

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario del Nor-Occidente  
Ingeniería Agronómica.



Trabajo de investigación

Para graduación:

**Rendimiento de ocho cultivares de frijol voluble *Phaseolus spp*, en asocio con maíz *Zea mays*, en tres municipios de Huehuetenango.**

Mildred Karina Ávila Calderón

Huehuetenango, enero de 2018.

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario del Nor-Occidente  
Ingeniería Agronómica.



**Rendimiento de ocho cultivares de frijol voluble *Phaseolus spp*, en asocio con maíz *Zea mays*, en tres municipios de Huehuetenango.**

Trabajo de investigación

Para graduación:

Presentada al Honorable Consejo Directivo del Centro Universitario del  
Nor-Occidente

Por

Mildred Karina Ávila Calderón

En el acto de investidura como Ingeniera Agrónoma

Huehuetenango, enero de 2018.

**Autoridades de la Universidad de San Carlos de Guatemala:**

Rector Magnífico	Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo
Secretario General	Dr. Carlos Enrique Camey Rodas

**Autoridades del Centro Universitario del Nor-Occidente**

**Miembros del consejo directivo:**

Ing. Otto Gabriel Salguero Vásquez	Presidente
Ing. Agr. Juan Carlos Gálvez Gordillo	Secretario y representante docente.
Ing. For. Jorge Obispo Vásquez Mejía	Representante docente
Ing. Agr. Wilhem Ángel Prera	Representante de los profesionales egresados.
Br. Álvaro Geovany Ajanel Rodas	Representante estudiantil
Br. Manuel Antonio Molina Palacios	Representante estudiantil

Señores:

Honorable Consejo Directivo

Honorable Tribunal Examinador

Centro Universitario de Nor-Occidente

Respetables Señores:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de Investigación de Graduación –TIG- Titulado:

**“Rendimiento de ocho cultivares de frijol voluble *Phaseolus spp*, en asocio con maíz *Zea mays*, en tres municipios de Huehuetenango”.**

Como requisito previo a optar el título de Ingeniera Agrónoma con Énfasis en Fruticultura, con el grado de Licenciatura en Ciencias Agrícolas.

Esperando el mismo tenga su aprobación, me es grato suscribirme de ustedes.

Respetuosamente,

Mildred Karina Ávila Calderón

Carné: 200942394

**Acto que dedico:**

A:

Dios: La fuente de todo. Por su amor, gracia y misericordia infinita en mi vida.

Mis amados padres: Boris Ariel Ávila Herrera y Etelva Consuelo Calderón y Calderón, porque son el pilar de mi vida, todo lo que soy es gracias a su amor y apoyo incondicional.

Mis abuelos: Bernardo Calderón Reyes, Consuelo Calderón Gramajo y Lesbia Herrera Hidalgo (QEPD), por su ejemplo de perseverancia, su amor, oraciones y apoyo.

Mis hermanos: Denisse Estefanía y Boris Rodrigo Ávila Calderón, por su cariño, apoyo y aportes a mi vida. Todo es posible si se lucha con fe y valor.

Familia en general Por su apoyo y cariño, por ser ejemplo de unión, fuerza, fe y amor.

Mis amigos: Por su cariño y apoyo, por cada uno de los momentos que compartimos, que hoy forman parte de lo que soy como persona.

## **Agradecimientos**

A Dios, por brindarme los medios, la fuerza y la inteligencia para realizar esta investigación.

Ing. Agr. David Gutiérrez, por su asesoría, apoyo y tiempo dedicado a esta investigación. Gracias por su trabajo ético y profesional.

A los ingenieros agrónomos Carlos Ernesto López Monzón, Gustavo Tovar, Giovanni Gutiérrez, Carlos de León Navarro; por su asesoría y conocimientos brindados en mi formación de estudiante universitario y en las distintas fases de éste trabajo de graduación.

A la Asociación de Organizaciones de la Sierra de los Cuchumatanes (ASOCUCH), por brindarme los medios y la oportunidad de realizar mí trabajo de graduación.

A la Cooperativa Integral Agrícola Joya Hermosa, por su apoyo y aporte en esta investigación.

Al Ing. Agr. Andrés Vicente Sicá, por sus aportes y conocimientos compartidos en la fase de campo.

Al Ing. Agr. Oscar Xutuc por su colaboración y sugerencias.

Gracias a cada uno por brindar su tiempo y trabajo profesional.

A la carrera de Agronomía del Centro Universitario del Nor-Occidente y a la Universidad de San Carlos de Guatemala, por permitirme formar parte de ésta prestigiosa casa de estudios superiores.

## Índice

I. Introducción .....	1
II. Planteamiento del problema .....	3
1. Definición del problema. ....	4
2. Delimitación geográfica. ....	4
3. Delimitación temporal. ....	4
4. Delimitación teórica. ....	4
III. Justificación .....	5
IV. Marco teórico.....	7
1. Marco conceptual .....	7
4.1.1. Clasificación botánica del frijol. ....	7
4.1.2. Descripción y origen de <i>Phaseolus</i> . ....	7
4.1.3. Factores de calidad del frijol.....	10
4.1.4. Características de los frijoles evaluados. ....	12
4.1.5. Descripción de la planta. ....	12
4.1.6. Análisis sensorial. ....	19
4.1.7. Requerimientos de nutrientes del frijol. ....	21
4.1.8. Muestreo de suelos.....	22
4.2. Marco referencial .....	22
4.2.1. Ubicación Geográfica del área. ....	22
V. Objetivos .....	25
4.3. General.....	25
4.4. Específicos .....	25
VI. Hipótesis .....	26
VII. Materiales y métodos .....	27
4.5. Material vegetal a evaluar.....	27
4.5.1. Cultivares .....	27
4.5.2. Factores a evaluar .....	28
4.5.3. Potencial de rendimiento .....	28
4.5.4. Variables: .....	28
4.6. Resumen de materiales, insumos e instrumentos.....	29
4.7. Métodos.....	29

4.7.1.	Diseño experimental.....	29
4.7.2.	Modelo estadístico.....	29
4.7.3.	Análisis de varianza multivariado.....	30
4.7.4.	Análisis de componentes principales.....	30
4.7.5.	Descripción de las unidades experimentales.....	30
7.4.	Manejo del experimento.....	30
7.4.1.	Preparación del terreno.....	31
7.4.2.	Siembra.....	31
7.4.1.	Muestreo de suelos.....	31
7.4.2.	Fertilización.....	31
7.4.3.	Control de malezas.....	31
7.4.4.	Control de plagas y enfermedades.....	32
7.4.5.	Cosecha.....	32
7.5.	Evaluación sensorial, método para evaluar alimentos.....	32
VIII.	Resultados y discusión.....	35
8.1.	Rendimiento.....	35
8.2.	Características agronómicas.....	43
8.3.	Análisis Sensorial.....	46
IX.	Conclusiones.....	52
X.	Recomendaciones.....	53
XI.	Bibliografía.....	54
XII.	Anexos.....	58



## Índice de cuadros

Cuadro 1. Valor nutricional del frijol.....	10
Cuadro 2. Exigencias minerales del frijol. ....	21
Cuadro 3. Características de frijoles a evaluar.....	27
Cuadro 4. Instrumentos, materiales y equipo utilizado para el desarrollo de la investigación.....	29
Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable potencial de rendimiento en Kg/ha de ocho materiales y un testigo, en las localidades de San Francisco las Flores, Chiantla; El Suj, Aguacatán y Com, Concepción Huista, Huehuetenango.....	35
Cuadro 6. Test de Fisher de medias para el potencial de rendimiento de ocho materiales y un testigo evaluados en tres localidades. ....	36
Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable, potencial de rendimiento en Kg/ha de ocho materiales y un testigo, en la localidad de San Francisco las Flores, Chiantla.....	37
Cuadro 8. Test de Fisher para medias del potencial de rendimiento de ocho materiales y un testigo de la localidad de San Francisco las Flores.....	38
Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable, potencial de rendimiento en Kg/ha de ocho materiales y un testigo, en la localidad de El Suj, Aguacatán.....	39
Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable, rendimiento en Kg/ha de ocho materiales y un testigo, en la localidad de Com, Concepción Huista.....	40
Cuadro 11. Test de Fisher para medias del potencial de rendimiento de ocho materiales en Com, Concepción Huista,.....	41
Cuadro 12. Promedio del rendimiento de 8 materiales de frijol voluble en tres municipios de Huehuetenango. ....	42
Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable sabor del caldo, de cuatro materiales seleccionados. ....	46
Cuadro 14. Test de Tukey para medias de cuatro materiales evaluados sensorialmente para la variable, sabor del caldo. ....	47
Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable, espesor del caldo, de cuatro materiales seleccionados. ....	48
Cuadro 16. Test de Tukey para medias de cuatro materiales evaluados sensorialmente, para la variable, espesor del caldo. ....	48
Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable, consistencia de grano, de cuatro materiales seleccionados. ....	50
Cuadro 18. Test de Tukey para medias de cuatro materiales evaluados sensorialmente, para la variable, consistencia de grano. ....	50

## Índice de figuras

Figura 1. Hábito de crecimiento determinado arbustivo.....	14
Figura 2. Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo.....	14
Figura 3. Hábito de crecimiento indeterminado postrado. ....	15
Figura 4. Hábito de crecimiento indeterminado trepador.....	16
Figura 5. Hábitos de crecimiento existentes en frijol. ....	17
Figura 6. Componentes principales, gráfica multivariada de variables cualitativas y cuantitativas. ....	43
Figura 7. Análisis de componentes principales, Interacción genotipo-ambiente. ....	44
Figura 8. Análisis de componentes principales, Gráfica del vector medio.....	45
Figura 9. Aceptabilidad para variable sabor de caldo. ....	47
Figura 10. Aceptabilidad para la variable, espesor del caldo.....	49
Figura 11. Aceptabilidad para la variable, consistencia de grano. ....	51

## Índice de anexos

Anexo A. Croquis de las áreas utilizadas.
Anexo B. Croquis de distribución de tratamientos en parcelas.
Anexo C. Croquis de distribución de tratamientos en cada unidad experimental.
Anexo D. Pasaporte de colección de frijol voluble en la Sierra de los Cuchumatanes.
Anexo E. Boleta de evaluación sensorial a caldos y consistencia de grano de frijol voluble.
Anexo F. Resultados de análisis de suelos de las tres parcelas utilizadas.
Anexo G. Recomendaciones según resultados de análisis de suelos.

## Resumen

Con la finalidad de evaluar el rendimiento de ocho cultivares de frijol voluble *Phaseolus spp* y un testigo en tres municipios, El suj, Aguacatán, Com, Concepción Huista y San Francisco las Flores, Chiantla, del departamento de Huehuetenango, en parcelas experimentales bajo tres diferentes estratos altitudinales 2750, 2299 y 2230 msnm, respectivamente. Estudios que se realizaron en el período de 8 meses de 2016-2017, bajo un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Los resultados encontrados en el análisis de varianza para la variable potencial de rendimiento resultaron altamente significativos ( $P < 0.0399$ ). En la comparación de medias de Fisher para el rendimiento, se encontró al material 109 con el más alto rendimiento con respecto a los otros materiales, con un promedio de 323.03 kg/ha. En el análisis de componentes principales el material 109 es el que más se relaciona con la variable rendimiento, el resto de cultivares se relacionan de forma similar con todas las demás variables. En la interacción genotipo-ambiente, en el ambiente El Suj, no se reportó material sobresaliente, sin embargo, pueden recomendarse los materiales 101, 102 y 205; para el ambiente, Com se recomienda el genotipo 117 y 109. Para el ambiente San Francisco, los genotipos con mejor interacción con el medio son 105, 108 y 109. Y de acuerdo con la gráfica del vector medio, los cultivares que reportaron más estabilidad en un ambiente promedio de las tres localidades fueron los materiales 104, 108 y 111. Según la prueba sensorial realizada, los tratamientos con mayor aceptabilidad fueron los 101 con calificativo de aceptación, bueno, espeso y suave agradable, el material 111 obtuvo el calificativo de aceptación sobresaliente de suave agradable, calificativos que corresponden a escalas dentro de las tres variables evaluadas; sabor del caldo, espesor del caldo y consistencia de grano. Se realizó un análisis de varianza combinado para la variable rendimiento en kg\ha, para cada localidad. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico INFOSTAT versión 07/03/2017.

## I. Introducción

Guatemala es un país donde más de la mitad de la población se dedica a la Agricultura. El frijol *Phaseolus spp* es una leguminosa de gran importancia, ya que para la mayoría de sus habitantes constituye el mayor valor nutricional en la dieta alimenticia. Es una de las leguminosas de grano de mayor difusión a nivel mundial, siendo cultivado tanto en regiones tropicales, templadas como en partes altas, en el caso de frijol voluble, representa una fuente importante de proteína y calorías para la dieta humana. Por lo que es cultivado en gran parte del país, esto, para consumo familiar o como producto de venta. (4)

Siendo Guatemala parte de uno de los ocho centros de origen y diversidad de plantas cultivadas, se espera que en su territorio se encuentre alta diversidad genética en aquellos cultivos nativos así como en sus parientes silvestres más cercanos. Esta riqueza es única y debe conservarse y utilizarse sosteniblemente para beneficio de la sociedad guatemalteca y del mundo; así como para mejorar el nivel de vida del ser humano. (4).

Por la importancia en la preservación y reproducción de estas especies, así también para la aseguración al acceso a alimentos proteínicos en las comunidades rurales; se sometieron a evaluación el rendimiento de ocho cultivares de frijol voluble *Phaseolus spp* promisorias de una caracterización de 22 cultivares recolectados en la parte alta del municipio de Aguacatán. Las comunidades en las que se establecieron las parcelas experimentales son: El Suj, Aguacatán; San Francisco Las Flores, Chiantla y Com de Concepción Huista. Esto, con el apoyo de la Asociación de Organizaciones de la Sierra de los Cuchumatanes ASOCUCH.

Con el objeto de generar información confiable y actualizada sobre el rendimiento de los cultivares de frijol voluble *Phaseolus spp*, se efectuó el presente estudio para determinar el rendimiento por unidad de área, utilizando un diseño de bloques al azar.

Con el fin de obtener comparaciones precisas entre el rendimiento de los ocho cultivares bajo estudio, se utilizaron bloques al azar, ya que, es una forma de reducir y controlar la varianza del error experimental para tener mayor precisión. (16)

## II. Planteamiento del problema

En La Sierra de los Cuchumatanes, los agricultores se han dedicado a la producción agrícola; el frijol voluble, con el paso del tiempo lo han ido domesticando, formando parte de su dieta alimenticia; para lo cual se utilizan cultivares diferentes, esto, dependiendo de la respuesta de las mismas a las condiciones climáticas de cada localidad; pero no todos los productores utilizan los cultivares adecuados, por lo tanto, los rendimientos no son los esperados, esto, debido al desconocimiento o falta de investigación, y también a la falta de acceso, conservación y producción de semilla que garantice la disposición de alimentos.

Cuando se hace uso de un cultivar que no se desarrolla de manera adecuada en una localidad, ésta se verá afectada por los factores climáticos del lugar, provocando que sea más susceptible a plagas y que el desarrollo de la planta como tal, no se dé en su totalidad; dando como resultado, bajo rendimiento en la producción, siendo afectado directamente el bolsillo de los productores, la estabilidad alimenticia de su familia; y de forma indirecta los consumidores, quienes se verán afectados económicamente adquiriendo el producto a un precio más elevado.

Por lo que se evaluaron ocho cultivares de *Phaseolus spp*, utilizando como comparador un testigo; en asocio con maíz *Zea mays*, esto, en tres municipios del departamento de Huehuetenango, en los cuales se presentan condiciones climáticas desiguales debido al rango de diferencia altitudinal entre cada uno. Cada cultivar presentó resultados distintos en cuanto a su rendimiento en la producción de granos de acuerdo a su desarrollo en cada localidad.

Se tiene como objetivo diseminar las semillas de los cultivares con mejor rendimiento y mayor aceptabilidad en las comunidades, para contribuir con la seguridad alimentaria de las localidades en estudio, ya que, son manifiestos los problemas de falta de acceso a los alimentos básicos, explicado no sólo por la caída en la producción agrícola sino también por el creciente deterioro del ingreso de las familias y condición de pobreza.

### **1. Definición del problema.**

¿Qué cultivar de frijol voluble *Phaseolus spp* presenta mejor resultado en rendimiento en Kg/Ha?

¿Cuál de estos cultivares tiene mayor aceptación en las comunidades de acuerdo a su sabor, espesor del caldo y consistencia de grano?

### **2. Delimitación geográfica.**

El estudio se realizó en los municipios de Chiantla, Aguacatán y Concepción Huista, ubicados en La Sierra de los Cuchumatanes del departamento de Huehuetenango; ya que, las semillas de frijol voluble para la caracterización morfológica realizada el año 2015, fueron recolectadas en la parte alta del municipio de Aguacatán.

### **3. Delimitación temporal.**

El estudio comprendió una temporalidad de siete meses, de mayo a diciembre del año 2016 y tres del 2017, de enero a marzo, incluyendo dos fases. La primera fase, correspondió a la ejecución en campo de la investigación, iniciando con la preparación y siembra de semillas, seguido del manejo y la toma de datos en las diferentes fases del cultivo hasta la cosecha y medir el rendimiento. La realización de un análisis organoléptico con los materiales que se destacaron por su rendimiento y estabilidad. La segunda fase, correspondió al procesamiento, análisis, interpretación de la información, culminando con la elaboración del informe final.

### **4. Delimitación teórica.**

El presente estudio aporta conocimientos en las disciplinas agronómicas con especial énfasis en: Experimentación agrícola, estadística, fitomejoramiento, entre otros.

### III. Justificación

Los principales problemas para la producción de frijol en Guatemala y Huehuetenango están relacionados con la alta incidencia de plagas y enfermedades, que se agravan por el uso generalizado de semilla de variedades regionales susceptibles, lo cual exige un alto uso de plaguicidas para su manejo con consecuencias negativas como la alta exposición y riesgo de los trabajadores a intoxicaciones, la contaminación del medio ambiente con estos productos y los riesgos de que el frijol producido bajo estas condiciones pueda contener residuos tóxicos en niveles superiores a los permitidos. Esto también eleva los costos de producción haciendo que el cultivo no sea rentable para el agricultor. (11)

La semilla representa el óvulo fecundado y maduro y, en granos como el frijol, la forma de reproducción y multiplicación de la especie, para asegurar el proceso de reproducción es necesario contar con una semilla de buena calidad, considerada como aquella que al momento de la siembra está en condiciones de germinar y producir una planta normal y vigorosa, que se adapte a las condiciones climatológicas de cada lugar. (14)

En el caso de la Sierra de los Cuchumatanes, los productores agrícolas conservan y hacen uso de cultivares de frijol que han ido domesticando con el tiempo en asocio con maíz; lo cual, para la seguridad alimentaria y nutricional representa una opción; ya que, éstos cultivares pueden ofrecer características morfológicas sobresalientes para la producción y aporte de proteínas, vitaminas y minerales, esto, como consecuencia de la potencialidad que contiene sus genes.

Así mismo, la reproducción de cultivares nativos es importante para evitar la erosión genética; puesto que en determinado momento sus potencialidades pueden transferirse a materiales mejorados, incidiendo en la seguridad y soberanía alimentaria que tanto se cuestiona, principalmente en el departamento que está incluido dentro de los índices más altos de desnutrición crónica y aguda.



América latina es la mayor región productora de frijol en el mundo. En muchas regiones la dieta de su población es deficiente en calorías y proteína. Si aumentara la producción de frijol es posible cerrar la brecha abierta entre la rápida y creciente demanda y la oferta de frijol. Si lograra aumentar su rendimiento de frijol, América Latina podría mejorar su balanza de pagos y la nutrición de su población. (5).

Por lo anterior, se justificó la investigación al haber sometido a evaluación ocho cultivares de frijol voluble *Phaseolus spp*, utilizando como comparador un testigo en las diferentes localidades. Se realizaron pruebas sensoriales con los materiales de frijoles que presentaron mejores resultados en cuanto a su rendimiento, con el objetivo de diseminar estas especies que aseguren la producción de estas semillas para la alimentación de las familias rurales. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar.

## IV. Marco teórico

### 1. Marco conceptual

#### 4.1.1. Clasificación botánica del frijol.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Faboideae

Tribu: Phaseoleae

Género: Phaseolus

*Fuente. Wikipedia, la enciclopedia libre.*

El género *Phaseolus* incluye aproximadamente 35 especies, de las cuales cuatro se cultivan. Son ellas: *P. vulgaris* L.; *P. lunatus* L.; *P. coccineus* L., y *P. acutifolius* A. Gray van latifolius Freeman (4).

#### 4.1.2. Descripción y origen de *Phaseolus*.

El frijol se originó en Mesoamérica y no en los Andes, como sostenían algunos científicos. Las diferentes especies fueron domesticadas independientemente en dos regiones: en los Andes, en lo que es hoy Perú y Ecuador, y en México y América Central. Estas variedades tienen un ancestro común, en Mesoamérica, según los científicos. (26)

Las diferencias entre las dos grandes fuentes genéticas se basan en variaciones en el tipo de proteína y en el ADN mitocondrial, entre otros criterios. Ambas vertientes se habrían diversificado hace unos 11.000 años. (26)

México como Guatemala se consideran como lugares de origen, ya que en dichos países es donde se encuentra una gran diversidad de dos formas como es la silvestre y la de cultivo. (8)

La siembra de esta planta se realizó miles de años atrás exactamente 7,000 años A.C. en el Sur de México y Guatemala. Los primeros exploradores y comerciantes llevaron después las variedades de frijol americano a todo el mundo, y a principios del siglo XVII, los frijoles ya eran cultivos populares en Europa, África y Asia. (8)

En Guatemala el frijol forma parte de la canasta básica, siendo un alimento primordial ya que contiene una gran cantidad de vitaminas del complejo B, así como ácido fólico, tiamina, hierro, cobre, zinc, fósforo, potasio, carbono y un alto contenido de fibra.(8)

Las leguminosas como el frijol, son fuentes muy importantes de proteínas y calorías en la dieta de los habitantes de América y África tropical, en donde 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*. (23)

De acuerdo con el origen, ciertos tipos de frijol se han ido adaptando a las condiciones de cada lugar. Por ejemplo, los frijoles de hábito IV (volubles) se han adaptado a las condiciones del clima frío. Así mismo, dependiendo de los hábitos de consumo, determinadas regiones se han especializado en la producción con variedades cuyo grano pertenece a determinada clase comercial. (2)

Aprovechando la gran diversidad genética existente en el país, se han realizado numerosas investigaciones para mejorar las variedades por características deseables en cuanto a adaptación al medio, rendimiento, resistencia o tolerancia a enfermedades, teniendo además en cuenta el tipo de grano, de acuerdo con las preferencias que se han identificado en cada región. (2)

Además del frijol común (*P. vulgaris*), existen cuatro especies domesticadas del género *Phaseolus* (*P. lunatus*, *P. coccineus*, *P. dumosus* y *P. acutifolius*), todas originarias de las Américas donde sus restos arqueológicos permiten precisar la gran antigüedad de su domesticación y cultivo prehistórico. (4)

El frijol piloy (*P. coccineus*) fue cultivado originalmente desde las partes altas de México y Centroamérica, hasta Venezuela, Colombia y Ecuador en Sudamérica. Sin embargo, debido a su tolerancia a bajas temperaturas, ahora su cultivo se extiende a algunos países templados de Europa y Norteamérica.

Estudios genéticos y moleculares del frijol común y del frijol lima indican que ambos fueron domesticados independientemente en Mesoamérica y en la zona Andina, a partir de especies progenitoras silvestres de amplia distribución. El frijol num o piloy (*P. dumosus*) se encuentra cultivado en México, Guatemala y en la parte norte de América del Sur (principalmente Colombia), sin embargo, solamente se encuentran poblaciones silvestres en Guatemala. Estudios morfológicos y moleculares recientes han mostrado que *P. dumosus* está altamente emparentada con *P. vulgaris* y *P. coccineus*, a tal grado que el ADN genómico de *P. dumosus* se parece al de *P. coccineus*, mientras que el ADN citoplásmico se parece a *P. vulgaris* (4).

Los otros tipos de frijol consumidos en el país son los llamados en conjunto “piloyes” (*P. coccineus* y *P. dumosus*), los cuales son cultivados principalmente en el altiplano central y occidental del país. No se tienen datos de producción, solamente se sabe que los departamentos más importantes son Sololá y Totonicapán con el 36% de la producción del altiplano occidental (Flores, L. and Bernsten, H. sf. Piloy beans in Guatemala. (4)

**Cuadro 1. Valor nutricional del frijol. (Por cada 100 gramos de frijol se obtiene).**

Calorías	322 Kcal	
Proteínas	21.8 g	
Grasas	2.5 g	
Carbohidratos	55.4 g	
Tiamina	0.63 mg	
Riboflavina	0.17 mg	
Niacina	1.8 mg	
Calcio	183 mg	
Hierro	4.7 mg	

Fuente: Medicina natural 2014. (17)

#### **4.1.3. Factores de calidad del frijol**

La calidad del frijol se mide por su valor nutricional y por ciertas preferencias del consumidor. Seleccionar frijoles de buena calidad es una labor integrada al trabajo de evaluación de otros caracteres genéticos del programa de frijol y se analizan normalmente siete factores de calidad del frijol. (4)

##### **4.1.3.1. Digestibilidad**

La digestibilidad de la proteína del frijol es baja por razones no del todo conocidas. El grano crudo tiene apenas un 35% de digestibilidad por su contenido de inhibidores de la tripsina; su digestibilidad aumenta hasta un 60 ó 75% según el color del grano, correspondiendo a los altos porcentajes a los frijoles blancos. Al remover, además los taninos durante la cocción, la digestibilidad que su proteína llegaría, como máximo, al 75%, valor aún inferior al de la proteína de los cereales o a la de origen animal, que es del 90%. Probablemente, esta diferencia de digestibilidad (15%) entre el frijol y los cereales tiene su explicación en la estructura de las proteínas del frijol, sobre todo de las globulinas. (4)

#### **4.1.3.2. Absorción de agua.**

El agua que absorben los frijoles modifica su apariencia y su dureza cuando están ya cocidos. Existe una estrecha relación entre absorción de agua y tiempo de cocción: los frijoles que se embeben fácilmente se cocinan en muy poco tiempo (4).

#### **4.1.3.3. Tiempo de cocción.**

El punto en que se juzga a todos los frijoles como perfectamente cocidos, se considera su tiempo de cocción, el tiempo de cocción varía de 25 a 30 minutos, y depende de factores genéticos y de las condiciones de almacenamiento del grano (4).

#### **4.1.3.4. Consistencia del Caldo.**

Esta característica del frijol afecta las preferencias del consumidor y por tanto, su valor en el mercado. Si el frijol produce un caldo espeso, su precio será mayor. El peso de los sólidos suspendidos en el medio de cocción es una medida de la consistencia del caldo (4).

#### **4.1.3.5. Sabor.**

Este aspecto del frijol es bastante subjetivo y varía de una región a otra. Se presume que las principales categorías de sabor establecen una asociación entre el sabor y ciertos colores del frijol (4).

#### **4.1.3.6. Tiempo de almacenamiento y testa endurecida.**

Se sabía que las condiciones deficientes de almacenamiento endurecen la testa de los granos de frijol. Una prueba de almacenamiento prolongado que duró cerca de dieciocho meses en condiciones controladas de humedad y temperatura, demostró que el frijol seco almacenado a temperaturas relativamente altas (26° C) desarrolla una cubierta dura y en consecuencia, su tiempo de cocción es mayor que el de granos expuestos a bastante humedad y a temperaturas relativamente bajas (12° C). Variedades de grano rojo y de grano negro señalan tendencias semejantes. Después de un período de almacenamiento tan largo, el frijol tiende a adquirir un tiempo de cocción constante (talvez el máximo) que probablemente depende de la variedad (4).

#### **4.1.4. Características de los frijoles evaluados.**

##### **4.1.4.1. *Phaseolus coccineus*.**

Se trata de la forma silvestre del frijol piloy domesticado. Es propia de los bosques de pino, encino y aliso de Guatemala. Se encuentra en localidades desde 1,000 msnm en el oriente del país hasta 3,000 msnm en la parte montañosa del occidente. Es más frecuente por encima de los 2,000 msnm. En época de floración es muy vistosa por la gran cantidad de flores escarlatas que produce. Es frecuente en orillas de caminos, en barrancos, en áreas abandonadas y aún dentro del bosque. (3)

##### **4.1.4.2. *Phaseolus vulgaris*.**

Se trata de la forma silvestre del frijol común domesticado. Son plantas colonizadoras que crecen en áreas abandonadas, áreas con vegetación secundaria, en las orillas de caminos, y algunas veces como arvense dentro de cultivos de maíz y frijol. Se encuentra distribuida en varios departamentos del país: en la zona oriental (departamentos de Jutiapa, Chiquimula, Santa Rosa y Jalapa), en el centro (departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Chimaltenango), en el occidente (departamentos de Quetzaltenango, Huehuetenango y Sololá) y en los departamentos de Baja Verapaz y El Progreso. (3)

#### **4.1.5. Descripción de la planta.**

El frijol posee un sistema radicular bien desarrollado, el cual está 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 ovales y terminados en punta, son acorazados, de consistencia áspera y de bordes lisos, peciolados y con estipulas angostas en la base, las flores están reunidas en racimos cortos, de color blanco, violeta y rosado, con pedúnculos erguidos y algo vellosas. Cada pedúnculo lleva, numerosas flores y su número puede ser de treinta o más. (27)

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 ó suboval, de peso y de colores muy variados. Las vainas tienen dos valvas que provienen de ovarios comprimidos, dos suturas forman la unión de las 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. Las vainas son generalmente glabras o subglabras, si poseen pelos son muy pequeños, y a veces la epidermis es cerosa. (27)

#### **4.1.5.1. Hábito de crecimiento.**

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 ocurre con menos 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. (18)

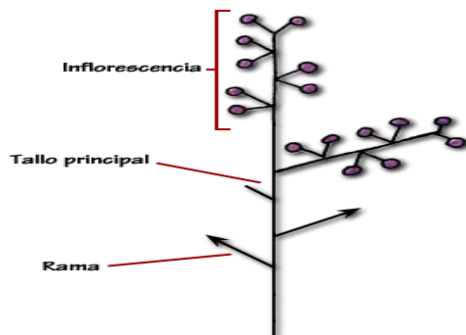
La planta puede clasificarse como indeterminada arbustiva si la guía no tiene tendencia a trepar. Las plantas de hábito indeterminado generalmente tienen períodos de crecimiento más prolongados que las de hábito determinado y, además otra característica importante es su notable capacidad de recuperación después de haber sido sometido a condiciones adversas. (18)

De acuerdo con el hábito de crecimiento que presentan sus plantas, los cultivares de frijol son agrupados en cuatro tipos principales:



**a) Hábito de crecimiento determinado arbustivo (Tipo I).**

El tallo principal y las ramas laterales terminan en una inflorescencia (Figura 1). Al expresarse estas inflorescencias, el crecimiento, ya sea del tallo principal o de las ramas, se detiene. El tallo principal es vigoroso y presenta 5 a 10 entrenudos comúnmente cortos. La altura de las plantas varía normalmente entre 30 y 50 cm, existiendo casos de plantas enanas (15 a 25 cm). La etapa de floración es rápida y la madurez de las vainas ocurre en forma bastante concentrada. (15)

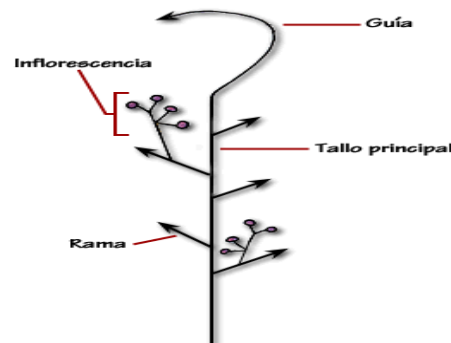


*Figura 1. Hábito de crecimiento determinado arbustivo*

Fuente. Instituto Histórico de la Universidad de Chile.

**b) Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo (Tipo II).**

Las plantas presentan un hábito indeterminado, continuando con su crecimiento en los tallos luego de ocurrida la floración. Las plantas presentan un crecimiento erecto y un bajo número de ramas. El tallo principal normalmente desarrolla una guía de escaso crecimiento (Figura 2). (15)

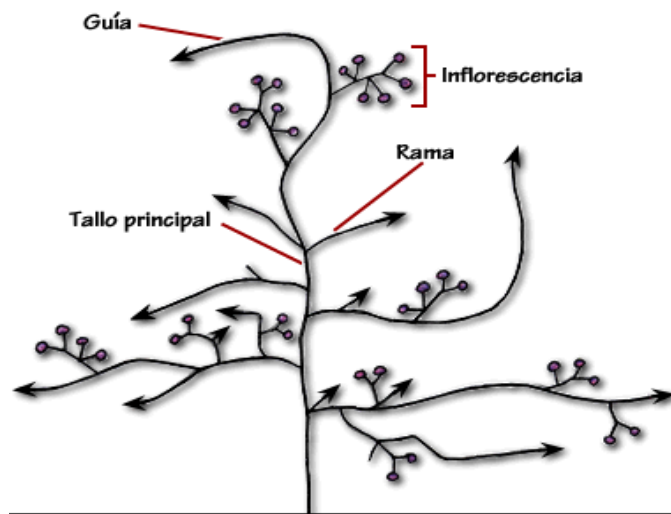


*Figura 2. Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo*

Fuente. Instituto Histórico de la Universidad de Chile.

**c) Hábito de crecimiento indeterminado postrado (Tipo III).**

Las plantas presentan un hábito postrado o semipostrado, con un importante sistema de ramificación (Figura 3). El tallo principal y las numerosas ramas existentes pueden presentar aptitud trepadora a partir de las guías que presentan en su parte terminal, especialmente si cuentan con algún tipo de soporte. Las guías, que corresponden a prolongaciones de los tallos que se aíslan de la cobertura del cultivo, comienzan a expresarse luego de iniciada la floración; los entrenudos de las guías, en tanto, son mucho más largos que los entrenudos de los tallos. La etapa de floración es más prolongada que en los hábitos Tipo I y Tipo II, y la madurez de sus vainas es bastante menos concentrada. (15)

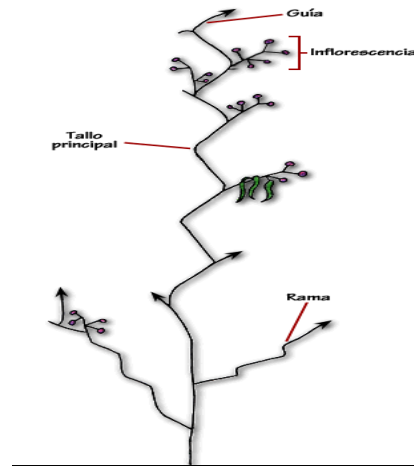


*Figura 3. Hábito de crecimiento indeterminado postrado.*

Fuente. Instituto Histórico de la Universidad de Chile.

**d) Hábito de crecimiento indeterminado trepador (Tipo IV).**

El tallo principal, que puede tener de 20 a 30 nudos, alcanza hasta 2 o más metros de altura si es guiado, ya sea a través de tutores o de plantas de cultivo que le sirvan como soporte. La floración se prolonga durante varias semanas, pudiendo presentarse vainas casi secas en la parte basal de la planta, mientras en la parte alta continúa la floración. Las ramas, que son muy poco desarrolladas a consecuencia de la fuerte dominancia apical, se presentan además en baja cantidad (Figura 4). (15)



*Figura 4. Hábito de crecimiento indeterminado trepador.*

Fuente. Instituto Histórico de la Universidad de Chile.

Los cuatro tipos de hábito descritos (Figura 5), son muy definidos; sin embargo, hay cultivares cuyas características determinan que su ubicación sea intermedia entre un hábito y otro. (15)

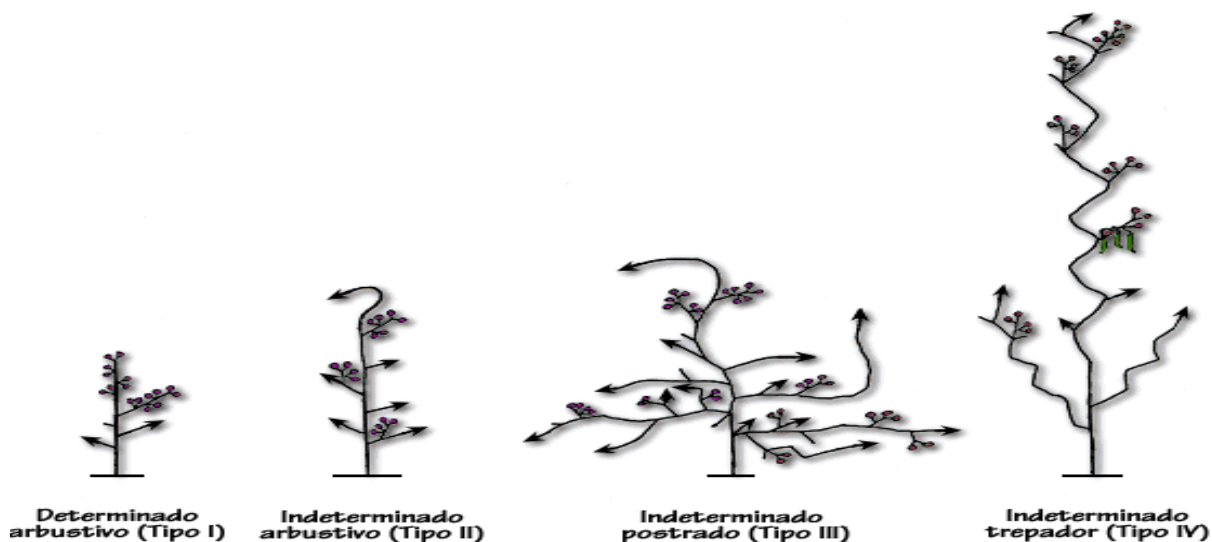


Figura 5. Hábitos de crecimiento existentes en frijol.

Fuente. Instituto Histórico de la Universidad de Chile.

#### 4.1.5.2. Ciclo vegetativo.

Tanto las formas anuales como las perennes existen en especies del género *Phaseolus*. Las formas anuales son comunes en *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus acutifolios*; las formas perennes son comunes en *Phaseolus coccineus* y *Phaseolus lunatus*. (18)

En condiciones de campo, el ciclo vegetativo de las formas anuales termina con la senescencia de las hojas y la madurez de las vainas. (19)

#### 4.1.5.3. Componentes de rendimiento.

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 los componentes de rendimiento como indicadores de tendencias de los procesos que determinan el rendimiento, y no necesariamente como causas directas del mismo. (26)

Los componentes de rendimiento incluyen el número y peso del grano, número de estructuras florales (en el caso del frijol las vainas), etc. (20)

Durante el período vegetativo de la planta deben ser evaluadas las siguientes variables.

**a) Días a floración.**

Número de días desde la siembra hasta el momento en que el 50% de plantas de cada parcela presenta flor abierta o emisión de pequeños tallos florales a partir de las axilas de las hojas. Período reproductivo. (15)

**b) Días a madurez de cosecha.**

Número de días desde la siembra hasta el momento en que el 90% de plantas de cada parcela presenta el secamiento de las vainas. Altura de plantas. De cada genotipo se toman diez plantas al azar cuando las plantas logran su llenado de grano y se miden desde la base de la planta hasta el ápice del último foliolo de la planta, cuyos datos se expresan en centímetros. (15)

**c) Número de vainas por planta.**

Al momento de la cosecha, se toma en diez plantas, a las cuales se les cuentan sus vainas y se registra el promedio. Número de granos por vaina. Se toma al azar una muestra de 10 vainas al momento de la cosecha, las cuales se desgranar, se mezclan para luego contar el total de granos y se divide entre el número de vainas para obtener el promedio. (15)

**d) Peso de cien semillas.**

Una vez cosechados y desgranados se toma al azar de cada unidad experimental cien semillas cuyo peso se obtiene en una balanza analítica. El valor se expresa en gramos y se ajusta al 14% de humedad.

**e) Rendimiento.**

Cuando las plantas llegan a madurez de cosecha se recolectan todas las vainas de la parcela útil y se llevan a secamiento hasta cuando se abran. Efectuando el desgrane, se registra el peso en kilogramos por hectárea, haciendo ajuste al 12% de humedad. (15)

**4.1.5.4. Aspectos Económicos.**

El uso eficiente de fertilizantes es uno de los principales componentes de la mayor productividad del cultivo de frijol. Como esta práctica representa un alto porcentaje de los costos totales de producción, es importante conocer los factores que influyen en la respuesta del cultivo del frijol a la aplicación de fertilizantes, para poder

determinar las cantidades adecuadas que deben ser aplicadas, a fin de obtener el mayor beneficio económico para el agricultor. (21)

El rendimiento por hectárea de un cultivo aumenta a medida que aumenta el fertilizante, pero después de llegar a una cierta cantidad de fertilizante aplicado los rendimientos decrecen. Un agricultor debe aplicar fertilizante hasta el punto en que la última unidad aplicada sea justamente la cantidad suficiente para producir un incremento en la producción que pueda compensar el costo adicional ocasionado por la compra de esta última unidad de fertilizante. (21)

#### **4.1.6. Análisis sensorial.**

El análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria, en la que los seres humanos utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios. (34)

Existen dos métodos empleados para la evaluación de los alimentos: Una que está orientada al producto y la otra orientada al consumidor. “La información sobre los gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad, se obtiene empleando métodos de análisis adaptados a las necesidades del consumidor y evaluaciones sensoriales con panelistas no entrenados (30).

Se utilizan paneles con evaluadores entrenados cuando, la evaluación sensorial está orientada al producto, por ejemplo, cuando se quiere mantener las normas de calidad, la identificación de cambios causados por los métodos de procesamiento, etc. (30).

La evaluación sensorial usa técnicas basadas en la fisiología y psicología de la percepción, la percepción es el resultado del estímulo de un objeto a la sensación del observador (34)

El estímulo consiste en una emisión de energía emitida por el objeto, que es captada por el receptor. La cantidad mínima de energía requerida para producir una

respuesta sensorial se define como Umbral sensorial y a partir de esta percepción, puede ser determinada la eficiencia de los detectores (34).

Los sentidos son las principales herramientas que utilizamos para la evaluación de los alimentos, así, la vista, nos informa de la apariencia del alimento y estimula a otros órganos, para que se preparen para sus propias percepciones. El sentido del tacto y los receptores táctiles, nos entregan información sobre la textura, forma, peso, temperatura y consistencia del alimento; estos receptores táctiles se ubican en manos y boca (34).

El sentido de la audición, complementa la percepción de la textura de un alimento, así por ejemplo, las manzanas deben ser jugosas, el apio tierno, etc. El sentido del olfato al igual que el sentido del gusto, son estimulados químicamente (34)

La sensibilidad depende de la temperatura: un ambiente frío la disminuye, por lo que se recomienda que en paneles de evaluación sensorial, las muestras se sirvan a temperaturas a las que generalmente se consumen (34).

Para obtener resultados confiables y válidos en los estudios sensoriales, el panel debe ser tratado como un instrumento científico. Debe realizarse en condiciones controladas, utilizando diseños experimentales, métodos de prueba y análisis estadísticos apropiados (34).

#### **4.1.6.1. Análisis estadístico de la prueba sensorial.**

Los resultados sensoriales se analizan estadísticamente para que el experimentador pueda hacer conclusiones sobre los alimentos. El análisis estadístico persigue los siguientes objetivos:

- Comprobar la hipótesis.
- Determinar si existen diferencias entre las muestras y si estas diferencias dependen a su vez de otras variables o parámetros (34).

El análisis estadístico dependerá del diseño experimental, que se ha seleccionado, el cual para comparación de cuatro a cinco muestras (Wittig, 1997 y Watts, 1992) recomiendan el diseño de Bloques al Azar, bloqueando por panelistas.

Para este diseño experimental, la prueba estadística recomendada es el análisis de Varianza Univariado (ANDEVA) y comparación de medias, una prueba de Tukey (30).

#### 4.1.7. Requerimientos de nutrientes del frijol.

El frijol absorbe cantidades altas de N, K y Ca y en menor cantidad S, Mg y P. La información que se muestra a continuación da una idea de los requerimientos de los nutrientes esenciales para el frijol, obtenida a partir de trabajos realizados en el trópico con frijoles de hábito de crecimiento I (determinado arbustivo). Es de esperar que, para el caso de frijol de hábito IV (voluble), cuya producción en tallos y vainas es más alta, la demanda por nutrientes sea mayor. Surge entonces la necesidad de adelantar estudios locales sobre absorción de nutrimentos del frijol que se relacionen con las condiciones del cultivo en cada lugar, y así, llegar a tener la recomendación más ajustada para cada caso en particular. (17)

#### Cuadro 2. Exigencias minerales del fríjol.

Componentes de la cosecha	kg/ha					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Vainas	32	4	22	4	4	10
Tallos	65	5	71	50	14	15
Total	97	9	93	54	18	25

Fuente: Álvarez Pacheco, CA. 1988.

El contenido de nutrientes del suelo es un parámetro fundamental para determinar la cantidad de nutrientes para aplicar en un cultivo, es conocer las cantidades de estos elementos que contiene el suelo, y la forma de determinarlas es mediante el análisis químico en el laboratorio. La aplicación fiel de las recomendaciones y el análisis de los resultados con la asesoría de técnicos conocedores de la zona y del cultivo, permiten diseñar la recomendación de fertilización más adecuada en cada caso. (10)



#### **4.1.8. Muestreo de suelos.**

El análisis de suelo es el instrumento básico para la transferencia de información sobre fertilización y encalado para el agricultor. El muestreo de suelo es la primera etapa en un buen programa de fertilización y encalado. No está de más remarcar que, por bien hecho que sea el análisis, no corrige fallas en la toma de muestras o en la representatividad de la misma. (2)

La operación del muestreo incluye la extracción del material que forma el suelo, de modo tal que tenga en cuenta la variabilidad y el manejo del mismo, la elaboración de la muestra, y por último, la toma de fracciones de dicha muestra para la realización de las determinaciones analíticas concretas. (2)

**Muestra simple.** Es la que se obtiene con una sola extracción de suelo. Son usadas en trabajos de investigación y en suelos muy homogéneos. Se recomienda cuatro muestras por hectárea, de 1 kilogramo de suelo cada una. (2)

### **4.2. Marco referencial**

#### **4.2.1. Ubicación Geográfica del área.**

La investigación se llevó a cabo en tres municipios del departamento de Huehuetenango; Chiantla, Aguacatán y Concepción Huista. Las parcelas destinadas para el experimento estuvieron ubicadas en partes altas de dichos municipios, las cuales forman parte del altiplano de Huehuetenango. (Anexo "A")

El altiplano posee gran variedad de climas que se prestan para el desarrollo de una extensa y variada fauna y flora, para el caso del experimento presenta condiciones favorables, debido al origen de la semilla. (7)

En la Sierra de los Cuchumatanes las cumbres alcanzan los 3.837 msnm. La combinación de la altura con las precipitaciones existentes en cada piso bioclimático origina un escalonamiento de la vegetación, desde el bosque denso tropical de la base hasta los prados de altura en las cumbres. (31)

En elevaciones sobre los 1800 msnm predominan los bosques de robles de gran tamaño en toda la sierra, alrededor de los 3000 msnm comienza la transición del

bosque montano hacia los prados de altura, donde se pueden ver arbustos y pinos hasta los 3200 msnm. Hacia los 3300 msnm predominan *gramíneas* y *asteráceas* muy resistentes a los cambios bruscos de temperatura, y después de los 3600 msnm los zacatonales y los musgos son las principales plantas. (31)

El área de trabajo se caracteriza por el predominio de clima frío húmedo, la precipitación pluvial se presenta en mayo para finalizar en septiembre u octubre. Las corrientes aéreas que provienen de Norte América, en los meses de noviembre a febrero, dan origen a temperaturas que alcanzan niveles de congelamiento en ciertas regiones altas con valores promedio de 4°C mínima, 20°C máxima y una media anual de 12°C. (31)

El Altiplano de Huehuetenango presenta zona de vida con Bosque muy húmedo montano bajo sub-tropical, con precipitación pluvial anual de 2,000 a 4,000 milímetros, temperatura media anual de 12 a 18 grados centígrados, con suelos superficiales de textura mediana y pesada, bien drenados con pendientes variables en los rangos de 12% a 32%, 32% a 45% y más de 45%. El potencial de cultivos para frutales deciduos, papa, flores, hortalizas, cereales, leguminosas, bosques energéticos y maderables. Deben considerarse precauciones en la época de heladas. (31)

#### **4.2.1.1. Ubicación de parcela en El Suj, Aguacatán.**

Como unidad experimental de la parte media del altiplano, El Suj. Aldea del municipio de Aguacatán a 6 km de La cabecera municipal, ubicada en la parte baja de la Sierra Los Cuchumatanes. 2,750 msnm, Lat. Norte 15°22'50", Long. Oeste 91°19'40". (12)

##### **- Zona de vida.**

Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MBS), precipitación pluvial anual: 1,000 a 2,000 milímetros. Temperatura media anual: 12 a 18 grados centígrados. Suelos superficiales, de textura pesada, bien drenados, de color gris oscuro a negro. Pendientes: del 5 a 12%. Potencial agrícola, las de más de 45% son de vocación forestal. (12)

#### **4.2.1.2. Ubicación de parcela en San Francisco las Flores, Chiantla.**

Unidad experimental de la parte baja, San Francisco las Flores, una aldea de Chiantla, ubicada a 60 kilómetros de la ciudad de Huehuetenango. 2,230 msnm Lat. Norte 15°58'11", Long. Oeste -91°36'69" (9)

##### **- Zona de vida.**

Bosque muy húmedo montano bajo sub-tropical. Altitud, con precipitación pluvial anual de 1,000 a 2,000 milímetros, temperatura media anual de 12 a 18 grados centígrados, con suelos superficiales de textura mediana y pesada, bien drenados con pendientes variables en los rangos de 12% a 32%, 32% a 45% y más de 45%. El potencial de cultivos para frutales deciduos, papa, flores, hortalizas, cereales, leguminosas, bosques energéticos y maderables. (9)

#### **4.2.1.3. Ubicación de parcela en Com, Concepción Huista.**

En la parte alta de las unidades experimentales, Com, aldea del municipio de Concepción Huista, municipio del departamento de Huehuetenango en la Sierra de los Cuchumatanes. 2,299msnm, Lat 37°11'36", Long. 17°29'374". (13)

##### **- Zona de vida.**

Bosque húmedo montano sub-tropical. Con precipitación pluvial anual de 1,000 a 2,000 milímetros, temperatura media anual de 12 a 18 grados centígrados, con suelo subtropical de textura media, pobres e imperfectamente drenado de color pardo. La pendiente está en el rango de 32% a 45%. El potencial es silvícola para especies como pino, ciprés, aliso y eucalipto; agrícola para hortalizas y cereales. (13)

## V. Objetivos

### 4.3. General

- Generar información respecto a el rendimiento de ocho cultivares de Frijol voluble *Phaseolus spp*, nativo del altiplano; en tres municipios en el departamento de Huehuetenango.

### 4.4. Específicos

1. Determinar el rendimiento en Kg/ha de ocho cultivares de frijol voluble *Phaseolus spp* a través de un análisis estadístico.
2. Identificar el cultivar con mejor desarrollo y mejores características agronómicas en cada una de las tres localidades destinadas para el estudio.
3. Determinar de manera participativa características sensoriales de los cultivares sobresalientes en estudio.

## VI. Hipótesis

**Ha.** Estadísticamente existe variabilidad en el potencial de rendimiento de grano en kg/ha en los cultivares de frijol voluble *Phaseolus spp* en estudio, a evaluar en tres municipios del altiplano de Huehuetenango.

## VII. Materiales y métodos

### 4.5. Material vegetal a evaluar

#### 4.5.1. Cultivares

Ocho cultivares promisorios de frijol voluble, según estudio de caracterización morfológica de 22 cultivares, nativos de la parte alta de Aguacatán Huehuetenango, principalmente de la aldea Climentoro, los cuales fueron recolectados por diferentes agricultores, socios de la Cooperativa Joya Hermosa de la aldea Climentoro del municipio de Aguacatán, cultivándose en pequeñas extensiones aproximadamente en un lapso de 10 años obteniendo conocimientos en base a las experiencias en su producción sin obtener información técnica, para lo cual se planteó el siguiente manejo agronómico. El pasaporte de cada tratamiento se observa en el anexo “B”.

Códigos 101, 102, 104, 105, 108, 109, 111, *Phaseolus vulgaris*.

Código.117. *Phaseolus coccineous*.

#### Cuadro 3. Características de frijoles a evaluar.

Código	Días de germinación	Días de madurez fisiológica	Días de cambio de color de vaina	Días a la cosecha.
101	10	187	10	206
102	10	187	10	206
104	10	187	10	206
105	10	187	10	206
108	10	220	12	239
109	10	220	12	230
111	10	204	12	222
117	15	230	13	252

Fuente. Caracterización morfológica de 22 cultivares. William Maldonado (2015).

#### **4.5.2. Factores a evaluar**

#### **4.5.3. Potencial de rendimiento**

Rendimiento en kg/ha de cada cultivar en las tres localidades.

#### **4.5.4. Variables:**

##### **Cuantitativas**

- Días de germinación
- Número de germinación de plantas por postura
- Días de floración
- Longitud de vaina
- Número de vainas por planta
- Días de siembra a cosecha
- Peso de campo.
- Número de vainas cosechadas por planta
- Número de vainas inservibles
- Número de semillas por vaina
- Peso de 100 granos
- Porcentaje de humedad del grano

##### **Cualitativas**

- Aspecto de Vaina
- Susceptibilidad a plagas y enfermedades
- Aspecto general de la planta
- Crecimiento vegetativo

Se calificará de 1 a 10 según criterio técnico.

#### 4.6. Resumen de materiales, insumos e instrumentos

**Cuadro 4. Instrumentos, materiales y equipo utilizado para el desarrollo de la investigación.**

INSTRUMENTOS	MATERIALES E INSUMOS	EQUIPO
Azadones	Semillas	Cámara digital
Machetes	Fungicidas	Computadora
Piochas	Fertilizantes	Vehículo
Cinta métrica		Libreta de campo
Pala		Libro de campo
Cubeta		Lapiceros

#### 4.7. Métodos

##### 4.7.1. Diseño experimental.

Se utilizó un Diseño de bloques al azar con 9 tratamientos y 3 repeticiones en 3 localidades.

##### 4.7.2. Modelo estadístico.

Para el análisis de las variables de respuesta se utilizó el siguiente modelo estadístico.  $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta

$\mu$  = Media general

$\tau$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta$  = Efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental



#### **4.7.3. Análisis de varianza multivariado.**

Pretende contrastar hipótesis lineales sobre la influencia de los distintos niveles de uno o varios factores en el comportamiento de una variable, considerando un vector (multidimensional) de variables.

La aplicación del análisis de la varianza es determinar si existen diferencias significativas entre los distintos niveles o grupos de un factor ( categórico), a través del contraste de igualdad de medias, para el caso multivariante del MANOVA, poder extender sus resultados y consideraciones al análisis factorial discriminante. (32)

#### **4.7.4. Análisis de componentes principales.**

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible. Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí. (29)

#### **4.7.5. Descripción de las unidades experimentales.**

Cada unidad experimental consistió en un tratamiento donde se sembraron 2 granos por postura a cada 0.80m entre plantas dejando un efecto de follaje de 0.40m por cada lado, así como un espacio entre surcos de 1m, con un efecto de follaje de 0.5m en cada lado. La parcela experimental tuvo una longitud de 44m, de largo y un ancho de 28 m. Con un efecto de borde de 4.8m y cabecera 4m, para un área total de 1,232m<sup>2</sup>. Anexo "C y D" para observar croquis de distribución de tratamientos en parcelas experimentales.

- 19.2 m<sup>2</sup> por unidad experimental.
- 57.6 m<sup>2</sup> por cada cultivar.
- 1232 m<sup>2</sup> total de área experimental.

#### **7.4. Manejo del experimento.**

El manejo agronómico del cultivo se realizó siguiendo las prácticas agrícolas que los productores locales utilizan.

#### **7.4.1. Preparación del terreno.**

Se hizo con azadón para eliminar restos de cosechas anteriores, desechos inorgánicos, malezas y piedras.

#### **7.4.2. Siembra.**

La siembra se hizo en la primera semana del mes de mayo de 2016, cuando la lluvia estuvo establecida. Se tomaron en consideración las experiencias generadas por los agricultores de cada localidad.

#### **7.4.1. Muestreo de suelos.**

En cada parcela experimental se realizó un muestreo de suelos simple. La operación del muestreo se llevó a cabo con la extracción del material que forma el suelo, las cuales fueron 5 sub-muestras de diferentes puntos de la parcela, la elaboración de la muestra fue la unificación de dichas sub-muestras con lo cual se dejó únicamente un total de 1kg de suelo, y por último se identificó debidamente la bolsa para enviar al laboratorio. Este procedimiento se repitió en las dos parcelas restantes.

Las muestras de suelo fueron enviadas al laboratorio, al ser recibidos los resultados de dicho análisis se procedió a la interpretación para el cultivo de frijol. (Ver anexo "F").

#### **7.4.2. Fertilización.**

Se realizaron dos aplicaciones. La primera fue al momento de la siembra, se incorporó al suelo una libra de gallinaza por postura, la segunda fertilización se realizó en la tercera semana del mes de junio, en las tres localidades. Para lo que se utilizó 15-15-15, 25 libras por cuerda (de 25 x 25 varas) 21 x 21mts.

#### **7.4.3. Control de malezas**

Para controlar las malezas durante el ciclo del cultivo, Se realizaron controles manuales con la ayuda de un azadón, con el objeto de mantener el suelo libre de malezas y así evitar que éstas compitan por luz, nutrientes, humedad y espacio. En total, se realizaron 3 limpiezas, a cada 35 días. Esta práctica se realizó de igual manera en las tres localidades.

#### **7.4.4. Control de plagas y enfermedades.**

En las tres parcelas experimentales se presentaron daños en la fase de crecimiento vegetativo, ocasionados por tortuguillas *Diabrotica spp*, por lo que se hizo la recomendación de la aplicación inmediata de insecticida para su control, Boina 48EC® 0.0-dietil 0-(3.5.6 triclora piridil) fosforotioato, en una dosis de una copa de 25cc por bomba de 16lts y la aplicación de Bayfolan®, 4 copas de 25cc por bomba de aspersión manual, con repetición a los 20 días, puesto que la plantación presentó daños significativos, principalmente en la parcela de Com, Concepción Huista.

#### **7.4.5. Cosecha.**

La cosecha se realizó cuando las vainas alcanzaron su madurez fisiológica, encontrándose el 90% de las vainas secas y listas para el corte, secado y posteriormente el aporreo.

La cosecha en San Francisco Las Flores, se realizó en la primera semana del mes de diciembre de 2016; en la parcela de Com, Concepción Huista, se realizó dos semanas después; y por último en El Suj, Aguacatán, se llevó a cabo en la primera semana del mes de enero de 2017.

### **7.5. Evaluación sensorial, método para evaluar alimentos**

Análisis sensorial a cuatro cultivares de frijol voluble seleccionados por características agronómicas sobresalientes, destacados en sus componentes de rendimiento primario y características agronómicas. La evaluación se realizó a través de la preparación del caldo, procediendo de la siguiente manera de acuerdo a Wittig de Peña (1,997).

- Se pesaron 50 gramos de frijol de cuatro materiales seleccionados para la evaluación.
- Se introdujo cada muestra en ollas para realizar la cocción.
- Se agregó 1 litro de agua pura.
- Se utilizó leña y una plancha para su preparación.
- Se cocinó por tiempo necesario hasta obtener la cocción del frijol.
- La muestra cocinada se colocó en un recipiente limpio y de color blanco.

- Los panelistas bebieron agua y comieron galleta salada entre cada prueba para evitar sesgo entre el producto comestible de frijol.
- Se implementó en ensayo utilizando al azar un Diseño en Bloques de las cuatro muestras.
- Los panelistas fueron hombres y mujeres, procedentes de la aldea Climentoro, del municipio de Aguacatán, las instrucciones se proporcionaron de forma oral, previa a la evaluación.
- La información se recabó por medio de una boleta de evaluación sensorial donde se evaluaron tres variables (sabor del caldo, espesor y consistencia de grano) con sus respectivas escalas de aceptación. (Ver anexo “E”).

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

<b>Sabor del caldo</b>	<b>Espesor del caldo</b>	<b>Consistencia de Grano</b>
10 Muy Bueno	10 Normal	10 Suave agradable
08 Bueno	08 Espeso	08 Suave desagradable
06 Regular	06 Ralo	06 Duro agradable
04 Malo	04 Muy ralo	04 Duro desagradable
02 Muy Malo	02 Muy espeso	

- A cada una de las escalas contenidas en cada variable a estudiar, se les aplicó la fórmula para variables discretas, con el propósito de reducir el coeficiente de variación, tal como se detalla a continuación:

$$N = \sqrt{X + 0.5}$$

$$10 = 3.24,$$

$$8 = 2.92,$$

$$6 = 2.55,$$

$$4 = 2.12,$$

$$2 = 1.58$$

Donde X = Distintos rangos que comprenden la calificación de cada degustación de caldo de frijol (02, 04, 06, 08, 10), 0.5 = Constante.

Los datos transformados producto del calificativo de cada panelista de acuerdo a la variable en estudio, son los que se tomaron para realizar los análisis de varianza respectivos.

### **Análisis sensorial de producto de consumo (caldos de frijol)**

Se realizó un análisis sensorial a los mejores cuatro cultivares sobresalientes; para lo cual se emplearon 26 panelistas quienes dieron el calificativo de aceptación, registrando los datos por medio de una boleta.

El diseño utilizado fue el de bloques al azar, empleando un Análisis de Varianza y al haber diferencia estadística para cada variable, se utilizó una prueba múltiple de medias TUKEY para establecer el mejor cultivar en su aceptación sensorial.

## VIII. Resultados y discusión

Luego de haber concluido con la fase de campo y haber obtenido la información generada en el estudio, se presentan los resultados de los ocho tratamientos, un testigo y tres repeticiones; en cada uno de los ensayos: El Suj, San Francisco las Flores y Com, en los cuales se obtuvieron los datos para proceder a los análisis de varianza (ANDEVA), correspondientes para la variable rendimiento en kg/ha y aceptabilidad de los materiales destacados. Se determinó el rendimiento de cada genotipo en el área útil de las parcelas experimentales, los datos se expresan en kg/ha para tener una mejor referencia de la producción total de cada genotipo. Se realizó una comparación de medias utilizando la prueba de Fisher al 95% de confianza para determinar con mayor grado de exactitud el comportamiento de los materiales evaluados.

### 8.1. Rendimiento

**Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable potencial de rendimiento en Kg/ha de ocho materiales y un testigo, en las localidades de San Francisco las Flores, Chiantla; El Suj, Aguacatán y Com, Concepción Huista, Huehuetenango.**

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	81	0.42	0.28	111.98

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1310761.23	16	81922.58	2.93	0.0012
Localidad	666188.26	2	333094.13	11.92	<0.0001
Tratamiento	432600.03	8	54075.00	1.94	0.0696
LocalBloq	211972.93	6	35328.82	1.26	0.2862
Error	1787786.41	64	27934.16		
Total	3098547.63	80			

El análisis de varianza (cuadro 5), establece que hay diferencia significativa entre el rendimiento de los cultivares en estudio. Con un P-valor de 0.0001 el que se considera altamente significativo para el tipo de estudio y la gran diferencia de los resultados

entre los tratamientos. Al realizar el análisis de varianza y encontrar diferencias significativa entre las accesiones de frijol voluble en las tres localidades, fue necesario realizar una prueba de medias para determinar qué localidad presentó mejores resultados en cuanto a rendimiento en los diferentes tiramientos evaluados.

**Cuadro 6. Test de Fisher de medias para el potencial de rendimiento de ocho materiales y un testigo evaluados en tres localidades.**

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=90.87358**

*Error: 27934.1626 gl: 64*

<u>Localidad</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
San Fco.	265.28	27	32.68	A
El Suj	138.60	27	32.68	B
Com	43.90	27	32.68	C

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

Según la prueba de medias de Fisher (cuadro 6) para el rendimiento de los diferentes cultivares, se obtuvieron mejores resultados para esta variable en la localidad de San Francisco Las flores, Chiantla, posicionándose ésta ante las otras dos con la letra A, lo cual indica que fue la mejor en comparación a las otras dos parcelas. Las tres áreas experimentales estuvieron ubicadas en el altiplano de Huehuetenango, esta localidad se encuentra a una altura de 2,230 msnm, por lo que la temperatura no es muy elevada, lo cual influye en el metabolismo y desarrollo de la planta, lo que es determinante en el rendimiento del cultivo. Seguida por la localidad de El Suj, Aguacatán, dicha parcela contaba con una posición altitudinal mayor a las demás, 2750 msnm, la cual presentó un comportamiento estable para esta variable, aunque las bajas temperaturas y heladas fueron determinantes en los rendimientos. En último lugar se posiciona la localidad de Com, Concepción Huista, donde los rendimientos fueron inferiores e inestables en comparación a las otras localidades, esto, debido a la topografía del terreno en el que se ubicó la parcela experimental, la cual contaba con una pendiente de 30%, lo que dificultaba las labores agrícolas, problemas en el suelo con taltuza *Orthogeomys*, que representa una plaga de suelo importante dentro de la agricultura por ocasionar daños en las raíces de las plantas. Problemas con plaga del follaje, *Diabrotica spp.* Y factores agroclimáticos como lluvias y bajas temperaturas.

**Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable, potencial de rendimiento en Kg/ha de ocho materiales y un testigo, en la localidad de San Francisco las Flores, Chiantla.**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	27	0.62	0.39	78.99

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1159404.85	10	115940.49	2.64	0.0405
Bloque	189688.81	2	94844.41	2.16	0.1478
Tratamiento	969716.04	8	121214.51	2.76	0.0399
Error	702600.46	16	43912.53		
Total	1862005.31	26			

De acuerdo al análisis de varianza (cuadro 7), se establece diferencia altamente significativa entre el rendimiento de los cultivares. Con un P-valor de 0.0399 el que se considera aceptable para el tipo de estudio y la gran diferencia de los resultados entre los tratamientos en estudio. Al haber diferencia estadística entre tratamientos, es necesario realizar una prueba de medias para determinar cuál de los tratamientos es el sobresaliente para esta variable.



**Cuadro 8. Test de Fisher para medias del potencial de rendimiento de ocho materiales y un testigo de la localidad de San Francisco las Flores.**

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=362.71452**

*Error: 43912.5287 gl: 16*

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
109	737.67	3	120.99	A
105	369.96	3	120.99	B
108	302.43	3	120.99	B
104	285.07	3	120.99	B
101	199.83	3	120.99	B
111	157.29	3	120.99	B
Testigo	129.86	3	120.99	B
117	112.67	3	120.99	B
102	92.71	3	120.99	B

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

Como se da a conocer en el cuadro 8 de la prueba de medias de Fisher, el cultivar más sobresaliente por su rendimiento es el tratamiento 109, con un rendimiento promedio de 737.67 Kg/Ha. Siento este el tratamiento con mayor significancia en cuanto a su potencial de rendimiento para esta localidad. El resto presenta un comportamiento similar entre ellos, siendo estadísticamente irrelevante representados todos con la misma letra. La parcela experimental establecida en San Francisco las Flores, contó con las condiciones de temperatura, topografía y precipitación pluvial adecuados para el desarrollo de los materiales en general; aunque gran parte de la parcela se vio afectada por los fuertes vientos, lo cual fue perjudicial debido a que las plantas de frijol tuvieron un desarrollo vegetativo superior a las plantas de maíz, cultivo que fungía como tutor del frijol, estas no soportaron el peso y con los fuertes vientos, cedieron y cayeron, esto, afectó en parte de la etapa de formación y maduración de vainas de la mayoría de los tratamientos, perjudicando de manera directa el potencial de rendimiento de los cultivos.

**Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable, potencial de rendimiento en Kg/ha de ocho materiales y un testigo, en la localidad de El Suj, Aguacatán.**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	27	0.37	0.00	92.01

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	149720.56	10	14972.06	0.92	0.5389
Bloque	6702.80	2	3351.40	0.21	0.8159
Tratamiento	143017.76	8	17877.22	1.10	0.4127
Error	260221.40	16	16263.84		
Total	409941.95	26			

El cuadro 9 presenta los resultados del rendimiento obtenido en la localidad de El Suj, Aguacatán. Donde estadísticamente no existió diferencia significativa, por lo que no fue necesario realizar una prueba de medias. Los tratamientos expresaron un comportamiento similar en cuanto al potencial de rendimiento expresado en Kg/ha. La parcela experimental en esta localidad fue afectada por factores climatológicos, donde las condiciones de falta de agua y heladas afectaron al cultivo en estudio, provocando que el metabolismo de la planta fuera más lento y su desarrollo no se diera en su totalidad, lo que provocó daños de manera directa en el potencial de rendimiento.

**Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable, rendimiento en Kg/ha de ocho materiales y un testigo, en la localidad de Com, Concepción Huista.**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	27	0.65	0.44	134.19

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	104876.51	10	10487.65	3.02	0.0238
Bloque	15581.32	2	7790.66	2.24	0.1383
Tratamiento	89295.18	8	11161.90	3.22	0.0223
Error	55535.60	16	3470.97		
Total	160412.10	26			

El análisis de varianza (cuadro 10), establece que hay diferencia significativa entre el rendimiento de los cultivares en estudio. Con un P-valor de 0.0223 el que se considera aceptable para el tipo de estudio y gran diferencia de los resultados entre los tratamientos. Al realizar el análisis de varianza y encontrar diferencias significativa entre las diferentes accesiones de frijol voluble, fue necesario realizar una prueba de medias para determinar qué cultivar es el mejor en cuanto a su potencial de rendimiento.

**Cuadro 11. Test de Fisher para medias del potencial de rendimiento de ocho materiales en Com, Concepción Huista,**

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=101.97564**

*Error: 3470.9748 gl: 16*

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>		
109	155.55	3	34.01	A	
Testigo	144.44	3	34.01	A	
111	27.26	3	34.01		B
117	27.08	3	34.01		B
101	21.70	3	34.01		B
108	7.99	3	34.01		B
105	3.82	3	34.01		B
104	3.65	3	34.01		B
102	3.65	3	34.01		B

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

Al realizarse la prueba de medias de Fisher, queda en evidencia que estadísticamente los mejores materiales en la variable potencial de rendimiento es el cultivar 109, con un rendimiento promedio de 155.5 Kg/ha seguido por el testigo para esta localidad, con 144.44 Kg/ha. Se puede indicar que son una buena alternativa para promover su producción principalmente para el autoconsumo con el fin de minimizar la inseguridad alimentaria de la población. El resto de cultivares tuvieron un comportamiento similar entre ellos, siendo éste estadísticamente insignificante para el estudio. Como puede observarse en el cuadro 11.

Además se puede inferir que las condiciones edafoclimáticas juegan un papel importante en el rendimiento obtenido. Como se ha explicado anteriormente en el cuadro 5, En la parcela experimental establecida en Com, Concepción Huista, se tuvieron problemas con plagas de suelo y follaje, con la topografía del terreno y factores climáticos como lluvia, temperatura y humedad, los cuales en algún momento del ciclo del desarrollo del cultivo fueron perjudiciales.

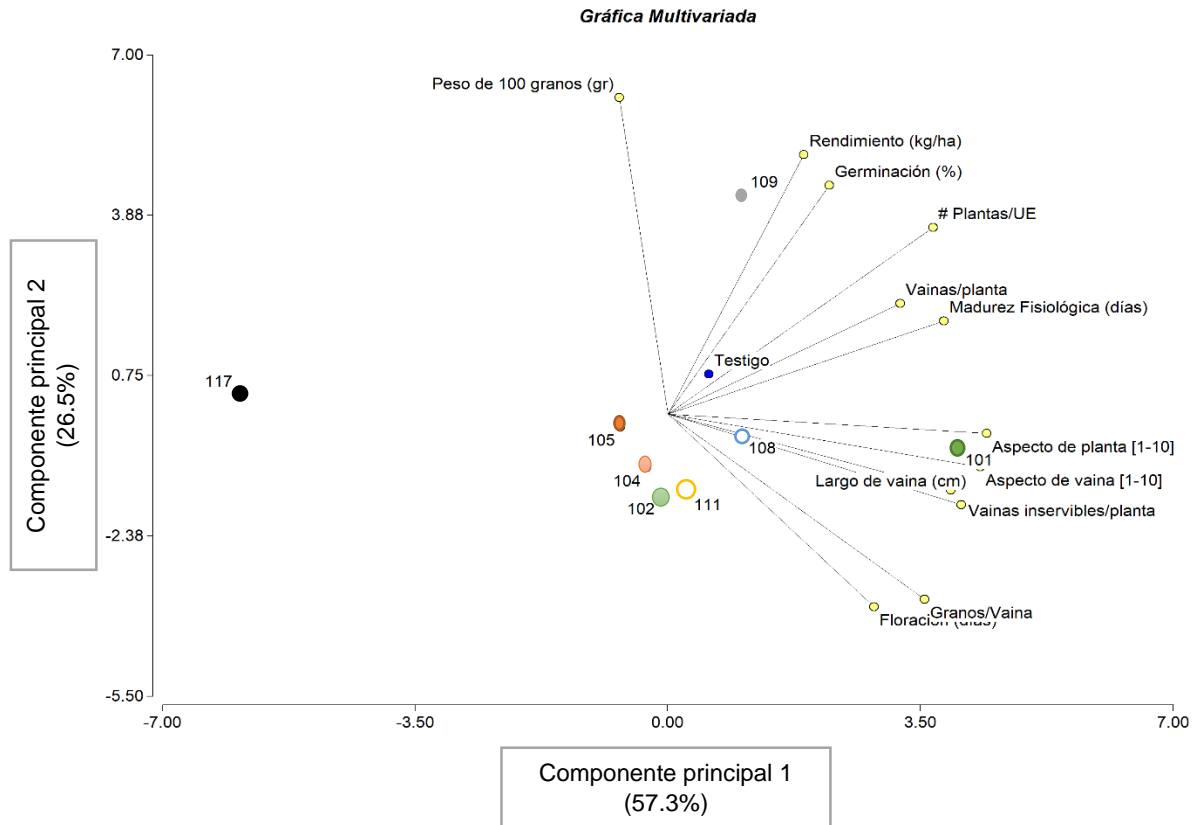
**Cuadro 12. Promedio del rendimiento de 8 materiales de frijol voluble en tres municipios de Huehuetenango.**

<b>Promedio del rendimiento de los materiales por localidad en Kg/ha</b>			
<b>Tratamiento</b>	<b>El Suj</b>	<b>San Francisco</b>	<b>Com.</b>
101	0.383	0.384	3.680
102	0.455	0.178	0.007
104	0.213	0.547	0.007
105	0.472	0.710	0.007
108	0.228	0.581	0.015
109	0.146	1.416	0.299
111	0.199	0.302	0.070
117	0.021	0.316	0.052
Testigo	0.276	0.249	0.277

En el cuadro se dan a conocer los promedios de los rendimientos de los cultivares utilizados en las tres localidades, los cuales están expresados en kg/ha. Es notable que el material 109 destaca con respecto a los demás y que la localidad con más altos rendimientos fue San Francisco Las Flores, Chiantla, presentando los más altos rendimientos en la mayoría de los cultivares evaluados.

## 8.2. Características agronómicas.

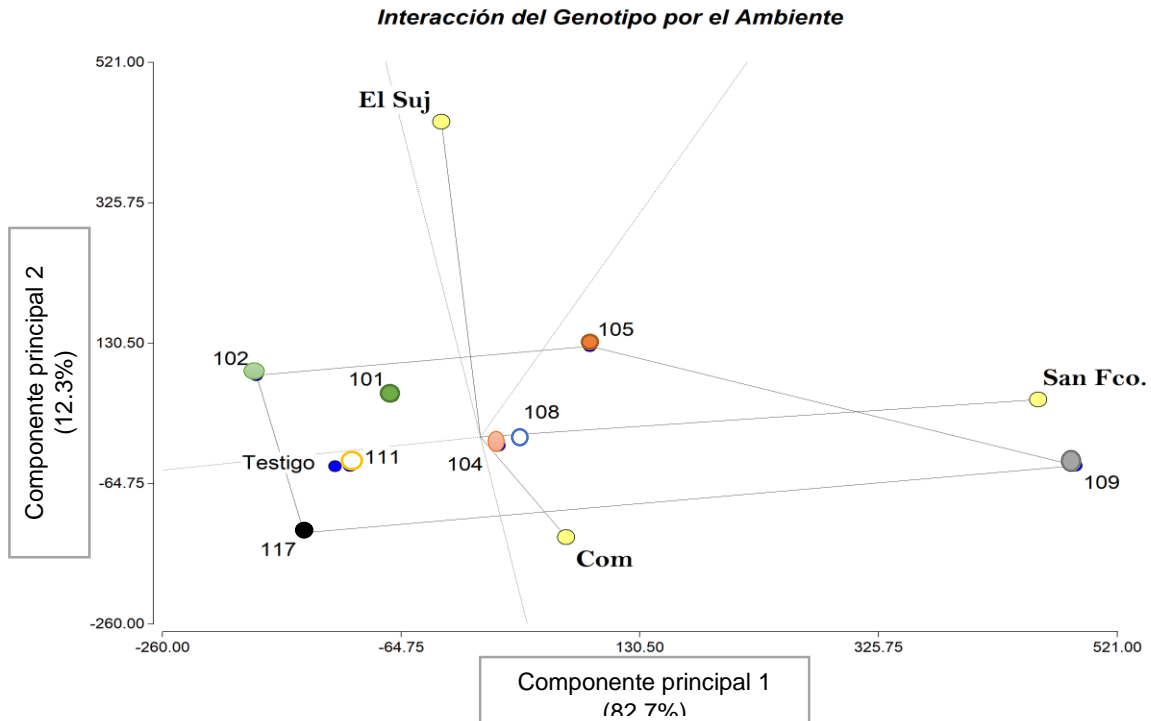
**Figura 6. Análisis de componentes principales. Gráfica multivariada de variables cualitativas y cuantitativas y rendimiento de ocho cultivares y un testigo en tres localidades del departamento de Huehuetenango.**



*Figura 6. Componentes principales, gráfica multivariada de variables cualitativas y cuantitativas.*

La figura 6, da a conocer el comportamiento de los materiales según sus variables y la relación entre las mismas, según su cercanía entre los puntos que las representan. Para el caso del material 117, es el más alejado, esto quiere decir que es el que menos se relaciona con el resto de materiales y sus variables. El material 109 es el que más cerca se encuentra de la variable rendimiento y peso de 100 granos, lo cual es razonable debido al tamaño del grano y su rendimiento reportado. En el caso del tratamiento 101, se relaciona mejor con las variables: aspecto de planta, aspecto de vaina y largo de vaina, lo cual indica que en este cultivar estas variables presentaron un mejor comportamiento en cuanto al desarrollo del cultivo. El testigo, tratamientos 108, 111, 102, 104 y 105 se relacionan de forma similar con todas las variables.

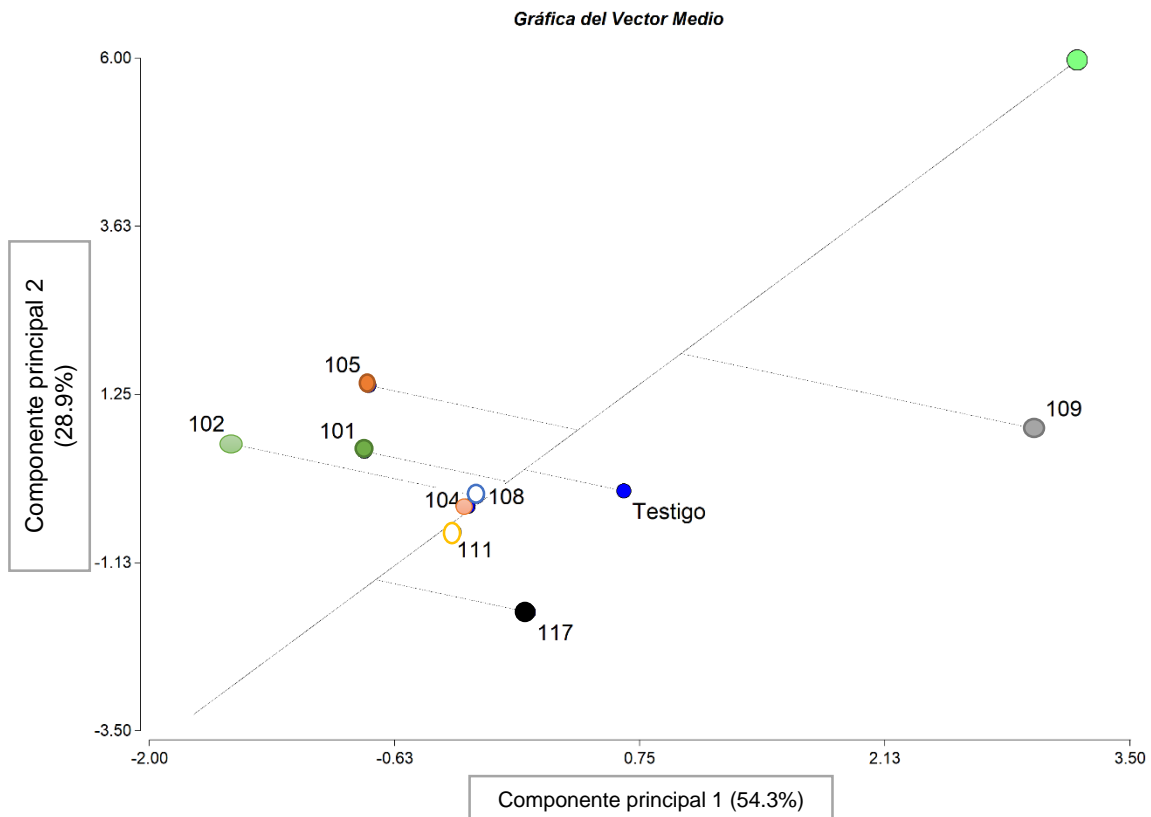
**Figura 7. Análisis de componentes principales, Interacción del genotipo con el ambiente. De ocho cultivares y un testigo en tres localidades del departamento de Huehuetenango.**



*Figura 7. Análisis de componentes principales, Interacción genotipo-ambiente.*

La figura 7 es una representación visual del comportamiento en general de los cultivares en cada localidad. La totalidad de la información sobre el promedio de los rendimientos y variables cuantitativas y cualitativas por localidad, de tal modo que se pueda percibir fácilmente los hechos esenciales y compararlos con los otros. Los genotipos se agrupan en ambientes según la relación de las variables. En los vértices del polígono se ubican los genotipos con mayor interacción, por lo tanto, mayor adaptación específica a los ambientes del sector correspondiente. Así, los genotipos más estables son los que se encuentran más cercanos al origen, y al alejarse de éste, su comportamiento es más variable. En el caso del ambiente, El Suj, no hay un genotipo ganador, sin embargo, pueden recomendarse los tratamientos 102, 105 y 101, los cuales se desarrollaron de manera aceptable en este ambiente. En el caso de San Francisco es recomendable el genotipo 109, 105 y 108 y en el ambiente Com, los cultivares con mejor interacción con el ambiente fueron los 109, 117 y testigo para esa localidad.

**Figura 8. Análisis de componentes principales. Gráfica del vector medio, de ocho cultivares y un testigo en tres localidades del departamento de Huehuetenango.**



*Figura 8. Análisis de componentes principales, Gráfica del vector medio.*

La figura 8 corresponde a la del vector medio, la cual representa un ambiente promedio de las tres localidades, la cual indica la estabilidad y rendimiento de los materiales evaluados. Mientras más cerca de los puntos extremos del vector se encuentren los materiales, indica el rendimiento del cultivar. En cuanto más se separe de la línea del vector medio, más inestable es. Los rendimientos varían de localidad a localidad. Como se observa en la gráfica anterior, los tratamientos más estables son los 104, 108 y 111, los cuales se encuentran situados más cerca de la línea del vector, lo que indica estabilidad; el genotipo que se identifica como más rendidor según la gráfica, es el 109, siendo el que se ubica más cerca del punto extremo del vector.



### 8.3. Análisis Sensorial

#### a) Variable, Sabor del caldo.

**Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable sabor del caldo, de cuatro materiales seleccionados.**

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Sabor de caldo	104	0,45	0,24	14,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	7,54	28	0,27	2,16	0,0044
Persona	5,95	25	0,24	1,91	0,0168
Cultivar	1,59	3	0,53	4,26	0,0079
Error	9,34	75	0,12		
<u>Total</u>	<u>16,89</u>	<u>103</u>			

Se puede observar en el cuadro 13, que existe una diferencia altamente significativa al 1% de probabilidad de error para los tratamientos evaluados y una diferencia significativa al 5% de probabilidad de error para los panelistas. De acuerdo con estos resultados se puede indicar que al menos un cultivar de frijol voluble, sensorialmente es aceptado por la población de la localidad de Climentoro, Aguacatán, Por consiguiente, fue necesaria la realización de una prueba de medias de Tukey para identificar los tratamientos que estadísticamente fueron superiores en cuanto a la aceptación.

**Cuadro 14. Test de Tukey para medias de cuatro materiales evaluados sensorialmente para la variable, sabor del caldo.**

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,20095

Error: 0,0760 gl: 75

Cultivar	Medias	n	E.E.	
Cod. 101/ Variables	2,93	26	0,07	A
Cod. 109/ Variables	2,59	26	0,07	B
Cod. 111 / Variables	2,42	26	0,07	B
Cod. 117 / Variables	2,37	26	0,07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

De acuerdo con la prueba de medias de Tukey, el cultivar 101 tiene mayor aceptabilidad en cuanto a la variable sabor del caldo, con un calificativo de 2,93 lo cual dentro de la variable sabor del caldo se sitúa dentro de la escala de bueno; considerándose como material tipo A, sobresaliente, seguido por el cultivar 109, quedando con los otros dos materiales sin sobresalir de acuerdo al criterio de los panelistas, obteniendo un calificativo que corresponde a la escala de regular. Como se observa en el cuadro 14.

**Figura 9. De aceptabilidad para la variable sabor del caldo de cuatro materiales promisorios de la investigación.**

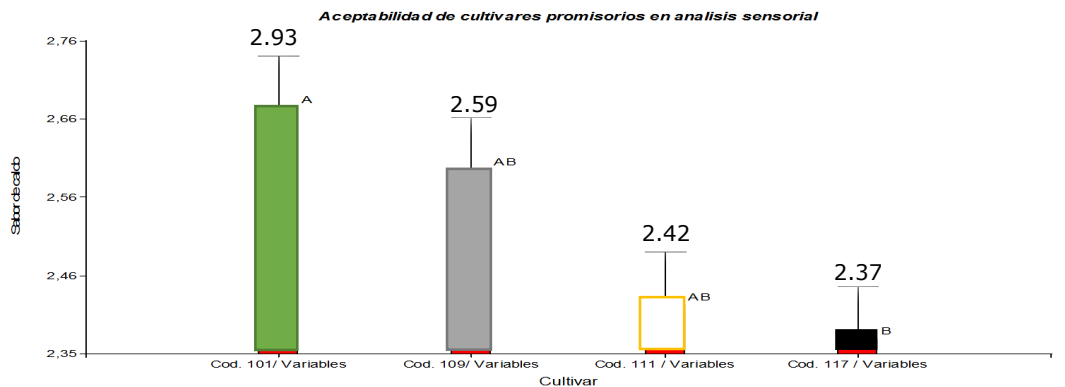


Figura 9. Aceptabilidad para variable sabor de caldo.

En la Figura 9 se demuestra que el cultivar sobresaliente en la variable sabor del caldo es el 101 calificado como “bueno”, el cual demostró mejores características en esta variable en comparación con el resto.

**b) Variable, espesor del caldo.**

**Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable, espesor del caldo, de cuatro materiales seleccionados.**

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Espesor del Caldo	104	0,58	0,42	10,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,32	28	0,26	3,66	<0,0001
Persona	5,42	25	0,22	3,03	0,0001
Cultivar	1,90	3	0,63	8,88	<0,0001
Error	5,36	75	0,07		
Total	12,68	103			

Se puede observar en el cuadro 15, que existe una diferencia altamente significativa al 1% de probabilidad de error para los tratamientos evaluados. De acuerdo con estos resultados se puede indicar que al menos un cultivar de frijol voluble, sensorialmente es aceptado por la población de la localidad de Climentoro, Aguacatán, Por consiguiente es necesaria la realización de una prueba de medias de Tukey para identificar los tratamientos que estadísticamente fueron superiores en cuanto a la aceptación.

**Cuadro 16. Test de Tukey para medias de cuatro materiales evaluados sensorialmente, para la variable, espesor del caldo.**

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,19479

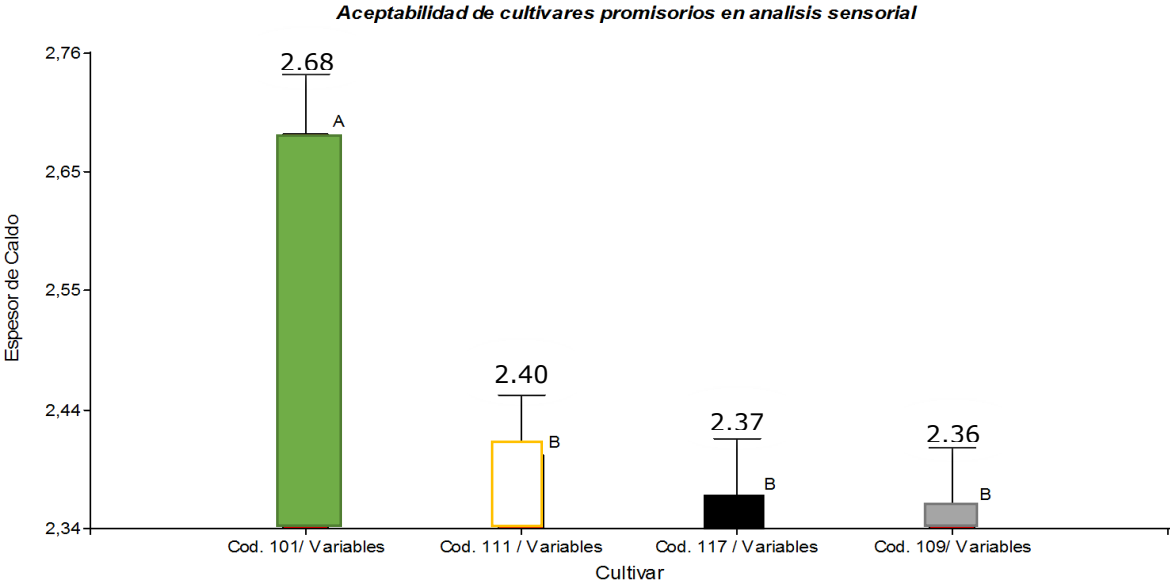
Error: 0,0714 gl: 75

Cultivar	Medias	n	E.E.	
Cod. 101/ Variables	2,68	26	0,05	A
Cod. 111 / Variables	2,40	26	0,05	B
Cod. 117 / Variables	2,37	26	0,05	B
Cod. 109/ Variables	2,36	26	0,05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Los resultados de la prueba de medias de Tukey a un nivel de significancia del 1% indican que el cultivar 101, estadísticamente es superior en aceptación, con un calificativo de 2,68 el cual se sitúa dentro de la escala de “Espeso” superando a los Cultivares 111, 117 y 109 que estadísticamente son iguales en aceptación, obteniendo un calificativo que corresponde a la escala de “Ralo”.

**Figura 10. De aceptabilidad para la variable espesor del caldo, de cuatro materiales promisorios de la investigación.**



*Figura 10. Aceptabilidad para la variable, espesor del caldo.*

Para la variable espesor, el material evaluado con mayor aceptación por los panelistas fue el cultivar con el código 101, con una notable diferencia con respecto a los otros tres materiales, habiendo entre ellos una aceptación similar, como se observa en la figura 10.

**c) Variable, consistencia de grano.**

**Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable, consistencia de grano, de cuatro materiales seleccionados.**

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Consistencia de Grano	104	0,70	0,59	10,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13,29	28	0,47	6,24	<0,0001
Persona	3,02	25	0,12	1,59	0,0643
Cultivar	10,26	3	3,42	44,99	<0,0001
Error	5,70	75	0,08		
Total	18,99	103			

Se puede observar en el cuadro 17, que existe una diferencia altamente significativa al 1% de probabilidad de error para los tratamientos evaluados. De acuerdo con estos resultados se puede indicar que al menos un cultivar de frijol voluble, para la variable consistencia de grano es aceptado por la población de la localidad de Climentoro, Aguacatán, Por consiguiente, es necesaria la realización de una prueba de medias de Tukey para identificar los tratamientos que estadísticamente fueron superiores en cuanto a la aceptación.

**Cuadro 18. Test de Tukey para medias de cuatro materiales evaluados sensorialmente, para la variable, consistencia de grano.**

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,20095

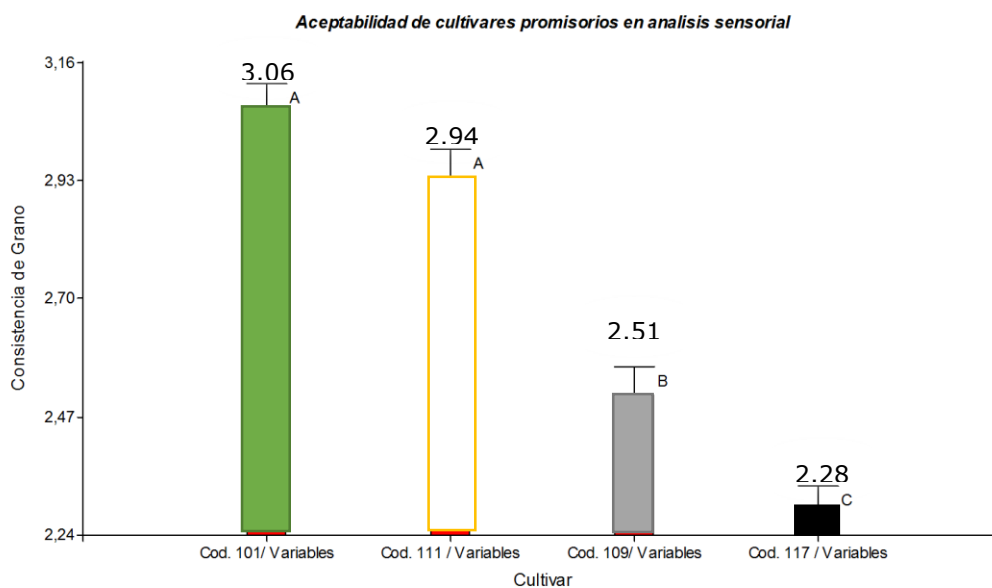
Error: 0,0760 gl: 75

Cultivar	Medias	n	E.E.	
Cod. 101/ Variables	3,06	26	0,05	A
Cod. 111 / Variables	2,94	26	0,05	A
Cod. 109/ Variables	2,51	26	0,05	B
Cod. 117 / Variables	2,28	26	0,05	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Los resultados de la prueba de medias de Tukey a un nivel de significancia del 1% indican que los Cultivares 101 y 111, estadísticamente son superiores en aceptación e iguales entre ellos en cuanto a la variable consistencia de grano, obteniendo un calificativo de 3,06 y 2,94 que corresponde a la escala de “suave agradable”, superando a los materiales 109 y 117, los cuales obtuvieron un calificativo de aceptación de 2,51 y 2,28, respectivamente, lo cual los sitúa dentro de la escala de “duro agradable”.

**Figura 11. Aceptabilidad para la variable consistencia de grano, de cuatro materiales promisorios de ocho cultivares de frijol voluble.**



*Figura 11. Aceptabilidad para la variable, consistencia de grano.*

En la figura 11 se observa claramente la diferencia entre cada tratamiento en la aceptabilidad de consistencia de grano, los cultivares 101 y 111 representados con la letra A como indicativo de mayor aceptabilidad en comparación a los otros dos, entre los cuales hay diferencia estadística.

## IX. Conclusiones

1. Con base al potencial de rendimiento, existe diferencia estadística significativa entre los cultivares evaluados, siendo el cultivar 109 el que presentó un mayor rendimiento, con un promedio de 323.03 Kg/ha.
2. De acuerdo al análisis de varianza para las tres localidades, la de San Francisco las Flores, Chiantla, es la parcela experimental más sobresaliente, debido a que en ella los cultivares reportaron mejor desarrollo fenológico, producción de vaina y grano.
3. De acuerdo a la relación entre tratamientos y variables, el que mejor se relaciona con la variable de rendimiento es el cultivar 109; los cultivares 108, 111, 102, 104 y 105 se relacionan de forma similar con todas las variables.
4. Conforme al análisis de interacción de los genotipos por ambientes de acuerdo a su interacción con las variables, en la localidad de Com, destacan los materiales 117 y el testigo. En el ambiente San Francisco las Flores, se recomiendan los genotipos 109 y 105 por su alto rendimiento; y para el ambiente El Suj los genotipos 101, 102 y 105.
5. De acuerdo con la gráfica del vector medio, los cultivares que reportaron más estabilidad en un ambiente promedio de las tres localidades fueron los 104, 108 y 111. Y el más rendidor fue el genotipo 109, ubicándose más cerca del punto extremo del vector.
6. A juzgar por la prueba sensorial realizada, los tratamientos con mayor aceptabilidad fueron los 101 y 111, los que destacaron en las tres variables evaluadas, sabor de caldo, espesor de caldo y consistencia de grano. Con los calificativos de bueno, espeso y suave agradable; respectivamente.

## X. Recomendaciones

1. Se recomienda el uso para siembra del material 109 en las tres localidades por reportar un promedio alto de rendimiento en comparación con los otros cultivares evaluados, el cual corresponde a 323.03 Kg/ha.
2. Promover dentro de la dieta el consumo del cultivar 101 por reportar mayor aceptación en las tres variables evaluadas sensorialmente. Sabor del caldo, espesor del caldo y consistencia de grano.
3. Hacer un análisis bromatológico de los cultivares 101 y 109 para conocer sus propiedades nutricionales.
4. Se recomienda la socialización de resultados de esta investigación con los agricultores procedentes de las tres localidades en estudio, esto, a través de la Asociación de Organizaciones de Los Cuchumatanes, ASOCUCH.
5. En próximas investigaciones relacionadas con el presente estudio, se recomienda medir la afectación del cultivo de maíz, como consecuencia de su uso como tutor de los diferentes cultivares de frijol voluble.



## XI. Bibliografía

1. Alvarez Pacheco, CA. 1988. Evaluación de nitrógeno, potasio y densidad de siembra, en el rendimiento del frijol ejotero (*P. vulgaris* L.) variedad CTA California 124c en San Sebastián, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 44 p.
2. ANACAFE (Asociación Nacional del café, Guatemala) 2014. Muestreo de suelos. Consultado el 5 Jul. 2016. (en línea). Disponible en [http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Muestreo\\_de\\_suelos](http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Muestreo_de_suelos)
3. BCH (Biosafety Clearing House, Guatemala) 2012. Frijol voluble en Guatemala. (en línea). Consultado el 3 Jun. 2016. Disponible en. <http://www.bchguatemala.gob.gt/Members/Esolorzano/mis-docs-2014/modulos-de-cultivos-nativos-de-guatemala-y/Modulo%20Frijol.pdf>
4. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia). 1980. El frijol en el plato: mejor nutrición y preferencias del consumidor. (en línea). Consultado el 8 Jun. 2016. Disponible en [www.AgroSalud.org](http://www.AgroSalud.org)
5. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia). 2010. América Latina: más población y menos frijol per cápita. (en línea). Consultado el 8 Jun. 2016. Disponible en [www.AgroSalud.org](http://www.AgroSalud.org)
6. CIAT (Centro internacional de agricultura Tropical, Colombia). 2007. Guía para la evaluación sensorial de alimentos. (en línea). Consultado el 8 Jun. 2016. Disponible en [www.AgroSalud.org](http://www.AgroSalud.org)
7. DeGuate. 2011. Altiplano de Guatemala. (en línea). Consultado 23 Abr. 2016. Disponible en <http://www.deguate.com/municipios/pages/huehuetenango/chiantla/recursos-naturales.php#.Vx6xW9ThDIV>
8. DeGuate. 2013. Frijol en Guatemala. (en línea). Consultado el 22 Abr. 2016. Disponible en. <http://www.deguate.com/artman/publish/produccionguatemala/produccion-de-frijol-en-guatemala.shtml#.VxmQHdThDIW>

9. DeGuate. 2014. Recursos naturales. (en línea). Consultado el 22 Feb. 2016. Disponible en <http://www.deguate.com/municipios/pages/huehuetenango/chiantla/recursos-naturales.php#.VtDkLH3hDIV>
10. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Colombia) 2008. Buenas prácticas agrícolas en la producción de Frijol voluble. (en línea). Consultado el 22 Feb. 2016. Disponible en <http://www.fao.org.co/manualfrijol.pdf>
11. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Colombia) 2010. Manejo agronómico. (en línea). Consultado el 24 Feb. 2016. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1359s/a1359s03.pdf>
12. Guatepymes (Tu comunidad de negocios). 2014. El Suj aldea de Aguacatán. (en línea). Consultado el 5 Mar. 2014. Disponible en <http://www.guatepymes.com/geodic.php?keyw=11544>
13. Guatepymes (Tu comunidad de negocios). 2014. Aldea Com de Concepción Huista. (en línea). Consultado 5 Mar. 2014. Disponible en <http://www.guatepymes.com/geodic.php?keyw=11544>
14. ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, Guatemala). 2010. Producción comercial y de semilla de frijol. (en línea). Consultado el 23 Feb. 2016. Disponible en <http://www.icta.gob.gt/granosBasicos/produccionSemillaFrijol.pdf>
15. Instituto Histórico de la Universidad de Chile, Chile. 2009. Hábito de crecimiento del frijol. (en línea). Consultado el 6 Jul. 2016. Disponible en [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/cultivos/legumino/frejol/crecimie.htm](http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/frejol/crecimie.htm)
16. IUMA (Master Tecnología y Comunicación, España). 2013. Diseño experimental bloques al azar. (en línea). Consultado el 24 Feb. 2016. Disponible en [http://www.iuma.ulpgc.es/~nunez/mastertecnologiastelecomunicacion/Tema3DisenodeExperimentos/doe-4-bloques\\_al\\_azar.pdf](http://www.iuma.ulpgc.es/~nunez/mastertecnologiastelecomunicacion/Tema3DisenodeExperimentos/doe-4-bloques_al_azar.pdf)

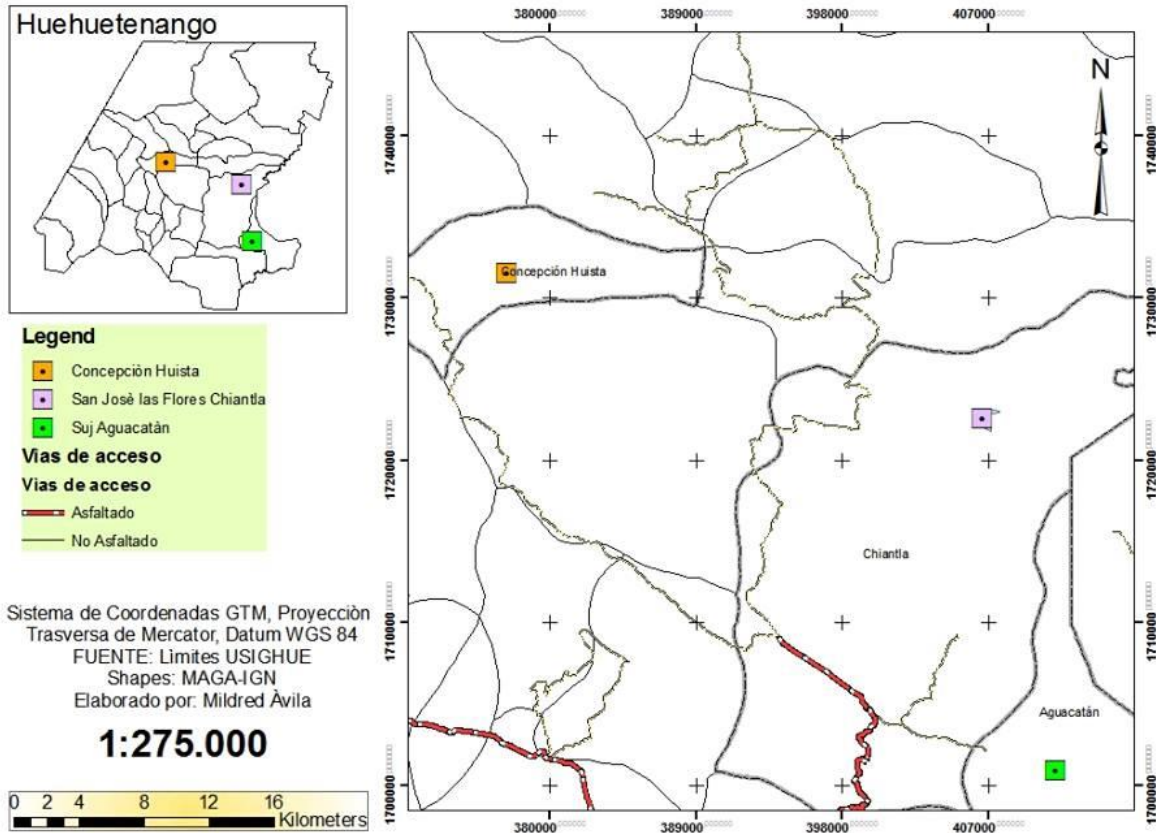
17. Medicina Natural. 2014. Contenido nutricional del frijol. (en línea). Consultado el 1 Jun. 2016. Disponible en <http://naturalmedicina.net/frijoles.html>
18. Ospina, H. 1984. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 49 p.
19. Peña Hernández, A. 1997. Evaluación de catorce líneas de frijol *Phaseollus acutifolius* Gray en tres localidades del Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 30 - 33.
20. Poey, DF. 1970. Los componentes del rendimiento y su aplicación en la investigación de cultivares. Guatemala, Intituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas. Boletín Técnico no. 3. 17 p.
21. Prat, RC; Nabhan, GP. 1988. Evolution and diversity of *Phaseolus acutifolius* genetic resources in genetic of *Phaseolus* beans. Ed. ed by Gepts. US, International Breeding Genetic Resources Institute. s.p.
22. Ramos, L; Talavera, T; López M de J. 1992. Uso del análisis químico para la determinación de la fertilidad de suelos en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Colombia, CIAT. p. 4, 9-28.
23. Santiago Rodríguez, OH. 1996. Evaluación de la adaptabilidad del frijol terciopelo *Stizolobium deeringianum* como cultivo de cobertura y abono verde, intercalado dentro del sistema de Producción de maíz-frijol de relevo, en el municipio de San Juan Ermita, Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 16 p.
24. SCIELO (Scientific Electronic Library Online, Costa Rica). 2010. Evaluación sensorial de frijol. (en línea). Consultado el 9 Jun. 2016. Disponible en [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212010000200007](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000200007)
25. Simmons, CH; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto agropecuario Nacional. 1000 p.
26. Sitún Alvizurez, M. 1996. Guía para el análisis económico de resultados experimentales. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 1-12.

27. Standley, P; Steyermark, JA. 1946. Flora of Guatemala. Chicago, US, Chicago Natural History Museum. Fieldiana Botany. v. 24, pte. 5. p. 332-335.
28. Taringa. 2012. Origen del frijol. (en línea). Consultado 23 Abr. 2016. Disponible en <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/14232926/El-origen-del-frijol.html>
29. UOC (Universidad Oberta de Catalunya, España) 2010. Componentes principales. (en línea). Consultado el 4 Jun. 2016. Disponible en [http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Componentes\\_principales.pdf](http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Componentes_principales.pdf)
30. Watts, B. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Canadá, Internacional Development Research Center. 245 p.
31. Wikipedia, La enciclopedia libre. 2011. Sierra de los Cuchumatanes. (en línea). Consultado 23 Abr. 2016. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Sierra\\_de\\_los\\_Cuchumatanes](https://es.wikipedia.org/wiki/Sierra_de_los_Cuchumatanes)
32. Wikipedia, La enciclopedia libre. 2015. Análisis de varianza multivariable. (en línea). Consultado el 16 Abr. 2016. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_multivariante\\_de\\_la\\_varianza](https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_multivariante_de_la_varianza)
33. Wikibooks, La enciclopedia libre. 2014. Análisis sensorial. (en línea). Consultado el 8 Jun. 2016. Disponible en [https://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_Sensorial\\_de\\_Alimentos/Texto\\_completo](https://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis_Sensorial_de_Alimentos/Texto_completo)
34. Wittin de penna, E. 1997. Evaluación sensorial una metodología actual para tecnología de alimentos. Chile, Universidad Católica de Chile. 134 p.

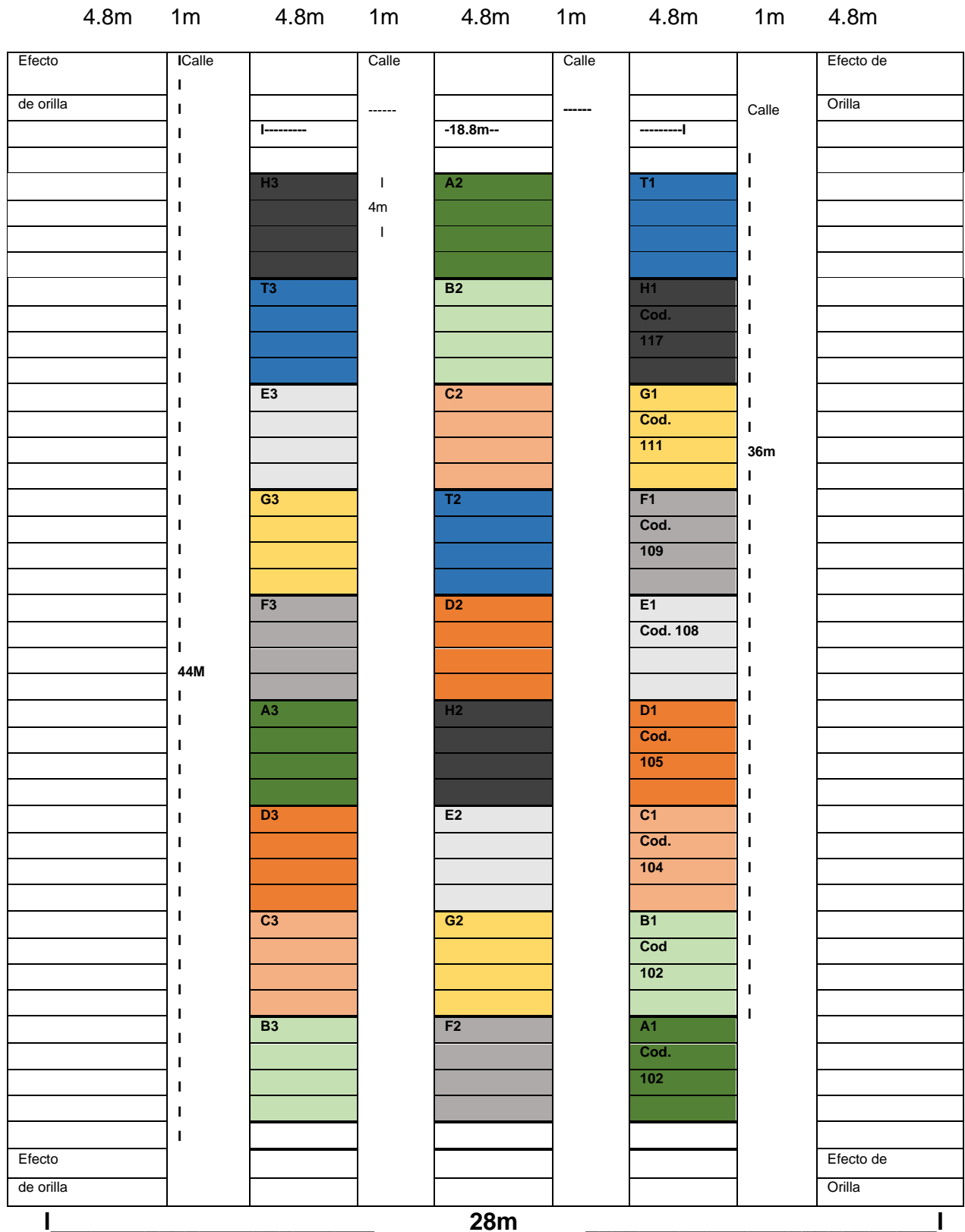
## XII. Anexos

### Anexo "A". Croquis de las áreas utilizadas.

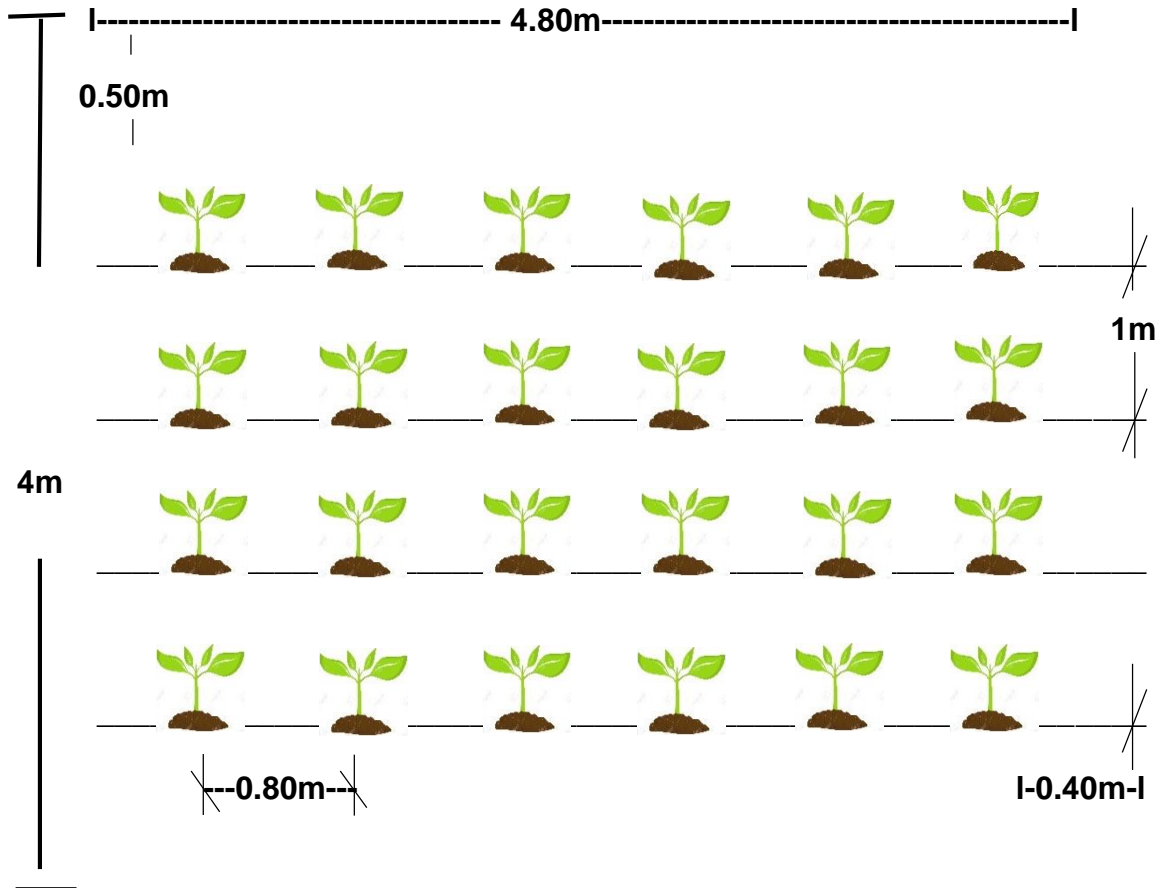
#### Ubicación Geográfica y Administrativa de las tres áreas en estudio






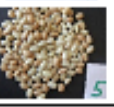
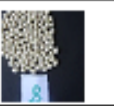



### Anexo "B". Croquis de distribución de tratamientos en parcelas.



**Anexo "C". Croquis de distribución de tratamientos en cada unidad experimental.**



## Anexo “D”. Pasaporte de colección de Frijol voluble en la Sierra de los Cuchumatanes.

ENTRADA	VARIEDAD Y SINÓNIMO	FUENTE DE LA VARIEDAD	PAIS ORIGEN	INSTITUCIÓN RECOLECTORA	LUGAR	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD M.S.N.M.	CANTIDAD COLECTADA	FOTOGRAFÍA
101	frijoles volubles nativos	Parte alta del municipio de Aguacatán H.	Guatemala	Cooperativa Joya Hermosa	cantón Cifuentes, aldea el Suj Aguacatán Huehuetenango.	15.39518	91.32748	2578	1 libra	
102	frijoles volubles nativos	Parte alta del municipio de Aguacatán H.	Guatemala	Cooperativa Joya Hermosa	cantón Cifuentes, aldea el Suj Aguacatán Huehuetenango.	15.39513	91.32854	2548	1 libra	
104	frijoles volubles nativos	Parte alta del municipio de Aguacatán H.	Guatemala	Cooperativa Joya Hermosa	cantón Cifuentes, aldea el Suj Aguacatán Huehuetenango.	15.39518	91.32748	2578	1/2 libra	
105	frijoles volubles nativos	Parte alta del municipio de Aguacatán H.	Guatemala	Cooperativa Joya Hermosa	cantón Cifuentes, aldea el Suj Aguacatán Huehuetenango.	15.39371	91.32885	2638	1/2 libra	
108	frijoles volubles nativos	Parte alta del municipio de Aguacatán H.	Guatemala	Cooperativa Joya Hermosa	cantón Cifuentes, aldea el Suj Aguacatán Huehuetenango.	15.39513	91.32854	2548	1/2 libra	
109	frijoles volubles nativos	Parte alta del municipio de Aguacatán H.	Guatemala	Cooperativa Joya Hermosa	aldea Climento ro Aguacatán, Huehuetenango.	15.39383	91.33057	2703	1 libra	
111	frijoles volubles nativos	Parte alta del municipio de Aguacatán H.	Guatemala	Cooperativa Joya Hermosa	cantón Cifuentes, aldea el Suj Aguacatán Huehuetenango.	15.39513	91.32854	2548	1/2 libra	
117	frijoles volubles nativos	Parte alta del municipio de Aguacatán H.	Guatemala	Cooperativa Joya Hermosa	cantón Cifuentes, aldea el Suj Aguacatán Huehuetenango.	15.39518	91.32748	2578	1 libra	



Anexo “E”. Boleta de evaluación sensorial a caldos de frijol voluble.



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE NOROCCIDENTE**  
**Boleta de evaluación sensorial a caldos de frijol**  
**voluble**

**Instrucciones:** Por favor marque con una X, sobre la carita que mejor describa su opinión sobre el producto que acaba de probar en cada una de las tres variables. Deberá dejar un tiempo de 3 minutos en la degustación de cada muestra, debiendo consumir galleta y beber agua.

Cod. muestra 101	Cod. Muestra 109	Cod. Muestra 111	Cod. Muestra 117
<b>Sabor de Caldo</b>	<b>Sabor de Caldo</b>	<b>Sabor de Caldo</b>	<b>Sabor de Caldo</b>
10=Muy Bueno	10=Muy bueno	10=Muy bueno	10=Muy Bueno
8= Bueno	8= Bueno	8= bueno	8= Bueno
6= Regular	6= Regular	6= Regular	6= Regular
4= Malo	4= Malo	4= Malo	4= Malo
2= muy malo	2= muy malo	2= muy malo	2= muy malo
<b>Espesor de caldo</b>	<b>Espesor de caldo</b>	<b>Espesor de caldo</b>	<b>Espesor de caldo</b>
10= Normal	10= Normal	10= Normal	10= Normal
8=Espeso	8=Espeso	8=Espeso	8=Espeso
6=Ralo	6=Ralo	6=Ralo	6=Ralo
4=Muy ralo	4=Muy ralo	4=Muy ralo	4=Muy ralo
2=Muy espeso	2=Muy espeso	2=Muy espeso	2=Muy espeso
<b>Consistencia de grano</b>	<b>Consistencia de grano</b>	<b>Consistencia de grano</b>	<b>Consistencia de grano</b>
10= suave agradable	10= suave agradable	10= suave agradable	10= suave agradable
8= suave desagradable	8= suave desagradable	8= suave desagradable	8= suave desagradable
6=duro agradable	6=duro agradable	6=duro agradable	6=duro agradable
4= Duro desagradable	4= Duro desagradable	4= Duro desagradable	4= Duro desagradable

**Comentarios:**

---

Anexo "F". Resultados de análisis de suelos de las tres parcelas utilizadas.  
 Resultado de laboratorio de análisis de suelo para parcela de El Suj Aguacatán



ORDEN: 24 - 368 ANALISIS: AS-2  
 CLIENTE: PEQUEÑOS PRODUCTORES,  
 FINCA: ELSUJ  
 LOCALIZACIÓN: AGUACATÁN HUEHUETENANGO  
 CULTIVO: CAFE  
 Fecha de Ingreso: 09/11/2016 Fecha de Ejecución: 17/11/2016 12:36 Fecha de Impresión: 21/11/2016

Informe de Resultados de Análisis de Suelos

No.	MUESTRA UNICA	pH	mg/L			Cmol(+) / L			mg/L			%		
			Boro	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Cobres	%Al	Hierro	Manganeso	Zinc	M.O.
900	MUESTRA UNICA	5.5-6.5	1-5	15-30	0.2-1.5	4-20	1-10	10-100	0.1-2.5	0.3-1.5	20-150	0-50	0.2-2	3-6
		6.05	0.02	7.72	0.54	8.30	2.79	8.44	0.99	0.10	18.43	11.21	0.35	6.02

\*A.L.-Acidez Intercambiable (Hidrogeno + Aluminio)  
 \*M.O.- Materia Organica  
 \*C.S.-Concentración de sales

Muestra	Niveles Adecuados	Porcentaje de Saturación en la CICE										Equilibrio de Bases			Nomenclatura				
		*CICE	K	Ca	Mg	A.L	Ca/K	Mp/K	Ca/Mg	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	Al	Mg	Ca	K	Al	Mg	Ca	K
900	MUESTRA UNICA	11.73	4.00	70.76	23.79	0.85	15.37	5.17	2.97	20.54									

\*CICE=Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo

- Solución extractante para Acidez Intercambiable con : KCl 1 Normal, cuantificación por volumetría.
- Solución extractante para Azufre y Boro: ácido acético de calcio, cuantificación por espectrofotometría visible
- Solución extractante para Calcio, Magnesio: KCl 1 Normal, cuantificación por Absorción Atómica
- Solución extractante para Cobres, Hierro, Manganeso y Zinc con : DTPA (ácido dietiltriacetatrilico), cuantificación por Absorción Atómica
- Solución extractante para Fósforo: OLSEN MODIFICADO, cuantificación por espectrofotometría visible
- Solución extractante para Potasio con : OLSEN MODIFICADO, cuantificación por Absorción Atómica

*[Firma manuscrita]*  
 Ing. Doris R. Cordero de Anábal  
 Coordinador de Anábal

- Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio y en su impresión ORIGINAL.
- Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.
- El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este Informe
- La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



ORDEN: 24 - 367 ANÁLISIS: AS-2  
 CLIENTE: PEQUEÑOS PRODUCTORES,  
 FINCA: CONCEPCIÓN  
 LOCALIZACIÓN: CONCEPCIÓN HUISTA HUEHUETENANGO  
 CULTIVO: CAFE  
 Fecha de Ingreso: 09/11/2016 Fecha de Ejecución: 17/11/2016 12:36 Fecha de Impresión: 18/11/2016

Informe de Resultados de Análisis de Suelos

Nº.	Identificación de la Muestra	mg/L					Cmol(+)/L					mg/L					%
		pH	Boro	Fósforo	Potasio	Cálcio	Magnesio	Azúfre	Cobre	Al	Hierro	Manganeso	Zinc	M.O.			
505	LOTE MUESTRA UNICA	5.5-6.5	1-5	15-30	0.2-1.5	4-20	1-10	10-100	0.1-2.5	0.3-1.5	20-150	8-40	0.2-2	3-6			
	Niveles Adecuados -->	0.59	0.15	8.07	0.06	16.79	3.94	12.38	0.20	0.06	18.49	2.12	1.20	13.51			

\*A.L.- Ácidos Intercambiable (Hidrógeno + Aluminio)

\*M.O.- Materia Orgánica

\*C.S.- Concentración de sales

Muestra	Cmol(+)/L				Porcentaje de Saturación en la CICE				Equilibrio de Bases				Nomenclatura				
	*CICE	K	Ca	Mg	Ca/K	Ca/Al	Mg/K	Ca/Mg	Ca/Mg	Mg/K	Ca/Mg	Ca/Mg	Ca/Mg	Ca/Mg	Ca/Mg	Ca/Mg	Ca/Mg
505	21.45	3.08	78.28	18.37	0.28	25.44	5.97	4.26	31.41								

\*CICE-Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo

Solución extractante para Ácidos Intercambiable con : KCl 1 Normal, cuantificación por volumetría.

Solución extractante para Azufre y Boro: sulfato ácido de calcio, cuantificación por espectrofotometría visible

Solución extractante para Calcio, Magnesio: KCl 1 Normal, cuantificación por Absorción Atómica

Solución extractante para Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc con : DTRA (ácido dietilaminoetilenoico), cuantificación por Absorción Atómica

Solución extractante para Fósforo: OLSEN MODIFICADO, cuantificación espectrofotométrica visible

Solución extractante para Potasio con : OLSEN MODIFICADO, cuantificación por Absorción Atómica

- 1.- Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio y en su impresión ORIGINAL
- 2.- Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.
- 3.- El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe
- 4.- La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

ORDEN: 24 - 370 ANALISIS: AS-2  
 CLIENTE: PEQUEÑOS PRODUCTORES,  
 FINCA: SAN FRANCISCO  
 LOCALIZACIÓN: CHIANTLA HUEHUETENANGO  
 CULTIVO: CAFE  
 Fecha de Ingreso: 09/11/2016 Fecha de Ejecución: 17/11/2016 12:36 Fecha de Impresión: 21/11/2016

**Informe de Resultados de Análisis de Suelos**

No.	Identificación de la Muestra	mg/L										Cmol(+) / L		mg/L		%					
		pH	Boro	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Cobre	Acúfe	10-100	1-10	*Al	Hierro	Manganeso	Zinc	M.O.	%				
967	LOTE MUESTRA UNICA	5.5-6.5	1-5	15-30	0.2-1.5	4-20	1-10	0.1-2.5	0.3-1.5	20-150	8-80	0.2-2	3-6	0.05	9.76	1.57	0.05	25.72	8.79	1.82	10.50

\*A.L.- Acidez intercambiable (Hidrogeno + Aluminio)  
 \*M.O.- Materia Organica  
 \*C.S.-Concentración de sales

Muestra	Niveles Adecuados	Porcentaje de Saturación en la CICE										Equilibrio de Bases				Nomenclatura							
		*CICE	K	Ca	Mg	Al	Ca+K	Mg+K	Ca+Mg	Ca+Mg+K	Ca	Mg	K	Al	Mg	Ca	K	Al	Mg	Ca	K		
967	LOTE MUESTRA UNICA	15.26	4.05	86.70	8.32	0.33	18.63	1.79	10.42	20.42	10-20	2-5	2-5	10-40	10-40	10-40	10-40	10-40	10-40	10-40	10-40	10-40	10-40

\*CICE=Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo

Solución extractante para Acidez Intercambiable con : KCl 1 Normal, cuantificación por volumetría.  
 Solución extractante para Acúfe y Boro: Fosfato ácido de calcio, cuantificación por espectrofotometría visible  
 Solución extractante para Calcio, Magnesio: KCl 1 Normal, cuantificación por Absorción Atómica  
 Solución extractante para Calcio, Hierro, Manganeso y Zinc con : DTPA (ácido dietiltri-napentilético), cuantificación por Absorción Atómica  
 Solución extractante para Fósforo: OLSEN MODIFICADO, cuantificación espectrofotométrica visible  
 Solución extractante para Potasio con : OLSEN MODIFICADO, cuantificación por Absorción Atómica

- 1.- Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio y en su impresión ORIGINAL.
- 2.- Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.
- 3.- El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe
- 4.- La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

*[Firma]*  
 Ing. Doris Barr  
 Coordinador de Anábal

## **Anexo “G”. Recomendaciones según resultados de análisis de suelos.**

**Autores. Ing. Agr. Ávila Herrera.**

**Ávila Calderón**

### **Recomendaciones para parcela experimental de Com, Concepción Huista.**

- Interpretación técnica. pH. Alto
- Elementos primarios. Fósforo y Potasio: en niveles bajos o insuficientes.
- Elementos secundarios. Calcio, Magnesio y Azufre: en niveles normales.
- Micronutrientes. Boro, Hierro, Manganeso y Zinc, en niveles deficientes a excepción del Zn que se encuentra estable.
- Acidez intercambiable (A.I). Se observa baja o deficiente, debido a la relación Ca/K, donde el Potasio es insuficiente en el suelo.

Porcentaje de saturación de la CICE (Capacidad de intercambio catiónico efectivo): De acuerdo a los resultados del análisis, aquí solo hay un desbalance del K, insuficiencia de este elemento, que causa desajuste de la CICE, un desequilibrio de bases específicamente entre las bases Calcio/Potasio. Eso repercute en la ligera alcalinidad del suelo, manifestada por el PH (6.59).

### **Recomendaciones en campo.**

Enmienda al suelo. No requiere ninguna incorporación de material que nivele el pH por esta vía.

### **Fertilización y/o abonamiento.**

#### **- Primera fertilización.**

Aplicar 7.08gr por mata o postura (chuzazo por postura y lo que agarre 3 dedos) a los 10 días después de la siembra con fórmula 15-15-15 fórmula química, teniendo cuidado que el fertilizante no tenga contacto con la semilla. Equivale a 4.53 Kg/Cda de fertilizante. Alternar con abonamientos con abonera mejorada, lombricompost o pulpa de café descompuesta agregar 113.39gr por mata o tres canastos de abono por hilera, previo a la siembra y al momento de la floración. Equivale a 4.53Kg/Cda de fertilizante.

- **Segunda fertilización**

Aplicar 7.08gr por mata o postura (chuzazo por postura, y lo que agarre 3 dedos) a los 10 días después de la siembra con fórmula 15-15-15 fórmula química, teniendo cuidado que el fertilizante no tenga contacto con la semilla. Equivale a 4.53Kg/cda de fertilizante. Alternar con abonamientos con abonera mejorada, lombricompost o pulpa de café descompuesta agregar 113.39gr por mata o tres canastos de abono por hilera, previo a la siembra y al momento de la floración.

- **Fertilización foliar.**

Al mes de la siembra, se aplicó fertilización foliar Bayfolán, a razón de 3 copas por bomba de 16 litros, luego a cada 15 días después de la primera aplicación foliar, aplicar un foliar completo fórmula química o con preparados naturales a base de lombricompost o bioles.

### **Recomendaciones para parcela experimental en San Francisco las Flores, Chiantla.**

- Interpretación técnica. pH. alto, alcalino.
- Elementos primarios. Fósforo y Potasio: al límite pero aún normales
- Elementos secundarios. Calcio, Magnesio y Azufre: A excepción del Calcio, los niveles de Magnesio y Azufre son deficientes
- Micronutrientes. Boro, Hierro, Manganeso y Zinc, en niveles normales, a excepción del Boro que empieza a ser deficiente. Acidez intercambiable (A.I) deficiente, debido a la relación Mg/K, donde el Magnesio es insuficiente en el medio.

Porcentaje de saturación de la CICE (Capacidad de intercambio catiónico efectivo). De acuerdo a los resultados del análisis, el desbalance de bases lo causa la insuficiencia del Magnesio, que causa desajuste de la CICE, un desequilibrio de bases específicamente entre las bases Mg/Potasio y Ca/Mg, Eso repercute en la ligera alcalinidad del suelo, manifestada por el PH (6.54).

- **Recomendaciones en campo.**

**Enmienda al suelo.** No requiere ninguna incorporación de material que nivele el pH por esta vía, puesto que el pH óptimo del suelo para la producción de frijo I(Phaseolus vulgaris L.) se encuentra dentro del rango de 6.5 a 7.5.

- **Fertilización y/o abonamiento.**

- **Primera fertilización.**

Aplicar 7.08gr por mata o postura (chuzazo por postura y lo que agarre 3 dedos) a los 10 días después de la siembra con fórmula 15-15-15 fórmula química, teniendo cuidado que el fertilizante no tenga contacto con la semilla. Equivale a 4.35 kg/cuerda. Alternar con abonamientos con abonera mejorada, lombricompost o pulpa de café descompuesta agregar 113.39gr por mata o tres canastos de abono por hilera, previo a la siembra y al momento de la floración.

- **Segunda fertilización.**

Aplicar 7.08gr por mata o postura (chuzazo por postura, y lo que agarre 3 dedos) a los 10 días después de la siembra con fórmula 15-15-15 fórmula química, teniendo cuidado que el fertilizante no tenga contacto con la semilla. Alternar con abonamientos con abonera mejorada, lombricompost o pulpa de café descompuesta agregar 113.39gr por mata o tres canastos de abono por hilera, previo a la siembra y al momento de la floración. Equivale a 4.53 Kg/cda.

- **Fertilización foliar.**

Al mes de la siembra, aplicar fertilización foliar con Calcio-Boro a razón de 2 copas por bomba de 16 litros, luego a cada 15 días después de la primera aplicación foliar, puede alternar con un foliar completo fórmula química o con preparados naturales a base de lombricompost o bioles.

## **Recomendaciones para parcela experimental en parcela experimental en El Suj, Aguacatán.**

- Interpretación técnica.pH. Alto, alcalino
- Elementos primarios. Fósforo y Potasio: El Fósforo se muestra deficiente, el Potasio está en rango normal, pero al límite de la insuficiencia.
- Elementos secundarios. Calcio, Magnesio y Azufre: A excepción del Azufre, los niveles de Calcio y Magnesio son normales
- Micronutrientes. Deficiencias por Boro y Hierro (B y Fe)
- Acidez intercambiable (A.I). Normal, porque el equilibrio de bases se mantiene en la capacidad de intercambio catiónico.

Porcentaje de saturación de la CICE (Capacidad de intercambio catiónico efectivo): Normal, el Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) que actúan como bases del suelo, mantienen su capacidad de intercambio con otros elementos que permiten la unión y transporte de nutrientes a la planta.

- **Recomendaciones en campo.**
- **Enmienda al suelo.**

No requiere ninguna incorporación de material que nivele el pH por esta vía, puesto que el pH óptimo del suelo para la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se encuentra dentro del rango de 6.5 a 7.5.

- **Fertilización y/o abonamiento.**
- **Primera fertilización.**

Aplicar 7.08gr por mata o postura (chuzazo por postura y lo que agarre 3 dedos) a los 10 días después de la siembra con fórmula HIDRAN PLUS (19-4-19 +3 Magnesio +1.8 Azufre +0.1 Boro+ 0.1 Zinc) fórmula química, teniendo cuidado que el fertilizante no tenga contacto con la semilla. Equivale a 4.53 Kg/cda. Alternar con abonamientos con abonera mejorada, lombricompost o pulpa de café descompuesta agregar 113.39gr por mata o tres canastos de abono por hilera, previo a la siembra y al momento de la floración.



- **Segunda fertilización.**

Aplicar 7.08gr por mata o postura (chuzazo por postura y lo que agarre 3 dedos) a los 10 días después de la siembra con fórmula HIDRAN PLUS (19-4-19 +3 Magnesio +1.8 Azufre +0.1 Boro+ 0.1 Zinc) fórmula química, teniendo cuidado que el fertilizante no tenga contacto con la semilla. Equivale a 4.53 Kg/Cda. Alternar con abonamientos con abonera mejorada, lombricompost o pulpa de café descompuesta agregar 113.39gr por mata o tres canastos de abono por hilera, previo a la siembra y al momento de la floración.

- **Fertilización foliar.**

Al mes de la siembra, aplicar fertilización foliar con Calcio-Boro a razón de 2 copas por bomba de 16 litros, luego a cada 15 días después de la primera fertilización foliar, puede alternar con un foliar completo fórmula química o con preparados naturales a base de lombricompost o bioles.

**NOTA.** Las 3 parcelas muestran un alto porcentaje de contenido de materia orgánica, si se incorpora materia orgánica, se sugiere que la misma sea incorporada como material orgánico finalizado (lombricompost, bocashi, gallinaza abonera mejorada), y no como materia orgánica “cruda” sin procesar, para evitar un exceso de acidez al suelo por mineralización de la misma.