

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

SELECCIÓN DE LÍNEAS DE 7 CULTIVARES DE FRÍJOL (Phaseolus vulgaris) EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA, GUATEMALA

TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR
FRANCISCO JOSÉ FAJARDO

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, Octubre del 2002
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M. V. Luis Alfonso Leal Monterroso

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr.	Edgar Oswaldo Franco Rivera
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr.	Walter Estuardo García T
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr.	Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO	Ing. Agr.	Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Br.	Wener Armando Ochoa Orozco
VOCAL QUINTO	Br.	Axel Aureliano Herrera Pérez
SECRETARIO:	Ing. Agr.	Edil Rene Rodríguez Quezada.

Guatemala, Octubre de 2002

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL DE HONOR
FACULTAD DE AGRONOMÍA

SEÑORES:

De conformidad con las normas establecidas con la Ley Orgánica de la USAC, tengo el honor de someter a vuestra consideración el documento de graduación titulado:

SELECCIÓN DE LÍNEAS DE 7 CULTIVARES DE FRÍJOL (Phaseolus vulgaris) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA, GUATEMALA.

Como requisito previo para el Título de Ingeniero Agrónomo en el grado Académico de Licenciado.

De Ustedes atentamente.

Francisco José Fajardo

Carné: 93-30285

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios

Por guiarme en el camino de la vida y permitirme alcanzar esta meta.

MI MADRE:

Marleny Fajardo

Por su dedicación y entrega, que esto sea un pequeño aliciente a su abnegado sacrificio.

MI ABUELITA:

Jovita Fajardo Espinoza

Por sus sabios consejos y enseñanzas.

MIS TÍOS:

Efidio Fajardo Espinoza y

Elba Esperanza Fajardo

Por el amor que me han brindado y su apoyo incondicional

MI ESPOSA:

Karina Renata

Por la paciencia y comprensión que ha demostrado en la elaboración de este proyecto de nuestras vidas.

MI HIJO:

Francisco José

Con todo mi amor y esperanza.

LA FAMILIA:

García Fajardo

Por la confianza, amistad y ayuda brindada, las cuales permitieron la culminación de esta parte del camino.

LAS FAMILIAS:

Fajardo Herrera, García Búcaro, Maldonado Sántis y Sántis Argueta con mucho aprecio y respeto.

LOS PROFECIONALES:

Ing. Agr. Francisco Vásquez, Ing. Agr. Edil Rodríguez, Lic. Romeo Pérez y Lic. Julio Chinchilla por compartir su conocimiento y amistad.

MIS AMIGOS:

Por estar presentes en las buenas y en las malas, en especial a: Alfredo Andrade, Mynor López, Ariel del Cid, Mario López, Carlos Vázquez, Edgar Anleu, Francisco Rodríguez, Miguel Orozco, y Leonel de León.

TESIS QUE DEDICO

A:

Mi madre Marleny

Mi esposa Karina

Mi Hijo Francisco

Efidio Fajardo

Al Ing. Agr. Francisco Vásquez

La Familia García Fajardo

Mi patria Guatemala

San Marcos

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

Centro Experimental Docente de Agronomía

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi asesor: Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez, gracias a la asesoría brindada en la ejecución del presente trabajo.

Mis Evaluadores: Ing. Agr. Oscar Leiva, Ing. Agr. Edgar Martínez, Ing. Agr. Elmer Ayalan y al Dr. Ariel Ortíz, por sus sabias opiniones para mejorar dicha investigación.

Los trabajadores del Centro Experimental Docente de Agronomía por su apoyo en la etapa de campo de la presente investigación, en especial al señor Oswaldo.

Las personas, amigos y compañeros que alguna vez creyeron en mí.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	xi
INDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
1. INTRODUCCIÓN	01
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	03
3. MARCO TEÓRICO	04
3.1. MARCO CONCEPTUAL	04
3.1.1 Origen y diversidad del fríjol común	04
3.1.2 Contenido de proteína del fríjol	04
3.1.3 Taxonomía del fríjol común	05
3.1.4 Principales características del fríjol cultivado	05
3.1.5 Componentes del rendimiento	06
3.1.6 Naturaleza y finalidades del mejoramiento Genético de plantas	07
3.1.7 Contribución de la mejora genética de plantas	07
3.1.8 Línea pura	07
3.1.9 Selección natural y artificial	08
3.1.10 Selección de plantas autógamas	08
3.1.11 Selección individual y masal de plantas autógamas	09
3.1.12 Mejoramiento genético del fríjol común	10
3.1.13 Heredabilidad	10
3.1.14 Estadística descriptiva	11
3.1.15 Análisis de caracteres de una muestra o población	12
3.1.16 Diseño Completamente al azar	14
3.1.17 Análisis de varianza	14
3.2 MARCO REFERENCIAL	15
3.2.1 Ubicación geográfica del área	15
3.2.2 Condiciones climáticas	15
3.2.3 Características edafológicas	15

3.2.4 Trabajos de frijol común desarrollados en la FAUSAC	15
3.2.5 Materiales genéticos evaluados	16
4. OBJETIVOS	23
4.1. General	23
4.2. Específicos	23
5. HIPÓTESIS	24
6. METODOLOGÍA	25
6.1 Tratamientos	25
6.2 Diseño experimental y modelo estadístico	25
6.3 Unidad Experimental	25
6.4 Manejo del experimento	26
6.4.1 Preparación del terreno	26
6.4.2 Siembra	26
6.4.3 Control de plagas	26
6.4.4 Control de enfermedades	26
6.4.5 Control de malezas	26
6.4.6 Fertilización	26
6.4.7 Cosecha	26
6.5 Datos a tomar	27
6.5.1 Número de vainas por planta	27
6.5.2 Análisis de la variable	27
6.6 Selección de las mejores líneas de cada cultivar	29
6.6.1 Análisis de las líneas seleccionadas	29
7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
7.1 Análisis de la variable número de vainas por planta de las líneas de los cultivares	30
7.1.1 Media de los cultivares	30
7.1.2 Variabilidad de los cultivares	30
7.1.3 Análisis de varianza para las medias del número de vainas por planta de las líneas de cada uno de los cultivares evaluados	32
7.1.4 Tabla de frecuencias e histograma de Pearson	33

7.2	Identificación, selección y evaluación de las mejores líneas de cada cultivar basados en el número de vainas por planta	35
7.2.1	Identificación y selección de las mejores líneas de cada cultivar basados en el número vainas por planta	36
7.2.2	Media de las líneas seleccionadas	38
7.2.3	Coefficientes de variación	38
8.	CONCLUSIONES	41
9.	RECOMENDACIONES	42
10.	BIBLIOGRAFÍA	43
11.	APÉNDICES	45

INDICE DE CUADROS

CUADRO 01: Resumen de los principales parámetros de cada uno de los cultivares de frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u>) evaluados en los campos de CEDA en el año 2002.	31
CUADRO 02: Análisis de varianza, para la variable de respuesta número de vainas por planta de los de los cultivares evaluados en el CEDA, año 2002.	32
CUADRO 03: Prueba de medias de Tukey para la variable número de vainas por planta de los cultivares evaluados.	32
CUADRO 04: Tablas de frecuencia de cada uno de los cultivares evaluados de frijol (<u>Phaseolus Vulgaris</u>) evaluados en el CEDA, año 2002.	34
CUADRO 05: Líneas reportadas con valores iguales o mayores a 25 vainas por planta, para los diferentes cultivares de frijol (<u>Phaseolus Vulgaris</u>) evaluados en el CEDA, en el año 2002.	36
CUADRO 06: Resumen de los principales parámetros de las líneas seleccionadas de frijol (<u>Phaseolus Vulgaris</u>)	40
CUADRO 7 A: Número de líneas y número de vainas de cada uno de los cultivares evaluados	51

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 A: Croquis De la unidad experimental	46
FIGURA 2 A: Comportamiento de las diferentes líneas con respecto a la variable número de vainas por planta para el cultivar FAUSAC- 1324	47
FIGURA 3 A: Comportamiento de las diferentes líneas con respecto a la variable número de vainas por planta para el cultivar FAUSAC- 1347	47
FIGURA 4 A: Comportamiento de las diferentes líneas con respecto a la variable número de vainas por planta para el cultivar FAUSAC- 1355	48
FIGURA 5 A: Comportamiento de las diferentes líneas con respecto a la variable número de vainas por planta para el cultivar FAUSAC- 1360	48
FIGURA 6 A: Comportamiento de las diferentes líneas con respecto a la variable número de vainas por planta para el cultivar FAUSAC- 1365	49
FIGURA 7 A: Comportamiento de las diferentes líneas con respecto a la variable número de vainas por planta para el cultivar FAUSAC- 1377	49
FIGURA 8 A: Comportamiento de las diferentes líneas con respecto a la variable número de vainas por planta para el cultivar ICTA-OSTÚA	50

SELECCIÓN DE LÍNEAS DE 7 CULTIVARES DE FRÍJOL (Phaseolus vulgaris L.) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA (CEDA), GUATEMALA

SELECTION OF LINES OF SEVEN CULTIVARS OF COMMON BEAN (Phaseolus vulgaris L.) AT AGRONOMICAL CENTER OF EXPERIMENTAL STATION, GUATEMALA

RESUMEN

El estudio se realizó con el objeto de identificar y seleccionar las mejores líneas de frijol (Phaseolus vulgaris L.), en base al carácter número de vainas por planta de 7 cultivares promisorios. El experimento se estableció de febrero a mayo del 2,002 en los campos de CEDA, se utilizó un diseño completamente al azar en donde cada planta o línea era una unidad experimental, la información obtenida de las líneas de cada cultivar, antes de la identificación y selección fue analizada estadísticamente mediante estudios de media, varianza, desviación estándar, coeficientes de variación, análisis de varianza y prueba de medias para la variable número de vainas por planta. Para seleccionar las líneas de los cultivares se tomó como punto de partida que tuvieran 25 o más vainas por planta.

Los resultados antes de selección revelaron la alta variabilidad dentro de cada uno de los cultivares, además el análisis de varianza mostró alta significancia lo que indica la diferencia existente entre las medias de cada uno de los cultivares evaluados, siendo los cultivares FAUSAC-1360 y FAUSAC-1324 los que reportaron las medias más altas de la variable en estudio. Lo descrito anteriormente permitió la identificación y selección de las mejores líneas de cada uno de los cultivares, reportando 32 líneas el cultivar FAUSAC-1324, media de 28 vainas por planta (25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 y 36 vainas por planta); 18 el cultivar FAUSAC-1347, media de 28 (25, 27, 28, 29, 30, 32, y 40); 6 el cultivar FAUSAC-1355, media 27 (25, 26, 28 y 33); 40 el cultivar 1360, media 28 (25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 36, y 37); 10 el cultivar FAUSAC-1365, media 28 (25, 26, 27, 28, 29, 30 y 32); 33 el cultivar FAUSAC-1377, media de 26 (25, 26, 27, 28, 30 y 32) y 8 para el ICTA-OSTÚA, media de 27 (25, 26, 29 y 32 vainas por planta).

Los datos obtenidos por las líneas seleccionadas indicaron un aumento en la media y disminución en el coeficiente de variación, esto en comparación con los estadísticos obtenidos de los cultivares previo a la selección. Lo que nos indica que el número de vainas planta es mayor de las líneas seleccionadas que al de los cultivares antes de selección y que la variabilidad existente entre las líneas seleccionadas es baja, esto debido al proceso de selección sufrido por los cultivares.

Es necesario dar continuidad a este trabajo en vista de que las líneas identificadas deben servir de base para programas de mejoramiento genético en frijol y la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala puede generar en el futuro materiales genéticos rendidores y de buena calidad culinaria que pueden repercutir en la producción de frijol a nivel nacional. Así mismo se recomienda que las líneas seleccionadas en este trabajo sean evaluadas sembrando línea por surco para continuar con la

siguiente fase de selección con miras a generar uno o más materiales genéticos de alto rendimiento. Además es necesario la realización de estudios de heredabilidad del carácter número de vainas por planta de las líneas seleccionadas con respecto a sus progenitores con el fin de disponer de alguna estimación de la proporción relativa del efecto genético implícito en el fenotipo (genotipo más medio ambiente).

1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala se cultivan cinco especies de frijol del género Phaseolus; la más importante es el frijol común (Phaseolus vulgaris L.), que conjuntamente con el maíz ha sido importante en la alimentación de la población del país a través de los tiempos. Además es la única fuente de proteínas para muchos guatemaltecos de escasos recursos (5).

El frijol común, es entre las leguminosas de grano, la especie más importante dentro de la cultura mesoamericana, ya que se viene cultivando desde tiempos inmemoriales, es por eso que en América Latina se presenta la mayor producción y consumo de frijol.

En Guatemala son muchos los problemas que afrontan los agricultores para tratar de elevar la producción de alimentos, como problemas fitosanitarios y bajos rendimientos, lo que ha conducido a los fitomejoradores a buscar variedades resistentes. A pesar de que Guatemala es un centro de origen del frijol y existe un reservorio genético considerable la producción en el país es baja, debido a que los agricultores que lo producen son de escasos recursos y las áreas donde lo cultivan casi siempre son marginales ocasionando la limitada manifestación de todo su potencial.

Existen una serie de aspectos en el cultivo del frijol que necesitan ser evaluados, tal como los recomendados por Vázquez Gil (20), en su estudio titulado Evaluación agronómica y sensorial de 13 cultivares de frijol común (Phaseolus vulgaris L.), Guatemala, en el año 2000. En el que el autor recomienda el inicio de la realización de un programa de mejoramiento genético de 6 cultivares (FAUSAC-1324, FAUSAC-1347, FAUSAC-1355, FAUSAC-1360, FAUSAC-1365 y FAUSAC-1377) identificados como promisorios.

Es por ello que al darle seguimiento a dicha investigación con la finalidad de mejorar la producción y la calidad de los cultivares, se realizó una evaluación de medias, variabilidad intra y entre cultivares de los 6 recomendados y la variedad ICTA-OSTÚA como testigo (7 tratamientos).

Este trabajo realizado en el centro de investigación docente de agronomía (CEDA), ubicado en ciudad universitaria, zona 12, Guatemala, Guatemala, se encontró que los cultivares que tuvieron las medias más altas fueron FAUSAC-1360 y FAUSAC-1324 con medias de 15 vainas por planta cada uno, además estos cultivares reportaron los siguientes valores de coeficientes de variación 42.25% y 45.67% indicándonos el alto grado de variabilidad intracultivar, es importante mencionar que todos los cultivares en estudio reportaron coeficientes de variación arriba el 40%, siendo el ICTA-OSTÚA el que reportó el más alto valor de 46.67%. Además al realizar un análisis de varianza pudimos determinar la variabilidad existente entre cultivares, siendo los dos mejores identificados con la prueba de medias de Tukey los cultivares FAUSAC-1360 y FAUSAC-1324.

Conociendo la alta variabilidad entre y dentro de los cultivares, se identificaron y seleccionaron las líneas que reportaron un número de vainas por planta igual o mayor a 25 de cada uno de los cultivares, siendo los cultivares FAUSAC-1360, FAUSAC-1377 y FAUSAC-1324 los que reportaron el mayor número

de líneas seleccionadas con 40, 33 y 32 líneas respectivamente. A las líneas seleccionadas de cada cultivar se les determinó las medias y coeficientes de variación obteniendo medias con un rango de 26 a 28 vainas y los coeficientes de variación con un rango entre 6.84% y 13.88%, demostrando el aumento en el valor de la media y disminución en el coeficiente de variación debido a la selección practicada.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Guatemala el consumo de frijol (Phaseolus vulgaris L.), representa una de las fuentes de proteínas para la población en general, por lo que es un cultivo de importancia tanto económica como social.

Cada día los agricultores demandan materiales genéticos de alto rendimiento, por lo que la búsqueda y posterior evaluación de cultivares de frijol, es una actividad vital para ofrecer a los productores nuevas variedades comerciales.

La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala a partir de varios cultivares de frijol nativos ha realizado investigaciones mediante las cuales se han identificado materiales promisorios en cuanto a calidad culinaria y rendimiento que pueden en parte solucionar la escasez de variedades comerciales con estos atributos. El problema fundamental es que estos cultivares por proceder de colectas de cultivares primitivos representan una mezcla de líneas y que para proseguir con la siguiente fase de mejoramiento se hace necesario identificar y seleccionar aquellas líneas que dentro de cada cultivar de los 7 a estudiar presenten el mayor número de vainas por planta, ya que en el trabajo de investigación realizado por Rodríguez Cojolon (16) es la variable que más participa en la explicación del rendimiento, en tal sentido la presente investigación constituye una fase fundamental de un programa de mejoramiento genético, mediante la identificación y selección de las mejores líneas que sirvan de base para la generación de variedades comerciales de alto rendimiento.

Además este trabajo es importante ya que le da continuidad al proyecto de investigación en frijol iniciado en la Facultad de Agronomía ya que la investigación debe entenderse como un proceso continuo en tiempo y en espacio.

3. MARCO TEORICO

3.1. MARCO CONCEPTUAL

3.1.1. Origen y diversidad del fríjol común (Phaseolus vulgaris L.)

Según Vavilov, N. I. (21) y Voyset, O. (22), el origen americano del fríjol (Phaseolus vulgaris L.), se acepta sin ninguna controversia. Investigaciones arqueológicas han permitido ubicar restos en diversos sitios de Estados Unidos, México y Perú. A pesar que, como puede verse, en América Latina el fríjol ha venido cultivándose desde tiempos ancestrales no se sabe cuando el fríjol escapó de la parcela familiar para convertirse en un cultivo de importancia económica, ni el suceso que motivo su expansión.

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 "Phasiolos", consideró que Phaseolus vulgaris L. procedía de Asia Occidental. 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, en el sentido de que Phaseolus vulgaris L. posiblemente tenía su centro de diversificación en América del Sur. Más tarde Vavílov. de acuerdo con Bucasov (1931), después de haber estudiado numerosas variedades de fríjol 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 (11).

Según Simmonds, N.W. (17), las leguminosas como el fríjol, son fuentes muy importantes de proteínas y calorías en la dieta de los habitantes de América y África tropical, en donde éstas suplementan la alimentación en carbohidratos como maíz, yuca y plátano. Dicho autor menciona que existe un acuerdo que Phaseolus es originario del continente americano y las especies del viejo mundo pasan al genero Vigna.

Debouk, D.G. (5) 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.

3.1.2. Contenido de proteína del fríjol

El fríjol es rico en proteína (Cerca de 22%) pero, como en otras leguminosas. la proteína, es deficiente en los aminoácidos que contienen azufre (Metionina y Cisteína). La estructura de la vaina ha sido alterado en algunos cultivares, reduciendo la dehiscencia y el contenido de fibra (17).

3.1.3. Taxonomía del frijol común

Su nombre científico (Phaseolus vulgaris) fue asignado por Linneo en 1753. A continuación se describe su sistemática, de acuerdo Cronquist, A. (1,981) (3).

Reino	Plantae
Sub-reino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Genero	Phaseolus
Especie	<u>Phaseolus vulgaris</u> L.

3.1.4. Principales características del frijol cultivado

A. Descripción de la planta

Standley, P., y Steyermark, J.A. (19), dicen que el frijol posee un sistema radicular bien desarrollado, el cual esta integrado por una raíz principal y varias secundarias ramificadas en la parte superior cercana a la superficie del suelo, el tallo es delgado, débil, anguloso, de sección cuadrangular, herbáceo y de altura muy variable de acuerdo con la variedad, ésta también está determinada por la forma, y posición del tallo.

Las hojas están compuestas por tres folíolos con extremos acuminados, enteros ovoides y terminados en punta, son acorazados, de consistencia áspera. y de bordes lisos, peciolados y con estípulas angostas en la base, las flores están reunidas en racimos cortos, de color blanco, violeta y rosado, con pedúnculos erguidos y algo vellosos. Cada pedúnculo lleva, numerosas flores y su número puede ser de treinta o más (19).

Los frutos o vainas son de tamaño variado y pueden medir de 6 a 22 cm de largo, la textura es variable. dependiendo del tejido fibroso que contenga, la semilla que produce es reniforme, oblonga, oval o suboval, de peso y de colores muy variados. Las vainas tienen dos valvas que provienen de ovarios comprimidos, dos suturas forman la unión de los valvas, una sutura dorsal llamada placentar y la otra denominada ventral. Estas suturas son muy importantes en la dehiscencia, y los óvulos son las futuras semillas que se alternan en la sutura placentar (19).

Las vainas son generalmente glabras o subglabras, si poseen pelos son muy pequeños y a veces la epidermis es cerosa (6).

B. Hábito de crecimiento

Ospina, H. (13), reporta. para el frijol, que el hábito de crecimiento es una característica muy importante en el manejo agronómico de especies de Phaseolus. Esta característica puede ser agrupada en dos categorías: Determinado o arbustivo e Indeterminado o trepador. Comúnmente el hábito de crecimiento determinado ocurre con menor frecuencia.

Las plantas de hábito de crecimiento determinado, se caracterizan porque el tallo principal y las ramas laterales terminan en una inflorescencia determinada desarrollada, a consecuencia de lo cual la floración y la maduración son tempranas y la planta es arbustiva. Las plantas de hábito indeterminado se caracterizan porque el tallo principal y las ramas laterales terminan en un meristemo vegetativo, susceptible, de crecimiento indefinido que da origen a una guía (13).

La planta puede e clasificarse como indeterminada arbustiva si la guía no tiene tendencia a trepar. Las plantas de hábito indeterminado generalmente tienen períodos de crecimiento más prolongados que las de hábito determinado y además otra característica importante, es su notable capacidad de recuperación después de haber sido sometido a condiciones adversas (13).

C. Ciclo vegetativo

Según Ospina, H. (13), tanto las formas anuales como las perennes existen en especies del genero Phaseolus. Las formas anuales son comunes en Phaseolus vulgaris y Phaseolus acutifolios; y las formas perennes son comunes en Phaseolus coccinineus y Phaseolus lunatus.

Según Simmonds, N.W. (17), en condiciones de campo, el ciclo vegetativo de las formas anuales terminan con la senescencia de las hojas y la madurez de las vainas.

3.1.5. Componentes de rendimiento

Poey (14) dice que los procesos fisiológicos que intervienen en la captación, transformación y translocación de la energía disponible, determinan entre otras cosas el rendimiento de la planta. Es importante considerar a los componentes de rendimiento como indicadores de tendencias de los procesos que determinan el rendimiento, y no necesariamente como sus causas directas del mismo.

Poey (14) indica que el rendimiento resulta de un gran número de factores genéticos, biológicos y ambientales que interaccionan entre si para ser expresados en kilogramos por hectáreas de la parte de la planta que interesa al agricultor económicamente.

Los componentes de rendimiento incluyen el número y peso de grano, número de estructuras florales (en el caso de frijol las vainas), etc.

Rodríguez Cojolon (16) dice que el número de vainas por planta es el que mejor explica el rendimiento.

3.1.6. Naturaleza y finalidades del mejoramiento genético de plantas

Según Allard, R.W. (1), el hombre depende casi absolutamente de las plantas para su alimentación. Todo lo que come, prácticamente sin excepción, o es vegetal o se deriva más o menos directamente de los vegetales. De las plantas se derivan directamente o indirectamente la mayoría de las ropas, drogas, combustibles y materiales de construcción. Además pueden ser tanto útiles como estéticamente agradables. Al considerar la gran importancia que tienen las plantas, no es sorprendente que los hombres se hayan preocupado desde hace muchos años de obtener tipos más aptos para satisfacer sus necesidades. Pero ha sido recientemente y en estrecha relación principalmente con el desarrollo de la genética, cuando estos intentos han sido sistematizados hasta el punto que se les puede considerar como ciencia. Esta ciencia relativamente nueva es la mejora genética de las plantas.

El aumento de la productividad agrícola siempre ha sido el fin principal de la mejora de plantas, como consecuencia de la creciente demanda de alimentos de una población en constante crecimiento dentro de un mundo de superficie limitada (1).

El fin que persigue la mayoría de los mejoradores de plantas es un aumento del rendimiento. Algunas veces esto se ha podido llevar a cabo no con mejoras específicas, tales como la resistencia a enfermedades, etc., sino mediante la obtención de variedades más productivas, como resultado de una eficacia fisiológica generalmente mayor (1).

3.1.7. Contribuciones de la mejora genética de plantas

La obtención de variedades mejoradas para nuevas zonas de cultivo han sido una de las contribuciones más importantes de la mejora genética de 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 de las contribuciones que ha hecho la mejora genética de plantas ha sido la mejora por ciertos caracteres agronómicos y la obtención de variedades resistentes a enfermedades e insectos que ha sido una de las contribuciones más importantes, y ciertamente la mejor conocida (1).

3.1.8. Línea pura

Es un concepto introducido por Johanssen citado por Allard (1), y lo define como la descendencia de un individuo autofecundado, que tiene la característica de reproducir con gran precisión sus caracteres. En

términos prácticos, las semillas cosechadas de una planta de frijol son líneas puras. La mayoría de plantas autógamas están formadas por líneas puras.

3.1.9. Selección natural y artificial

Aunque en realidad no sabemos cuando empezó el hombre a ser mejorador de plantas, podemos estar seguros de que la naturaleza lo ha sido siempre. Las variaciones heredables han ocurrido antes y después de los comienzos del cultivo. Eventualmente las razas que eran portadoras de estas variaciones crecían unas al lado de las otras, entonces se producían los híbridos naturales y, como consecuencia, resultaba un número mayor de combinaciones de variantes. Algunos presentaban ventajas y otros no, se daban algunos pasos hacia adelante y otros hacia atrás, pero generalmente los tipos que no se adaptaban bien a las circunstancias locales quedaban eliminados y, por lo tanto, aumentaban las oportunidades de cruzamientos mejores (1).

Pero este proceso no era siempre local ya que, por ejemplo, las rutas comerciales existentes desde hace mucho tiempo y desde luego eran importantes para la distribución de la semillas. Los transportes de un lugar a otro ofrecieron una gran ocasión para llevar a cabo una verdadera amalgama de tipos, de tal forma que las variedades modernas tienen unos hilos tenues que se extienden hacia el pasado por muchos caminos. Lo que han recibido los mejoradores de plantas modernos son los productos finales de un largo período de selección natural bajo las condiciones del cultivo. No hay duda que el hombre ayudó en este proceso y, en algunos casos, actuó en sentido contrario al de la selección natural salvando variantes que le eran útiles y que habrían perecido sin su intervención. Indudablemente la selección natural y artificial, actuando conjuntamente, han proporcionado al mejorador de plantas moderno una formidable herencia de material botánico (1).

3.1.10. Selección en plantas autógamas

Para entrar al tema de selección de plantas autógamas primeramente es necesario conocer lo que son plantas autógamas, y son las que presentan más del 60% de autofecundación. El frijol es una planta autógama y aún más es cleistógama (1).

Tanto en la evolución como en la mejora de plantas, las poblaciones van transformándose constantemente hacia formas superiores. En esta transformación continua, la fuerza principal es la selección, por la que algunos individuos con ciertas características son favorecidos en la reproducción (1).

Entre los atributos de la selección hay dos especialmente importantes para entender los principios de la mejora: 1) la selección solo puede actuar sobre diferencias heredables y 2) la selección no puede crear variabilidad sino que actúa solamente sobre la ya existente. Es precisamente por este segundo atributo por lo que la consanguinidad adquiere importancia en la mejora de plantas. La Consanguinidad

origina un aumento de la homocigosis. Este efecto es aplicable a todos los loci, por esto, tanto los caracteres cuantitativos como los determinados sólo por genes mayores están sujetos a influencia. El resultado de un proceso de consanguinidad relativamente largo e intenso, es la fijación de caracteres genéticos y la escisión de la población en grupos distintos genéticamente, con uniformidad dentro de cada uno de ellos, es decir, la consanguinidad descubre la variabilidad genética encerrada en los heterocigotos y de esta forma puede actuar la selección (1).

3.1.11. Selección Individual y selección masal en plantas autóгамas

La selección en plantas autóгамas es un antiguo método de mejora, pero que el conocimiento del fundamento científico del método ha sido mucho más reciente. La diversidad genética que sirve de base a la selección, tiene su origen en los cambios heredables que aparecen en proporción muy pequeña y de modo fortuito. La dispersión de los alelos mutantes a través de las poblaciones depende de la hibridación y recombinación naturales durante muchas generaciones. Como consecuencia del sistema de fecundación de estas especies, el mejorador puede suponer que cualquier planta que selecciones será homocigótica y dará lugar a una línea pura capaz de reproducirse a sí misma con gran precisión (1).

Basándose en estos principios, los modernos programas de selección en poblaciones variables de plantas autóгамas pueden seguir dos caminos diferentes según el número de líneas puras que se conserve para formar la nueva variedad. Estos dos procedimientos se llaman selección individual y selección masal. En la selección individual la nueva variedad procede de una línea pura. En la selección masal la descendencia de muchas líneas puras se juntan para formar la nueva variedad (1).

Según Allard, R.W. (1), la selección individual comprende tres etapas diferentes. En la primera etapa se hace gran número de selecciones en la población original genéticamente variable. Estas selecciones iniciales planta a planta son de la mayor importancia en este método de mejora porque casi toda la diversidad genética se encuentra entre líneas distintas y poca dentro de las líneas. Por lo tanto no vale la pena realizar selecciones dentro de las líneas, y si no se encuentran formas favorables entre las selecciones originales no se pueden obtener con subsiguientes trabajos. Deben hacerse tantas selecciones iniciales como las disponibilidades de tiempo, dinero y espacio, así como la atención requerida por otros programas de mejora, permitan. Si se busca un fin específico, por ejemplo formas más precoces o de semillas más grandes, es conveniente utilizar métodos especiales de selección. Para las plantas cultivadas en línea, debe cultivarse la población sobre la que ha de hacerse la selección de tal manera que puedan examinar las variaciones de cada individuo para practicar una selección más cuidadosa.

La segunda etapa consiste en cultivar para su observación líneas de las descendencias de las selecciones individuales de plantas. Esta valoración visual puede prolongarse durante varios años, eliminando inmediatamente las formas con defectos aparentes. Frecuentemente se realizan inoculaciones artificiales de enfermedades que permitan la eliminación de las formas no convenientes. Después de estas

eliminaciones, se siguen cultivando las selecciones durante un período de más o menos 6 años para permitir su observación bajo diferentes condiciones ambientales y eliminar nuevas líneas. Durante este período de observación debe reducirse mucho el número de líneas porque la última etapa del programa es laboriosa y cara, lo que limita el número de líneas que pueden conservarse.

La etapa tercera y última comienza cuando el mejorador ya no puede decidir entre las líneas basándose solamente en la observación y tiene que realizar experiencias estadísticas para comparar dichas selecciones entre sí y con variedades comerciales conocidas, en cuanto a rendimiento u otros caracteres. El período de tiempo para la valoración depende de las circunstancias, pero por lo menos es de 3 años.

3.1.12. Mejoramiento genético del frijol común

Según Voyset, O. (22), el programa de frijol en Guatemala, fue iniciado en 1,949, año en que se hicieron ensayos comparativos de rendimiento en La Alameda, Chimaltenango, con material genético introducido de los Estados Unidos. Con la creación del Instituto De Ciencia y Tecnología Agrícola de Guatemala (ICTA) a comienzos de la década de 1970, el programa de frijol tomó nuevo impulso, lanzando nuevas variedades comerciales, sin embargo, la investigación fue centrada, en el frijol negro por ser de mayor consumo.

El mejoramiento genético de la planta contempla fundamentalmente, superar los factores limitantes para alta producción y buena calidad nutritiva. Una de las formas que ha sido utilizada en programas de mejoramiento ha sido el de colectar, para una región o localidad dada, el germoplasma disponible en la naturaleza o solicitar materiales para fines generales o específicos en los bancos de germoplasma existentes. Colectar materiales naturales puede tener, fundamentalmente, dos objetivos: formar un banco de germoplasma y/o obtenerlo para formar un programa de fitomejoramiento (22).

Aspectos importantes de las colecciones de material genético, son la conservación y la evaluación. La información obtenida de las colectas y evaluaciones, puede procesarse mediante diferentes paquetes computacionales como el SAS (Statistical Analysis System) Método de información que procesa caracteres cualitativos y cuantitativos y que permite adquirir en un momento dado, información expedita (12).

3.1.13. Heredabilidad

Heredabilidad no es más que los efectos genéticos de tipo aditivo que se transmiten de una generación a la siguiente, resultando ser la base de la selección dirigida y del mejoramiento genético por esta vía (10).

Según Mariotti, J. A., (10), las relaciones de parentesco más utilizadas en la investigación poblacional para medir la semejanza y en consecuencia la heredabilidad son:

A. La semejanza intergeneracional

Medida generalmente por la regresión de progenies en padres. Esta medición puede efectuarse por la regresión del promedio de la progenie a uno de los padres o al promedio de ambos padres.

B. La semejanza intrageneracional

Esta es medida por la correlación entre los individuos que integran un grupo relacionado por algún tipo de parentesco. Para esto suele utilizarse la correlación intraclase que revela la proporción de la variación total explicada por la variación entre los grupos. Estas estimaciones se basan, por lo general, en grupos de hermanos completos o en grupos de medios hermanos.

La regresión de las medias de progenies sobre las medias de los padres es una de las medidas más eficientes del grado de semejanza y , en consecuencia, también una de las mejores formas para estimar la heredabilidad de un carácter (10).

El mejorador de plantas no solo elige el mejor genotipo, sino también los mejores ambientes y las interacciones de los mismos, por lo que es importante reconocer el concepto de fenotipo y las implicaciones de este, ya que de no hacerlo puede utilizar procedimientos selectivos poco eficaces, por lo que para el fitomejorador será útil disponer de algunas estimaciones de la proporción relativa del efecto genético implícito en el fenotipo. Esta relación con una serie de variantes está estrechamente relacionada con la heredabilidad del carácter (10).

3.1.14. Estadística descriptiva

Según Gullon, A. (9), la estadística descriptiva conoce numéricamente a un conjunto por medio de el examen de todos los individuos que componen dicho conjunto y que el método consiste en seleccionar y describir claramente aquellos caracteres que se consideran más apropiados para obtener el conocimiento que se busca, y en analizar sucesivamente cada uno de los caracteres seleccionados. Este análisis consiste a su vez:

1. Examinar cada individuo de la muestra para valorar el carácter mediante un criterio apropiado, previamente establecido, y en anotar los resultados.

2. Establecer claramente las clases de individuos que se desea distinguir respecto al carácter.
3. Clasificar y contar los individuos incluidos en cada clase.

3.1.15. Análisis de caracteres de una muestra o población

Según Gullon, A. (9), los caracteres de una muestra o población se pueden analizar por los siguientes parámetros:

A. Tabla Estadística

Es la expresión escrita de la distribución de frecuencias de los individuos de una muestra al respecto a un carácter. La frecuencia puede expresarse en cifras absolutas, en cifras relativas (proporciones o porcentajes).

B. Gráficos estadísticos

Son dibujos que expresan convencionalmente la distribución de frecuencias de los individuos de una muestra con respecto a un carácter.

Se pueden distinguir tres clases de gráficos estadísticos los cuales son: polígonos, histogramas y segmentos. Únicamente hablaremos de los histogramas ya que es la gráfica que nos interesa.

Histograma es una figura plana que resulta de representar cada individuo de la muestra por un rectángulo de las mismas dimensiones, de agrupar los rectángulos correspondientes a los individuos de cada clase para formar otro mayor y de disponer de éstos sobre una misma línea, para poder comparar fácilmente su altura.

C. Media

Se entiende por media de un carácter en una muestra o población, el valor medio de ese carácter, es decir, la media aritmética de los valores del mismo en los individuos de la muestra o población y se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$m = \frac{\sum (V \cdot f)}{n}$$

En donde:

- Σ : Sumatoria
- m: Valor de la media
- V: Representa el valor de cada clase
- f: Frecuencia
- n: número de líneas

D. Intervalo total

El intervalo total de una distribución de frecuencias es la diferencia entre el valor más alto y el más bajo del carácter en los individuos a analizar.

E. Desviación típica o estándar

La desviación típica representa una variación del carácter del número de unidades indicado por su valor. Está representada en el eje de la abscisas por un segmento a cada lado de la media del número de unidades igual a su valor. Refleja la variabilidad del conjunto, pero no en el mismo sentido que el intervalo total, sino en cuanto a la dispersión de los individuos en relación con la media. Cuanto mayor sea esta dispersión, es decir cuanto mayor sean las diferencias de los valores individuales respecto al valor medio, mayor es la desviación típica.

La desviación típica es siempre mayor que la desviación media porque, al elevar al cuadrado, los valores extremos influyen más en el valor final que los próximos de la media y se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\Sigma (f \cdot V)}}{\sqrt{n - 1}}$$

En donde:

- σ : Desviación estándar
- Σ : Sumatoria
- V: Representa el valor de cada clase
- f: Frecuencia
- n: número de líneas

F. Variabilidad relativa

A veces es conveniente usar una medida relativa de la variabilidad, por ejemplo, pues no es lo mismo saber que la desviación media es de 5 en una muestra de media 100, que en otra de media 10.

Se llama coeficiente de variación o coeficiente de dispersión al cociente de la desviación estándar dividida dentro de la media, esta medida de la variabilidad posee una magnitud adimensional y se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{C.V.} = \frac{\sigma \cdot 100}{m}$$

En donde:

C.V. Coeficiente de variación

σ : desviación estándar

m : Valor de la media.

3.1.16. Diseño Completamente al azar

Según Reyes Castañeda (15), esta distribución se utiliza cuando se estudian dos o más tratamientos con las siguientes condiciones:

- a. Lugar y unidades experimentales muy uniformes
- b. Cuando sea probable que una parte del experimento se pierda
- c. Cuando se tiene un experimento pequeño donde la mayor precisión de otras distribuciones no compensa la pérdida de grados de libertad del error.

3.1.17. Análisis de varianza

Reyes Castañeda (15), dice que cuando se tienen dos o más tratamientos, la interpretación más actualizada es considerarlos como problema de muestreo, en cuyo caso se utiliza la técnica de Fisher conocida como método de análisis de varianza.

El método consiste en separar, de la variación total observada, las diferentes causas o factores de variación que influyen en cualquier experimento y que afectan en distinto grado el efecto de los tratamientos. A fin de separar las diversas causas de variación se sigue el método siguiente:

- a. Separar los grados de libertad (G.L.) para cada factor o causa de variación.

- b. Calcular la suma de los cuadrados de las desviaciones de las observaciones con respecto a la media, para cada causa de variación.
- c. Calcular las varianzas o cuadrados medios para cada factor de variación.
- d. Probar la hipótesis por medio de la prueba de F o relación de varianzas.
- e. Comparar las medias de los tratamientos.

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. Ubicación geográfica del área

La presente investigación se realizó en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía (CEDA) Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicado a 14°33'11" latitud norte 90°35'58" longitud oeste, a una altura de 1502 msnm (2).

3.2.2. Condiciones climáticas

Guatemala esta dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical Templado (Bh-st) (4).

El área de estudio posee una precipitación media anual de 1216.2 mm distribuidos en 110 días durante los meses de mayo a octubre; temperatura media anual de 18.3 °C; humedad relativa de 79% y con una insolación promedio de 6.65 horas por día (8).

3.2.3. Características edáficas

Según Simmons, Tarano y Pinto (18), los suelos pertenecen a la Serie Guatemala, se caracterizan por ser originados de ceniza volcánica de color claro, relieve casi plano y de buen drenaje interno, suelo superficial pardo muy oscuro, franco arcilloso, friable, de 0.3-0.5 mm de espesor, el suelo subsuperficial es de color pardo amarillento a pardo rojizo, franco arcilloso friable, de 0.5-0.6 mm de espesor. El declive dominante es de 0 a 2%, el drenaje del suelo es lento, el peligro de erosión es bajo, la fertilidad natural es alta y el problema que se presenta en el manejo del suelo es el mantenimiento de la materia orgánica.

Cordón S. (2), menciona que el área donde se realizó el experimento se encuentra ubicado en el pedón 4, símbolo A221 cuya ubicación es extremo sur de las terrazas naturales con labor, pendiente del 2 a 3% en dirección sur, levemente erosionado, es profundo con alta capacidad de retención de humedad alta fertilidad potencial y por la capacidad de su uso de la tierra corresponde a la clase IId.

3.2.4. Trabajos de frijol común desarrollados en la FAUSAC

Debido a la reestructuración del Instituto de Nutrición para Centroamérica y Panamá INCAP en 1995 el banco de germoplasma de dicha institución desapareció por falta de recursos económicos, de esa cuenta la colección de germoplasma de frijol, que aproximadamente fueron unas 70 entradas se trasladaron a la FAUSAC por medio del Ing. Agr. Francisco Vásquez. Al practicarles la prueba de germinación resultó que tan solo 42 cultivares reportaron buena viabilidad.

En 1999 García Arriaza (7), realizó la caracterización de 42 cultivares de frijol que se llevó a cabo en los campos del Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA), ciudad universitaria, ciudad de

Guatemala. El experimento fue ordenado en un diseño de látice simple 7 x 6, y para obtener la información de la caracterización fue usado el descriptor para Phaseolus vulgaris desarrollado por el IBPGR. De acuerdo a los datos obtenidos se estableció que entre los cultivares estudiados, si existe variabilidad, tanto en las variables cualitativas y especialmente en las variables cuantitativas, con base a este estudio él recomendó que 12 cultivares debieran seguirse investigando por sus características deseables.

En el año 2000 Vásquez, Gil (20), realizó una evaluación agronómica de 12 cultivares de frijol y estableció que entre dichos cultivares si existe variabilidad tanto en los datos cualitativos como en los cuantitativos siendo los mejores materiales de frijol común en cuanto a calidad culinaria y rendimiento los siguientes: 1324, 1355, 1360, 1365, 1377 y 1347. Además el cultivar 3000 que es un material que se diferencia del resto por su color rojo también esta considerado dentro de los mejores.

Para darle continuidad al proyecto de frijol se hace necesario iniciar el mejoramiento genético. De esta cuenta el presente trabajo plantea la primera fase de evaluación de los cultivares recomendados por Vásquez Gil pero al mismo tiempo permitirá seleccionar las mejores líneas en vista que a nivel de cultivar se tienen datos de demasiada variabilidad genética. Este trabajo nos servirá de base para que posteriormente se realicen las pruebas de progenie (pruebas de descendencia de cada línea para formar una variedad en un futuro próximo).

3.2.5 Materiales genéticos evaluados en este trabajo

Vásquez Gil (20), citado anteriormente hace la recomendación de adicionar la palabra FAUSAC antes del número de colecta, además menciona las características de los cultivares a evaluar, entre ellas las culinarias que poseen una escala hedónica de 5 puntos, la cual se toma de la siguiente manera, de 4-5 aceptables y de 1-3 no aceptables. Estos materiales evaluados en este trabajo se describen a continuación

1. FAUSAC-1324

Origen: Desconocido

Características cuantitativas

Datos de Tallo: largo del hipocotílo 32 mm, nudos de a base a la primera inflorescencia 13, diámetro de tallo 5.30 mm, largo de la planta 72.87 cm.

Datos de la hoja: largo de hoja 8.93 cm, ancho de hoja 7.20 cm, largo del pecíolo 10.57 cm, grosor del pecíolo 3 mm.

Datos de flor: días a flor 47, botones por inflorescencia 3.

Datos del fruto: largo de vaina 10.85 cm, ancho de vaina 10.68 mm, número de lóculos por vaina 7,

largo de la punta de la vaina 8.58 mm, número de vainas por planta 28.

Datos de semilla: semillas por vaina 7, peso de 100 semillas 24.51 g, semilla viable en 200 g, 984, largo de semilla 10.01 mm, ancho de semilla 6.55 mm, alto de semilla 4.33 mm.

Datos agronómicos: días a germinación 9, días madurez fisiológica 75, días a cosecha 87, rendimiento 2645.38 kg/ha, índice de cosecha 0.7.

Características cualitativas

Datos de tallo: pigmentación del hipocótilo, púrpura.

Datos de hoja: color de las hojas, verde medio; forma de las hojas, triangular.

Datos de flor: color del estandarte, lila; color de las alas, lila; forma de la bractéola, ovalada; color de la bractéola, púrpura oscura; abertura de las alas, cerrado paralelamente.

Datos de fruto: color de la vaina, verde con rayas carmín; sección transversal de la vaina, elíptico redondo; curvatura de la vaina, recto; color de la vaina a madurez fisiológica, amarillo; posición de las vainas, centro; posición de la punta de la vaina, marginal; orientación de la punta de la vaina, hacia abajo.

Datos de semilla: color del cotiledón a emergencia, verde con rayas púrpura; color testa de semilla, negro; brillo de la semilla, medio opaco; grano manchado nada; forma de la semilla, cuboide.

Datos agronómicos: tipo de planta, indeterminado arbustivo con ramas erectas; presencia de plagas, tortuguilla; presencia de enfermedades, ninguna.

Datos culinarios: Análisis sensorial: Aceptable (5); Tiempo de cocción: mínimo (5); Viscosidad (3): Media.

2. FAUSAC-1355

Origen: Jalpatagua

Características cuantitativas

Datos de Tallo: largo del hipocótilo, 27 mm; nudos de la base a la primera inflorescencia, 13; diámetro de tallo 7.30 mm, largo de planta 48.08 cm.

Datos de la hoja: largo de hoja, 12.10 cm; ancho de hoja, 8.70; largo del pecíolo 11.93 cm, grosor del pecíolo 3 mm.

Datos de flor: días a flor, 50; botones por inflorescencia 4.

Datos del fruto: largo de vaina 10.99 cm; ancho de vaina 10.92 mm; número de lóculos por vaina 7; largo de la punta de la vaina 8.56 mm; numero de vainas por planta 22.

Datos de semilla: semillas por vaina 6, peso de 100 semillas 24.5 g, semilla viable en 200 g. 953, largo de semilla 10.6 mm, ancho de semilla 6.57 mm, alto de semilla 4.31 mm.

Datos agronómicos: días a germinación 9, días madurez fisiológica 73 días, días a cosecha 87, rendimiento 2101.06 kg/ha, índice de cosecha 0.65.

Características cualitativas

Datos de tallo: pigmentación del hipocotílo, púrpura.

Datos de hoja: color de las hojas, verde medio; forma de las hojas, triangular.

Datos de flor color del estandarte, rojo carmín; color de las alas, rojo carmín; forma de la bractéola, lanceolada; color de la bractéola, verde; abertura de las alas, cerrado paralelamente.

Datos de fruto: color de la vaina, púrpura oscura; sección transversal de la vaina, delgado; curvatura de la vaina, ligeramente curvado; color de la vaina a madurez fisiológica, café; posición de las vainas, combinación base, centro y arriba; posición de la punta de la vaina, marginal; orientación de la punta de la vaina, hacia abajo.

Datos de semilla: color del cotiledón a emergencia, verde con rayas púrpura; color testa de semilla, negro; brillo de la semilla, medio opaco; grano manchado, nada; forma de la semilla, cuboide.

Datos agronómicos: tipo de planta, indeterminado arbustivo con ramas erectas; presencia de plagas, tortuguilla y minador de la hoja; presencia de enfermedades, ninguna.

Datos Culinarios: Análisis sensorial: Medio aceptable (3); Tiempo de cocción: Mínimo (5); Viscosidad: alta (5)

3. FAUSAC-1360

Origen: San José Acatempa

Características cuantitativas

Datos de Tallo: largo del hipocotílo, 30 mm, nudos de la base a la primera inflorescencia 12, diámetro del tallo 5,90 mm, largo de planta 53.25 cm.

Datos de la hoja: largo de hoja 10.40 cm, ancho de hoja 8.13, largo del pecíolo 13.30 cm, grosor del pecíolo 3 mm.

Datos de flor: días a flor 48, botones por inflorescencia 4.

Datos del fruto: largo de vaina 10.31 cm, ancho de la vaina 11.21 mm; numero de lóculos por vaina 5, largo de la punta de a vaina 9.32 mm, numero de vainas por planta 21.

Datos de semilla: semillas por vaina 5, peso de 100 semillas 25.44 g, semilla viable en 200 g, 935; largo de semilla 10.02 mm; ancho de semilla 6.42 mm, alto de semilla 4.58 mm.

Datos agronómicos: días a germinación 8, días madurez fisiológica 73, días a cosecha 85, rendimiento 2024.86 kg /ha, índice de cosecha 0.64.

Características cualitativas

Datos de tallo: pigmentación del hipocotílo, púrpura.

Datos de hoja: color de las hojas, verde pálido; forma de las hojas, triangular.

Datos de flor: color del estandarte, púrpura; color de las alas, amarillas y blancas; forma de la bractéola, lanceolada; color de la bractéola, violeta pálido; abertura de las alas, cerrado paralelamente.

Datos de fruto: color de la vaina, verde persistente; sección transversal de la vaina, forma de pera; curvatura de la vaina, recto; color de la vaina a madurez fisiológica, blanco hueso; posición de las vainas, combinación base, centro y arriba; posición de la punta de la vaina, marginal; orientación de la punta de la vaina, redo.

Datos de semilla: color del cotiledón a emergencia, verde con rayas púrpura; color testa de semilla, negro; brillo de la semilla, medio opaco; grano manchado, nada; forma de la semilla, arriñonada.

Datos agronómicos: tipo de planta, indeterminado arbustivo con ramas postradas; presencia de plagas, tortuguilla y minador de la hoja; presencia de enfermedades, ninguna.

Datos culinarios: Análisis sensorial: Medio aceptable (3); Tiempo de cocción: Medio (3); Viscosidad: Alta (5).

4. FAUSAC-1365

Origen: Desconocido

Características cuantitativas

Datos de Tallo: largo del hipocotílo 31 mm, nudos de la base a la primera inflorescencia 14, diámetro del tallo 6.93 mm, largo de planta 69.75 cm.

Datos de la hoja: largo de hoja 9.73 cm, ancho de hoja 8.30, largo del pecíolo 12.80 cm, grosor del pecíolo 3 mm.

Datos de flor: días a flor 53, botones por inflorescencia 4.

Datos del fruto: largo de vaina 10.93 cm, ancho de vaina 10.73 mm, número de lóculos por vaina 6, largo de la punta de la vaina 8.55 mm, número de vainas por planta 28.

Datos de semilla: semillas por vaina 6, peso de 100 semillas 22.17 g, semilla viable en 200 grs. 931,

largo de semilla 10.05 mm, ancho de semilla 6.4 mm, alto de semilla 4.47 mm.

Datos agronómicos: días a germinación 9, días madurez fisiológica 83, días a cosecha 92, rendimiento 2093.81 kg/ha, índice de cosecha 0.64.

Características cualitativas

Datos de tallo: pigmentación del hipocotílo. púrpura.

Datos de hoja: color de las hojas, verde medio; forma de las hojas, triangular.

Datos de flor color del estandarte, rojo carmín; color de las alas, lila; forma de la bractéola, intermedia; color de la bractéola, verde; abertura de las alas, cerrado paralelamente.

Datos de fruto: color de la vaina, verde persistente; sección transversal de la vaina, elíptico redondo; curvatura de la vaina, ligeramente curvado; color de la vaina a madurez fisiológica, amarillo; posición de las vainas, combinación base, centro y arriba; posición de la punta de la vaina, marginal; orientación de la punta de la vaina, hacia abajo.

Datos de semilla: color del cotiledón a emergencia, verde con rayas púrpura; color testa de semilla, negro; brillo de la semilla, medio opaco; grano manchado, nada; forma de la semilla, arriñonada.

Datos agronómicos: Tipo de planta, indeterminado arbustivo con ramas erectas; presencia de plagas, tortuguilla; presencia de enfermedades. ninguna.

Datos culinarios: Análisis sensorial: medio aceptable (3); Tiempo de cocción: medio (3); Viscosidad: media (3).

5. FAUSAC-1377

Origen: San José la Arada

Características cuantitativas

Datos de Tallo: largo del hipocotílo, 26 mm; nudos de la base a la primera inflorescencia 11, diámetro de tallo 8.33 mm, largo de planta 32.05 cm.

Datos de la hoja: largo de hoja 10.40 cm, ancho de hoja 8.07, largo del pecíolo 12.73 cm, grosor del pecíolo 3 mm.

Datos de flor: días a flor, 53; botones por inflorescencia 4.

Datos del fruto: largo de vaina 11.91 cm, ancho de vaina 11.37 mm, número de lóculos por vaina 7, largo de la punta de la vaina 8.46 mm, número de vainas por planta 26.

Datos de semilla: semillas por vaina 7, peso de 100 semillas 20.73 g, semilla viable en 200 g, 1084; largo de semilla 10.28 mm, ancho de semilla 6.01 mm, alto de semilla 3.86 mm.

Datos agronómicos: días a germinación 9, días madurez fisiológica 77, días a cosecha 88, rendimiento 1947.05 kg/ha, índice de cosecha 0.61.

Características cualitativas

Datos de tallo: pigmentación del hipocotilo, púrpura.

Datos de hoja: color de las hojas, verde medio; forma de las hojas, triangular.

Datos de flor color del estandarte, lila; color de las alas, lila; forma de la bractéola, lanceolada; color de la bractéola, verde; abertura de las alas, cerrado paralelamente.

Datos de fruto: color de la vaina, verde persistente; sección transversal de la vaina, elíptico redondo; curvatura de la vaina, ligeramente curvado; color de la vaina a madurez fisiológica, amarillo; posición de las vainas, centro; posición de la punta de la vaina, marginal; orientación de la punta de la vaina, hacia abajo.

Datos de semilla: color del cotiledón a emergencia, verde con rayas púrpura; color testa de semilla, negro; brillo de la semilla, brillante; grano manchado, nada; forma de la semilla, arriñonada.

Datos agronómicos: tipo de planta, determinado arbustivo; presencia de plagas, tortuguilla y minador de la hoja; presencia de enfermedades, antracnosis.

Datos culinarios: Análisis sensorial: Aceptable (5); Tiempo de cocción: Medio (3); Viscosidad: Baja (1).

6. FAUSAC –1347

Origen: Oratorio

Características cuantitativas

Datos de Tallo: largo del hipocotilo 26 mm, nudos de la base a la primera inflorescencia 13, diámetro del tallo 5.13 mm, largo de planta 58.56 cm.

Datos de la hoja: largo de hoja 10.33 cm, ancho de hoja 8.33, largo del peciolo 12.33 cm, grosor del peciolo 3 mm.

Datos de flor: días a flor 50, botones por inflorescencia 4.

Datos del fruto: largo de vaina 10.70 cm, ancho de vaina 10.99 mm, número de lóculos por vaina 7, largo de la punta de la vaina 8.74 mm, número de vainas por planta 22.

Datos de semilla: semillas por vaina 6, peso de 100 semillas 24.30 g, semilla viable en 200 g, 928, largo de semilla 10.31 mm, ancho de semilla 6.44 mm, alto de semilla 4.42 mm.

Datos agronómicos: días a germinación 9, días madurez fisiológica 75, días a cosecha 88,

rendimiento 2,220.81kg/ha, índice de cosecha 0.68.

Características cualitativas

Datos del tallo: pigmentación del hipocotilo, púrpura.

Datos de la hoja: color de las hojas, verde medio; forma de las hojas, acorazonada.

Datos de flor: color del estandarte, lila; color de las alas, lila; forma de la bractéola, lanceolada; color de la bractéola, verde; abertura de las alas, cerrado paralelamente.

Datos de fruto: color de la vaina, púrpura oscura; sección transversal de la vaina, elíptico redondo; curvatura de la vaina, ligeramente curvado; color de la vaina a madurez fisiológica, café; posición de las vainas, combinación base, centro y arriba; posición de la punta de la vaina, marginal; orientación de la punta de la vaina, hacia abajo.

Datos de semilla: color del cotiledón a emergencia, verde con rayas púrpura; color testa de semilla, negro; brillo de la semilla, brillante; grano manchado, nada; forma de la semilla, ovalada.

Datos agronómicos: tipo de planta, indeterminado arbustivo con ramas erectas; presencia de plagas, tortuguilla y minador de la hoja; presencia de enfermedades, ninguna.

Datos culinarios: Análisis sensorial: Medio aceptable (3); Tiempo de cocción: Medio (3); Viscosidad: baja (1).

7. Variedad ICTA-OSTÚA

Según el Ingeniero Agrónomo Francisco Vásquez¹, que ha cultivado en los campos del Centro Experimental de Agronomía (CEDA) dicha variedad, donde se han manifestado las siguientes características: crecimiento determinado, grano negro, vaina color café en la cosecha y se adapta a las condiciones del altiplano y el oriente de Guatemala. Este material fue generado por el ICTA.

VÁSQUEZ FRANCISCO. 2001. Características agronómicas del frijol ICTA-OSTÚA . Facultad de Agronomía Universidad de San Carlos de Guatemala. (Comunicación Personal)

4. OBJETIVOS

4.1. General

Identificar y seleccionar las mejores líneas de frijol (Phaseolus vulgaris L.) que reporten un número de vainas por planta iguales o mayores que 25, bajo competencia entre plantas.

4.2. Específicos

4.2.1 Determinar la variabilidad intra cultivar en cada uno de los materiales genéticos estudiados, previo a la selección.

4.2.2. Determinar la variabilidad entre los 7 cultivares estudiados con respecto a sus valores promedio respecto a la variable número de vainas por planta, previo a la selección.

4.3.3. Comparar la variabilidad partiendo de los cultivares estudiados con respecto a las líneas identificadas y seleccionadas de cada uno de los 7 cultivares con base a la variable número vainas por planta.

5. HIPÓTESIS

Al menos una línea de cada cultivar obtendrá valores promedios en número de vainas por planta iguales o superiores a 25.

6. METODOLOGIA

6.1. Tratamientos evaluados

Los tratamientos corresponden a las líneas descritas en el marco referencial:

- | | |
|----------------|----------------|
| 1. FAUSAC-1324 | 5. FAUSAC-1365 |
| 2. FAUSAC-1347 | 6. FAUSAC-1377 |
| 3. FAUSAC-1355 | 7. ICTA-OSTÚA |
| 4. FAUSAC-1360 | |

6.2. Diseño experimental y modelo estadístico

Los tratamientos seleccionados se evaluaron con un diseño experimental completamente al azar con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

En donde

Y_{ij} :	Variable de respuesta (número de vainas por planta).
μ :	Media general alrededor de la cual oscilan los valores de todas las observaciones.
α_i :	Efecto del tratamiento i (cada uno de los cultivares).
ϵ_{ij} :	Error experimental, variación debida al azar.

6.3. Unidad experimental

Por cada cultivar de los descritos en el marco referencial, se sembró un surco de 100 m de largo, a una distancia entre plantas de 0.10 m y 0.50 m entre surco, en cada cabecera se plantó un surco de la variedad ICTA-OSTÚA para evitar el efecto de borde (ver figura 1 A).

Las unidades experimentales fueron cada una de las plantas germinadas de cada uno de los 7 cultivares, de tal manera que el número de repeticiones fue variable para cada cultivar, por lo que el diseño se analizó con datos faltantes.

6.4. Manejo del experimento

6.4.1. Preparación del terreno

El terreno se preparo inicialmente con azadón, eliminando malezas y basura, previamente se realizo un paso de arado y una de rastra para asegurar una cama bien mullida para facilitar la germinación de las semillas.

6.4.2. Siembra

La siembra se realizo en la tercera semana de el mes de febrero.

6.4.3. Control de plagas

Se aplicó VOLATON granulado incorporado al suelo al momento de pasar la rastra, en dosis de 18-37 kg/ha, además se aplico AMBUSH, según recomendación de la casa comercial.

6.4.4. Control de enfermedades

Se aplicó BANROT según recomendaciones de la casa comercial.

6.4.5. Control de malezas

Para mantener el cultivo libre de malezas, se realizaron dos limpieas manuales (utilizando azadón), una a los 15 días después de germinada la planta, y la otra a los 2 meses, después de la siembra.

6.4.6. Fertilización

Se realizaron 2 aplicaciones de fertilizante 15-15-15. la primera al momento de la siembra con una dosis de 165.6 kg/ha, y la segunda aplicación a los 35 días después de la siembra, con dosis de 133.4 kg/ha.

6.4.7. Cosecha

Se realizó cuando cada material alcanzo su madurez fisiológica.

6.5. Datos a tomar

6.5.1. Número de vainas por planta

En vista que estos cultivares ya han sido caracterizados por García Arriaza (7) y Vázquez Gil (20), se han estudiado la mayor cantidad de características agronómicas, por lo que en este trabajo se anotó el número de vainas por planta a la población total de cada cultivar.

6.5.2 Análisis de la variable número de vainas por planta

La variable número de vainas por planta se le determinó los siguientes parámetros biométricos

A. Cálculo de la media

Se calculo la media para cada una de las líneas de cada cultivar con base en la siguiente formula

$$m = \frac{\sum (V \cdot f)}{n}$$

En donde:

Σ :	Sumatoria
m:	Valor de la media
V:	Representa el valor de cada clase
f:	Frecuencia
n:	número de líneas

B. Medida de la variabilidad

Se estimo la desviación estándar por medio de la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (f \cdot V)}}{\sqrt{n - 1}}$$

En donde:

- σ : Desviación estándar
- Σ : Sumatoria
- V: Representa el valor de cada clase
- f: Frecuencia
- n: número de líneas

C. Estimación de el coeficiente de variación

Este coeficiente es el utilizado para determinar la variación de los datos en una población los que se pueden comparar con otras poblaciones para determinar quien de ellas tiene mayor variación (9).

Se estimo de la siguiente manera:

$$C. V. = \frac{\sigma \cdot 100}{m}$$

En donde:

- C.V.: Coeficiente de variación
- σ : desviación estándar
- m : Valor de la media.

D. Análisis de varianza y comparación de medias de las líneas entre cada uno de los cultivares

Las medias de cada uno de los cultivares con respecto a la variable número de vainas por planta fueron analizados por medio de ANDEVA que presento una diferencia significativa, por lo que la comparación de medias entre cultivares se realizó una prueba de medias de Tukey.

E. Elaboración de tablas e Histogramas

Se elaboro una tabla de frecuencias correspondientes a la variable en estudio para cada una de las líneas de cada cultivar, para la cual se estableció el número de clases con la ayuda de la fórmula de Sturges.

$$K = 1 + 3.322 (\log N)$$

En donde:

K = número de clase

N = número de líneas

Además se elaboro un histograma para observar gráficamente el comportamiento de la variable número de vainas por planta por cada cultivar.

6.6. Selección de las mejores líneas de cada cultivar

Tomando como base experimentos anteriores, se considero que aquellas líneas que posean un número de vainas igual o mayor de 25 bajo competencia entre plantas son consideradas como de alto rendimiento, en tal sentido utilizando el ANDEVA, la prueba de medias y la tabla de frecuencias con el histograma preparado anteriormente se seleccionaron las líneas de cada cultivar que reportaron valores superiores o iguales a 25 vainas por planta.

6.6.1. Análisis de las líneas seleccionadas

A. Cálculo de la media

Se calculo la media para cada una de las líneas seleccionadas de cada cultivar.

B. Determinación de la variabilidad intracultivar partiendo de las líneas seleccionadas

Para observar la variabilidad de las líneas dentro de cada uno de los cultivares se le determinaron los siguientes estadísticos: Cálculo de la desviación estándar y estimación del coeficiente de variación, según fórmulas descritas anteriormente.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Análisis de la variable número de vainas por planta de las líneas de los cultivares

7.1.1. Media de los cultivares

En el cuadro 1 se puede observar los valores promedio del número de vainas por planta para los siete cultivares evaluados, el cual varió de 9.15 a 15.39 reportadas por los cultivares ICTA- OSTÚA y FAUSAC-1360. En vista que este carácter es cuasi cuantitativo lo aproximamos a 9 y a 15 vainas por planta, respectivamente. Es así como el resto de los cultivares reportaron la medias siguientes: FAUSAC-1324 con 15 vainas por planta; FAUSAC-1347 con 13; FAUSAC-1355, FAUSAC-1365 con 12 y FAUSAC-1377 con 13. Los 2 cultivares que reportaron una media significativa mayor que el resto, al aplicar el análisis de varianza (ver cuadro 2), y la respectiva prueba de medias de Tukey que se encuentran en el cuadro 3, fueron los cultivares FAUSAC-1324 y FAUSAC-1360, con 15 vainas para ambos cultivares en promedio. Lo que implica que estos cultivares basados en sus medias, son superiores al resto de los evaluados.

7.1.2. Variabilidad de los cultivares

En el cuadro 1 se observa los coeficientes de variación de todos los cultivares evaluados, los que superaron el 40 %, siendo el cultivar ICTA-OSTÚA el que reportó el mayor coeficiente de variación 46.67%, este cultivar a pesar de ser una variedad comercial nos indica que aún es posible seleccionar individuos para un programa de mejoramiento, siguiendo en su orden el cultivar FAUSAC-1324 con 45.67%, el cultivar FAUSAC-1365 con 45.12% y FAUSAC-1360 con 42.25%. Lo que nos indica que existe variación con respecto a la variable número de vainas por planta, y considerando que la medias de los cultivares FAUSAC-1324 y FAUSAC-1360 fueron mayores que el resto de cultivares, para efectos de mejoramiento genético estos cultivares son superiores basados en estos dos estadísticos.

Con los datos descritos anteriormente podemos darnos cuenta que en todos los cultivares existe una alta variabilidad en cuanto a la variable numero de vainas por planta, lo que nos indica que todos pueden pasar por un proceso de selección con fines de mejoramiento, pero los dos mejores en base a sus medias son FAUSAC-1324 y FAUSAC-1360.

Es importante señalar que la variación de la variable número de vainas por planta expresada en el parámetro coeficiente de variación, tiene implícito no solo el efecto del

genotipo, sino también influencia el ambiente y errores de medición, por lo que dicha variación no solo representa la variabilidad genética, sino también la variación debida al ambiente y los errores de medición, debido a esto es necesario en una posterior investigación para estimar la proporción relativa del efecto genético implícito en el fenotipo, es decir realizar estudios de heredabilidad del carácter en mención.

Cuadro 1. Resumen de los principales parámetros para la variable número de vainas por planta para cada uno de los cultivares de fríjol (Phaseolus vulgaris) evaluados en los campos del CEDA en el año 2,002

CULTIVARES													
FAUSAC 1324		FAUSAC 1347		FAUSAC 1355		FAUSAC 1360		FAUSAC 1365		FAUSAC 1377		ICTA OSTUA	
Media	14.9	Media	13.06	Media	11.99	Media	15.39	Media	11.61	Media	13.0	Media	9.15
Desviación estándar	6.8	Desviación estándar	5.28	Desviación estándar	4.87	Desviación estándar	6.5	Desviación estándar	5.24	Desviación estándar	5.51	Desviación estándar	4.27
Varianza de la muestra	46.19	Varianza de la muestra	27.93	Varianza de la muestra	23.75	Varianza de la muestra	42.27	Varianza de la muestra	27.44	Varianza de la muestra	30.41	Varianza de la muestra	18.25
Rango	34.0	Rango	39.0	Rango	32.0	Rango	35.0	Rango	37.0	Rango	31.0	Rango	31.0
Mínimo	2.0	Mínimo	1.0	Mínimo	1.0	Mínimo	2.0	Mínimo	1.0	Mínimo	1.0	Mínimo	1.0
Máximo	36.0	Máximo	40.0	Máximo	33.0	Máximo	37.0	Máximo	38.0	Máximo	32.0	Máximo	32.0
C.V	45.67	C.V	40.46	C.V	40.64	C.V	42.25	C.V	45.12	C.V	42.41	C.V	46.67

7.1.3. Análisis de varianza para las medias del número de vainas por planta de las líneas de cada uno de los cultivares evaluados

En vista que el número de plantas o líneas obtenidas para cada uno de los cultivares fue variable debido a problemas en la germinación de la semilla, el número de líneas obtenidas fue la siguiente: FAUSAC- 1324 con 420 líneas; FAUSAC-1347 con 680; FAUSAC-1355 con 656; FAUSAC-1360 con 522; FAUSAC-1365 con 700; FAUSAC-1377 con 736 e ICTA-OSTÚA con 840. Al practicar el Análisis de Varianza se encontró diferencias altamente significativas al 1 % (ver Cuadro 2), lo que nos indica que existe diferencia entre las diferentes medias de los cultivares evaluados. Para identificar los cultivares con valores de la media superiores se realizó una prueba de medias de Tukey (ver Cuadro 3). En este análisis se reportó que los cultivares FAUSAC-1360 y FAUSAC-1324, fueron los que reportaron las medias más altas con 15 vainas por planta para ambos.

Cuadro 2. Análisis de varianza (ANDEVA), para la variable de respuesta número de vainas por planta de los cultivares evaluados en el CEDA, año 2,002.

FUENTE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMATORIA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	VALOR P
CULTIVAR	17393.23	6	2898.87	98.91	0.0001
ERROR	134176.23	4578	29.31		
TOTAL	151569.45	4584			

C. V. = 43.64

Cuadro 3. Prueba de medias de Tukey para la variable número de vainas por planta de los cultivares evaluados en el CEDA, año 2,002.

CULTIVAR	MEDIAS	GRUPO Tukey
FAUSAC-1360	15.39	A
FAUSAC-1324	14.88	A
FAUSAC-1347	13.06	B
FAUSAC-1377	13.00	B
FAUSAC-1355	11.99	C
FAUSAC-1365	11.61	C
ICTA-OSTÚA	9.15	D

7.1.4. Tabla de frecuencias e Histograma de Pearson

Las tablas de frecuencias (ver cuadro 4), para cada cultivar nos indica el número de líneas que reportaron su número de vainas para cada clase frecuencial, y las clases de interés para mejoramiento con respecto al carácter número de vainas por planta son las que reportaron un número igual o mayor a 25 vainas por planta, es decir son las clases con los valores más altos para dicho carácter.

Los cultivares FAUSAC-1324 Y FAUSAC-1360 son los que reportan las frecuencias con los valores más altos para dicho carácter, dichos valores son: para el cultivar FAUSAC-1324 de 16 plantas para la clase correspondiente al intervalo 26 a 29 vainas por planta, 8 para 30 a 33 y 2 para 34 a 37, además reporto 6 individuos con 25 vainas; el cultivar FAUSAC-1360 reporto los siguientes valores: 16 individuos para 26 a 29 vainas por planta, 12 para 30 a 33 y 2 para 34 y 37 vainas por planta, además reporto 9 individuos con 25 vainas; los cultivares que le siguieron FAUSAC-1377 con una frecuencia de 30 líneas en la clase correspondiente al intervalo entre 25 a 28 individuos y 3 en la clase entre 29 a 32; FAUSAC-1347 con 12 en la clase entre 26 a 30, 1 en 31 a 35 y 1 en 36 a 40, además reporto 6 individuos con 25 vainas; ICTA-OSTÚA 6 en 25 a 28 y 2 en 29 a 32; FAUSAC-1365 con 6 en 26 a 30, 0 en 31 a 35 y 1 en 36 a 40, además reporto 3 individuos con 25, por último el cultivar que presentó los datos más bajos fue FAUSAC-1355 con 5 en 25 a 28, 0 en 29 a 32 y 1 en 33 a 36.

Es importante señalar que el cultivar que reporto la frecuencia más alta es el ICTA-OSTÚA con 311 líneas para la clase con el intervalo de 5 a 8 vainas por planta, y los cultivares con las frecuencias más bajas fueron: FAUSAC-1355 y FAUSAC-1360 con frecuencias de 0 individuos, estos en las clases con los intervalos de 29 a 32 y 31 a 35, así para el cultivar FAUSAC-1324 la frecuencia más alta es de 105 plantas reportada en la clase del intervalo de 14 a 17 vainas por planta y la frecuencia más baja es de 2 en la clase del intervalo de 34 a 37; en el cultivar FAUSAC-1347 la frecuencia más alta es de 284 individuos en la clase de 11 a 15, y la menor frecuencia con 1 individuo, para las clases correspondientes a los intervalos de 31 a 35 y 36 a 40 vainas por planta respectivamente; en el cultivar FAUSAC-1355 la frecuencia más alta, fue de 194 en la clase de 9 a 12; en el cultivar FAUSAC-1360 la más alta fue de 142 en la clase 14 a 17 y la menor es de 2, en la clase de 34 a 37; en el cultivar FAUSAC-1365 la más alta fue de 236 en la clase entre 11 y 15, y la más baja es de 0, en la clase 31 y 35; en el cultivar FAUSAC-1377 la más alta fue de 221 en la clase 9 y 12, y la más baja de 3 individuo en la clase 29 y 32; en el cultivar ICTA-OSTÚA más baja es de 2 individuos en la clase de 29 a 32 vainas por planta.

Cuadro 4. Tablas de frecuencia para la variable número de vainas por planta para cada uno de los cultivares evaluados de frijol (*Phaseolus vulgaris*) evaluados en el CEDA en el año 2,002.

FAUSAC 1324		FAUSAC 1347		FAUSAC 1355		FAUSAC 1360		FAUSAC 1365		FAUSAC 1377		ICTA OSTÚA	
CLASE	FRECUENCIA	CLASE	FRECUENCIA	CLASE	FRECUENCIA	CLASE	FRECUENCIA	CLASE	FRECUENCIA	CLASE	FRECUENCIA	CLASE	FRECUE NCIA
2-5	37	1-5	45	1-4	36	2-5	36	1-5	77	1-4	25	1-4	104
6-9	72	6-10	171	5-8	132	6-9	64	6-10	235	5-8	133	5-8	311
10-13	84	11-15	284	9-12	194	10-13	98	11-15	236	9-12	221	9-12	266
14-17	105	16-20	126	13-16	186	14-17	142	16-20	119	13-16	170	13-16	112
18-21	73	21-25	40	17-20	79	18-21	91	21-25	26	17-20	114	17-20	36
22-25	54	26-30	12	21-24	23	22-25	61	26-30	6	21-24	40	21-24	3
26-29	16	31-35	1	25-28	5	26-29	16	31-35	0	25-28	30	25-28	6
30-33	08	36-40	1	29-32	0	30-33	12	36-40	1	29-32	3	29-32	2
34-37	2			33-36	1	34-37	02						

Los resultados anteriormente descritos se pueden apreciar de una forma gráfica en los histogramas que aparecen en las figuras números 2 A hasta 8 A, en dichas figuras podemos apreciar que en la mayoría de los cultivares (excluyendo FAUSAC-1360 y FAUSAC-1324) se inclinan asía el lado izquierdo, lo que sugiere que es más abundante el número de líneas que poseen un número por debajo de 25 vainas por planta que las que poseen un número igual o mayor a dicho número.

7.2. Identificación, selección y evaluación de las mejores líneas de cada cultivar basados en el número de vainas por planta

7.2.1. Identificación y selección de las mejores líneas de cada cultivar basados en el número de vainas por planta

Como uno de los objetivos del presente trabajo es identificar y seleccionar aquellas líneas que reporten un número de vainas igual o mayor de 25, el resultado del mismo lo podemos visualizar en el cuadro 5, el cual indica que el cultivar FAUSAC-1360 reportó el mayor número de líneas seleccionadas (40), siguiendo el cultivar FAUSAC-1377 Y FAUSAC-1324 con 33 y 32 líneas cada una, por último se encuentran los cultivares FAUSAC-1347, FAUSAC-1365, ICTA-OSTUA y FAUSAC-1355 los que reportaron 18, 10, 8 y 6 líneas respectivamente.

CUADRO 5. Líneas reportadas con valores iguales o mayores a 25 vainas por planta, Con su respectivo número correlativo para los diferentes cultivares de frijol (P. vulgaris) evaluados en el CEDA, en el año 2,002.

CULTIVAR	No. DE LINEAS Y SU IDENTIFICACIÓN	NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA
FAUSAC-1324	6: 20, 121, 157, 319, 333 y 336	25
	4: 25, 151, 234 y 361	26
	5: 244, 320, 338, 365 y 420	27
	5: 26, 27, 323, 336 y 432	28
	2: 240 y 362	29
	2: 16 y 243	30
	3: 252, 314 y 395	31
	1: 313	32
	2: 23 y 28	33
	1: 251	34
FAUSAC-1347	1: 420	36
	6: 46, 49, 122, 164, 479 y 609	25
	1:159	27
	3: 70, 73 y 95	28
	3: 8, 115 y 322	29

Continua . . .

Continuación del cuadro 5

CULTIVAR	No. DE LINEAS Y SU IDENTIFICACION	NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA
FAUSAC-1347	3: 96, 97 y 294	30
	1: 91	32
	1: 435	40
FAUSAC-1355	2: 243 y 309	25
	2: 162 y 579	26
	1: 61	28
	1: 85	33
FAUSAC-1360	9: 61, 130, 139, 162, 168, 169, 402, 453 y 469	25
	9: 57, 83, 129, 142, 182, 195, 389, 436 y 483	26
	4: 133, 238, 294 y 369	27
	5: 73, 131, 166, 378 y 396	28
	4: 24, 103, 132 y 500	30
	3: 76, 141 y 200	31
	2: 98 y 237	32
	2: 241 y 243	33
	1: 25	36
	1: 285	37
FAUSAC-13655	3: 94, 150 y 652	3
	1: 126	26
	1: 44	27
	2: 31 y 676	28
	1: 64	29
	1: 484	30
	1: 38	32

Continua . . .

Continuación del cuadro 5

CULTIVAR	No. DE LINEAS Y SU IDENTIFICACION	NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA
FAUSAC-1377	17: 38, 103, 113, 119, 137, 261, 398, 402, 423, 540, 546, 549, 552, 558, 667, 668 y 697	25
	6: 81, 82, 120, 130, 407 y 414	26
	6: 107, 441, 535, 551, 616 y 669	27
	1: 702	28
	1: 83	30
	1: 112	31
	1: 416	32
ICTA-OSTÚA	4: 229, 731, 783 y 826	25
	2: 650 y 780	26
	1: 649	29
	1: 364	32

7.2.2. Media de las líneas seleccionadas

Como puede observarse en el cuadro 6, los cultivares FAUSAC-1324, FAUSAC-1347 Y FAUSAC-1360 reportaron 28 vainas por plana, siguiéndolo los cultivares FAUSAC-1355, ICTA-OSTUA y FAUSAC-1377 con 27 vainas por planta los dos primeros y 26 el último. Las medias de las líneas seleccionadas de todos los cultivares fueron superiores a las reportadas por éstos previo a la etapa de selección, así para las líneas seleccionadas este valor tuvo un rango de 26 a 28 vainas, comprado con el rango de 9 a 15 de los valores previo a la selección. Esto es debido a que los datos de las líneas ya seleccionadas se identificaron tomando como criterio de selección un número igual o mayor de 25 vainas por planta como se ha dicho anteriormente.

7.2.3. Coeficiente de variación

Los coeficientes de variación para las líneas seleccionadas variaron entre 6.84% para el cultivar FAUSAC-1377 hasta 12.92% del cultivar FAUSAC-1347, comparando este estadístico con los obtenidos por los cultivares previo a la selección, éstos fueron menores (40.56% y 46.67%) lo que nos indica que la variabilidad existente entre las líneas seleccionadas es baja, esto es debido al proceso de selección que

sufrió cada cultivar, eliminando para efecto de este análisis las líneas que presentaban un número de vainas por planta menor de 25 (ver cuadro 6).

Estos coeficientes de variación al igual que los obtenidos de los cultivares sin haber sufrido proceso de selección están influenciados por el medio ambiente y errores de medición, por lo que no solo expresa la variabilidad genética.

Cuadro 4. Tablas de frecuencia para la variable número de vainas por planta para cada uno de los cultivares evaluados de frijol (*Phaseolus vulgaris*) evaluados en el CEDA en el año 2,002.

FAUSAC 1324		FAUSAC 1347		FAUSAC 1355		FAUSAC 1360		FAUSAC 1365		FAUSAC 1377		ICTA OSTÚA	
CLASE	FRECUENCIA	CLASE	FRECUENCIA	CLASE	FRECUENCIA	CLASE	FRECUENCIA	CLASE	FRECUENCIA	CLASE	FRECUENCIA	CLASE	FRECUE NCIA
2-5	37	1-5	45	1-4	36	2-5	36	1-5	77	1-4	25	1-4	104
6-9	72	6-10	171	5-8	132	6-9	64	6-10	235	5-8	133	5-8	311
10-13	84	11-15	284	9-12	194	10-13	98	11-15	236	9-12	221	9-12	266
14-17	105	16-20	126	13-16	186	14-17	142	16-20	119	13-16	170	13-16	112
18-21	73	21-25	40	17-20	79	18-21	91	21-25	26	17-20	114	17-20	36
22-25	54	26-30	12	21-24	23	22-25	61	26-30	6	21-24	40	21-24	3
26-29	16	31-35	1	25-28	5	26-29	16	31-35	0	25-28	30	25-28	6
30-33	08	36-40	1	29-32	0	30-33	12	36-40	1	29-32	3	29-32	2
34-37	2			33-36	1	34-37	02						

8. CONCLUSIONES

- 8.1. Cada uno de los cultivares evaluados, previo a la selección reportaron valores del coeficiente de variación mayores del 40% (rango de 40.46% a 46.67%) lo que nos indica la alta variabilidad de las líneas dentro de cada cultivar, esto debido a que probablemente no han sufrido un proceso de selección.
- 8.2. Con el análisis de varianza altamente significativo, confirmamos la diferencia entre las medias de la variable número de vainas por planta, entre cultivares (rango 9 a 15 vainas por planta), y con la prueba de medias de Tukey se identificaron los cultivares FAUSAC-1360 y FAUSAC-1324 como los que reportaron los mayores valores (15 vainas por planta), previo a la selección.
- 8.3. Mediante el presente trabajo se identificaron y seleccionaron líneas de todos los cultivares que reportaron un número mayor o igual de 25 vainas por planta, las que nos dieron valores promedios con un rango entre 26 a 28 vainas, y comparadas con las medias reportadas por el total de las líneas antes de la selección con rango entre 9 a 15 vainas, superaron las primeras el promedio en 17 a 13 del número de vainas por planta. El coeficiente de variación de las líneas antes de la selección fue de 40.46% a 46.67%, sin embargo en las líneas seleccionadas dichos valores fueron de 6.85% y 13.88%, lo que evidencia una merma en la variación debida a la selección.
- 8.3. A pesar que las medias en cuanto a número de vainas por planta de las líneas seleccionadas para todos los cultivares fue similar (26 a 28 vainas), es notoria la superioridad observada en este carácter en las líneas de los cultivares FAUSAC-1360, FAUSAC-1347 y FAUSAC-1324, las que reportaron las medias más altas en cuanto al número de vainas (28 vainas por planta) y se consideran como materiales promisorios para futuros trabajos de selección en base a su alto rendimiento expresada por la característica tomada como base para la selección.

9. RECOMENDACIONES

- 9.1.** El fitomejorador selecciona los mejores genotipos en base a su fenotipo, el cual esta integrado por el genotipo, ambiente y errores de medición, por lo que es útil disponer de alguna estimación de la proporción relativa del efecto genético implícito en el fenotipo por lo que se recomienda realizar estudios de heredabilidad del carácter número de vainas por planta de las líneas seleccionadas con respecto a sus progenitores.

- 9.2.** En vista que se han identificado líneas que son potenciales para programas de mejoramiento genético se recomienda que sean sometidas a evaluación, sembrando línea por surco o planta por surco, para continuar con la siguiente fase de evaluación con miras a generar uno o más materiales genéticos de alto rendimiento, previo estudio de la heredabilidad indicada en numeral anterior

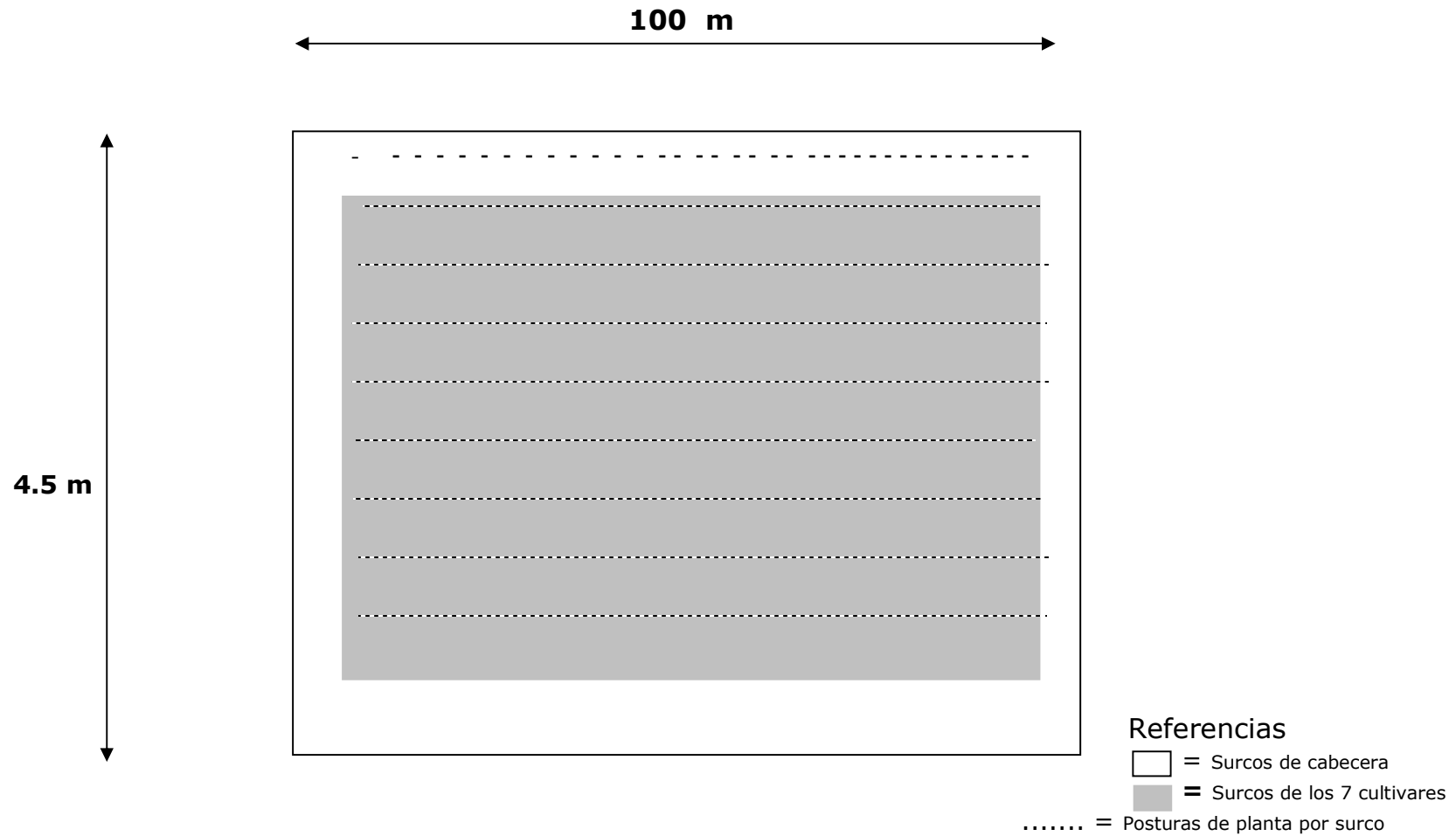
10. BIBLIOGRAFIA

1. **ALLARD, R.W.** 1,978. Principio de la mejora genética de las plantas Trad. por José L. Montoya. 3 ed. Barcelona, España, Omega. 498 p.
2. **CORDON SOSA, E.N.** 1,991. Levantamiento detallado de suelos del Centro Experimental Docente de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 79 p.
3. **CRONQUIST, A.** 1,981. An integrated system of clasification of flowering plants. New York, Columbia University Press. 1262 p.
4. **CRUZ, J. R. DE LA.** 1,979. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
5. **DEBOUCK, D.G.; SOTO, J.J.** 1,988. Recolección de germoplasma de Phaseolus vulgaris L. (frijol) en el occidente de Guatemala. Tikalía (Gua.) 4(1):17-34.
6. **FABIAN GRIJALVA, G.A.** 1,988. Caracterización agronómica de 166 cultivares de frijol (Phaseolus vulgaris L.), en la finca Sabana Grande, Escuintla, para seleccionar variedades factibles de cultivares mecanizadamente. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 44 p.
7. **GARCIA ARRIAZA, B.E.** 1,999. Caracterización de 42 cultivares de frijol (Phaseolus vulgaris L.), nativos de Guatemala, en la ciudad de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 69 p.
8. **GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGÍA METEOROLOGIA E HIGROLOGIA. SECCION DE CLIMATOLOGIA.** Datos meteorológicos del municipio de Guatemala. Guatemala. 72 p.

Sin publicar
9. **GULLON, A.** 1,977. Introducción a la estadística aplicada. España, Alambra. 219 p.
10. **MARIOTTI, J.A.** 1,986. Fundamentos de genética biométrica. Ed. por Eva V. Chesneau. Washington D.C. Programa Regional de Desarrollo, Científico y Tecnológico. Monografía no. 32. 152 p.
11. **MIRANDA COLIN, S.** 1,967. Origen de Phaseolus vulgaris L. (frijol común). Agrocienza (Mex.) 1(2):99-109.
12. **MORALES SAGASTUME, J.A.** 1,994. Colecta y caracterización de 36 cultivares de frijol blanco (Phaseolus vulgaris L.) en el oriente de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 65 p.
13. **OSPINA, H.** 1,981. Morfología de la planta de frijol común (Phaseolus vulgaris L.). Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 52 p.
14. **POEY, D.F.** 1,970. Los componentes del rendimiento y su aplicación en la investigación de cultivares. Guatemala, Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas. Boletín Técnico no. 3, 17 p.

15. **REYES CASTAÑEDA, P.** 1,980. Diseño de experimentos aplicados. 2 ed. México, Trillas. p. 51-54.
16. **RODRÍGUEZ COJOLON, R.R.** 1,988. Estudio en el índice de cosecha como criterio de selección para componentes del rendimiento y de relación con la heredabilidad de los componentes en frijol común. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 50 p.
17. **SIMMONDS, N.W.** 1,984. Evolution of crop plants. Hong Kong, Longman Group. p. 169-170.
18. **SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H.** 1,959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 1000 p.
19. **STANDELY, P.; STEYERMARK, J.A.** 1,946. Flora of Guatemala. Chicago, USA., Chicago Natural History Museum, Fieldiana Botany. v. 24, pte. 5, p. 332-335.
20. **VÁSQUEZ GIL, M.** 2,001. Evaluación agronómica y sensorial de 13 cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 75 p.
21. **VAVILOV, N.I.** 1,951. Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas. Trad. por Felipe Freier. Argentina, Acme. 185 p.
22. **VOYSET, O.** 1,983. Variedades de frijol en América Latina y su origen. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 87 p.

11. APÉNDICES



Figuran 1 A. Croquis de la unidad experimental

