177-95.

En este acuerdo el MAGA, aprobó “las normas mínimas para el manejo de los recursos fitogenéticos del país” (Vásquez, 2006).

Este acuerdo ministerial se emitió el 13 de septiembre de 1995. En su Artículo uno de dicho normativo, se indica que “su objetivo, es el conocimiento y aprovechamiento de los recursos fitogenéticos del país, de manera que se asegure las ventajas y beneficios para el pueblo guatemalteco, pues constituyen un patrimonio nacional” (Vásquez, 2006).

El Artículo cuatro de este cuerpo legal, indica que se prohíbe la extracción de germoplasma vegetal que no sea objeto de un estudio científico tanto por personas individuales, empresas o instituciones nacionales o extranjeras que tengan o no sede de trabajo en nuestro país. En este sentido, el Artículo seis, prohíbe a las instituciones y personas nacionales o extranjeras realicen colectas de germoplasma sin la autorización del MAGA y que no cuente con el aval científico del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA- (Vásquez, 2006).

Para la autorización de una colecta de germoplasma, el ICTA emitirá dictamen indicando la conveniencia o no de su realización. Dentro de este cuerpo normativo el Artículo nueve, literal c) indica que “la institución colectora estará obligada a enviar copias del listado de variedades desarrolladas que contengan parte de los genes de nuestro germoplasma al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y al ICTA.

A través del Ministerio, se podrán obtener muestras de las variedades desarrolladas, para ser evaluadas en nuestro país, las muestras se obtendrán sin ningún costo y dichas variedades podrán ser utilizadas libremente por los agricultores nacionales. Por el permiso de colecta se pagará un monto, así como también regalías por la explotación de los materiales. En ambos casos se tasarán los pagos de acuerdo al estudio específico elaborado por una comisión ad-hoc en el cual participará por lo menos un representante con conocimiento del tema, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En el convenio respectivo se respetarán los montos respectivos”. En el Artículo 10 se especifica que en todas las expediciones de colecta de germoplasma participará por lo menos un técnico del MAGA, quien vigilará que los volúmenes de material de propagación y especies colectadas correspondan a lo especificado en el proyecto (Vásquez, 2006).

Aunque en este normativo no se especifica lo referente a semillas comerciales nos obliga a que toda expedición de colecta de germoplasma (cualquier parte vegetal capaz de generar un nuevo individuo, que incluye obviamente a las semillas) debe existir una autorización y el compromiso de compartir el uso de sus genes libremente (Vásquez, 2006).

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Localización del área de estudio y época

Las parcelas de caracterización se establecieron en el municipio de Ipala, Chiquimula, en una finca ubicada, en aldea El Sauce. En época de primera siembra durante los meses de mayo a agosto de 2018.

4.2 Condiciones climáticas y zonas de vida

El municipio de Ipala se encuentra ubicado en una zona de vida de Bosque Seco Subtropical. La temperatura media anual oscila entre 19° y 24° centígrados y la precipitación anual media es de 850 mm. El municipio de Ipala se caracteriza por poseer terrenos con relieve plano hasta accidentado (De la Cruz, 1982).

4.3 Características del material evaluado

4.3.1 Genotipos caracterizados

Se caracterizaron doce genotipos de frijol arbustivo (Cuadro 2) adaptados al oriente de Guatemala.

Cuadro 2. Genotipos de frijol utilizados en la caracterización morfológica, Ipala, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Genotipo	Código	Origen	Genealogía
ICTA Ostúa	JU 81-53	Guatemala	DOR 41 x JU 78-12
ICTA Santa Gertrudis	DOR 446	ICTA-CIAT	(DOR 364 x G 18521) x (DOR 365 x LM 30630)
ICTA Ligero	-----	ICTA-CIAT	CHAPINA / DOR385
ICTA Petén	MDSX 14801-43-34	ICTA-CIAT	
ICTA Sayaxché	MEN 2207-17	ICTA-CIAT	
ICTA Chortí	SMN 39	ICTA-CIAT	(SCR 16xMAB 766) x (MIB 780xSMR 49)
ICTA Patriarca	JU 2006-10	ICTA-CIAT	SBCF 16176-10
ICTA Xinca	JU 2013-3	ICTA-CIAT	SEN 3
ICTA Ixtepeque	JU 2013-2	ICTA	SER95 / SEN 46-2
ICTA Barranqueña	JU 2006-1052-9	ICTA	LIGERO (LIGERO/SEA 18)
ICTA Suprema	JU 2005-1004-9	ICTA	ICTA LIGERO / SEA 18
ICTA Zam ^{ML}	JU 322-9	ICTA-Zamorano	MH2-2 / ICTA LIGERO

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1 Objetivos

5.1.1 General

Generar información para caracterizar de manera morfológica y fenológica doce genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) arbustivo adaptados al oriente de Guatemala.

5.1.2 Objetivos Específicos

- Analizar las características morfológicas cualitativas y cuantitativas de doce genotipos de frijol, utilizando el descriptor varietal propuesto por CIAT.
- Determinar las características fenológicas de doce genotipos de frijol, para conocer la precocidad o días a cosecha.
- Clasificar los genotipos de frijol común tipo arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) con características morfológicas y fenológicas similares, a través del análisis de conglomerados.

5.2 Caracterización morfológica y fenológica de los genotipos de frijol

5.2.1 Tamaño de la parcela

Se implementaron 12 parcelas, las cuales contaban con un área de 180 m², 3.6 metros de ancho por 50 de longitud. Los distanciamientos de siembra utilizados fueron de 0.8 m entre surco y 0.3 m entre planta, sembrando tres semillas por postura, logrando una densidad de población dentro de la parcela de 2,250 plantas.

5.2.2 Tamaño de la muestra

Se utilizó el muestreo aleatorizado, seleccionando 100 plantas dentro de la parcela. La postura seleccionada como unidad de muestra estuvo representada por una planta por lo que se eliminaron dos plantas (Muñoz, et. al., 1993).

5.2.3 Variables respuesta

Las variables fueron 48 características varietales propias de la planta y seis características fenológicas; se utilizó como guía el documento elaborado por Muñoz, Giraldo y Fernández (1993), llamado “Descriptores Varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo” publicado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical.

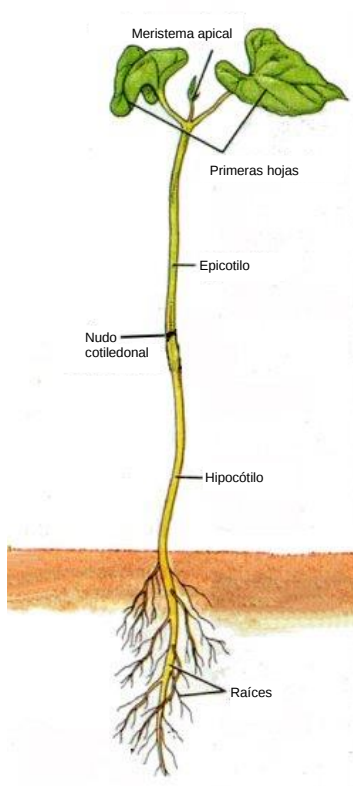
A. En estado de plántula

✓ Características fenológicas:

Días a emergencia: Es el número de días transcurridos desde la siembra en el suelo húmedo hasta el momento en que haya emergido el 50% de la población estimada para la parcela (Muñoz, et. al., 1993).

✓ Características morfológicas cualitativas:

Color predominante de los cotiledones: El color de los cotiledones (figura 2) depende de la variedad, casi todas las variedades presentan cotiledones de color amarillo pálido, pero otras presentan pigmentación rosada y morada de intensidad variable. El color se debe observar al momento de máxima expansión de las hojas primarias y cuando apenas se inicie la formación del primer trifolio (Muñoz, et. al., 1993).



Fuente: "Descriptores Varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo"

Figura 2. Estructuras esenciales de la plántula de frijol.

Color predominante del hipocótilo: El hipocótilo es la parte del tallo comprendida entre el punto de inserción de los cotiledones o nudo cotiledóneo, y el punto de iniciación de la raíz principal (figura 2). Se observa cuando se hace la evaluación de los cotiledones (Muñoz, et. al., 1993).

Color predominante de las nervaduras de las hojas primarias: Las hojas primarias, opuestas y simples, se insertan en el nudo superior al nudo cotiledóneo (figura 2). El color de sus nervaduras depende de la variedad, y puede ser verde, rosado o morado. La coloración se observa más fácilmente en el envés de las hojas, al mismo tiempo que se observa el color de hipocotilo y de los cotiledones (Muñoz, et. al., 1993).

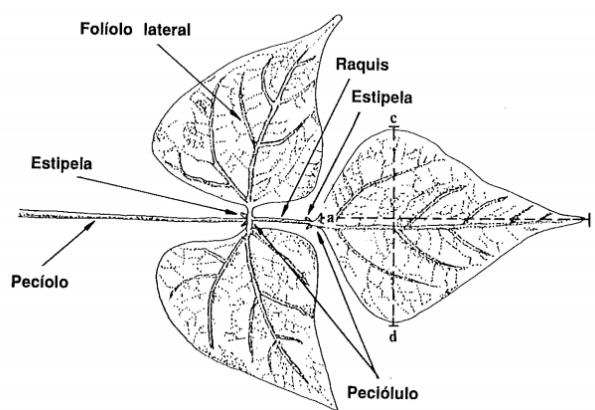
✓ **Características morfológicas cuantitativas:**

Longitud del hipocotilo: Es la distancia, medida en centímetros, desde el nudo cotiledóneo hasta el cuello de la raíz (figura 2) (Muñoz, et. al., 1993).

Longitud del epicotilo: Es la distancia, medida en centímetros, desde el nudo cotiledóneo hasta el punto de inserción de las hojas primarias (figura 2) (Muñoz, et. al., 1993).

Longitud de las hojas primarias: Es la distancia, medida en centímetros, desde el punto de inserción en el pecíolo hasta el ápice de la lámina foliar (figura 3) (Muñoz, et. al., 1993).

Anchuras de las hojas primarias: Es la distancia, medida en centímetros, que hay de un borde al otro en el punto más ancho de la lámina foliar (figura 3) (Muñoz, et. al., 1993).



Fuente: "Descriptores Varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo"

Figura 3. La hoja de frijol: sus componentes y la determinación de su longitud y anchura: ab = longitud; cd = anchura.

Cuadro 3. Resumen de las variables respuesta en estado de plántula, 12 días después de la siembra.

No.	Variables respuesta en estado de plántula
Fenológicas	
1	Días a emergencia
Morfológicas cualitativas	
2	Color predominante de los cotiledones
3	Color predominante del hipocotilo
4	Color predominante de las nervaduras de las hojas primarias
Morfológicas cuantitativas	
5	Longitud del hipocotilo
6	Longitud del epicotilo
7	Longitud de las hojas primarias
8	Ancho de las hojas primarias

B. Al momento de la floración.

El frijol tiene una típica flor papilionácea (figura 4), de simetría bilateral compuesta por el pedicelo, el cáliz y la corola; las flores se presentan en inflorescencias laterales o terminales, en las que se distinguen el pedúnculo y el raquis además de los botones florales. Las partes más importantes de la corola, desde el punto de vista descriptivo, son el estandarte y las alas, que pueden ser de color blanco, rosado o purpura (Muñoz, et. al., 1993).

Para hacer todas las evaluaciones relacionadas con la flor, se toma siempre una flor del racimo floral del cuarto nudo, considerando como nudo numero 1 el correspondiente al nudo cotiledóneo (Muñoz, et. al., 1993).

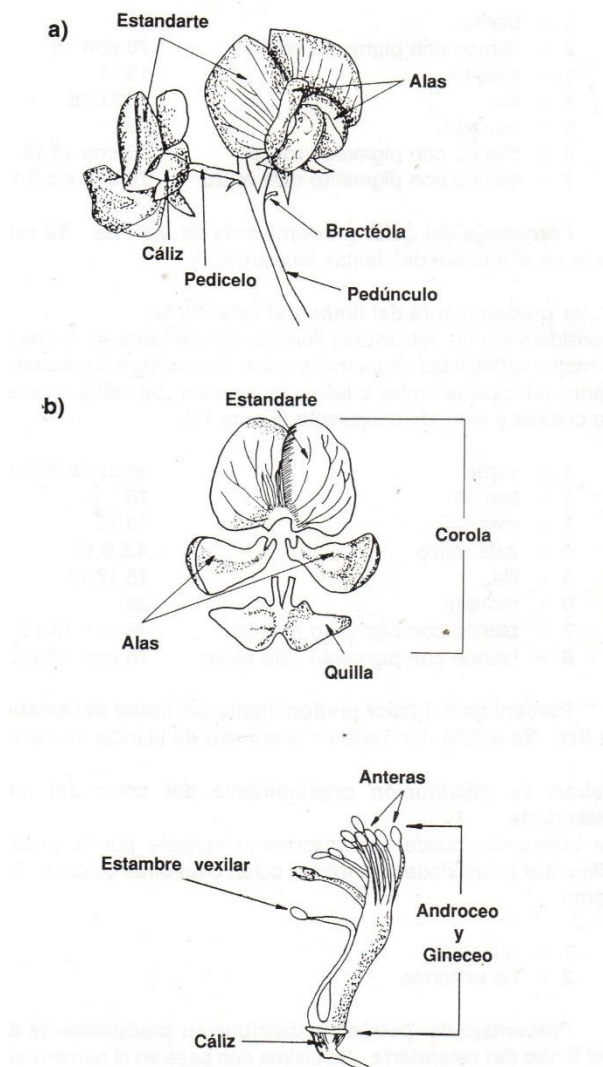
✓ **Características fenológicas:**

Días de antesis: Es el rango comprendido entre el número de días transcurridos desde la siembra en el suelo húmedo hasta la apertura del primer botón floral en cualquiera de las plantas de la población y el número de días transcurridos hasta la apertura del primer botón floral en la última planta de la población seleccionada para hacer la descripción varietal (Muñoz, et. al., 1993).

Duración de la floración: Es el número de días transcurridos desde la antesis hasta el momento en que se produce la apertura del último botón floral de la última planta de la población seleccionada para hacer la descripción varietal. Esta observación se hace en las mismas plantas utilizadas para establecer el número de días de antesis (Muñoz, et. al., 1993).

✓ **Características morfológicas cualitativas:**

Color predominante de las alas: Las alas son la parte más visible de la corola de la flor (figura 4) (Muñoz, et. al., 1993).

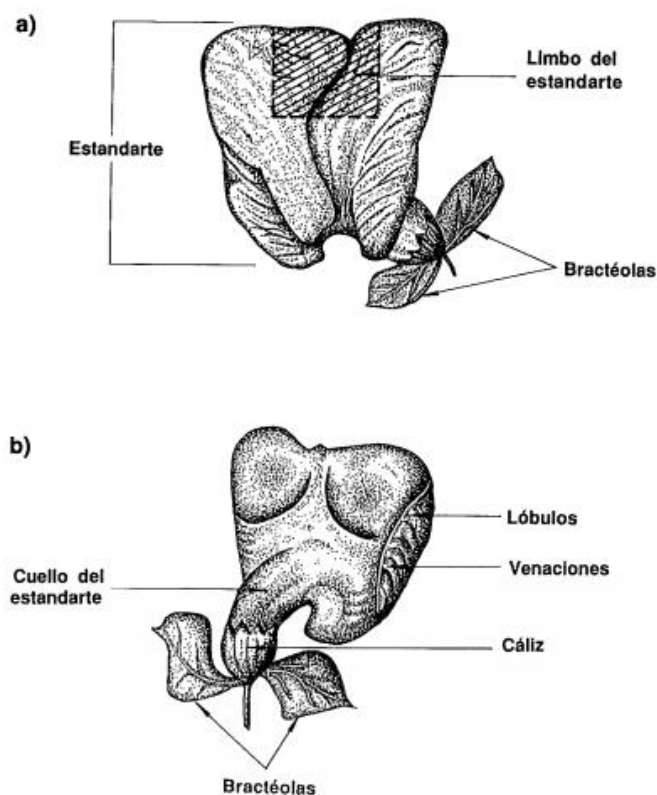


Referencia: a) Vista frontal-lateral de la flor del frijol; b) diagrama de sus componentes.

Fuente: "Descriptores Varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo"

Figura 4. Estructura de la corola de la flor.

Color predominante del limbo estandarte: Considerando las estructuras florales, el estandarte es el que presenta la mayor variabilidad en cuanto a color. Se analizan detalladamente las partes principales: limbo, cuello y venaciones (figura 5) (Muñoz, et. al., 1993)



Referencia: a) vista anterior; b) vista posterior.

Fuente: "Descriptores Varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo"

Figura 5. Estructuras del estandarte de la flor de frijol.

Venaciones: En los lóbulos del estandarte de la flor de algunas variedades se pueden presentar venaciones pigmentadas, las cuales se pueden observar en la cara posterior del estandarte de la flor (figura 5), se clasifica como (Muñoz, et. al., 1993)

1 = presente 2 = ausente

Color predominante de las venaciones: El color de las venaciones se califica con el cuadro de colores siguiente (según tabla Munsell de colores de vegetales) (Muñoz, et. al., 1993)

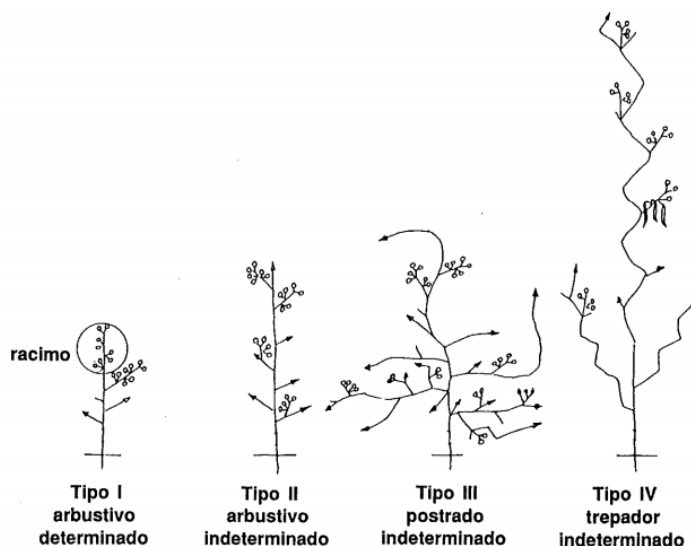
1 = lila	5 = morado
2 = rosado	6 = café rojizo
3 = verde con pigmento rosado	7 = verde con pigmento café rojizo
4 = verde con pigmento morado	

Color predominante del cuello del estandarte: El estandarte se estrecha hasta formar un tubo que envuelve parcialmente la base de la quilla. La cara posterior, parcialmente expuesta, del tubo se denomina cuello. El color del cuello puede ser igual al del limbo del estandarte o presenta una mancha oscura de un color diferente. Para clasificarlo se retiran las brácteas y se evalúa sin remover el cáliz, desde el punto de inserción del cuello en el cáliz hasta la zona donde se ensancha el estandarte (figura 5) (Muñoz, et. al., 1993).

Color predominante del cáliz: Se evalúa en el borde superior de la cara posterior del cáliz, a continuación de la parte de donde se evaluó la porción de cuello del estandarte (figura 5) (Muñoz, et. al., 1993).

Hábito predominante de crecimiento del tallo: El hábito de crecimiento está determinado por el genotipo e influenciado por los factores ambientales. Los hábitos de crecimiento (figura 6) se pueden agrupar en los siguientes tipos (Muñoz, et. al., 1993):

- 1 = arbustivo determinado
- 2a = arbustivo indeterminado, con guía corta
- 2b = arbustivo indeterminado, con guía más o menos larga
- 3a = postrado indeterminado, con guía no trepadora
- 3b = postrado indeterminado, con guía trepadora
- 4a = trepador indeterminado, con carga a lo largo de la planta
- 4b = trepador indeterminado, con carga en los nudos superiores



Fuente: "Descriptores Varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo"

Figura 6. Esquema de los cuatro tipos de hábito de crecimiento del frijol.

Color predominante del tallo principal: La coloración del tallo principal depende de la parte de la planta, el estado de crecimiento de la misma, la variedad y, en menor grado, de las condiciones ambientales como la sequía o la luz. En algunos casos, los tallos y los pecíolos tienen el mismo color; puede ocurrir también que la pigmentación aparezca solamente en los nudos, cerca de ellos o en la guía (Muñoz, et. al., 1993).

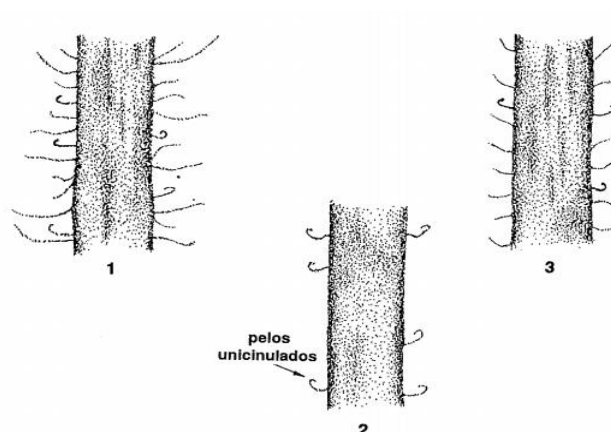
Pubescencia predominante del tallo principal: Varía también según la parte de la planta, el estado de crecimiento de ésta, la variedad y, en menor grado, por las condiciones ambientales como la sequía y la luz (figura 7). Se califica utilizando el modelo siguiente (Muñoz, et. al., 1993):

- 1 = pubescente
- 2 = glabro
- 3 = intermedio

Tipo predominante de ramificación: Según la concentración o densidad de las ramas laterales en las plantas de los tipos I y II, el modo de ramificación se califica utilizando el modelo siguiente (Muñoz, et. al., 1993)

1 = compacto

2 = abierto



Referencia: 1 = pubescentes; 2 = glabro; 3 = intermedio.

Fuente: "Descriptores Varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo"

Figura 7. Pubescencia del tallo principal del frijol.

Acame: Se observa entre la época de la floración y la madurez fisiológica. Los porcentajes se evalúan solamente en los hábitos I y II. Se califican las mismas plantas que se escogieron para determinar días a anthesis utilizando el modelo siguiente (Muñoz, et. al., 1993)

1 = 0% (todas las plantas erectas)

2 = 25% de las plantas están caídas

3 = 50% de las plantas están caídas

4 = 75% de las plantas están caídas

5 = 100% de las plantas están caídas

Color predominante de la hoja: La lamina foliar presenta tonos verdes de diferente intensidad, que deben interpretarse teniendo en cuenta los factores agronómicos óptimos para no confundirlos con los producidos por causas ambientales. Se califica con el cuadro de colores siguiente (Muñoz, et. al., 1993):

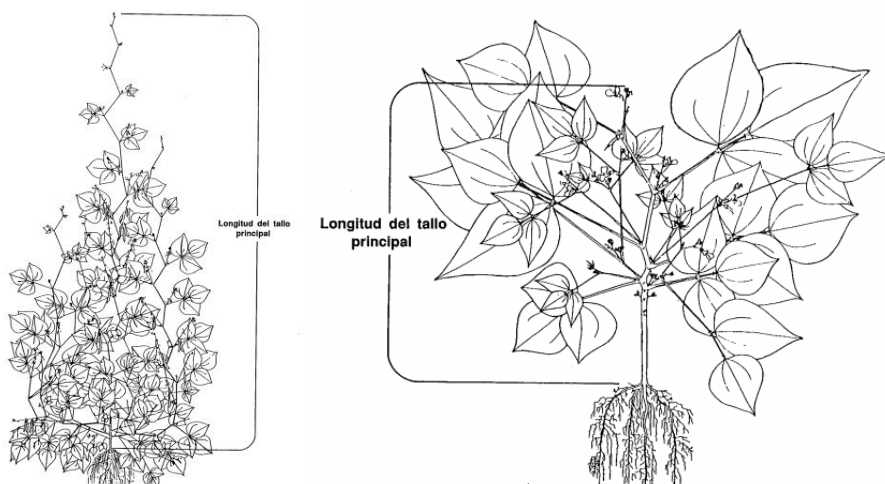
1 = verde pálido

2 = verde oscuro

3 = verde

✓ **Características morfológicas cuantitativas:**

Longitud del tallo principal: Se mide en centímetros, al final de la floración o al comienzo de la madurez fisiológica. En las plantas con hábito de crecimiento indeterminado, se mide desde el punto de inserción de las raíces hasta el último meristemo apical del tallo. En las plantas con hábito de crecimiento determinado se mide desde la inserción de las raíces hasta el ápice del último racimo floral (figura 8). (Muñoz, et. al., 1993).



Fuente: "Descriptores Varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo"

Figura 8. Determinación de la longitud del tallo principal (altura de la planta) en una planta de frijol con hábito de crecimiento indeterminado y determinado.

Altura de Cobertura: Es la altura en centímetros, desde el cuello de la raíz hasta la máxima altura del follaje. Se debe medir en el campo al final de la floración y no se considera en los hábitos de crecimiento trepador indeterminado (Muñoz, et. al., 1993).

Número de nudos: En orden ascendente, el primer nudo que se encuentra es el cotiledóneo seguido por el de las hojas primarias. En las plantas de hábito de crecimiento determinado, el número de nudos es limitado y se considera que en él influye poco el medio ambiente; en las de hábito de crecimiento indeterminado, el número de nudos, teóricamente, no tiene límites. Este carácter debe determinarse al final de la floración (Muñoz, et. al., 1993).

Longitud de la hoja: Las hojas de frijol son de dos tipos: simples y compuesta. Las hojas primarias son simples y aparecen en el segundo nudo del tallo principal. Las hojas compuestas son las hojas básicas de la planta; tres folíolos, un pecíolo y un raquis. El tamaño de las hojas se determina en el folíolo central. Para hacer las evaluaciones siguientes, se toma la hoja correspondiente al cuarto nudo, considerando como nudo número 1 el de los cotiledones (Muñoz, et. al., 1993).

La longitud de la hoja se mide en centímetros, en el envés del folíolo central, desde el punto de inserción de la lámina foliar en el pecíolo, hasta el ápice del folíolo (figura 3) (Muñoz, et. al., 1993).

Anchura de la hoja: Se evalúa sobre el mismo folíolo evaluado anteriormente y es la distancia que va de borde a borde en el punto donde el folíolo central es más amplio (Muñoz, et. al., 1993).

Área foliar: Es el resultado, expresado en cm^2 , de multiplicar la longitud por la anchura por un factor de corrección estimado en 0.75 (Muñoz, et. al., 1993).

Cuadro 4. Resumen Variables de Respuesta al momento de la floración, 25 a 40 días después de la siembra.

No	Variables Respuesta al momento de la floración
Fenológicas	
1	Días de antesis
2	Duración de la floración
Morfológicas cualitativas	
3	Color predominante de las alas
4	Color predominante del limbo estandarte
5	Venaciones
6	Color predominante de las venaciones
7	Color predominante del cuello del estandarte
8	Color predominante del cáliz
9	Hábito predominante de crecimiento del tallo
10	Color predominante del tallo principal
11	Pubescencia predominante del tallo principal
12	Tipo predominante de ramificación
13	Acame
14	Color predominante de la hoja
Morfológicas cuantitativas	
15	Longitud del tallo principal
16	Altura de Cobertura
17	Número de nudos
18	Longitud de la hoja
19	Anchura de la hoja
20	Área foliar

C. Al momento de la madurez fisiológica

✓ Características fenológicas:

Días a la madurez fisiológica: Es el periodo comprendido entre el número de días transcurridos desde la siembra de la semilla en el suelo húmedo hasta el momento en que se observa un cambio de color en las vainas de cualquier planta, y el número de días transcurridos hasta el momento en que se observa el cambio de color en las vainas de la última planta de la población seleccionada para hacer la descripción varietal. Su observación se hace sobre las mismas plantas utilizadas para establecer el número de días a antesis y la duración de la floración (Muñoz, et. al., 1993).

Duración de la madurez fisiológica: Es el periodo, expresado en días, comprendido entre el comienzo de la madurez fisiológica y el momento en el que la semilla alcanza la madurez de camp, es decir cuando tiene por primera vez un contenido de humedad de 16% a 18%. Esta medida se toma en un conjunto de semillas de las mismas plantas utilizadas anteriormente para determinar el número de días a la madurez fisiológica (Muñoz, et. al., 1993).

✓ Características morfológicas cualitativas:

Color predominante de las vainas: Las evaluaciones se harán en una correspondiente al cuarto nudo, considerando como nudo número 1 el de los cotiledones. Para evaluar el color de las vainas es necesario observar frecuentemente la población hasta que se nota un cambio general de coloración y las semillas están completamente desarrolladas. Durante el periodo de madurez fisiológica algunas variedades exhiben vainas de color rojizo o morado, coloración que desaparece cuando alcanza la

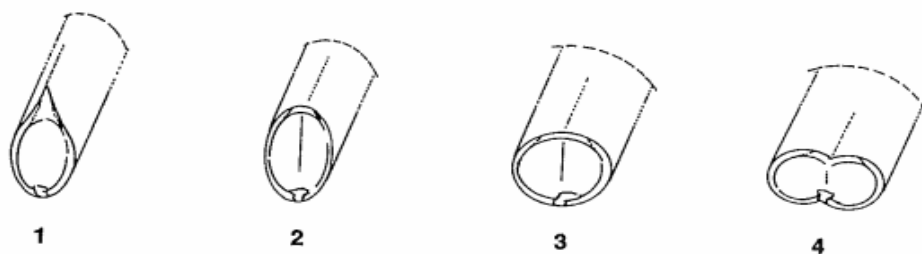
madurez propia de la cosecha. Se califica con el cuadro de colores siguiente (Muñoz, et. al., 1993)

- 1 = verde
- 2 = verde con pigmento amarillo
- 3 = amarillo
- 4 = amarillo con pigmento café rojizo
- 5 = amarillo con pigmento morado
- 6 = morado
- 7 = morado con pigmento café
- 8 = verde muy pigmentado de morado
- 9 = café rojizo

Forma predominante del corte transversal de la vaina seccionando la

semilla: El fruto de frijol es una vaina con dos valvas en cuya unión aparecen dos suturas: la dorsal -llamada también placenta- y la ventral. La forma de las semillas, así como el espesor de las valvas, depende de la variedad de frijol. Para calificarla se hace un corte transversal de la vaina a la altura de la segunda semilla, contada desde el ápice hacia la base (figura 10). Se obtienen los siguientes perfiles (Muñoz, et. al., 1993)

- 1 = piriforme
- 2 = elíptico
- 3 = circular
- 4 = octomorfo



Referencia: 1 = piriforme; 2 = elíptico; 3 = circular; 4 = octomorfo.

Fuente: "Descriptores Varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo"

Figura 9. Formas del corte transversal de la vaina del frijol, seccionando la semilla:

Distribución predominante de las vainas en las plantas: En los tipos I, II y IV las vainas pueden agruparse a diferentes alturas sobre el nivel del suelo. En el tipo III siempre se encuentran próximas al suelo (vainas bajas). Se califica utilizando el modelo siguiente: (Muñoz, et. al., 1993).

1 = bajas

2 = altas

3 = distribuidas uniformemente

4 = en la parte media

Cuadro 5. Resumen Variables de Respuesta al momento de la madurez fisiológica, 55 a 70 días después de la siembra.

No.	Variables Respuesta al momento de la madurez fisiológica
Fenológicas	
1	Días a la madurez fisiológica
2	Duración de la madurez fisiológica
Morfológicas cualitativas	
3	Color predominante de las vainas
4	Forma predominante del corte trasversal de la vaina seccionando la semilla
5	Distribución predominante de las vainas en las plantas

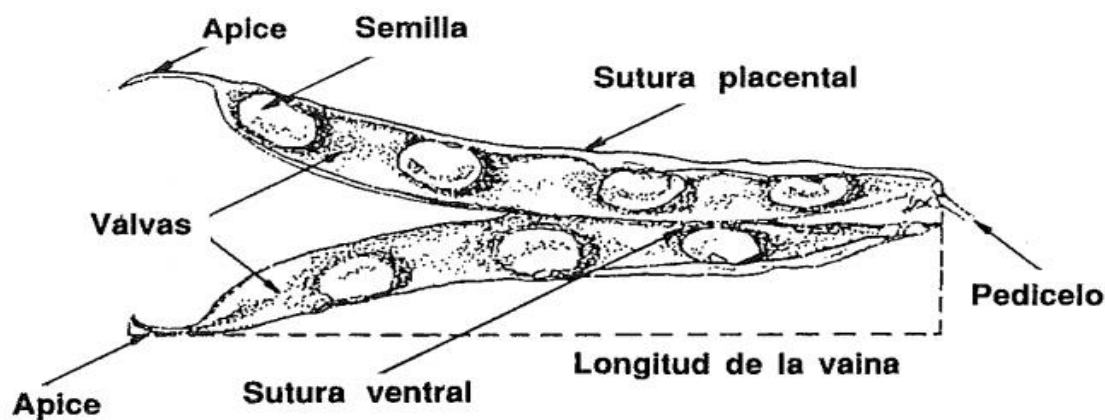
D. Al momento de la cosecha

✓ Características fenológicas:

Días a la cosecha: Es el número de días comprendido entre el momento de la siembra en suelo húmedo hasta el momento en que la semilla alcanza la madurez de campo, es decir, cuando tiene un contenido de humedad entre el 16% y el 18% y las plantas presentan un 90% de defoliación.

✓ Características morfológicas cuantitativas:

Longitud de las vainas: La longitud de las vainas se mide, en centímetros, desde su inserción en el pedicelo hasta el extremo libre del ápice (figura 11). Las evaluaciones sobre la vaina se harán tomando una correspondiente al cuarto nudo, considerando como nudo número 1 el de los cotiledones.



Fuente: "Descriptores Varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo"

Figura 10. La vaina del frijol: sus componentes y la determinación de su longitud.

Anchura de las vainas: Se mide, en centímetros, en la parte más amplia de la vaina, entre las suturas dorsal y ventral (Muñoz, et. al., 1993).

Longitud del ápice de la vaina: Se mide en centímetros, desde el extremo libre del ápice hasta el punto donde la vaina inicia el engrosamiento. Cuando los ápices son curvados se deben extender para tomar esta medida (Muñoz, et. al., 1993).

Numero de vainas por planta: Se cuentan las vainas que tengan por lo menos una semilla viable en cada planta muestreada (Muñoz, et. al., 1993).

Número de semillas por vaina: Para determinarlo se utilizan las mismas vainas empleadas para determinar su longitud y anchura y se cuenta el número de semillas variables que contengan (Muñoz, et. al., 1993).

Peso de 100 semillas: Esta medida se determina siguiendo las normas internacionales de la ISTA. Se califica según el modelo siguiente: (Muñoz, et. al., 1993)

1 = semilla pequeña, si su peso es menor de 250 g

2 = semilla mediana, si su peso esta entre 250 y 400 g

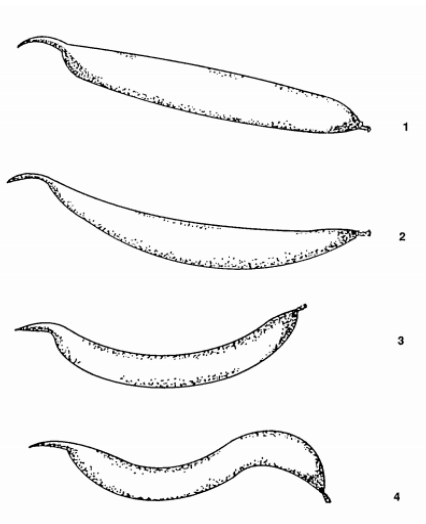
3 = Semilla grande, si su peso en mayor de 400 g

✓ **Características morfológicas cualitativas:**

Color predominante de las vainas: Por lo general, la coloración de las vainas de frijol cambia gradualmente desde el verde hasta un color pajizo cuando están secas. Durante el periodo de madurez fisiológica algunas variedades exhiben vainas de color rojizo o morado, coloración que desaparece cuando alcanza la madurez propia de cosecha. Se califica con el cuadro de colores siguiente (Muñoz, et. al., 1993).

- 1 = crema
- 2 = café
- 3 = morado
- 4 = crema con pigmento morado
- 5 = café con pigmento morado
- 6 = habano o café claro

Perfil predominante de la vaina: Al secarse una vaina, su perfil adquiere formas diferentes según la variedad (figura 12). Se califica utilizando el modelo siguiente (Muñoz, et. al., 1993).



Referencia: 1 = recto; 2 = medianamente curvo; 3 = curvado; 4 = recurvado

Fuente: "Descriptores Varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo"

Figura 11. Forma del perfil de la vaina del frijol.

Tipo predominante del ápice de la vaina: La forma del ápice (figura 13) se califica utilizando el modelo siguiente (Muñoz, et. al., 1993).

1 = romo 2 = puntiagudo

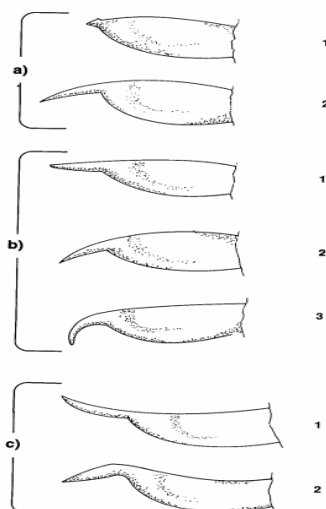
Grado predominante de curvatura del ápice de la vaina: La curva del ápice (figura 13) se califica utilizando el modelo siguiente (Muñoz, et. al., 1993).

1 = recto 2 = medianamente curvo 3 = curvado

Dirección predominante de la curvatura del ápice de la vaina con respecto a la sutura placentar: La dirección de la curvatura del ápice de la vaina (figura 13) se califica según el modelo siguiente (Muñoz, et. al., 1993).

1 = normal, cuando sigue la dirección de la sutura placentar

2 = inverso, cuando sigue la dirección contraria a la sutura placentar



Referencia: a) tipos: 1 = romo; 2 = puntiagudo. b) Según el grado de curvatura: 1 = recto; 2 = medianamente curvo; 3 = curvado. c) Según la dirección que tiene la sutura placentar: 1 = normal; 2 = inverso.

Fuente: "Descriptores Varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo"

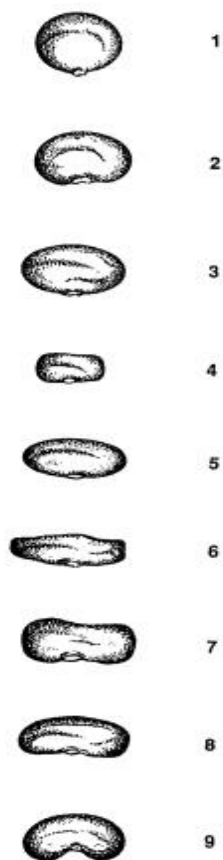
Figura 12. Forma predominante del ápice de la vaina de frijol.

Consistencia de la vaina: La consistencia de la vaina es un carácter morfo agronómico que se usa para clasificar las variedades de frijol a la par que determina su forma de consumo. Se califica utilizando el modelo siguiente (Muñoz, et. al., 1993)

1 = pergaminosa 2 = corlácea 3 = carnosa

Forma predominante de la semilla: Las semillas se observan longitudinalmente, y se determina así cualquier similitud en sus formas (figura 13). Se califican como (Muñoz, et. al., 1993)

- 1 = redonda
- 2 = ovoide
- 3 = elíptica
- 4 = pequeña, casi cuadrada
- 5 = alargada, ovoidea
- 6 = alargada, ovoide en un extremo e inclinada en el otro
- 7 = alargada, casi cuadrada
- 8 = arriñonada, recta en el lado del hilo
- 9 = arriñonada, curva en el lado opuesto del hilo



Referencia: 1 = redonda; 2 = ovoide; 3 = elíptica; 4 = pequeña, casi cuadrada; 5 = alargada, ovoidea; 6 = alargada, ovoide en un extremo e inclinada en el otro; 7 = alargada, casi cuadrada; 8 = arriñonada, recta en el lado

Fuente: "Descriptores Varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo"

Figura 13. Formas que presenta la semilla de frijol.

Cuadro 6. Resumen de Variables de respuesta al momento de la cosecha.

Variables respuesta al momento de la cosecha	
Fenológicas	
1	Días a la cosecha
Morfológicas Cuantitativas	
2	Longitud de las vainas
3	Anchura de las vainas
4	Longitud del ápice de la vaina
5	Número de vainas por planta
6	Número de semillas por vaina
7	Peso de 100 semillas
Morfológicas cualitativas	
8	Color predominante de las vainas
9	Patrón de distribución predominante de vainas
10	Perfil predominante de la vaina
11	Tipo predominante del ápice de la vaina
12	Grado predominante de curvatura del ápice de la vaina
13	Dirección predominante de la curvatura del ápice de la vaina con respecto a la sutura placentar
14	Consistencia de la vaina
15	Color primario de la semilla
16	Aspecto predominante de la testa
17	Presencia o ausencia de venaciones en la semilla
18	Presencia de color alrededor del hilo
19	Forma predominante de la semilla

5.2.4 Toma de datos

Se inició la toma de datos de la caracterización cuando las plantas de frijol estaban en estado de plántula, a los 12 días después de la siembra (dds). En estado de floración cuando la totalidad de las plantas seleccionadas presentaron al menos una flor. En estado de madurez fisiológica, cuando se observó un cambio de color en las vainas y al momento de la cosecha cuando la humedad del grano estuvo entre el 16% y 18% se tomaron datos de vainas y semillas.

5.2.5 Análisis de la información recopilada en caracterización morfológica

Los resultados obtenidos se analizaron utilizando estadística descriptiva, calculando valores medios, desvíos estándares, intervalos de confianza y coeficientes de variación para datos cuantitativos y cálculo de porcentaje de los caracteres predominantes para variables cualitativas. Para el conjunto de datos de los doce genotipos se realizó un análisis de conglomerados en donde las variables cualitativas fueron transformadas en valores binarios esto con el fin de convertirlas en variables cuantitativas utilizando Análisis de Componentes Principales ACP, los cuales fueron elaborados con el software de análisis estadístico Infostat.

5.2.6 Manejo del cultivo en campo

a) Preparación del terreno.

Se delimitó el área de siembra, estableciendo 12 parcelas con dimensiones de 3.6 metros de ancho y 50 de longitud con un total de 180 m² por cada una de ellas. Se realizó control químico de malezas antes de la siembra (Glifosato + Linuron).

b) Tratamiento de semilla.

Para la prevención de daños en la semilla por plagas y hongos existentes en el suelo, se aplicó un tratador de semilla a base de Imidacloprid + Thiodicarb con una dosis de 1-2 ml/kg de semilla, para protección de la misma.

c) Siembra

El distanciamiento de siembra que se utilizó en las parcelas fue de 0.8 m entre surcos y 0.3 m entre plantas, colocando tres semillas por postura, realizando un raleo de dos plantas por postura seleccionadas al azar para obtener la muestra de 100 plantas por genotipo caracterizado.

d) Fertilización

La fertilización se realizó a los 12 días después de la siembra en una sola aplicación de fertilizante triple 15 a razón de 7 quintales por hectárea y 20 días después se hizo una fertilización a base de UREA a razón de 3 quintales por hectárea.

e) Control de malezas

Se realizó el control de malezas de forma mecánica y de forma química utilizando herbicidas selectivos para el cultivo de frijol (Fomesafe + Fluazifop P-Butil).

f) Control de plagas

Se realizaron muestreos constantes para el monitoreo de plagas y enfermedades con una regularidad de dos veces a la semana, aplicaciones de los insecticidas Deltametrina y Imidacloprid, cada 15 días, durante el ciclo del cultivo aplicado de manera preventiva para evitar el ataque de plagas en las parcelas.

g) Cosecha

Se realizó la cosecha de los diferentes genotipos, cuando se observó el final de la madurez fisiológica, entre los 67 y 73 días después de la siembra. Las plantas fueron arrancadas manualmente, se aporrearon y se almacenó la semilla.

RESULTADOS

5.3 Caracterización Morfológica

5.3.1 Caracteres morfológicos cuantitativos

En la tabla 1 se muestra el promedio de 16 caracteres morfológicos de tipo cuantitativo, los cuales se calcularon utilizando el software estadístico InfoStat 2018 a través de estadística descriptiva. En el anexo 4 se muestra el cuadro con los resultados del cálculo de la media, desviación estándar, varianza y coeficiente de variación.

Tabla 1. Características morfológicas cuantitativas de los genotipos de frijol arbustivo adaptados al oriente de Guatemala, 2018.

Características Morfológicas Cuantitativas	ICTA Ostúa	ICTA Santa Gertrudis	ICTA Ligero	ICTA Petén	ICTA Sayaxché	ICTA Chortí	ICTA Patriarca	ICTA Xinca	ICTA Ixtepeque	ICTA Barranqueña	ICTA Suprema	ICTA Zam ^{ML}
Estado de plántula												
Longitud del Hipocotilo (LHipo) (cm)	3.46	2.97	2.78	2.90	3.09	3.79	3.48	2.94	3.44	3.38	2.74	2.81
Longitud del Epicotilo (LEpi) (cm)	2.95	2.39	2.21	2.66	2.85	3.72	3.29	2.84	3.54	2.59	2.45	2.31
Longitud de la Hoja Primaria (LHP) (cm)	5.84	5.90	5.54	5.27	5.34	6.47	6.59	6.69	5.00	5.90	6.22	6.99
Anchura de la Hoja Primaria (AHP) (cm)	5.05	4.56	4.58	4.37	4.63	5.93	5.73	5.29	5.99	5.55	5.04	5.29
Momento de la floración												
Longitud del Tallo Principal (LTP) (cm)	86.89	98.30	49.73	56.05	75.29	100.44	77.91	89.24	88.93	99.15	87.70	77.78
Área de Cobertura (AC) (cm)	66.26	75.19	51.50	51.55	57.42	46.22	57.91	60.29	75.35	53.60	72.23	52.00
Numero de Nudos (NN)	10.90	11.81	10.11	11.38	11.53	10.13	11.95	11.76	10.80	11.61	12.82	11.85
Longitud de la Hoja (LH) (cm)	10.44	10.89	10.39	11.08	9.73	9.97	10.87	11.85	11.71	12.64	10.39	11.54
Anchura de la Hoja (AH) (cm)	7.97	8.81	6.74	7.50	7.80	8.55	7.29	8.09	7.89	8.16	6.47	8.17
Área Foliar (AF) (cm ²)	63.35	73.12	53.67	62.78	57.35	64.76	60.28	72.51	70.16	78.07	51.31	71.66
Momento de la cosecha												
Largo de Vainas (LV) (cm)	11.06	10.26	9.35	9.26	9.99	12.17	11.43	10.06	9.55	9.25	9.50	10.34
Ancho de Vainas (AV) (cm)	0.85	0.99	0.85	0.89	0.88	0.90	0.90	0.91	0.91	0.90	0.90	0.97
Longitud del Ápice de la Vaina (LAV) (cm)	0.69	0.88	0.76	0.76	0.68	1.05	0.87	0.69	0.68	0.73	0.76	0.87
Numero de Vainas por Planta (NVP)	18.59	21.87	20.65	17.50	21.01	16.69	20.75	23.17	18.90	25.09	22.76	26.50
Numero de Semillas por Vaina (NSV)	6.52	6.32	5.70	5.88	6.27	6.04	6.06	5.54	5.47	5.21	5.05	6.27
Peso de 100 granos de semilla (P100S)	16.50	18.50	19.60	18.60	16.80	24.40	26.60	25.50	24.90	21.40	23.80	22.70

Fuente: Elaboración propia

De los genotipos evaluados, ICTA Chortí, al ser comparado con el resto de los genotipos se caracteriza por ser el genotipo de mayor porte, ya que posee una mayor longitud de tallo en estado de plántula (7.51 cm) y en la etapa de desarrollo vegetativo (100.44 cm), también este genotipo se caracteriza por tener el mayor promedio en longitud de vaina (12.27 cm) y longitud del ápice de las vainas (1.05 cm). Contrario a

estas características, se puede observar que el genotipo con menor longitud de tallo (49.73 cm) es ICTA Ligero, ICTA Barranqueña es el genotipo que muestra menor promedio de longitud en sus vainas (9.25 cm).

El promedio de vainas por planta de los genotipos se encuentra dentro del rango de 6 a 37, con un 95% de confianza, esta variable es una de las que mayor variación presentó, con coeficientes de variación que van desde 30% hasta el 40%.

En la tabla 2 se observan los resultados de los intervalos de confianza realizados a los 16 caracteres morfológicos cuantitativos. Los intervalos de confianza se realizaron con un 95% de confianza, utilizando el software estadístico InfoStat versión 2018.

Tabla 2. Intervalos de confianza (95%) para las características morfológicas cuantitativas de los genotipos de frijol arbustivo, adaptados al oriente de Guatemala, 2018.

Característica morfológica cuantitativa	ICTA Ostúa	ICTA Santa Gertrudis	ICTA Ligero	ICTA Petén	ICTA Sayaxché	ICTA Chortí	ICTA Patriarca	ICTA Xinca	ICTA Ixtepeque	ICTA Barranqueña	ICTA Suprema	ICTA Zam ML
Estado de plántula												
Longitud Hipocotilo (cm)	3.2-3.7	3.2-3.7	2.6-3.0	2.8-3.1	3.3-3.6	3.6-4.0	3.3-3.7	2.8-3.1	3.3-3.6	3.2-3.6	2.6-2.9	2.6-3.0
Longitud Epicotilo (cm)	2.8-3.1	2.8-3.1	2.1-2.3	2.5-2.8	3.4-3.7	3.6-3.9	3.2-3.4	2.7-3.0	3.4-3.7	2.5-2.7	2.4-2.6	2.2-2.5
Longitud Hoja Primaria (cm)	5.7-6.0	5.7-6.0	5.4-5.7	5.1-5.4	4.6-5.4	6.3-6.6	6.4-6.8	6.5-6.9	4.6-5.4	5.7-6.1	6.0-6.4	6.8-7.2
Ancho Hoja Primaria (cm)	4.9-5.2	4.9-5.2	4.5-4.7	4.2-4.5	5.8-6.2	5.8-6.1	5.6-5.9	5.1-5.4	5.8-6.2	4.9-5.2	4.9-5.2	5.2-5.4
Momento de la floración												
Longitud Tallo Principal (cm)	83.6-90.1	94.8-101.8	46.9-52.5	53.0-59.1	71.8-78.8	96.1-104.8	73.9-81.9	86.6-91.9	86.6-91.3	94.5-103.8	83.5-91.9	74.2-81.3
Área de Cobertura (cm)	63.8-68.7	73.1-77.2	49.4-53.6	49.5-53.6	55.2-59.6	45.0-47.5	55.9-60.0	58.5-62.1	73.4-77.3	52.4-54.8	69.1-75.4	50.9-53.1
Numero de Nudos (cm)	10.6-11.2	11.6-12.1	9.9-10.3	10.9-11.8	11.2-11.9	9.8-10.5	11.7-12.2	11.5-12.0	10.4-11.2	11.4-11.9	12.5-13.1	11.6-12.1
Longitud de la Hoja (cm)	10.2-10.7	10.6-11.2	10.1-10.7	10.9-11.3	9.5-9.9	9.7-10.3	10.5-11.2	11.5-12.2	11.4-12.0	12.4-12.9	10.1-10.7	11.2-11.8
Ancho de la Hoja (cm)	7.8-8.2	8.6-9.1	6.5-7.0	7.3-7.7	7.7-7.9	8.3-8.8	7.1-7.5	7.9-8.3	7.7-8.1	8.0-8.4	6.3-6.7	8.0-8.4
Área Foliar (cm ²)	59.5-66.1	69.3-76.9	50.5-56.9	60.5-65.1	55.2-59.5	61.4-68.2	57.1-63.5	69.4-75.6	66.9-73.4	74.8-81.3	48.5-54.2	68.2-75.1
Momento de la cosecha												
Largo de Vainas (cm)	10.9-11.2	10.1-10.4	9.2-9.5	9.0-9.5	9.9-10.1	11.9-12.5	11.2-11.7	9.9-10.2	9.4-9.7	9.0-9.4	9.3-9.7	10.2-10.5
Ancho de Vainas (mm)	83 - 87	97 - 101	84 - 87	87 - 91	86 - 89	88 - 92	89 - 92	89 - 92	89 - 92	87 - 92	89 - 92	94 - 99
Longitud del Ápice de la Vaina (mm)	66 - 71	86 - 90	74 - 79	73 - 79	66 - 71	101 - 110	84 - 89	67 - 71	66 - 71	71 - 75	74 - 78	85 - 89
Numero de Vainas por Planta (unidad)	17 - 20	20 - 24	19 - 22	16 - 19	19 - 23	15 - 18	19 - 22	22 - 24	17 - 20	23 - 27	21 - 25	25 - 28
Numero de Semilla por Vaina (unidad)	6 - 7	6 - 7	5 - 6	5 - 6	6 - 7	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6	4 - 5	4 - 5	6 - 7

Fuente: Elaboración propia

Utilizando los datos de cosecha de números de vainas por plantas, numero de semillas por vaina y el peso de 100 granos se calculó con un 95% de confiabilidad el rendimiento potencial de las variedades, dicha información se encuentra descrita en la tabla 3.

Tabla 3. Rendimiento potencial con Intervalos de confianza (95%) de los genotipos de frijol arbustivo, adaptados al oriente de Guatemala, 2018.

Genotipo	Rendimiento Kg/ha (95% de confiabilidad)		Rendimiento qq/mz (95% de confiabilidad)	
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
ICTA Barranqueña	1691	2046	26	32
ICTA Chortí	1463	1826	23	28
ICTA Ixtepeque	1555	1885	24	29
ICTA Ligero	1409	1672	22	26
ICTA Ostúa	1207	1464	19	23
ICTA Patriarca	2028	2440	31	38
ICTA Peten	1155	1402	18	22
ICTA Santa Gertrudis	1532	1885	24	29
ICTA Sayaxché	1969	2471	30	38
ICTA Suprema	1619	2038	25	31
ICTA Xinca	2024	2345	31	36
ICTA Zam	2265	2774	35	43

Los genotipos con más alto potencial de rendimiento son ICTA Zam, ICTA Patriarca e ICTA Sayaxche y los genotipos con el menor potencial de rendimiento fueron ICTA Peten e ICTA Ostua.

5.3.2 Caracteres morfológicos cualitativos

En las cuadros 4, 5, 6 y 7 se muestran los 32 caracteres morfológicos cualitativos, para este tipo de características se realizaron tablas de contingencia, con la ayuda del software estadístico InfoStat 2018, para encontrar cual es el porcentaje del carácter predominante para cada una de las variables estudiadas.

Para los caracteres de color observados en los genotipos bajo estudio, se utilizó la clasificación de colores propuesta por Muñoz, *et. al* (1993) y para identificar los códigos de colores se realizó utilizando una tabla Munsell de colores, para tejidos de plantas (Munsell Plant Tissue Color Charts).

Tabla 4. Características morfológicas cualitativas en estado de plántula de los genotipos de frijol arbustivo adaptados al oriente de Guatemala, 2018.

Variable	Color	Código tabla munsell	ICTA Barranqueña	ICTA Chortí	ICTA Ixtepeque	ICTA Ligero	ICTA Ostúa	ICTA Patriarca	ICTA Peten	ICTA Santa Gertrudis	ICTA Sayaxché	ICTA Suprema	ICTA Xinca	ICTA Zam
Estado de plántula														
Color predominante del cotiledón	Morado	5RP 3/4	65%	24%	9%	0%	37%	0%	0%	99%	94%	0%	82%	0%
		5RP 3/6	35%	76%	91%	100%	63%	100%	100%	1%	6%	100%	18%	100%
Color predominante del hipocotilo	Verde	5GY 5/6	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Verde con pigmento café	2.5GY 7/10 - 5R 3/6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
		5GY 5/6 - 10R 4/4	34%	48%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		5GY 5/6 - 10R 5/6	66%	52%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		5GY 5/6 - 5R 3/6	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	0%	100%	100%	100%	100%
Color predominante de las nervaduras de las hojas principales	Café	10R 4/10	69%	0%	0%	0%	10%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%
		2.5R 6/8	0%	0%	0%	0%	0%	17%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
		5R 3/4	21%	78%	0%	39%	69%	29%	31%	46%	64%	31%	77%	24%
		5R 3/6	0%	0%	100%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Morado	5RP 3/8	10%	22%	0%	61%	18%	54%	69%	53%	31%	69%	23%	76%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Características morfológicas cualitativas al momento de floración de los genotipos de frijol arbustivo adaptados al oriente de Guatemala, 2018.

Variable	Color	Código tabla munsell	ICTA Barranqueña	ICTA Chortí	ICTA Ixtepeque	ICTA Ligero	ICTA Ostúa	ICTA Patriarca	ICTA Peten	ICTA Santa Gertrudis	ICTA Sayaxché	ICTA Suprema	ICTA Xinca	ICTA Zam
Al momento de floración														
Color predominante de las alas	Lila	5RP 7/6	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Color predominante del limbo del estandarte	Lila	5RP 7/6	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Patrón de distribución predominante del color del limbo del estandarte	-	Uniforme	100%	87%	94%	90%	92%	88%	96%	95%	90%	100%	95%	99%
	-	No uniforme	0%	13%	6%	10%	8%	12%	4%	5%	10%	0%	5%	1%
Venaciones	Sin venaciones		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Color predominante del cuello del estandarte	Verde	2.5GY 7/6	69%	20%	16%	18%	18%	43%	24%	0%	18%	65%	34%	1%
	Verde con pigmento café	2.5GY 7/6 - 5R 3/6	31%	78%	0%	82%	0%	57%	74%	12%	78%	35%	66%	12%
	Verde con pigmento morado	2.5GY 7/6 - 5RP 4/4	0%	0%	84%	0%	80%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Café	5R 3/6	0%	2%	0%	0%	2%	0%	2%	88%	4%	0%	0%	87%
Patrón de distribución predominante del color del cuello del estandarte	-	Uniforme	98%	11%	90%	13%	100%	85%	92%	96%	26%	95%	91%	91%
	-	No uniforme	2%	89%	10%	87%	0%	15%	8%	4%	74%	5%	9%	9%
Color predominante del cáliz	Verde	2.5GY 7/6	0%	4%	3%	3%	2%	3%	21%	0%	16%	0%	13%	3%
	Verde con pigmento morado	2.5GY 7/6 - 5RP 4/4	100%	78%	97%	96%	80%	83%	79%	0%	46%	100%	85%	0%
	Verde con mucho pigmento morado	2.5GY 7/6 - 5RP 4/4+	0%	18%	0%	1%	14%	0%	0%	20%	0%	0%	2%	0%
	Café	5R 3/6	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	80%	38%	0%	0%	97%
	Morado	5RP 4/4	0%	0%	0%	0%	0%	14%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Habito predominante del crecimiento del tallo	Arbustivo determinado		23%	0%	14%	90%	7%	17%	72%	10%	7%	18%	0%	12%
	Arbustivo indeterminado, con guía corta		46%	31%	72%	10%	46%	68%	26%	65%	83%	62%	76%	77%
	Arbustivo indeterminado, con guía más o menos larga		31%	69%	14%	0%	47%	15%	2%	25%	10%	20%	24%	11%
Color predominante de tallo principal	Verde	2.5 GY 7/6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	84%	0%
		2.5GY 7/6	0%	0%	96%	0%	0%	0%	95%	0%	0%	0%	0%	0%
		5GY 5/8	94%	100%	4%	88%	78%	73%	2%	0%	98%	100%	0%	74%
	Verde con pigmento café	5GY 5/8 - 5R 4/6	6%	0%	0%	12%	22%	27%	3%	0%	2%	0%	0%	26%
		2.5GY 5/8 - 5R 4/8	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	16%	0%
Pubescencia predominante del tallo principal	Pubescente		0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Glabro		100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tipo predominante de ramificación	Compacto		84%	100%	88%	93%	100%	97%	100%	100%	99%	74%	95%	100%
	Abierto		16%	0%	12%	7%	0%	3%	0%	0%	1%	26%	5%	0%
Acame	No Acamadas		81%	91%	71%	93%	83%	97%	87%	90%	92%	88%	71%	90%
	Acamadas		19%	9%	29%	7%	17%	3%	13%	10%	8%	12%	29%	10%
Color predominante de la hoja	Verde	2.5GY 5/6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	4%	0%	0%
		5GY 4/4	39%	0%	0%	4%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	95%
		5GY 4/8	61%	4%	0%	1%	59%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	5%
		5GY 5/4	0%	63%	0%	78%	0%	89%	10%	0%	80%	2%	0%	0%
		5GY 5/6	0%	33%	100%	17%	41%	0%	90%	0%	20%	1%	100%	0%
		5GY 7/10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	93%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Características morfológicas cualitativas al momento de madurez fisiológica de los genotipos de frijol arbustivo adaptados al oriente de Guatemala, 2018.

Variable	Color	Código tabla munsell	ICTA Barranqueña	ICTA Chortí	ICTA Ixtepeque	ICTA Ligero	ICTA Ostúa	ICTA Patriarca	ICTA Peten	ICTA Santa Gertrudis	ICTA Sayaxché	ICTA Suprema	ICTA Xinca	ICTA Zam
Al momento de la madurez fisiológica														
Color predominante de las vainas	Verde	2.5GY 8/4	1%	0%	0%	92%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	0%	0%
		2.5GY 8/8	10%	0%	0%	8%	0%	2%	0%	0%	0%	2%	0%	0%
	Verde con pigmento morado	2.5GY 8/8-5RP 3/10	79%	0%	0%	0%	0%	11%	0%	0%	0%	3%	0%	0%
		2.5GY 8/2-5RP 4/10	1%	0%	4%	0%	0%	71%	72%	13%	90%	0%	0%	0%
		2.5GY 8/4-5RP 3/10	9%	100%	96%	0%	100%	16%	28%	87%	10%	75%	100%	100%
Patrón predominante del color de las vainas	Uniforme		94%	92%	100%	100%	92%	92%	88%	92%	95%	94%	84%	74%
	No Uniforme		6%	8%	0%	0%	8%	8%	12%	8%	5%	6%	16%	26%
Forma predominante del corte transversal de la vaina seccionando la semilla	Elíptico		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Distribución predominante de las vainas en las plantas	Altas		0%	0%	18%	0%	6%	0%	0%	14%	0%	1%	95%	36%
	Distribuidas uniformemente		98%	100%	82%	89%	94%	100%	100%	86%	100%	99%	3%	64%
	En la parte media		2%	0%	0%	11%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%

Fuente: Elaboración propia.

Una característica notoria en los genotipos es la distribución de las vainas en las plantas, en donde de 17 a 28 vainas se encuentran distribuidas uniformemente, a excepción del genotipo ICTA Xinca que la distribución de las vainas es en la parte alta de la planta. Con respecto al hábito de crecimiento ocho de los genotipos son arbustivos indeterminados, con guía corta, mientras que el ICTA Ligero, ICTA Peten se destacan por ser de tipo arbustivo determinado.

Al observar la característica de color primario de la grano el 100% de los genotipos son de color negro, la característica de color secundario de la semilla es inexistente. Al hacer la observación de la testa de semilla diez son de tonalidad opaca solo resaltando el genotipo ICTA Zam, el cual posee una testa de tonalidad brillante.

El porcentaje de acáme en los genotipos se encuentran por debajo del 13% a excepción de los genotipos ICTA Barranqueña, ICTA Ixtepeque, ICTA Xinca e ICTA Ostúa en donde el acáme alcanza porcentajes del 17 al 29.

Tabla 7. Características morfológicas cualitativas al momento de la cosecha de los genotipos de frijol arbustivo adaptados al oriente de Guatemala, 2018.

Variable	Color	Código tabla munsell	ICTA Barranqueña	ICTA Chortí	ICTA Ixtepeque	ICTA Ligerio	ICTA Ostúa	ICTA Patriarca	ICTA Peten	ICTA Santa Gertrudis	ICTA Sayaxché	ICTA Suprema	ICTA Xinca	ICTA Zam
Al momento de la cosecha														
Color predominante de las vainas	Amarillas	2.5Y 7/6	1%	0%	1%	5%	0%	3%	1%	0%	0%	8%	0%	0%
		2.5Y 8/4	99%	83%	90%	95%	80%	95%	96%	0%	81%	91%	87%	22%
		2.5Y 8/6	0%	9%	4%	0%	0%	0%	3%	13%	0%	1%	0%	9%
	Amarillas con pigmento morado	2.5Y 8/6 - 5RP 3/2	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	29%
		2.5Y 8/4 - 5RP 6/2	0%	8%	5%	0%	19%	2%	0%	87%	19%	0%	13%	40%
Patrón de distribución predominante de vainas	Uniforme		95%	95%	94%	100%	69%	98%	99%	24%	72%	94%	85%	31%
	No Uniforme		5%	5%	6%	0%	31%	2%	1%	76%	28%	6%	15%	69%
Perfil predominante de la vaina	Recto		0%	60%	0%	0%	0%	8%	0%	0%	0%	0%	4%	3%
	Medianamente curvo		71%	32%	100%	100%	88%	89%	48%	100%	100%	100%	88%	89%
	Curvado		27%	5%	0%	0%	10%	3%	38%	0%	0%	0%	6%	3%
	Recurvado		2%	3%	0%	0%	2%	0%	14%	0%	0%	0%	2%	5%
Tipo predominante del ápice de la vaina	Romo		0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
	Puntiagudo		100%	100%	100%	100%	100%	100%	98%	100%	100%	100%	100%	100%
Grado predominante de curvatura del ápice de la vaina	Recto		9%	10%	0%	0%	0%	94%	37%	0%	0%	100%	9%	1%
	Medianamente curvo		89%	83%	100%	100%	100%	6%	57%	100%	100%	0%	89%	76%
	Curvado		2%	7%	0%	0%	0%	0%	6%	0%	0%	0%	2%	23%
Dirección predominante de la curvatura del ápice de la vaina	Normal		96%	95%	100%	100%	97%	100%	56%	100%	100%	100%	100%	100%
	Inverso		4%	5%	0%	0%	3%	0%	44%	0%	0%	0%	0%	0%
Consistencia de la vaina	Pergaminosa		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Color primario de la semilla	Negro		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Aspecto predominante de la testa	Opaco		98%	100%	100%	67%	100%	98%	95%	100%	24%	100%	79%	0%
	Intermedio		2%	0%	0%	33%	0%	2%	5%	0%	76%	0%	21%	5%
	Brillante		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	95%
Presencia o ausencia de venaciones en la semilla	Ausente		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Presencia de color alrededor del hilo	Coloreado		0%	0%	0%	0%	0%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Sin colorear		100%	100%	100%	100%	100%	84%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Forma predominante de la semilla	Redonda		0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
	Ovoide		82%	10%	100%	100%	16%	73%	96%	100%	100%	64%	100%	79%
	Elíptica		3%	2%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	17%	0%	1%
	Pequeña, casi cuadrada		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%
	Alargada, ovoidea		15%	81%	0%	0%	0%	24%	0%	0%	0%	19%	0%	0%
	Arriñonada, recta en el lado del hilo		0%	7%	0%	0%	0%	2%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
	Arriñonada, curva en el lado opuesto al hilo		0%	0%	0%	0%	84%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Características fenológicas de los genotipos

Se evaluaron seis características fenológicas de los cultivares tomando como base el descriptor varietal de frijol propuesto por CIAT (1,993). De las características fenológicas del cultivo, los días a emergencia no mostraron diferencia para los genotipos evaluados (5 días). El periodo de inicio de la floración tuvo una variación que va desde los 29 días (ICTA Barranqueña) hasta los 40 días (ICTA Ostúa), el punto de madurez fisiológica llegó desde los 57 días (ICTA Ligero) hasta los 62 días (ICTA Ostúa e ICTA Santa Gertrudis) y los días a cosecha se obtuvo el rango que va desde los 67 días (ICTA Barranqueña) hasta los 73 días (ICTA Ostúa e ICTA Santa Gertrudis).

Tabla 8. Características fenológicas de los genotipos de frijol arbustivo adaptados al oriente de Guatemala, 2018.

Genotipo	Días a emergencia	Días a Floración	Duración de la floración	Días a madurez fisiológica	Duración de la madurez fisiológica	Días a cosecha
ICTA Barranqueña	5	29	23	59	9	67
ICTA Suprema	5	30	21	59	8	68
ICTA Peten	5	35	18	59	9	68
ICTA Patriarca	5	35	20	59	9	68
ICTA Ligero	5	31	19	57	12	68
ICTA Chortí	5	32	20	59	10	68
ICTA Xinca	5	34	22	59	10	69
ICTA Ixtepeque	5	34	19	59	10	69
ICTA Sayaxché	5	41	14	62	10	72
ICTA Zam	5	35	20	59	13	72
ICTA Santa Gertrudis	5	38	17	62	11	73
ICTA Ostúa	5	40	16	62	11	73

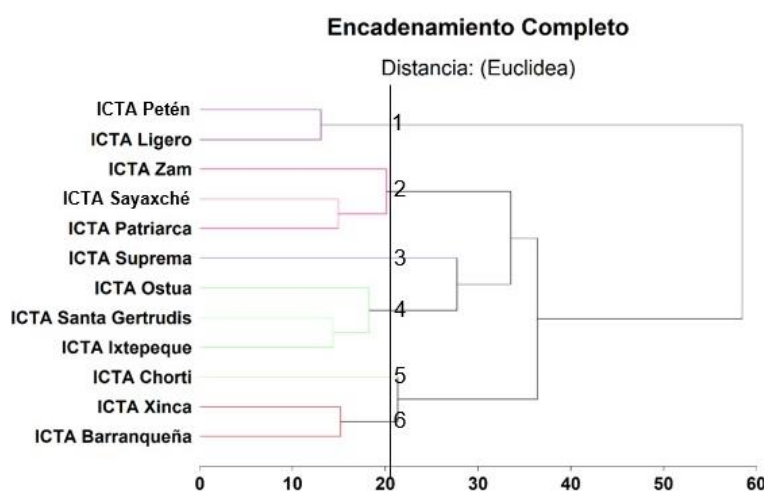
Fuente: Elaboración propia.

5.5 Análisis de conglomerados.

Este análisis permitió implementar un proceso para agrupar los genotipos descritos por el conjunto de valores de las variables propuestas por el descriptor, pertenece al tipo de análisis multivariado de datos, el cual es utilizado como método exploratorio de datos, con la finalidad de conocer la estructura de las observaciones realizadas en este estudio. Se utilizaron métodos jerárquicos para realizar el análisis de conglomerados, con el fin de agrupar los genotipos de frijol evaluados en esta investigación.

En este análisis se utilizó un método jerárquico de encadenamiento completo, con una medida de distancia Euclídea. Para analizar las variables cualitativas con las variables cuantitativas se utilizó la estrategia de convertir en variables binarias cada una de las variables cualitativas, para aplicar componentes principales y resumir la información de los datos binarios, con esta estrategia se logró analizar todas las variables como cuantitativas.

La figura 14 muestra el resultado del análisis de conglomerados realizado. Para hacer la agrupación de los genotipos se trazó una línea vertical a un tercio de la distancia Euclídea, la cual dio como resultado la conformación de seis grupos diferentes, los genotipos que se agrupan entre sí presentan características similares entre ellos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Análisis de conglomerado realizado a los genotipos de frijol arbustivo adaptados al oriente de Guatemala, 2018.

Morfológica y fenológicamente los genotipos se agruparon en seis grupos de la siguiente manera:

1. ICTA Ligero e ICTA Petén, son plantas de porte bajo (47-59 cm) de crecimiento arbustivo determinado, vainas de 9 cm de largo y semilla pequeña.
2. ICTA Sayaxché, ICTA Patriarca e ICTA Zam, son plantas de porte medio (72-82 cm) con guía corta, vainas que van de 10-12 cm y su tiempo de floración oscila entre 35 a 40 días y con alto potencial de rendimiento.
3. ICTA Suprema, se caracteriza por ser la que tiene menor duración en estado de madurez fisiológica ya que únicamente dura ocho días en este estado, sus vainas están distribuidas de manera uniforme en toda la planta, su hábito de crecimiento es arbustivo indeterminado, con guía corta.
4. ICTA Ostúa, ICTA Santa Gertrudis e ICTA Ixtepeque, son plantas de porte alto (84-102 cm) con crecimiento arbustivo indeterminado, con guías que van desde cortas a largas, vainas amarillas con pigmento morado al momento de cosecha y presentaron un 25% de acame.
5. ICTA Chortí, presenta vainas de 12-13 cm de largo, plantas de porte alto (96-105 cm) con guías más o menos largas y tamaño de grano grande.
6. ICTA Xinca e ICTA Barranqueña, son plantas de porte alto (86-104 cm) con guía corta a larga, presentan longitud de vaina entre 9-10 cm, tienen un promedio de cinco granos por vaina.

6. CONCLUSIONES

- Se analizaron 16 características morfológicas cuantitativas y 32 cualitativas para los doce genotipos de frijol evaluados. El tamaño del tallo principal, largo de vainas, número de vainas por planta, habito de crecimiento, color predominante de la vaina a cosecha y forma predominante de la semilla son las características que principalmente diferencian a los genotipo.
- Se determinó que los días a emergencia no presentaron diferencia entre los genotipos evaluados; mientras que en los días a floración y duración de la floración se presentaron diferencias significativas y en las variables de días a madurez fisiológica, duración de la madurez y días a cosecha los genotipos utilizaron un periodo de tiempo similar.
- Se clasificaron los doce genotipos evaluados en seis grupos, presentando características morfológicas y fenológicas similares; los genotipos ICTA Suprema e ICTA Chortí, no se agruparon con otros, debido a sus características particulares.
- Se determinó que los genotipos ICTA Patriarca, ICTA Sayaxche e ICTA Zam tienen mayor potencial de rendimiento para el oriente de Guatemala.

7. RECOMENDACIONES

- Replicar la caracterización morfológica y fenológica de los genotipos evaluados cada cinco años, en diferentes localidades del municipio de Ipala, Chiquimula que presenten características edafoclimáticas diferentes, para validar estos resultados y liberar variedades.
- Los productores del municipio de Ipala, Chiquimula que cultivan frijol pueden utilizar los genotipos ICTA Ligero e ICTA Peten, por su crecimiento arbustivo y los genotipos ICTA Patriarca, ICTA Sayaxché e ICTA Zam, porque presentaron mayor potencial de rendimiento.
- En el municipio de Ipala del departamento de Chiquimula, donde se presentan mayores problemas de sequía, se puede cultivar la variedad de frijol ICTA Ligero porque presentó precocidad y buen rendimiento.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabrera, CA; Reyes, CH. 2008. Guía técnica para el manejo de variedades de frijol (en línea). La Libertad, El Salvador, CENTA/MAG, Programa de Granos Básicos. 24 p. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf>
- Fernández de C, F; Gepts, P; López, M. 1986. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) (en línea). Cali, Colombia, CIAT. 44 p. Consultado 13 nov. 2018. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/28093.pdf
- Mas Guillén, FM. 2007. Estudio exploratorio sobre densidades de siembra y el sitio de aplicación de diferentes niveles de nitrógeno y fosforo en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad ICTA Ligero en el parcelamiento Cuyuta, Masagua, Escuintla (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 69 p. Consultado 10 oct. 2018. Disponible en <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-02594.pdf>
- Muñoz, G; Giraldo G; Fernández de Soto, J. 1993. Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. Cali, Colombia, CIAT. 174 p.
- Rivas Morales, JR. 2004. Evaluación de 8 líneas avanzadas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos localidades de EL Progreso, Guatemala (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 119 p. Consultado 15 oct. 2018. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2096.pdf

Rosas, JC. 2003. El cultivo de frijol común en América tropical (en línea). Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano Academic Press. 62 p. Consultado 13 nov. 2018. Disponible en <https://es.scribd.com/document/328177688/Cultivo-Frijol-Comun-en-America-Latina-Zamorano>

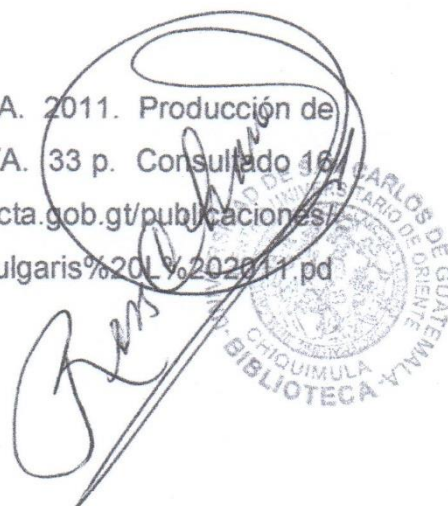
Simmons, CH; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Editorial del Ministerio de Educación Pública "José de Pineda Ibarra". 1,000 p.

Vásquez Vásquez, FJ. 2006. Análisis de la ley de semillas y propuesta para su actualización (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. 87 p. Consultado 8 feb. 2019. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_6574.pdf

Vavilov, NI. 1951. Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas (en línea). Freier, F (Trad.). Argentina, Acme. 185 p. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en <http://www.agrobiodiversidad.org/blog/?p=1233>

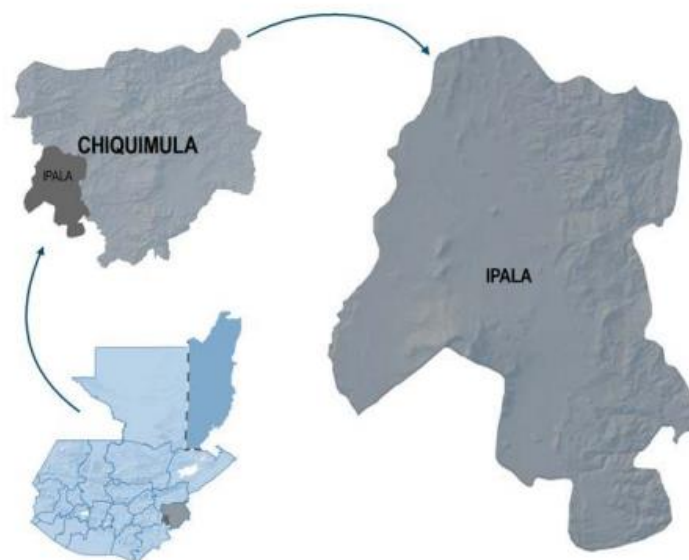
Villatoro Mérida, JC; Castillo Monterroso, F; Franco Rivera, JA. 2011. Producción de frijol *Phaseolus vulgaris* L. (en línea). Guatemala, ICTA. 33 p. Consultado 16 oct. 2018. Disponible en <http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Frijol/Produccion%20de%20Frijol%20Phaseolus%20vulgaris%20L%202011.pdf>

f



9. ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación del municipio de Ipala, Chiquimula. En el cual se realizó la caracterización morfológica y agronómica de doce genotipos de frijol común (*phaseolus vulgaris* L.) arbustivo adaptados al oriente de Guatemala. 2018.



Fuente: SEGEPLAN

Anexo 2. Resumen de las características morfológicas cuantitativas.

Características Morfológicas Cuantitativas	ICTA OSTUA				ICTA SANTA GERTRUDIS				ICTA LIGERO				ICTA PETEN				ICTA SAYAXCHE				ICTA CHORTI			
	Media	D.E.	Varianza	%C.V.	Media	D.E.	Varianza	%C.V.	Media	D.E.	Varianza	%C.V.	Media	D.E.	Varianza	%C.V.	Media	D.E.	Varianza	%C.V.	Media	D.E.	Varianza	%C.V.
Longitud del Hipocotilo (LH)	3.46	1.22	1.49	35	2.97	0.76	0.58	26	2.78	0.97	0.93	35	2.9	0.76	0.57	26	3.09	0.98	0.96	32	3.79	0.85	0.73	22
Longitud del Epicotilo (LE)	2.95	0.73	0.53	25	2.39	0.68	0.46	28	2.21	0.6	0.36	27	2.66	0.64	0.4	24	2.85	0.51	0.26	18	3.72	0.69	0.48	19
Longitud de la Hoja Primaria (LHP)	5.84	0.94	0.89	16	5.9	0.75	0.56	13	5.54	0.77	0.59	14	5.27	0.85	0.72	16	5.34	0.87	0.75	16	6.47	0.91	0.83	14
Anchura de la Hoja Primaria (AHP)	5.05	0.66	0.44	13	4.56	0.61	0.37	13	4.58	0.65	0.42	14	4.37	0.62	0.39	14	4.63	0.64	0.41	14	5.93	0.76	0.58	13
Longitud del Tallo Principal (LTP)	86.89	16.39	268.70	19	98.30	17.59	309.57	18	49.73	14.12	199.41	28	56.05	15.27	233.06	27	75.29	17.55	308.09	23	100.44	21.95	481.66	22
Área de Cobertura (AC)	66.26	12.45	155	19	75.19	10.32	106.52	14	51.5	10.66	113.55	21	51.55	10.28	105.58	20	57.42	11.05	122.08	19	46.22	6.23	38.84	13
Numero de Nudos (NN)	10.9	1.33	1.77	12	11.81	1.29	1.67	11	10.11	1.2	1.43	12	11.38	2.18	4.76	19	11.53	1.75	3.06	15	10.13	1.78	3.16	18
Longitud de la Hoja (LH)	10.44	1.44	2.07	14	10.89	1.5	2.24	14	10.39	1.52	2.3	15	11.08	1.08	1.18	10	9.73	1.11	1.23	11	9.97	1.61	2.6	16
Anchura de la Hoja (AH)	7.97	1.06	1.12	13	8.81	1.22	1.49	14	6.74	1.15	1.33	17	7.5	0.81	0.65	11	7.8	0.73	0.53	9	8.55	1.16	1.35	14
Área Foliar (AF)	63.35	15.6	243.41	25	73.12	19.14	366.26	26	53.67	16.15	260.87	30	62.78	11.59	134.24	18	57.35	10.89	118.5	19	64.76	17.12	293.13	26
Largo de Vainas (LV)	11.06	0.95	0.9	9	10.26	0.86	0.74	8	9.35	0.86	0.75	9	9.26	1.22	1.48	13	9.99	0.63	0.39	6	12.17	1.48	2.2	12
Ancho de Vainas (AV)	0.85	0.09	0.01	11	0.99	0.1	0.01	10	0.85	0.08	0.01	10	0.89	0.09	0.01	10	0.88	0.07	0.01	8	0.90	0.1	0.01	11
Longitud del Ápice de la Vaina (LAV)	0.69	0.14	0.02	20	0.88	0.11	0.01	13	0.76	0.12	0.01	15	0.76	0.13	0.02	17	0.68	0.11	0.01	16	1.05	0.21	0.05	20
Numero de Vainas por Planta (NVP)	18.59	6.32	40	34	21.87	8.03	64.5	37	20.65	6.41	41.06	31	17.5	5.88	34.54	34	21.01	7.73	59.75	37	16.69	5.94	35.33	36
Numero de Semillas por Vaina (NSV)	6.52	0.95	0.9	15	6.32	0.98	0.97	16	5.7	0.69	0.47	12	5.88	0.89	0.79	15	6.27	1.28	1.63	20	6.04	1.22	1.49	20
Peso de 100 granos de semilla	16.5				18.5				19.6				18.6				16.8				24.40			

Características Morfológicas Cuantitativas	ICTA PATRIARCA				ICTA XINCA (SEN 3)				ICTA IXTEPEQUE (SER92/SEN46-2)				ICTA BARRANQUEÑA				ICTA SUPREMA				ICTA ZAM			
	Media	D.E.	Varianza	%C.V.	Media	D.E.	Varianza	%C.V.	Media	D.E.	Varianza	%C.V.	Media	D.E.	Varianza	%C.V.	Media	D.E.	Varianza	%C.V.	Media	D.E.	Varianza	%C.V.
Longitud del Hipocotilo (LH)	3.48	1	1.01	29	2.94	0.75	0.56	25	3.44	0.75	0.56	22	3.38	0.83	0.68	24	2.74	0.93	0.86	34	2.81	0.89	0.79	32
Longitud del Epicotilo (LE)	3.29	0.66	0.43	20	2.84	0.58	0.33	20	3.54	0.76	0.58	21	2.59	0.7	0.49	27	2.45	0.49	0.24	20	2.31	0.72	0.52	31
Longitud de la Hoja Primaria (LHP)	6.59	0.82	0.67	12	6.69	1.08	1.16	16	5	1.83	3.35	37	5.9	0.92	0.84	16	6.22	1.03	1.06	17	6.99	0.88	0.77	13
Anchura de la Hoja Primaria (AHP)	5.73	0.78	0.6	14	5.29	0.77	0.59	15	5.99	0.96	0.92	16	5.55	0.73	0.53	14	5.04	0.66	0.44	13	5.29	0.53	0.28	10
Longitud del Tallo Principal (LTP)	77.91	20.23	409.29	26	89.24	13.49	182.06	15	88.93	11.75	138.05	13	99.15	23.33	544.09	24	87.70	21.17	448.11	24	77.78	17.91	320.62	23
Área de Cobertura (AC)	57.91	10.36	107.29	18	60.29	9.26	85.66	15	75.35	9.64	92.96	13	53.6	6.1	37.25	11	72.23	15.83	250.56	22	52	5.47	29.92	11
Numero de Nudos (NN)	11.95	1.47	2.15	12	11.76	1.3	1.68	11	10.8	1.93	3.74	18	11.61	1.32	1.74	11	12.82	1.53	2.35	12	11.85	1.45	2.09	12
Longitud de la Hoja (LH)	10.87	1.67	2.8	15	11.85	1.54	2.37	13	11.71	1.54	2.38	13	12.64	1.38	1.9	11	10.39	1.45	2.11	14	11.54	1.53	2.35	13
Anchura de la Hoja (AH)	7.29	1.08	1.17	15	8.09	0.94	0.89	12	7.89	0.97	0.94	12	8.16	0.96	0.93	12	6.47	1	1.01	16	8.17	1.04	1.08	13
Área Foliar (AF)	60.28	16.3	265.58	27	72.51	15.73	247.32	22	70.16	16.22	262.98	23	78.07	16.42	269.64	21	51.31	14.38	206.92	28	71.66	17.55	308.05	24
Largo de Vainas (LV)	11.43	1.22	1.49	11	10.06	0.81	0.65	8	9.55	0.64	0.42	7	9.25	0.82	0.67	9	9.5	0.8	0.64	8	10.34	0.75	0.57	7
Ancho de Vainas (AV)	0.9	0.08	0.01	9	0.91	0.09	0.01	9	0.91	0.07	0.01	8	0.9	0.12	0.02	14	0.9	0.07	0	8	0.97	0.13	0.02	13
Longitud del Ápice de la Vaina (LAV)	0.87	0.13	0.02	15	0.69	0.11	0.01	16	0.68	0.11	0.01	17	0.73	0.12	0.01	16	0.757	0.099	0.01	13	0.87	0.12	0.01	13
Numero de Vainas por Planta (NVP)	20.75	6.53	42.69	31	23.17	5.79	33.48	25	18.9	5.82	33.85	31	25.09	7.92	62.71	32	22.76	9.63	92.79	42	26.5	9.5	90.17	36
Numero de Semillas por Vaina (NSV)	6.06	0.91	0.82	15	5.54	0.67	0.45	12	5.47	0.97	0.94	18	5.21	0.86	0.73	16	5.05	0.78	0.61	16	6.27	0.95	0.91	15
Peso de 100 granos de semilla	26.6				25.5				24.9				21.4				23.8	0	0	0	22.7			

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Aspectos importantes de la ley de semillas en Guatemala.

PAIS	NORMATIVO LEGAL	FECHA	OBJETIVO DE LA NORMATIVA	ORGANO QUE LA APLICA	CLASES DE SEMILLAS	ANALISIS DE CALIDAD	REGISTROS	SANCIONES	PROTECCION DE VARIEDADES
Guatemala	a) Acuerdo presidencial. Normas generales para la producción, certificación y comercialización de semillas agrícolas y forestales.	12 mayo 1961	Promover y controlar la producción, procesamiento y análisis de laboratorio, etiquetado de las semillas certificadas, así como la exportación e importación de semillas agrícolas y forestales	Servicio Nacional de Certificación de semillas. Actualmente es la unidad de normas y regulaciones del MAGA.	-Básica -Fundación -Registrada -Certificada	Humedad pureza física y Germinación	De semilla certificada, registrada, de productores semilleros	a) Multas (el doble del valor de la semilla. b) Decomiso de semilla. c) Cancelación de permisos de importación o exportación o del comercio de semillas	Patente, UPOV
	b) Ley forestal. Decreto 101-96.	31 octubre 1996		Instituto Nacional de Bosques -INAB-					

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Momento de siembra de los doce genotipos evaluados, en Ipala, Chiquimula.



Anexo 5. Genotipos evaluados en estado de plántula.



Anexo 6. Toma de datos de genotipos evaluados en estado de plántula.



Anexo 7. Monitoreo de parcelas de caracterización de frijol.



Anexo 8. Planta de frijol, en estado de floración.



Anexo 9. Toma de datos en estado de floración.



Anexo 10. Medición de longitud del tallo principal.



Anexo 11. Planta en inicio de estado de madurez fisiológica.



Anexo 12. Planta en final de estado de madurez fisiológica.



Anexo 13. Momento de la cosecha.

Anexo 14. Semilla de los diferentes genotipos caracterizados.



Anexo 15. Guía para identificar de forma rápida y práctica una variedad de otra.

Caracteres ICTA Barranqueña.

Caracteres fenológicos	Días a floración	29	Caracteres morfológicos cualitativos	Color de los cotiledones	Morados
	Días a madurez fisiológica	59		Color del hipocotilo	Verde con pigmento café
	Días a cosecha	67		Color de las nervaduras (hojas primarias)	Café
Caracteres morfológicos cuantitativos	Longitud de tallo principal (cm)	94.5 – 103.8		Hábito de crecimiento	Arbustivo indeterminado con guía corta
	Longitud de Hoja, en Floración (cm)	12.4 – 12.9		Color de las alas de la flor	Lila
	Anchura de Hoja, en Floración (cm)	8.0 – 8.4		Color del cuello del estandarte	Verde
	Número de vainas por planta	23 – 27		Color del cáliz	Verde con pigmento morado
	Número de semillas por vaina	4 – 5		Forma de la semilla	Ovoide
	Peso de 100 semillas (g)	21.4		Color de la semilla	Negro

Fuente: Elaboración propia.



Caracteres ICTA Chortí.

Caracteres fenológicos	Días a floración	32	Caracteres morfológicos cualitativos	Color de los cotiledones	Morados
	Días a madurez fisiológica	59		Color del hipocotilo	Verde con pigmento café
	Días a cosecha	68		Color de las nervaduras (hojas primarias)	Café
Caracteres morfológicos cuantitativos	Longitud de tallo principal (cm)	96.1 – 104.8		Hábito de crecimiento	Arbustivo indeterminado con guía más o menos larga
	Longitud de Hoja, en Floración (cm)	9.7 – 10.3		Color de las alas de la flor	Lila
	Anchura de Hoja, en Floración (cm)	8.3 – 8.8		Color del cuello del estandarte	Verde con pigmento café
	Número de vainas por planta	15 – 18		Color del cáliz	Verde con pigmento morado
	Número de semillas por vaina	5 – 6		Forma de la semilla	Alargada, ovoidea
	Peso de 100 semillas (g)	24.4		Color de la semilla	Negro

Fuente: Elaboración propia.



Caracteres ICTA Ixtepeque.

Caracteres fenológicos	Días a floración	34	Caracteres morfológicos cualitativos	Color de los cotiledones	Morados
	Días a madurez fisiológica	59		Color del hipocotilo	Verde
	Días a cosecha	69		Color de las nervaduras (hojas primarias)	Café
Caracteres morfológicos cuantitativos	Longitud de tallo principal (cm)	86.6 – 91.3		Hábito de crecimiento	Arbustivo indeterminado con guía corta
	Longitud de Hoja, en Floración (cm)	11.4 – 12.0		Color de las alas de la flor	Lila
	Anchura de Hoja, en Floración (cm)	7.7 – 8.1		Color del cuello del estandarte	Verde con pigmento morado
	Número de vainas por planta	17 – 20		Color del cáliz	Verde con pigmento morado
	Número de semillas por vaina	5 – 6		Forma de la semilla	Ovoide
	Peso de 100 semillas (g)	24.9		Color de la semilla	Negro

Fuente: Elaboración propia.



Caracteres ICTA Ligero.

Caracteres fenológicos	Días a floración	31	Caracteres morfológicos cualitativos	Color de los cotiledones	Morados
	Días a madurez fisiológica	57		Color del hipocotilo	Verde con pigmento café
	Días a cosecha	68		Color de las nervaduras (hojas primarias)	Morado
Caracteres morfológicos cuantitativos	Longitud de tallo principal (cm)	46.9 – 52.5		Hábito de crecimiento	Arbustivo determinado
	Longitud de Hoja, en Floración (cm)	10.1 – 10.7		Color de las alas de la flor	Lila
	Anchura de Hoja, en Floración (cm)	6.5 – 7.0		Color del cuello del estandarte	Verde con pigmento café
	Número de vainas por planta	19 – 22		Color del cáliz	Verde con pigmento morado
	Número de semillas por vaina	5 – 6		Forma de la semilla	Ovoide
	Peso de 100 semillas (g)	19.6		Color de la semilla	Negro

Fuente: Elaboración propia.



Caracteres ICTA Ostúa

Caracteres fenológicos	Días a floración	40	Caracteres morfológicos cualitativos	Color de los cotiledones	Morados
	Días a madurez fisiológica	62		Color del hipocotilo	Verde con pigmento café
	Días a cosecha	73		Color de las nervaduras (hojas primarias)	Café
Caracteres morfológicos cuantitativos	Longitud de tallo principal (cm)	83.6 – 90.1		Hábito de crecimiento	Arbustivo indeterminado con guía corta
	Longitud de Hoja, en Floración (cm)	10.2 – 10.7		Color de las alas de la flor	Lila
	Anchura de Hoja, en Floración (cm)	7.8 – 8.2		Color del cuello del estandarte	Verde con pigmento morado
	Número de vainas por planta	17 – 20		Color del cáliz	Verde con pigmento morado
	Número de semillas por vaina	6 – 7		Forma de la semilla	Arriñonada, curva en el lado opuesto al hilo
	Peso de 100 semillas (g)	16.5		Color de la semilla	Negro

Fuente: Elaboración propia.



Caracteres ICTA Patriarca

Caracteres fenológicos	Días a floración	35	Caracteres morfológicos cualitativos	Color de los cotiledones	Morados
	Días a madurez fisiológica	59		Color del hipocotilo	Verde con pigmento café
	Días a cosecha	68		Color de las nervaduras (hojas primarias)	Morado
Caracteres morfológicos cuantitativos	Longitud de tallo principal (cm)	73.9 – 81.9		Hábito de crecimiento	Arbustivo indeterminado con guía corta
	Longitud de Hoja, en Floración (cm)	10.5 – 11.2		Color de las alas de la flor	Lila
	Anchura de Hoja, en Floración (cm)	7.1 – 7.5		Color del cuello del estandarte	Verde con pigmento café
	Número de vainas por planta	19 – 22		Color del cáliz	Verde con pigmento morado
	Número de semillas por vaina	5 – 6		Forma de la semilla	Ovoide
	Peso de 100 semillas (g)	26.6		Color de la semilla	Negro

Fuente: Elaboración propia.



Caracteres ICTA Peten

Caracteres fenológicos	Días a floración	35	Caracteres morfológicos cualitativos	Color de los cotiledones	Morados
	Días a madurez fisiológica	59		Color del hipocotilo	Verde con pigmento café
	Días a cosecha	68		Color de las nervaduras (hojas primarias)	Morado
Caracteres morfológicos cuantitativos	Longitud de tallo principal (cm)	53.0 – 59.1		Hábito de crecimiento	Arbustivo determinado
	Longitud de Hoja, en Floración (cm)	10.9 – 11.3		Color de las alas de la flor	Lila
	Anchura de Hoja, en Floración (cm)	7.3 – 7.7		Color del cuello del estandarte	Verde con pigmento café
	Número de vainas por planta	16 – 19		Color del cáliz	Verde con pigmento morado
	Número de semillas por vaina	5 – 6		Forma de la semilla	Ovoide
	Peso de 100 semillas (g)	18.6		Color de la semilla	Negro

Fuente: Elaboración propia.



Caracteres ICTA Santa Gertrudis

Caracteres fenológicos	Días a floración	38	Caracteres morfológicos cualitativos	Color de los cotiledones	Morados
	Días a madurez fisiológica	62		Color del hipocotilo	Verde con pigmento café
	Días a cosecha	73		Color de las nervaduras (hojas primarias)	Morado
Caracteres morfológicos cuantitativos	Longitud de tallo principal (cm)	94.8 – 101.8		Hábito de crecimiento	Arbustivo indeterminado con guía corta
	Longitud de Hoja, en Floración (cm)	10.6 – 11.2		Color de las alas de la flor	Lila
	Anchura de Hoja, en Floración (cm)	8.6 – 9.1		Color del cuello del estandarte	Café
	Número de vainas por planta	20 – 24		Color del cáliz	Café
	Número de semillas por vaina	6 – 7		Forma de la semilla	Ovoide
	Peso de 100 semillas (g)	18.5		Color de la semilla	Negro

Fuente: Elaboración propia.



Caracteres ICTA Sayaxché

Caracteres fenológicos	Días a floración	41	Caracteres morfológicos cualitativos	Color de los cotiledones	Morados
	Días a madurez fisiológica	62		Color del hipocotilo	Verde con pigmento café
	Días a cosecha	72		Color de las nervaduras (hojas primarias)	Café
Caracteres morfológicos cuantitativos	Longitud de tallo principal (cm)	71.8 – 78.8		Hábito de crecimiento	Arbustivo indeterminado con guía corta
	Longitud de Hoja, en Floración (cm)	9.5 – 9.9		Color de las alas de la flor	Lila
	Anchura de Hoja, en Floración (cm)	7.7 – 7.9		Color del cuello del estandarte	Verde con pigmento café
	Número de vainas por planta	19 – 23		Color del cáliz	Verde con pigmento morado
	Número de semillas por vaina	6 – 7		Forma de la semilla	Ovoide
	Peso de 100 semillas (g)	16.8		Color de la semilla	Negro

Fuente: Elaboración propia.



Caracteres ICTA Suprema

Caracteres fenológicos	Días a floración	30	Caracteres morfológicos cualitativos	Color de los cotiledones	Morados
	Días a madurez fisiológica	59		Color del hipocotilo	Verde con pigmento café
	Días a cosecha	68		Color de las nervaduras (hojas primarias)	Morado
Caracteres morfológicos cuantitativos	Longitud de tallo principal (cm)	83.5 – 91.9		Hábito de crecimiento	Arbustivo indeterminado con guía corta
	Longitud de Hoja, en Floración (cm)	10.1 – 10.7		Color de las alas de la flor	Lila
	Anchura de Hoja, en Floración (cm)	6.3 – 6.7		Color del cuello del estandarte	Verde
	Número de vainas por planta	21 – 25		Color del cáliz	Verde con pigmento morado
	Número de semillas por vaina	4 – 5		Forma de la semilla	Ovoide
	Peso de 100 semillas (g)	23.8		Color de la semilla	Negro

Fuente: Elaboración propia.



Caracteres ICTA Xinca

Caracteres fenológicos	Días a floración	34	Caracteres morfológicos cualitativos	Color de los cotiledones	Morados
	Días a madurez fisiológica	59		Color del hipocotilo	Verde con pigmento café
	Días a cosecha	69		Color de las nervaduras (hojas primarias)	Café
Caracteres morfológicos cuantitativos	Longitud de tallo principal (cm)	86.6 – 91.9		Hábito de crecimiento	Arbustivo indeterminado con guía corta
	Longitud de Hoja, en Floración (cm)	11.5 – 12.2		Color de las alas de la flor	Lila
	Anchura de Hoja, en Floración (cm)	7.9 – 8.3		Color del cuello del estandarte	Verde con pigmento café
	Número de vainas por planta	22 – 24		Color del cáliz	Verde con pigmento Morado
	Número de semillas por vaina	5 – 6		Forma de la semilla	Ovoide
	Peso de 100 semillas (g)	25.5		Color de la semilla	Negro

Fuente: Elaboración propia.



Caracteres ICTA Zam

Caracteres fenológicos	Días a floración	35	Caracteres morfológicos cualitativos	Color de los cotiledones	Morados
	Días a madurez fisiológica	59		Color del hipocotilo	Verde con pigmento café
	Días a cosecha	72		Color de las nervaduras (hojas primarias)	Morado
Caracteres morfológicos cuantitativos	Longitud de tallo principal (cm)	74.2 – 81.3		Hábito de crecimiento	Arbustivo indeterminado con guía corta
	Longitud de Hoja, en Floración (cm)	11.2 – 11.8		Color de las alas de la flor	Lila
	Anchura de Hoja, en Floración (cm)	8.0 – 8.4		Color del cuello del estandarte	Café
	Número de vainas por planta	25 – 28		Color del cáliz	Café
	Número de semillas por vaina	6 – 7		Forma de la semilla	Ovoide
	Peso de 100 semillas (g)	22.7		Color de la semilla	Negro

Fuente: Elaboración propia.

