

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE AGRONOMÍA**



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

**EVALUACIÓN DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO E ÍNDICE DE COSECHA  
DE OCHO GENOTIPOS DE HABA (*Vicia faba* L.) PROVENIENTES DE  
INDUCCIÓN DE MUTANTES Y SELECCIONES INDIVIDUALES.  
LABOR OVALLE, QUETZALTENANGO.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

PRESENTADO A LAS AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL CENTRO  
UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

POR:

**LESTER OBED CALDERÓN BARRIOS**

PREVIO A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

EN EL GRADO ACADÉMICO DE:  
**LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

QUETZALTENANGO, NOVIEMBRE DE 2015.



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**AUTORIDADES:**

RECTOR MAGNÍFICO	Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo
SECRETARIO GENERAL	Lic. Carlos Enrique Camey Rodas

**CONSEJO DIRECTIVO CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE:**

Directora General del CUNOC:	M. Sc. María del Rosario Paz Rodríguez
Secretaria Administrativa:	M. Sc. Silvia Del Carmen Recinos Cifuentes

**REPRESENTANTES DE LOS CATEDRÁTICOS:**

Ing. Agr. M. Sc. Héctor Alvarado Quiroa  
Ing. Edelman Cándido Monzón López

**REPRESENTANTES DE LOS EGRESADOS:**

Dr. Luis Emilio Búcaro Echeverría

**REPRESENTANTES DE LOS ESTUDIANTES:**

Br. Luis Ángel Estrada García  
Br. Edson Vitelio Amézquita Cutz

**DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES:**

Q. F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA:**

Ing. Agr. M. Sc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN TÉCNICO PROFESIONAL:**

**PRESIDENTE**

Ing. Agr. Carlos Gutiérrez Loarca

**EXAMINADORES**

Dr. Pdh. Willian de León

Ing. Agr. Hugo Rodríguez

Inga. Agra. Aura Hernández

**SECRETARIO**

Ing. Agr. Carlos Gutiérrez Loarca

**DIRECTOR DE LA DIVISIÓN**

Q. F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA**

Ing. Agr. M. Sc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

**NOTA:** Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en la tesis. Artículo 31 del Reglamento para exámenes Técnico Profesionales del Centro Universitario de Occidente y artículo 19 de la ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



Quetzaltenango, noviembre de 2015.

Distinguidos:

HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO

HONORABLES AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

HONORABLE MESA DE ACTO DE GRADUACIÓN Y JURAMENTACIÓN

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración el trabajo de tesis titulado:

**“EVALUACIÓN DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO E ÍNDICE DE COSECHA DE OCHO GENOTIPOS DE HABA (*Vicia faba* L.) PROVENIENTES DE INDUCCIÓN DE MUTANTES Y SELECCIONES INDIVIDUALES. LABOR OVALLE, QUETZALTENANGO.”**

Presentándolo como requisito previo a optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el Grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente.



Lester Obed Calderón Barrios

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**



Guatemala, 5 de Noviembre de 2015

**Lic. Roberto Aroldo Méndez**  
**Director de la División de Ciencia y Tecnología**  
**Centro Universitario de Occidente**

**Apreciado Licenciado Méndez:**

Respetuosamente hago de su conocimiento que he terminado de asesorar el trabajo de Tesis del estudiante **LESTER OBED CALDERÓN BARRIOS** que se identifica con Carnet **200843663**, titulado: "**Evaluación de componentes de rendimiento e índice de cosecha de ocho genotipos de haba (*Vicia faba* L.) provenientes de inducción de mutantes y selecciones individuales, Labor Ovalle, Quetzaltenango**", para ser aprobada para su publicación ya que la misma posee información valiosa para el sector campesino y agrícola de Guatemala.

Atentamente,



**Dr. Fernando Aldana**  
**Colegiado No. 549**  
**ASESOR**





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE AGRONOMÍA



Quetzaltenango, 11 de Noviembre de 2015.

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez  
Director de División de Ciencia y Tecnología  
Centro Universitario de Occidente -CUNOC-  
Edificio.

Estimado Licenciado.

En respuesta al oficio No. 138/SDCyT/2015 de fecha 09 de Noviembre de 2015, en el cual fui nombrado por la Dirección a su cargo como REVISOR FINAL, del trabajo de investigación del estudiante LESTER OBED CALDERON BARRIOS, el cual se titula:

**“EVALUACIÓN DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO E ÍNDICE DE COSECHA DE OCHO GENOTIPOS DE HABA (*Vicia faba* L.), PROVENIENTES DE INDUCCIÓN DE MUTANTES Y SELECCIONES INDIVIDUALES, LABOR OVALLE, QUETZALTENANGO”.**

Me permito informarle que he concluido la revisión final del trabajo en mención y considero que el mismo cumple con los requisitos establecidos por la Universidad, por la División de Ciencia y Tecnología y por la carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola del Centro Universitario de Occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala, por lo que recomiendo su publicación.

Deferentemente.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

  
Dr. William Erik de León Cifuentes.  
Colegiado 1729  
REVISOR

CC. Archivo

AGRONOMÍA

ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL





*Centro Universitario de Occidente  
División de Ciencia y Tecnología*

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA** \_\_\_\_\_  
Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 020-AGR-2015 de fecha \_\_\_\_\_ doce de \_\_\_\_\_ noviembre del año dos mil quince del (la) estudiante: \_\_\_\_\_ LESTER OBED CALDERÓN BARRIOS  
con Carné No. 200843663 emitida por el Coordinador de la Carrera de AGRONOMIA \_\_\_\_\_, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: **“EVALUACIÓN DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO E INDICE DE COSECHA DE OCHO GENOTIPOS DE HABA (Vicia faba L.) PROVENIENTES DE INDUCCIÓN DE MUTANTES Y SELECCIONES INDIVIDUALES. LABOR OVALLE, QUETZALTENANGO. ”**

Quetzaltenango, 13 de noviembre de 2015.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez  
Director de División de Ciencia y Tecnología



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS**

Por haber alcanzado su misericordia.

### **MI HERMANA**

Huldy Rebeca, con todo mi amor, por su apoyo moral y ser mi soporte económico durante la etapa universitaria.

### **MI AMADA MADRE**

Rebeca Barrios, por sus sabios consejos, esfuerzos y sacrificios para forjarme y hacerme una persona con valores.

### **MI PADRE Y HERMANOS**

Alfredo Calderón; Dicy, Kenneth, Jonathan y Adonías. Que Dios los bendiga e ilumine siempre; gracias por su apoyo moral, material e incondicional en mi formación académica.

### **MI FAMILIA**

Por el amor y cariño mostrado hacia mi persona durante toda mi vida.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **MI AMADA NOVIA**

Mildred de León; por su incondicional amor, por estar siempre a mi lado apoyándome y alentándome, especialmente en los momentos difíciles.

### **MIS AMIGOS**

Kevin Rodas, Alessandro López; por hacer de mi vida universitaria siempre una aventura. Por acompañarme en los momentos felices, pero sobre todo en los momentos espinosos.

### **MIS AMIGOS**

Ludwing Corado, que he encontrado un hermano en él y Navi Violeta; por su amistad incondicional, por su aprecio y sobre todo porque siempre tuvieron tiempo para mí; son un pilar fundamental en la realización de este documento.

### **MI ASESOR**

Dr. Pdh. Fernando Aldana, por su docencia y compartir conmigo sin recelo alguno sus bastos conocimientos.

### **MI REVISOR**

Dr. Pdh. Willian de León, por haberme brindado su tiempo, asesoría y apoyo absoluto en la realización de la tesis.

### **AL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS**

Por la oportunidad que me brindaron y proveerme de todo lo necesario para realizar la investigación. Además por los conocimientos que adquirí en tan prestigiosa institución.

**LA TRICENTEMARIA  
UNIVERSIDAD DE  
SAN CARLOS DE  
GUATEMALA**

Mi *alma mater*, especialmente a la carrera de Agronomía, por haber permitido formarme como profesional con valores y principios.

**AL PUEBLO DE  
GUATEMALA**

Quienes día a día contribuyen a través de sus esfuerzos y sacrificios al sostenimiento de esta casa de estudios, encargada de la formación académica de numerosas personas que desean alcanzar un sueño como profesionales.

**EVALUACIÓN DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO E ÍNDICE DE  
COSECHA DE OCHO GENOTIPOS DE HABA (*Vicia faba* L.)  
PROVENIENTES DE INDUCCIÓN DE MUTANTES Y SELECCIONES  
INDIVIDUALES. LABOR OVALLE, QUETZALTENANGO.**



# ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y SIGNOS</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>7</b>
<b>2.1. GENERAL</b>	<b>7</b>
<b>2.2. ESPECÍFICOS</b>	<b>7</b>
<b>3. HIPÓTESIS</b>	<b>9</b>
<b>3.1. NULA</b>	<b>9</b>
<b>3.2. ALTERNATIVA</b>	<b>9</b>
<b>4. MARCO TEÓRICO</b>	<b>11</b>
<b>4.1. HABA (<i>Vicia faba</i> L.)</b>	<b>11</b>
4.1.1. Descripción del cultivo de haba	11
4.1.2. Composición nutricional del haba	13
4.1.3. Etapa de crecimiento de la planta de haba	13
4.1.4. Fases de desarrollo de la planta	15
4.1.5. Principales ventajas de cosechar haba en verde sobre haba seca	20
4.1.6. Semilla de haba	20
4.1.7. Enfermedades fúngicas del haba en Guatemala	23
4.1.8. Virus del haba en Guatemala	24
4.1.9. Plagas del haba en Guatemala	24
4.1.10. Mejoramiento de plantas o selección de materiales Genéticos	25
4.1.11. Características de los Materiales Experimentales	30
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>31</b>
<b>5.1. UBICACIÓN</b>	<b>31</b>
<b>5.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-BIOLÓGICAS</b>	<b>31</b>
5.2.1. Temperatura	31
5.2.2. Altitud	31
5.2.3. Precipitación	32
5.2.4. Humedad relativa	32
5.2.5. Relieve y topografía	32
5.2.6. Vientos	32
5.2.7. Zonas de vida	32
<b>6. METODOLOGÍA</b>	<b>33</b>
<b>6.1. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO</b>	<b>33</b>
<b>6.2. DIMENSIÓN DEL EXPERIMENTO</b>	<b>33</b>

<b>6.3.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS</b>	<b>34</b>
<b>6.4.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA</b>	<b>35</b>
6.4.1.	Componente de rendimiento de los ocho genotipos de haba en monocultivo	35
<b>6.5.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL MANEJO AGRONÓMICO</b>	<b>36</b>
6.5.1.	Preparación del terreno	36
6.5.2.	Trazado del experimento	36
6.5.3.	Siembra	37
6.5.4.	Distanciamiento de siembra	37
6.5.5.	Fertilización	37
6.5.6.	Control de malezas	38
6.5.7.	Control de plagas y enfermedades	38
6.5.8.	Aporque	38
6.5.9.	Cosecha del haba	39
6.5.10.	Análisis de varianza	39
6.5.11.	Análisis de medias o prueba de Tukey	39
6.5.12.	Análisis de correlación	39
6.5.13.	Prueba de regresión Lineal	40
6.5.14.	Análisis económico mediante presupuestos parciales	40
6.5.15.	Recursos	40
<b>7.</b>	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>43</b>
<b>7.1.</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE LOS OCHO GENOTIPOS DE HABA</b>	<b>43</b>
7.1.1.	Biomasa experimental de la planta en Kg.ha <sup>-1</sup> de los ocho genotipos de haba en monocultivo	43
7.1.2.	Rendimiento experimental de grano en kg.ha <sup>-1</sup> de los ocho genotipos de haba en monocultivo	47
7.1.3.	Análisis del peso de 100 granos de los ocho genotipos de haba en monocultivo	51
7.1.4.	Análisis de correlación Biomasa-Rendimiento	55
7.1.5.	Prueba de regresión Lineal Biomasa-Rendimiento	55
7.1.6.	Análisis de correlación Número de Vainas-Rendimiento	56
7.1.7.	Prueba de regresión lineal Número de Vainas-Rendimiento	57
<b>8.</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO, MEDIANTE PRESUPUESTOS PARCIALES DE LOS GENOTIPOS ESTUDIADOS</b>	<b>59</b>
<b>8.1.</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL PRECIO EN CAMPO DE LA MANO DE OBRA</b>	<b>59</b>
<b>8.2.</b>	<b>ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS QUE VARÍAN</b>	<b>59</b>
<b>8.3.</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL PRECIO DE CAMPO DEL PRODUCTO</b>	<b>60</b>
<b>8.4.</b>	<b>ESTIMACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS AJUSTADOS</b>	<b>60</b>
<b>8.5.</b>	<b>OBTENCIÓN DE LOS BENEFICIOS BRUTOS Y BENEFICIOS NETOS</b>	<b>61</b>
<b>8.6.</b>	<b>ANÁLISIS DE DOMINANCIA</b>	<b>61</b>
<b>8.7.</b>	<b>CÁLCULO DE LA TASA DE RETORNO MARGINAL (TRM)</b>	<b>63</b>

8.8.	CÁLCULO DE LA TASA MÍNIMA DE RETORNO (TAMIR)	63
8.9.	SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO MÁS RENTABLE	64
8.10.	ANÁLISIS DE RESIDUOS	64
9.	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>65</b>
10.	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>67</b>
11.	<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 2014</b>	<b>69</b>
12.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>71</b>
	E-GRAFÍA	72
17.	<b>ANEXOS</b>	<b>73</b>
17.1.	ANEXO 1	75
17.2.	ANEXO 2	76
17.3.	ANEXO 3	77
17.4.	ANEXO 4	78

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Componente nutricional del haba	13
Fases de desarrollo de la planta de haba	14
Características de los materiales experimentales utilizados en la investigación.	30
Cuadros de Genotipos	34
Cuadros de recursos utilizados en la investigación.	41
Biomasa de los ocho genotipos de haba (kg.ha <sup>-1</sup> ) en monocultivo	43
ANDEVA Biomasa de los ocho genotipos de haba (kg.ha <sup>-1</sup> ) en monocultivo	44
Prueba múltiple de medias Tukey de Biomasa de los ocho genotipos de haba (ka.ha <sup>-1</sup> ) en monocultivo	45
Rendimiento de los ocho genotipos de haba en kg.ha <sup>-1</sup> en monocultivo	47
ANDEVA rendimiento de los ocho genotipos de haba (kg.ha <sup>-1</sup> ) en monocultivo	48
Prueba múltiple de medias Tukey de rendimiento de los ocho genotipos de haba (kg.ha <sup>-1</sup> ) en monocultivo	49
Peso de 100 granos/gr de los ocho genotipos de haba en monocultivo	51
ANDEVA peso de 100 granos/gr de los ocho genotipos de haba en monocultivo	52

Prueba múltiple de medias Tukey del peso de 100 granos/gr de ocho genotipos de haba _____	53
Análisis de correlación Biomasa-Rendimiento _____	55
Análisis de correlación Número de Vainas-Rendimiento _____	56
Costos variables _____	59
Rendimiento Ajustado del haba _____	60
Beneficios brutos y netos del haba _____	61
Análisis económico de dominancia en haba _____	62
Tasa de retorno marginal del haba _____	63
Análisis económico de residuos _____	64
Actividades Realizadas _____	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Diagrama de Tratamientos _____	35
Biomasa de los ocho genotipos de haba _____	46
Rendimiento de los ocho genotipos de haba _____	50
Peso de 100 granos _____	54
Regresión lineal Biomasa-Rendimiento _____	55
Regresión lineal Número de Vainas-Rendimiento _____	57

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y SIGNOS

<b>ANDEVA</b>	Análisis de varianza en estadística es una colección de modelos estadísticos
<b>cc</b>	Centímetros cúbicos
<b>CIMMYT</b>	Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo
<b>cm</b>	Centímetros
<b>CM</b>	Cuadrado medio
<b>CUNOC</b>	Centro universitario de occidente
<b>CV</b>	Coeficiente de variación
<b>F.V</b>	Factor de variación
<b>g</b>	Gramos
<b>GI</b>	Grados de libertad
<b>Granos/gr</b>	Granos por gramo
<b>ha<sup>-1</sup></b>	Hectárea
<b>ICTA</b>	Instituto de Ciencia y tecnología Agrícolas
<b>INE:</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>kg.ha<sup>-1</sup></b>	Kilogramos por hectárea
<b>km</b>	Kilómetros
<b>km/h</b>	Kilómetros por hora
<b>lt</b>	Litros
<b>m</b>	Metros
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>mg</b>	Miligramos
<b>mm</b>	Milímetro
<b>mm/año</b>	Milímetros por año
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>°</b>	Grados
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>SM</b>	Suma de cuadrados

<b>Sta.</b>	Santa
<b>TAMIR</b>	Tasa mínima de retorno
<b>TRM</b>	Tasa de Retorno Marginal
<b>UE</b>	Unidad experimental
<b>Usac</b>	Universidad de San Carlos de Guatemala
<b>%</b>	Porcentaje

## RESUMEN

Los productores del cultivo de haba del altiplano occidental utilizan materiales genotípicos no apropiados para producción, debido a la susceptibilidad a enfermedades y plagas, provocando bajo rendimiento. Los agricultores han tomado como alternativa la excesiva aplicación de agroquímicos, lo cual refleja un alza en el costo de producción y por ende en el costo unitario para el consumidor final, sin tomar en cuenta el daño causado al medio ambiente. Se observa en el mercado una evidente carencia de genotipos con características que presenten mayor adaptabilidad a las condiciones climatológicas y edafológicas del altiplano occidental. Lo cual origina esta investigación.

La investigación consistió en evaluar ocho diferentes genotipos de haba, algunos provenientes de inducción de mutantes y otros con selecciones individuales. Se utilizó una variedad comercial denominada *Histal*, debido a que es muy susceptible a ataques de patógenos y enfermedades, para ser comparada con otras variedades que presentaron mayor rendimiento al final. Los genotipos evaluados sobre la base de Biomasa, Rendimiento e Índice de Cosecha, fueron: San Antonio, Santa María Mejorada (14v26), Santa María Mejorada (14v36), ICARDA ELV17, ICARDA EL201F, Criolla San Carlos Sija, Criolla San Marcos e *Histal* como testigo.

Según resultados, la utilización de estas variedades es de mayor provecho para los campesinos, debido a que obtendrán mayor producción, reducción de costos en insumos y métodos de control de plagas y enfermedades. El análisis económico en base a presupuestos parciales, demostró que los genotipos recomendados para su producción son San Antonio, ICARDA ELV17 y Criolla San Marcos por su alta rentabilidad. Los genotipos recomendados para su producción, por su alto rendimiento son: ICARDA ELV17, San Antonio e ICARDA EL201F.



## 1. INTRODUCCIÓN

El haba (*Vicia faba L.*) es una leguminosa cultivada principalmente en la región del altiplano occidental del país. Es apreciada por sus granos ya que puede ser consumida en verde o con sus semillas secas. La importancia de este cultivo radica en que es una fuente importante de proteína vegetal, además de ser rica en calcio, fósforo y con un contenido vitamínico mayor al de los cereales.

Es un cultivo básico en la dieta alimenticia de la población rural, mayormente para los pobladores de las áreas templadas frías del altiplano nacional, como son los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Huehuetenango, Chimaltenango, Sololá y El Quiché; además es producida en las partes altas del departamento de Jalapa.

Para las comunidades del altiplano occidental del país, el consumo principal del haba es en verde y según el censo agropecuario realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) 2003, de un 76 a 80% se cultiva en asocio con maíz en el sistema milpa. Así también indica que el área cultivada de haba es alrededor de 2.000 a 2.500 ha<sup>-1</sup>, con una producción de 5.500 quintales y que alrededor de 25.000 familias dependen económica y alimenticiamente de este cultivo. Uno de los principales problemas en la producción de haba en la zona del altiplano del país, que afecta grandemente a los productores, son las enfermedades provocadas por hongos y virus (1).

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), es la Institución de Derecho Público, responsable de generar y promover el uso de la ciencia y tecnología agrícola en el sector respectivo (11). En consecuencia, les corresponde conducir investigaciones tendientes a la solución de los problemas de explotación racional agrícola, que incida en el bienestar social; producir métodos y materiales para incrementar la productividad agrícola; promover la

utilización de la tecnología a nivel del agricultor y el desarrollo rural regional que determine el sector Público Agrícola.

Tomando como base lo antes mencionado, surgió la inquietud por realizar una investigación en busca de un material genético que pueda ser utilizado en el altiplano occidental como una mejor alternativa para cultivar. Se propuso evaluar diversos materiales de haba, provenientes de inducción de mutantes y selecciones individuales. Esto con el fin de brindar una respuesta académica al cuestionamiento que indicaba ¿Cuál de siete genotipos a evaluar en el cultivo de haba presentará mayor biomasa, rendimiento e índice de cosecha?, en consecuencia se evaluó a ocho genotipos, de los cuales siete eran líneas diferentes y un testigo, el cual fue la variedad denominada *Histal*.

Se utilizó esta variedad como testigo porque es el material más comercializado, además de ser susceptible a los ataques de patógenos y enfermedades que se dan en los cultivos convencionales del altiplano occidental.

La investigación fue realizada en la estación experimental Labor Ovalle del ICTA, del municipio de San Juan Olintepeque, Quetzaltenango. En donde se evaluaron los genotipos siguientes: San Antonio, Santa María Mejorada (14v26), Santa María Mejorada (14v36), ICARDA ELV17, ICARDA EL201F, Criolla San Carlos Sija, Criolla San Marcos e *Histal*, el cual fue utilizado como testigo de la investigación.

A través de la evaluación de las ocho líneas de haba, se observó que las variedades investigadas tuvieron mayor adaptación al medio ambiente, con ello se indica a la vez de que estas variedades provenientes de inducción mutante y selección individual poseen mayor resistencia a los ataques por patógenos y enfermedades, lo cual permitió el cumplimiento de los objetivos propuestos, además de la identificación de la variedad que presentó mejores características en cuanto al rendimiento y biomasa.

Cabe mencionar que a través del éxito en la evaluación de las diferentes líneas, se pudo realizar un análisis económico en base a presupuestos parciales, en donde se demuestra que los genotipos que se recomienda para la producción son: San Antonio, ICARDA ELV17 e ICARDA EL201F; por su alta rentabilidad en relación con su producción. Además los resultados obtenidos en la investigación son de vital importancia para el proceso de validación el cual está llevando a cabo el ICTA.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. GENERAL**

Evaluar el potencial de rendimiento de diversas líneas y genotipos de haba y sus múltiples características agronómicas en el altiplano guatemalteco.

### **2.2. ESPECÍFICOS**

- Determinar cuál de las líneas y genotipos de haba presenta la mayor biomasa, índice de cosecha y potencial de rendimiento en comparación con el genotipo testigo.
- Determinar cuál de los genotipos de haba evaluados presenta el rendimiento más alto en kilogramos por hectárea ( $kg.ha^{-1}$ ).
- Determinar cuál de los genotipos de haba presenta la mejor rentabilidad.



### 3. HIPÓTESIS

#### 3.1. NULA

H<sub>01</sub> Ninguno de los genotipos de haba evaluados presentará mayor biomasa e índice de cosecha en comparación a la biomasa obtenida en el genotipo testigo.

H<sub>02</sub> Ningún genotipo de haba evaluado presentará un rendimiento mayor ( $kg.ha^{-1}$ ) en comparación al rendimiento del genotipo testigo.

H<sub>03</sub> Ningún genotipo de haba evaluada presentará alta rentabilidad.

#### 3.2. ALTERNATIVA

H<sub>1</sub> Al menos uno de los siete genotipos evaluados presentará mayor cantidad de biomasa e índice de cosecha en comparación al genotipo testigo.

H<sub>2</sub> Al menos uno de los genotipos evaluados presentará mayor rendimiento ( $kg.ha^{-1}$ ) en comparación al genotipo testigo.

H<sub>3</sub> Al menos uno de los genotipos evaluados presentará alta rentabilidad.



## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. HABA (*Vicia faba* L.)

El haba (*Vicia faba* L.) es de origen asiático. Afganistán y Etiopía se consideran como los principales centros de origen, aunque algunos autores mencionan que posiblemente el haba es de origen africano, cultivándose desde hace unos 4.000 años. El cultivo de haba fue introducido a América y Guatemala por los conquistadores españoles y se ha desarrollado únicamente en pocos países de América que poseen altiplano con zonas frías como México, República Dominicana, Brasil, Perú, Paraguay, Colombia y Bolivia (1).

En el altiplano guatemalteco, es bien generalizada la siembra de haba de diferentes variedades. Muchas de ellas, de diferentes colores (blanco, amarillo y morado). El haba blanca grande (*salpor*) es la más apreciada, sin embargo, el haba amarilla y morada se observan en los campos de los agricultores y en los mercados locales (1).

#### 4.1.1. Descripción del cultivo de haba

El haba es una planta herbácea, anual, de tallos semi-erectos, se cultiva en varios países por su semilla, la cual es utilizada en gastronomía. Da su nombre a la familia de las fabáceas (5).

El haba tiene porte recto y erguido, con tallos fuertes y angulosos de hasta 1.6 metros de altura. Muestra hojas alternas, paripinnadas y compuestas, con folíolos anchos de forma oval-redondeada, color verde oscuro, sin zarcillos; el folíolo terminal no existe o se convierte en un zarcillo rudimentario. Las flores se presentan en racimos de 2 a 8 axilares las cuales son fragantes y grandes, alcanzando los 4 centímetros, con pétalos blancos manchados de violeta, púrpura o negro. Son hermafroditas y la planta es capaz de auto polinizarse. Hay

que advertir que la fertilización cruzada natural es escasa, salvo en presencia de abejas (5).

El fruto es una legumbre, posee una vaina alargada de longitud variable entre 10 y 30 centímetros y consistencia carnosa, tienen un tabique esponjoso con una especie de pelo afelpado entre las semillas siendo éstas más o menos aplastadas. Dentro de esta vaina se ubican las semillas puestas en fila. La vaina, de color verde en estado inmaduro, se oscurece y se vuelve pubescente al secarse. Los granos en el interior de la misma varían entre 2 y 9 (5).

Las semillas son oblongas, de tamaño más o menos grande dependiendo de la variedad; de color verde amarillento que luego al sobremadurar se vuelve bronceado. También hay variedades de grano negruzco y morado. El peso de una semilla es de 1 a 2 gramos. El poder germinativo dura de 4 a 6 años. En la semilla comercial el porcentaje mínimo de germinación es del 90% y la pureza mínima del 99%.

La raíz del haba crece en profundidad hasta alcanzar un largo similar al del tallo de la planta. Como otras fabáceas, los nódulos de la misma tienen la propiedad de fijar nitrógeno en el suelo; aunque hasta un 80% del mismo es consumido por la propia planta, el 20% restante mejora la fertilidad de la tierra, por lo que el cultivo se emplea en sistemas de rotación para fortalecer suelos agotados.

#### *Clasificación taxonómica del haba*

<b>Reino</b>	Plantae	<b>Familia</b>	Fabaceae
<b>División</b>	Magnoliophyta	<b>Subfamilia</b>	Faboideae
<b>Clase</b>	Magnoliopsida	<b>Tribu</b>	Fabeae
<b>Subclase</b>	Rosidae	<b>Género</b>	Vicia
<b>Orden</b>	Fabales	<b>Especie</b>	faba

#### 4.1.2. Composición nutricional del haba

El haba contiene niveles altos de potasio, proteína, hierro, fibra, vitaminas A, B y C. En promedio el haba está compuesta de un 24 a 31% de proteína, 2% de grasa, 50% de carbohidratos y 700 calorías (1).

*Cuadro 1. Componente nutricional del haba*

<b>COMPONENTES</b>	<b>Contenido de 100 g de parte comestible</b>	<b>Valores diarios recomendados basados en una dieta de 2.000 calorías</b>
<b>Proteínas</b>	31.60 g	400 g
<b>Carbohidratos</b>	13.90 g	200 g
<b>Fibra</b>	12.40 g	025 g
<b>Grasa total</b>	4.60 g	066 g
<b>Calcio</b>	2.40 mg	162 mg
<b>Fósforo</b>	11.60 mg	25 mg
<b>Magnesio</b>	2.80 mg	100 mg
<b>Potasio</b>	17.60 mg	3.500 mg
<b>Sodio</b>	3.40 mg	2.400 mg

Fuente: F. Aldana. Manual Técnico Agrícola, Fases de desarrollo. 2010. (1)

#### 4.1.3. Etapa de crecimiento de la planta de haba

El crecimiento de haba en sus primeras fases es muy lento. La preemergencia y emergencia que se llevan a cabo dentro del suelo son extremadamente lentas. Esto es producto de las condiciones de siembra, en donde aún no se ha establecido el invierno y la semilla aún no ha entrado en contacto con suficiente humedad, aunado a esto, lo grueso de la cáscara de la semilla de haba y la cantidad de tierra que el agricultor le pone encima al momento de sembrarla, provocando con esto que la semilla tarde en germinar (5).

Las etapas del crecimiento del haba, se dividen principalmente en: vegetativa y reproductiva.

*Cuadro 2. Fases de desarrollo de la planta de haba*

<b>Fases</b>	<b>Proceso</b>	<b>Etapas</b>
<b>V0</b>	Germinación	Vegetativa
<b>V1</b>	Emergencia	
<b>V2</b>	Formación de primeras hojas	
<b>V3</b>	Formación de tallos	
<b>V4</b>	Elongación de tallos	Reproductiva
<b>R5</b>	Formación de flores	
<b>R6</b>	Formación de vainas	
<b>R7</b>	Formación de granos	
<b>R8</b>	Llenado de granos	
<b>R9</b>	Maduración, ennegrecimiento de vainas y secado	
<b>R10</b>	Desvainado	

Fuente: F. Aldana. Manual Técnico Agrícola, Fases de desarrollo. 2010. (1)

Las primeras fases de desarrollo vegetativo del haba las hace subterráneamente. Durante estas fases, el crecimiento de los tallos de la planta es muy lento. El crecimiento de hojas y tallos es lineal y tienen una mayor velocidad conforme la planta va adquiriendo una mayor altura. Durante este periodo es que finaliza la Fase Vegetativa e inicia la Fase Reproductiva. Durante esta fase, se inician la formación de flores en las partes más bajas de los tallos y los tallos en formación o macollos. La Fase Reproductiva está asociada a la susceptibilidad a enfermedades.

Durante la formación de vainas, llenado de vainas y granos que se da en los meses de septiembre y octubre la planta de haba presenta su máxima susceptibilidad a enfermedades. Esta fase coincide con los periodos de mayor precipitación en la región. Además coincide con el periodo más fuerte de huracanes en el océano Atlántico y Pacífico (5).

#### **4.1.4. Fases de desarrollo de la planta**

##### *Fase V0: germinación*

La germinación se inicia cuando la semilla entra en contacto con la humedad del suelo y da lugar al proceso de germinación o el día del primer riego o de la primera lluvia si se siembra en un suelo seco. Aquí la semilla absorbe agua inicialmente y ocurre en ella los fenómenos de división celular y las reacciones bioquímicas que liberan los nutrientes de los cotiledones. Posteriormente emerge la radícula convirtiéndose en raíz primaria. La raíz del haba es del tipo pivotante (1).

##### *Fase V1: emergencia*

La emergencia se inicia cuando las primeras hojas del haba aparecen al nivel del suelo. Se considera que las plantas están en esta fase cuando el 50% de las plantas presentan sus primeras hojas al nivel del suelo. Luego aparece otro grupo de hojas del tallo principal que comienzan a desplegarse y abrirse camino desde las partes más bajas del suelo. Le sigue otro grupo de hojas que empiezan a separarse y abrirse desde abajo hasta desplegarse totalmente (1).

##### *Fase V2: formación de primeras hojas*

En haba las primeras hojas se van formando desde las partes más bajas del suelo. Estas empiezan a desplegarse al nivel del suelo. La Fase V2 se da cuando el 50% de las plantas presentan las primeras hojas a nivel del suelo. Las hojas del haba son compuestas por 2 o 3 pares de folíolos de consistencia carnosa de color verde grisáceo. Estas son alternas pinnadas, nacidas sobre un largo pecíolo que es acuminado (1).

### *Fase V3: formación de tallos (amacollamiento)*

La formación de tallos en haba se da en un corto rizoma, llamado *Corona* que sostiene varios tallos o cañas que crecen a una altura aproximada de 1 o 2 metros de altura en algunas variedades y algunos suelos de alta fertilidad. El número de tallos por planta varía de acuerdo a la variedad de haba sembrada, a la fertilidad y a la profundidad del suelo, o al sistema topológico de siembra. A mayor distancia entre plantas y surcos se favorece una mayor formación de macollos (1).

El número promedio de macollos o tallos es de 4 a 8 tallos por planta. Siembras de haba con maíz, tienen menos tallos que siembras de haba en monocultivo.

Las habas al igual que muchos cultivos que forman otros tallos, tienen un tallo principal y varios tallos secundarios llamados macollos. La estructura del tallo principal y los macollos es exactamente la misma.

El tallo principal nace del embrión, mientras que los macollos nacen en la corona directamente del tallo principal o de otros macollos. Los tallos de haba son erectos y cuadrangulares. Los tallos están formados de nudos y entrenudos. Posterior a la etapa de macollamiento sigue la etapa de elongación de tallos en donde se desarrollan los entrenudos haciéndose estos más largos. En los nudos del tallo principal y los macollos es donde se forman en racimo las flores y posteriormente las vainas y los granos de haba (1).

### *Fase V4: elongación de tallos*

La fase de elongación de tallos en haba se da a partir de cada nudo y la formación de nudos y entrenudos. Los meristemos que se encuentran en los nudos son los encargados de la elongación de los entrenudos y el crecimiento de los tallos.

### *Fase R5: formación de flores*

La formación de racimos de flores en haba se da en los nudos desde casi la base del tallo, normalmente en el quinto nudo y llegan hasta el décimo o doceavo nudo de los tallos de la planta. Las flores de haba son compuestas y nacen en racimos auxiliares teniendo estos una estructura típica de las papilionáceas. Los cinco sépalos se combinan en un solo cáliz campanulado. La corola es irregular y está compuesta de 5 sépalos, el estandarte, 2 alas y 2 pétalos que están unidos para formar la quilla. Esta quilla favorece el mecanismo de auto polinización y protege al haba de la polinización cruzada. La flor tiene 10 estambres incluyendo uno superior que está físicamente libre. Los otros 9 estambres están soldados por su base en un tubo. Esta estructura de la flor de haba es típica de las papilionáceas.

Las flores de haba son olorosas y pueden variar en número hasta 10. Estos racimos nacen en las axilas de las hojas y tienen de 3 a 4 centímetros de longitud (1).

Estas flores son amariposadas y zigomorfas de color blanco o violáceo, con una mancha púrpura o negra sobre las alas. La floración progresa desde la parte baja, hacia la parte alta de los macollos o tallos y dura entre 15 a 30 días. Los estigmas son receptivos desde pocos días antes que la flor se abra, hasta que el pétalo estándar pierda su turgencia lo cual puede ocurrir en un periodo de 5 días. El polen es una estructura muy pequeña que forma una pieza de consistencia suave antes de que las flores se abran. Su número y su viabilidad difieren entre genotipos y el ambiente.

A temperaturas mayores de 30.00 °C la viabilidad del polen es limitada, mientras que a temperaturas de 15.00 °C la viabilidad del polen aumenta y puede sobrevivir por varios días. Se ha determinado que la fertilización del haba ocurre entre 24 horas después de la polinización.

Muchas de las flores de haba no llegan a formar vainas y granos. Esto es producto de la competencia morfo fisiológica de la planta que por sobrevivencia no llega a formar todas las vainas y granos potencialmente puestos en la planta. Muchas flores y pequeñas vainas se quedan sin desarrollarse completamente al final del ciclo de siembra.

#### *Fase R6: formación de vainas*

Muchas de las flores de haba no llegan a formar las vainas y granos, producto de la competencia morfo agronómica. La vaina de haba es compacta lineal, la cual es dehiscente abriéndose en dos valvas. La vaina es flexible, verde y muy variable en longitud con un número también variable que puede llegar de 8 a 10 semillas. La longitud de la vaina de haba puede variar de 5 a 20 centímetros según la variedad. Su interior es blanco aterciopelado y se vuelve duro, coráceo y arrugado entre las semillas cuando estas están maduras (1).

#### *Fase R7: formación de granos*

Las semillas que son entre 2 a 10 cuentan con la variedad en color, forma y tamaño. Los colores de la semilla de haba seca pueden ser: blanco, amarillo y lila o morado. Al haba grande blanca se le llama salpor. Las semillas son aplanadas, de superficie lisa, verdes cuando son tiernas. Las semillas poseen 2 cotiledones largos y pueden pesar de 200 a 2.000 miligramos cada una. Su capacidad germinativa es de hasta 10 años y germinan normalmente en 10 días después de la siembra, dependiendo de las condiciones de humedad del suelo.

#### *Fase R8: llenado de granos*

El llenado de los granos es la Fase R8 y se inicia cuando el 50% de las plantas empiezan a llenar la primera vaina. En esta Fase R8 comienza el crecimiento activo de las semillas. Vistas por las suturas que unen las 2 valvas

de las vainas, estas presentan abultamientos que corresponden a las semillas de haba en crecimiento.

En esta fase las vainas se van alargando conforme transcurren los días después de la floración. El peso de los granos aumenta marcadamente conforme las vainas van alcanzando su tamaño y peso máximo. Los granos alcanzan su peso máximo entre 35 a 45 días después de la floración.

Al final de esta etapa, los granos de haba pierden su color verde para comenzar a adquirir las características del color y la pigmentación de la semilla de la variedad de haba sembrada, blanca, amarilla o morada.

En Guatemala existe un gran número de variedades criollas que usan los agricultores que las diferencian únicamente por el color de la semilla (1).

#### *Fase R9: maduración, ennegrecimiento y secado de las vainas*

La Fase R9 se considera como de las últimas escalas de desarrollo de la planta de haba, ya que en ella ocurre la maduración, ennegrecimiento de las vainas y secado del grano. Esta etapa se caracteriza porque en ella las plantas inician la descoloración y secado de las vainas en un 50% de la población. Estos cambios en la coloración de las vainas indican el inicio de la maduración de la planta de haba. Las vainas pierden su pigmentación y se tornan negras y se inicia la caída de las hojas y todas las partes de la planta se secan. El contenido de agua de las semillas baja hasta alcanzar el 15% de humedad, momento en el cual las semillas adquieren su coloración típica. Este color puede cambiar durante el almacenamiento según la variedad.

#### *Fase R10: desenvainado*

La Fase R10 Desenvainado, se considera como la última fase del crecimiento del cultivo de haba y consiste en separar las vainas negras de la

planta. Estas vainas se ponen a secar hasta que pierden totalmente la humedad. Luego se extraen las semillas de las vainas y se soplan para eliminar los últimos restos de vainas y basura.

En Guatemala solo se trabaja en haba con materiales genéticos certificados, del agricultor o criollas y del mercado. Los agricultores que siembran haba, regularmente no guardan su semilla y la consiguen en su mayor parte en los mercados locales o con agricultores vecinos. Esto es producto de que en un alto porcentaje los agricultores comercializan su haba en verde (1).

#### **4.1.5. Principales ventajas de cosechar haba en verde sobre haba seca**

1. Se cosecha mucho antes (casi 30 a 35 días) evitando riesgos de daño de enfermedades, insectos y pájaros (zanates, pájaro azul), que dañan la planta y vainas durante las últimas etapas de cultivo.
2. Se evitan las últimas aplicaciones de insecticidas y fungicidas para el control de patógenos.
3. La semilla se vende con alto porcentaje de humedad y ésta por lo tanto pesa más.
4. La diferencia entre el precio de la libra de haba seca y haba verde es aproximadamente es de Q. 1.00 y el haba verde tiene más contenido de agua (haba verde de Q. 5.00 a Q. 6.00 la libra, haba seca Q. 7.00 a Q. 8.00 la libra)
5. Se evitan los robos, pues una vez cosechados ya se eliminan estos riesgos (5).

#### **4.1.6. Semilla de haba**

Como en muchas especies vegetales, la semilla es la estructura con capacidad para regenerar una nueva planta para el siguiente ciclo de cultivo. El haba es una planta autogama o que se autopoliniza y no requiere cambiar la semilla en cada siembra, así como se recomienda en otros cultivos alongamos como el maíz híbrido. La semilla botánica o semilla verdadera de haba necesita

regenerar otro cultivo igual con características idénticas a la planta madre de la que procede. Con el cultivo de haba es importante que se produzcan plantas uniformes y libres de enfermedades que se transmiten por semilla (5).

Las enfermedades dentro de la semilla pueden ser transmitidas por hongos, bacterias, virus y otros microorganismos, éstas pueden ser focos iniciales para que se produzcan en el campo de cultivo epidemias (epifitias en plantas) a través de semillas contaminadas que han sido producidas de plantas enfermas.

Dentro de los factores que determinan la calidad de la semilla de haba están:

1. Condiciones sanitarias de la semilla
2. Identidad genética de la semilla
3. Uniformidad en procedencia de la semilla
4. Edad de la semilla
5. Tamaño de la semilla
6. Densidad de siembra

#### *4.1.6.1. Condiciones sanitarias de la semilla*

La semilla de haba debe regenerar una planta sana. Muchas enfermedades en haba son transmitidas por semilla y su presencia afecta la productividad de la variedad sembrada. La semilla de haba puede transmitir hongos, bacterias y virus (9).

#### *4.1.6.2. Identidad genética de la semilla*

La semilla de calidad debe regenerar plantas que muestren las características de la variedad sembrada. El lote de semilla no debe de presentar mezclas de otras variedades. La identidad genética es una garantía que requiere

el agricultor para producir haba de buena calidad y que retrasmite las mismas características genéticas de la variedad sembrada.

#### *4.1.6.3. Uniformidad en procedencia de la semilla*

Uniformidad en la procedencia es una característica importante en el mantenimiento de la semilla de haba de buena calidad. Esta no debe de estar mezclada con semilla de diferentes localidades y épocas de siembra. Es muy importante tomar en cuenta que no todos los lugares son apropiados para producir semilla (9).

#### *4.1.6.4. Edad de la semilla*

La edad de la semilla es otra característica que debe de tomarse muy en cuenta al momento de multiplicar el cultivo. Como en todo organismo vivo, no es conveniente el uso de semilla de 3 a 4 años de edad con bajo porcentaje de germinación, bajo número de plantas y escaso vigor. Esta diferencia en el uso de semilla vieja se expresará al final con bajo rendimiento en el cultivo.

#### *4.1.6.5. Tamaño de la semilla*

El tamaño de la semilla tiene su importancia debido a que semillas grandes producen plantas fuertes, vigorosas y robustas. A mayor tamaño de semilla las plantas presentan un mejor rendimiento, resistencia a enfermedades, sequia etc. La densidad de siembra es otro factor importante a tomar en cuenta al momento de sembrar haba (9).

El distanciamiento de siembra se establece de acuerdo al porte de las plantas y facilidad de aporque. Cuando hay una densidad cerrada las plantas presentan menor vigor con tallos delgados que producen vainas con semillas muy pequeñas por el exceso de competencia.

#### **4.1.7. Enfermedades fúngicas del haba en Guatemala**

##### *4.1.7.1. Mancha chocolate*

Esta enfermedad es causada por el hongo (*Botrytis fabae* Sard.) Es considerada como una de las principales enfermedades del cultivo de haba en Guatemala. Esta enfermedad está asociada a condiciones y épocas de alta precipitación. Puede afectar toda la parcela en cualquier estado de desarrollo del haba (desde emergencia hasta maduración). Esta enfermedad provoca manchas de color café chocolate en los tallos, flores y vainas (14).

Cuando la planta está infectada aparecen puntos marrones en las hojas, tallos, vainas y flores. Los puntos aumentan y se unen transformándose en lesiones necróticas. Ninguna parte de la planta escapa a la enfermedad. Esta enfermedad causa una reducción en el vigor de la planta y disminuye la producción de la cosecha. En casos extremos la planta puede morir.

##### *4.1.7.2. Mancha concéntrica (mancha negra en halos circulares alternos)*

Esta enfermedad es causada por el hongo (*Alternaria alternata*.) Es considerada como otra de las principales enfermedades del cultivo de haba en Guatemala. Esta enfermedad produce manchas negras circulares en alternos que se extienden hasta los bordes de la hoja. Esta enfermedad provoca la muerte descendente por la caída de hojas y la defoliación. Esta mancha aparece cuando hay mucha humedad en el suelo, por excesiva precipitación y sin periodos secos, y sin el uso de una variedad tolerante, la enfermedad avanza quemando todas las plantas en la parcela (14).

##### *4.1.7.3. Roya*

Esta enfermedad es causada por el hongo (*Puccinia spp*), (*Uromyces spp.*) Es considerada como una de las 3 principales enfermedades del cultivo de haba

en Guatemala. Esta enfermedad está asociada a condiciones y épocas de poca o ninguna precipitación o largos periodos de canícula. Es una enfermedad que ataca las hojas y tallos, las pústulas aparecen como pequeños bultos, semejantes a cráteres de volcán de color rojo, castaño, naranja o amarillento. El daño que causa principalmente es una decoloración de color amarillento en la parte superior de la hoja. En ataques muy severos las hojas muy afectadas se secan y caen. Las partes infectadas no se curan, pero con los tratamientos se protegen los nuevos brotes de hojas, flores y frutos. El mejor método de control de la roya es el genético con variedades tolerantes o resistentes (14).

#### **4.1.8. Virus del haba en Guatemala**

Los virus en haba son los principales responsables de la degeneración de las plantas de haba. Las plantas de haba, una vez presentan síntomas de virus, por lo general ya no llegan a formar vainas y granos. Los virus son patógenos que no se pueden controlar con productos químicos. Los síntomas que producen en las hojas son variables y muchas veces dependen de las condiciones ambientales. Cuando la planta presenta síntomas de virus es necesario eliminarla para que no se convierta en un foco de infección para otras plantas sanas. Estos virus son transmitidos normalmente en haba por áfidos (14).

#### **4.1.9. Plagas del haba en Guatemala**

La principal plaga del haba en Guatemala son los pulgones negros (*Aphis fabae*.) Estos insectos polípagos atacan gran variedad de plantas, siendo uno de los cultivos más afectados. Existen diferentes tipos de pulgones, pero los más comunes son el pulgón negro y el pulgón verde. Los insectos miden de 0.5 a 6 milímetros. Sus patas son largas y finas. Poseen 2 antenas y el cuerpo tiene forma de pera, son de color ocre amarillento, negro y verde. Algunos de ellos poseen alas (7).

Los pulgones se agrupan en las hojas, flores y los brotes tiernos. Se alimenta succionando la savia de las hojas tiernas. El pulgón causa dos tipos de daño en las habas:

### **1. Daño Directo**

El daño directo causado por el pulgón en haba es a través de succionar la savia, debilitando las hojas y produciendo plantas débiles. Los pulgones segregan una sustancia melosa que está asociado a un hongo negro, llamado (*Fumagina*) Este hongo forma una capa oscura en las hojas, dificultando principalmente la fotosíntesis.

### **2. Daño Indirecto**

El daño indirecto causado por el pulgón en haba es a través de la transmisión de virus (7).

#### **4.1.10. Mejoramiento de plantas o selección de materiales Genéticos**

Las plantas autógamas son aquellas que se reproducen sexualmente por autofecundación. La autogamia absoluta no es común, si bien se consideran prácticamente autógamas, desde el punto de vista de mejora genética, aquellas plantas con menos de un 4% de alogamia. La autogamia puede deberse a un mecanismo floral de cleistogamia, por el cual las anteras liberan el polen sobre el propio estigma, que está receptivo, con la flor cerrada. De esta manera se evita la entrada de polen extraño. Las flores se abren, pero la proporción de fecundación cruzada puede ser tan pequeña como en las cleistógamas. La tendencia a la alogamia en estas plantas varía con el genotipo (16).

##### *4.1.10.1. Estructura genética de las poblaciones autógamas*

Una población de plantas autógamas, en la que no se ha realizado selección, estará formada casi exclusivamente por individuos homocigóticos. Esto es debido a que la autofecundación generación tras generación, produce

un aumento del número de homocigóticos, frente a una disminución del número de heterocigóticos. Los individuos homocigóticos que forman la población pueden ser todos de idéntico genotipo, como sería el caso si todos derivaran de un solo antecesor homocigótico, la autogamia fuera del 100% y además no hubiese habido mutaciones o en caso de que las hubiera habido éstas han sido eliminadas. Puede darse también el caso de que la población estuviera compuesta de varios genotipos homocigóticos diferentes y, esto puede ser debido a: mutación o bien a que la población se haya originado a partir de varias plantas heterocigóticas que, por autofecundación, dieron origen a una descendencia en la que se fueron separando un cierto número de homocigóticos diferentes o bien, a un cruzamiento espontáneo de individuos de una población original homocigótica con otro genotipo de otra población de la misma especie, lo que puede ocurrir cuando la autogamia no es absoluta (16).

#### *4.1.10.2. Teoría de las líneas puras*

Si partimos de una variedad autógena heterogénea (formada por distintos genotipos) éstos serán homocigóticos. Un método para mejorar esta variedad será seleccionar de entre estos genotipos homocigóticos los que sean superiores. Por ejemplo seleccionar dentro de la variedad Princesa la línea 1, que tiene un peso promedio de 0,64 g. Sin embargo, una vez que tengamos aislada una línea pura superior, seleccionar dentro de esta línea no tiene sentido. Todas las plantas de esta línea tienen el mismo genotipo, la superioridad o inferioridad depende del ambiente. La selección de las plantas superiores dará lugar a una descendencia con un peso promedio igual al de la población original (0,64 g). Por tanto se puede concluir que no habrá respuesta a la selección ( $h^2=0$ ,  $R=0$ ) (16).

En conclusión: una línea pura puede definirse como la progenie de una planta única obtenida por autofecundación. En poblaciones autógenas pueden existir “n” Mejora de plantas autógenas líneas puras y una vez obtenidas, se puede seleccionar entre unas u otras, pero no tiene sentido seleccionar entre

individuos de una misma línea con el mismo genotipo porque las variaciones observadas dentro de cada línea son debido a efectos ambientales (16).

#### 4.1.10.3. *Variedad autóctona*

El término variedad autóctona tiene varios sinónimos, variedad local, variedad indígena o variedad de la tierra. Las variedades autóctonas tienen tres características principales:

- a) Son endémicas de un área, sus orígenes se remontan a varios cientos de años.
- b) Son una mezcla de tipos (genotipos)
- c) Están bien adaptadas al ambiente en el que se cultivan.

En una población autóctona, los componentes de la población serán mayormente homocigóticos. La mezcla puede ser conspicua, como puede ser el caso de una variedad autóctona de trigo que tenga espigas con puntas o sin ellas, glumas rojas, blancas y negras, granos blancos y en diferentes tonalidades de rojo, etc, o bien las diferencias pueden ser pequeñas y afectar a caracteres cuantitativos tales como: altura, tiempo de maduración, tamaño de la semilla, etc. Las variedades autóctonas al ser mezclas de genotipos están bien adaptadas, amortiguan bien los "golpes" a los que pueden estar sometidas en diferentes estaciones. Si un genotipo falla un año (no es productivo), es compensado por otro genotipo que produce más ese año. La mayoría de las variedades de la tierra no tienen buenas cualidades desde el punto de vista agronómico. Generalmente son menos productivas que las variedades mejoradas. Frecuentemente, su variabilidad las hace difícil de cultivar y cosechar mecánicamente. La uniformidad también es necesaria para su comercialización. Sin embargo, es interesante mantener estas variedades indígenas heterogéneas porque es muy probable que en ellas se encuentren genes de interés para la adaptación a suelo y a condiciones climáticas específicas y para resistencias a plagas y enfermedades locales (16).

#### 4.1.10.4. Nivel de heterocigosis

Idealmente, una población de plantas autógamas se considera una mezcla de plantas homocigóticas. No obstante, en la mayoría de las poblaciones autógamas se verifica algo de alogamia, que varía en función del cultivo que se trate y del ambiente. Aun cuando la alogamia en cada generación incrementa el nivel de heterocigosis, esta tendencia es contrarrestada por la desaparición en poblaciones homocigóticas de la mitad de los heterocigotos en cada generación segregante. Esto significa que el nivel de heterocigosis no se incrementa más que por el porcentaje de alogamia en una generación (16).

#### 4.1.10.5. Selección masal

El primer paso en la mejora de una variedad autógena heterogénea es la selección de los tipos de interés y la eliminación de los tipos no deseables. Esto se puede hacer por corte o arranque de las plantas no seleccionadas en las primeras fases de desarrollo, o bien se pueden mantener todas las plantas, e ir identificando los tipos prometedores durante todo el ciclo vegetativo (etiquetado) y cuando llega la madurez, cosechar sólo las plantas que interesen. Cualquiera de los métodos puede dar resultados similares, aunque en algunos casos la eliminación de los individuos no deseables puede colocar a las plantas en condiciones desiguales de competencia.

La selección masal implica la selección de las mejores plantas de la variedad (selección individual) y la reunión o mezcla de toda la semilla que producen en conjunto. Una forma más refinada de la selección masal es cosechar las mejores plantas separadamente y cultivarlas como líneas puras para compararlas entre sí. Una vez evaluadas, las líneas puras superiores y similares se mezclan para mejorar una variedad ya establecida. En muchos casos la selección masal es el primer paso en la mejora de las variedades autóctonas. Aplicando este método, las características que han hecho que la variedad autóctona tenga éxito, se mantendrán y obviamente todos los defectos

se eliminarán. Cuando se quiere introducir un nuevo cultivo en un área, la mejora inicial del mismo comienza por la realización de una selección masal (16).

Actualmente, se hace selección masal para mantener las características de las variedades establecidas. Por regla general, esto implica la cosecha de alrededor de 200 plantas típicas de la variedad. El número de plantas debe ser grande para preservar la identidad y la variabilidad original de la variedad. Estas plantas se cultivan en hileras y las que no son típicas de la variedad se destruyen antes de que florezcan (16).

Las restantes se cosechan en masa. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario a fin de mantener las características de la variedad.

#### *4.1.10.6. Selección de líneas puras*

La mejora de una variedad por selección masal puede continuarse con una selección de líneas puras. Este es un método efectivo para la mejora de una variedad autóctona tanto en su área de desarrollo, como en otra nueva área, en la que se desee introducir la variedad (16).

#### *4.1.10.7. Mutación*

Las líneas puras permanecen homocigóticas (homocigóticas para todos los loci) indefinidamente, siempre que se mantengan por autofecundación. Stadler estudió la frecuencia de mutación en los genes que controlan el desarrollo del endospermo en maíz.

Aun cuando las tasas de mutación sean bajas, se debe decir que son lo suficientemente significativas como para justificar la variabilidad de poblaciones autógamias, más aún si se considera el tiempo que han sido mantenidas bajo domesticación (16).

#### 4.1.11. Características de los Materiales Experimentales

A continuación se describen las características más sobresalientes de los genotipos en estudio:

*Cuadro 3. Características de los materiales experimentales utilizados en la investigación.*

GENOTIPO	COLOR	ALTURA PROMEDIO	PROMEDIO DÍAS DE COSECHA	PROMEDIO LARGO DE VAINAS	PROMEDIO LARGO DE GRANOS
SAN ANTONIO	VERDE CLARO	0.80 m	100	hasta 14 cm	20 mm
SANTA MARÍA MEJORADA (14v26)	VERDE CLARO	0.96 m	100	hasta 14 cm	18 mm
SANTA MARÍA MEJORADA (14v36)	VERDE CLARO	1.09 m	102	hasta 13 cm	13 mm
ICARDA ELV17	VERDE OSCURO	1.09 m	105	hasta 16 cm	20 mm
ICARDA EL201F	VERDE OSCURO	1.03 m	105	hasta 15 cm	16 mm
CRIOLLA SAN CARLOS SIJA	VERDE CLARO	1.21 m	115	hasta 14 cm	14 mm
CRIOLLA SAN MARCOS	VERDE CLARO	1.11 m	115	hasta 14 cm	14 mm
HISTAL	VERDE OSCURO	0.97 m	105	hasta 22 cm	14 mm

Fuente: Investigación, 2015.

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. UBICACIÓN**

La estación experimental Labor Ovalle se encuentra ubicada en la región occidental del país, en el kilómetro 3.50 de la carretera Centroamericana, que conduce desde la cabecera departamental al municipio de Olinstepeque, en el departamento de Quetzaltenango. A 2 kilómetros de la cabecera municipal de Olinstepeque y a 203.50 kilómetros de la Ciudad Capital.

Cuenta con un área de 21.02 ha<sup>-1</sup>, divididas en 7.81 ha<sup>-1</sup> para instalaciones y 13.21 ha<sup>-1</sup> para campos de investigación y producción de semillas. Se encuentra delimitado y al norte colinda con el Cantón Barrios, al sur con colonia Ceres I, al oeste con colonia Pinar del Río y al este con colonia Ceres II.

Su posición geográfica se localiza en las coordenadas: latitud 14°52'10" N. y longitud 91°31'52" O.

### **5.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-BIOLÓGICAS**

#### **5.2.1. Temperatura**

En la región donde se ubica la Labor Ovalle se da una temperatura media anual de 15.00 °C, con una máxima de 22.80 °C y una mínima de 6.80 °C. Temperatura extrema -0°C en los meses de noviembre a febrero, que constituye la época fría.

#### **5.2.2. Altitud**

Se encuentra ubicado en el altiplano occidental de Guatemala con una altitud media sobre el nivel del mar de 2,385 metros (7,824 pies). En promedio mantiene una pendiente menor al 1%.

### **5.2.3. Precipitación**

La precipitación promedio es de 2,000 mm/año, variando el temporal lluvioso del mes de mayo con precipitaciones breves hasta el mes de junio. Del mes de julio a octubre la precipitaciones tienden a ser abruptas.

### **5.2.4. Humedad relativa**

La humedad relativa media anual es del 71.70 %.

### **5.2.5. Relieve y topografía**

La configuración topográfica de la zona está compuesta por un valle central rodeado por un alto montañoso, integrado así: Al norte de la ciudad de Quetzaltenango la sierra de Santa Rita con una altitud máxima de 3,000 msnm; al sur en un primer plano, el Cerro de la Pedrera (2,560 msnm); en un segundo plano, el Volcán Cerro Quemado y Cerro Candelaria (3,120 msnm) y más al sur, en un tercer plano el Volcán Santa María (3,700 msnm), con su cono activo el Volcán Santiaguito (2,400 msnm); al oriente se encuentra la Sierra Chuatroj (3,200 msnm) y el Cerro Tecún Umán, conocido como *El Baúl* (2,600 msnm); al suroccidente el Volcán Siete Orejas (3,200 msnm); al occidente el Cerro Tuicacaix (3,200 msnm) y al noroccidente la Sierra de Sija (3,100 msnm).

### **5.2.6. Vientos**

Se registra un promedio anual de vientos con velocidad de 10.30 Km/h, con una máxima de 13 Km/h y una mínima de 6 Km/h.

### **5.2.7. Zonas de vida**

Según el Dr. L. R. Holdridge, citado por De la Cruz, la zona de vida de esta región se clasifica dentro de un Bosque Muy Húmedo Montano Bajo, caracterizado por un clima semiseco, una vegetación natural pastizal, temperatura semifrías y sin una época seca bien definida con época lluviosa benigna (4).

## 6. METODOLOGÍA

La presente investigación se orientó en evaluar ocho genotipos de haba proveniente de mutantes y selecciones individuales, siendo éstas: *San Antonio*, *Santa María Mejorada (14V26)*, *Santa María Mejorada (14v36)*, *ICARDA ELV17*, *ICARDA EL201F*, *Criolla San Carlos Sija*, *Criolla San Marcos* e *Histal*. La variedad *Histal* fue tomada como testigo, pues es una variedad comercial en el área.

### 6.1. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

El diseño experimental que se utilizó fue el de *Bloques Completos Al Azar*, con 8 tratamientos, 3 repeticiones y 4 surcos por repetición (6).

El modelo estadístico del diseño experimental es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Dónde:

$\mu$  = media general.

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$B_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque

$E_{ij}$  = error experimental del tratamiento  $i$  en el bloque  $j$

### 6.2. DIMENSIÓN DEL EXPERIMENTO

La unidad experimental (UE) que se utilizó estaba constituida por 4 surcos con distanciamiento de 1 metro entre sí y 3.50 metros a lo largo de cada surco. Cada parcela tuvo un distanciamiento de 3 metros entre ellas. Se establecieron 8 parcelas por repetición con una longitud total de 31 metros. Se sembraron 7 posturas por surco a un distanciamiento de 0.50 metros entre cada una. El distanciamiento de calle fue de 1 metro y 0.50 metros de espalda.

Las dimensiones del área experimental fueron:

Área total:	403 m <sup>2</sup>	=	0.040 ha <sup>-1</sup>
Área total de siembra:	325.50 m <sup>2</sup>	=	0.032 ha <sup>-1</sup>
Área total de calle:	77.50 m <sup>2</sup>	=	0.007 ha <sup>-1</sup>

### 6.3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Cada genotipo constó de 4 surcos por repetición, se establecieron un total de 3 repeticiones. Los genotipos quedaron distribuidos de la siguiente manera:

*Cuadro 4. Cuadros de Genotipos ICTA 2014*

<b>Código</b>	<b>Genotipo</b>	<b>Entrada</b>
101	San Antonio	V1
102	Sta. María Mejorada (14v26)	V2
103	Sta. María Mejorada (14v36)	V3
104	ICARDA ELV17	V4
105	ICARDA EL201F	V5
106	Criolla San Carlos Sija	V6
107	Criolla San Marcos	V7
108	Histal	V8

<b>Código</b>	<b>Genotipo</b>	<b>Entrada</b>
201	Sta. María Mejorada (14v36)	V3
202	Criolla San Carlos Sija	V6
203	ICARDA ELV17	V4
204	ICARDA EL201F	V5
205	Sta. María Mejorada (14v26)	V2
206	San Antonio	V1
207	Histal	V8
208	Criolla San Marcos	V7

<b>Código</b>	<b>Genotipo</b>	<b>Entrada</b>
301	Sta. María Mejorada (14v26)	V2
302	Criolla San Carlos Sija	V6
303	Sta. María Mejorada (14v36)	V3
304	Criolla San Marcos	V7
305	ICARDA EL201F	V5
306	ICARDA ELV17	V4
307	Histal	V8
308	San Antonio	V1

Fuente: Investigación, 2014.

Figura 1. Diagrama de Tratamientos evaluados en la investigación



Fuente: Investigación, 2014.

La figura 1 detalla el croquis de campo utilizado durante el proceso de investigación, en el cual se observa la manera en que quedaron distribuidos los genotipos y sus repeticiones.

#### 6.4. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA

##### 6.4.1. Componente de rendimiento de los ocho genotipos de haba en monocultivo

Para cada una de las unidades experimentales se realizó un análisis estadístico para biomasa, rendimiento y el peso de 100 granos de haba. Con la finalidad de determinar la existencia de diferencias significativas entre los

tratamientos, determinándose por medio de la regla de decisión *Si el valor de la p-valor de tratamientos es menor a 0.05, entonces existen diferencias significativas entre los mismos*. Al encontrar significancia, se hizo necesario realizar la comparación múltiple de medias utilizando la prueba de Tukey, con el fin de identificar los mejores tratamientos. Para dicho análisis se utilizó el programa InfoStat (versión estudiantil). Para su mejor comprensión se presentan y se discuten cada una de las salidas y resultados obtenidos, Además se elaboraron cuadros y figuras para facilitar la interpretación de los resultados. Se realizó el análisis de correlación mediante el criterio de Pearson, con el fin de verificar la correlación existente entre los tratamientos y su rendimiento. Al realizar el Análisis de Correlación, los resultados mayores a 0.7 fueron sometidos a la *Prueba de Regresión Lineal* con el fin de demostrar el resultado mediante gráficas.

Datos recolectados:

Biomasa ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) (peso de la planta completa), rendimiento ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), peso de 100 granos (gr).

## **6.5. DESCRIPCIÓN DEL MANEJO AGRONÓMICO**

### **6.5.1. Preparación del terreno**

El terreno fue barbechado en forma manual, utilizando azadones y mano de obra local. Se inició con la eliminación de la maleza dentro del área que iba a ser utilizada para la implementación del experimento, posteriormente se realizó el picado y mullido del suelo (7).

### **6.5.2. Trazado del experimento**

Posterior a la preparación del terreno se procedió a realizar el trazado del área experimental. Los ángulos de cada una de las parcelas estuvieron alineados

a 90°, para lo cual se utilizó una pita de plástico y cinta métrica. Las parcelas se delimitaron con estacas de madera en los vértices y con pita de plástico, en el perímetro de cada una. Seguidamente se establecieron los surcos de cada unidad experimental, de acuerdo al distanciamiento de siembra, se identificó cada parcela con etiquetas impermeabilizadas, de acuerdo a los tratamientos (7).

### **6.5.3. Siembra**

Se realizó de forma manual, utilizando azadones, depositando 3 semillas por postura (13).

### **6.5.4. Distanciamiento de siembra**

Un metro entre surco y 0.50 metros entre plantas, habiendo tenido siete posturas por surco a 0.50 metros entre cada una.

### **6.5.5. Fertilización**

Se realizó empleando los recursos que utilizan los agricultores, aplicando fertilizante orgánico (Gallinaza, 65 gramos por postura) y dos aplicaciones de abono químico (Triple 15, 18 gramos por postura). La primera fertilización se realizó el 5 de junio de 2014. La segunda fertilización se realizó el 8 de julio de 2014 repitiendo la dosis (18 gramos de Triple 15). Cabe resaltar que algunos especialistas del ICTA en fertilidad de suelos recomiendan hacer una segunda aplicación (12).

Posterior a la fertilización fue necesario efectuar un raspado de suelo y/o calza para proteger el fertilizante y proveer un mejor soporte a las plantas como un mejor control de malezas. Es necesario tener cuidado al aplicar el fertilizante químico, evitando que entre en contacto con la plántula para que no la quemé. Por lo tanto es recomendable que quede el fertilizante separado de la plántula por lo menos a 5 centímetros (12).

#### **6.5.6. Control de malezas**

El control de malezas se realizó de forma manual, implementando herramientas como azadón, azadín y rastrillo. El primer desmalezado se realizó el 24 de junio de 2014, 2 semanas después de la primera fertilización. Luego se realizó un control de malezas a cada 20 días hasta la realización de la cosecha (8).

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

El control de plagas y enfermedades fue planificado para todo el área experimental, se realizó aplicando productos químicos agrícolas.

La primera aplicación se realizó para el control de hongos, aplicando fungicida de granulos dispersables de nombre comercial *Amistar 50 WG®* del grupo químico *beta-metioxiacrilato*, con ingrediente activo *Azoxistrobin 50.00%* empleando 14.50 cc en una rociadora de mochila de 16 litros. Este proceso se repitió durante 4 semanas únicamente en la variedad testigo. Para el control de insectos, especialmente para el control del pulgón (*Myzus persicae*) se utilizó el producto de nombre comercial *Monarca®* del grupo químico *cloronicotinilo-pirexoides* con ingrediente activo *Thiacloprid, Beta cyfluthrin*, empleando 25 cc en una rociadora de 16 litros, repitiendo la aplicación únicamente cuando era necesario (14).

#### **6.5.8. Aporque**

El aporque de las plantas se realizó el 8 de julio de 2014, utilizando como herramienta azadones. La actividad consistió en acumular suelo sobre las plantas de haba cubriéndolas con el propósito de asegurar el soporte de la planta de haba al suelo, tratando de disminuir el acame de los tallos de la planta por efecto de los vientos y lluvia de la época, y el peso de las vainas con los granos (8).

#### **6.5.9. Cosecha del haba**

Esta actividad se realizó de manera individual sobre las vainas que cambiaban de color verde a negro, por cada unidad experimental en forma manual. Se arrancó con sumo cuidado la planta del suelo, posteriormente se tomó su peso (biomasa). Seguidamente se prosiguió a la recolecta de vainas, colocándolas en bolsas de papel debidamente identificadas para iniciar el proceso de secado natural. Una vez secas, se pesaron en una balanza (5).

#### **6.5.10. Análisis de varianza**

El análisis de varianza se utilizó para verificar si existían diferencias estadísticamente significativas entre medias de los diferentes genotipos de haba evaluados (6).

#### **6.5.11. Análisis de medias o prueba de Tukey**

Esta prueba se realizó posteriormente a la verificación de la existencia de diferencias estadísticas significativas entre las medias de los genotipos en estudio. Esta presenta estadísticamente cuál es el tratamiento más alto con mayor o menor relación en cuanto a sus medias (6).

#### **6.5.12. Análisis de correlación**

El coeficiente de correlación de Pearson se puede definir como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables, siempre y cuando ambas sean cuantitativas (10).

Este tipo de análisis estadístico se realiza cuando se requiere encontrar la relación entre dos variables, en donde una tendencia de cualquiera de las dos variables se vuelve dependiente de la otra variable y a esta otra se le denomina independiente. Según el criterio de Pearson indica que cuando dicho análisis es

superior a 0.70 se representa como una correlación positiva, esto mismo indica la relación entre los tratamientos y el rendimiento (10).

#### **6.5.13. Prueba de regresión Lineal**

Es la cantidad de cambio de una variable asociada a un cambio único de otra variable. Se dice que es positivo cuando ambas variables aumentan o disminuyen juntas, de igual manera se dice que es negativa cuando ambas variables disminuyen juntas. Al realizar el Análisis de Correlación, los resultados mayores a 0.7, fueron sometidos a la Prueba de Regresión Lineal con el fin de demostrar en forma de figura el grado de asociación entre las dos variables independiente (X) y dependiente (Y) (15).

#### **6.5.14. Análisis económico mediante presupuestos parciales**

El análisis de rentabilidad económica de los genotipos se efectuó mediante el uso de presupuestos parciales. En los registros de producción de granos de haba cosechado, en cada genotipo evaluado y el costo variable de los jornales empleados para la cosecha de cada cultivar, el cual tiende a variar debido a las diferencias de rendimiento de un genotipo a otro (2) (3). El análisis económico, identificó el genotipo más rentable.

#### **6.5.15. Recursos**

Se da a conocer presupuesto utilizado para la producción de una hectárea de haba en monocultivo.

*Cuadro 5. Cuadros de recursos utilizados en la investigación.*

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario en quetzales (Q)</b>	<b>Total en quetzales (Q)</b>
<b>Semilla de haba</b>	libra	220	12	2,640.00
<b>Fungicida</b>	litro	2	600	1,200.00
<b>Insecticida</b>	litro	3	180	540.00
<b>Fertilizante 20-20-0</b>	quintal	11	280	3,080.00
<b>Fertilizante 15-15-15</b>	quintal	9	260	2,340.00
<b>Preparación de suelo</b>	jornal	32	75	2,400.00
<b>Siembra</b>	jornal	30	75	2,250.00
<b>Aplicación de insecticidas</b>	jornal	28	75	2,100.00
<b>Aplicación de fungicida</b>	jornal	28	75	2,100.00
<b>Aplicación de fertilizante</b>	jornal	28	75	2,100.00
<b>Cosecha</b>	jornal	35	75	2,625.00
<b>Total</b>				23,375.00

Fuente: Investigación, 2014.



## 7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se realizó el análisis estadístico de la biomasa, rendimiento y peso de cien granos del cultivo de haba, con el fin de la obtención de resultados acordes al sistema productivo, detallando los registros referentes a las variables estudiadas.

### 7.1. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE LOS OCHO GENOTIPOS DE HABA

#### 7.1.1. Biomasa experimental de la planta en Kg.ha<sup>-1</sup> de los ocho genotipos de haba en monocultivo

El cultivo de haba en los diferentes genotipos evaluados, manifestó diferente biomasa para cada uno de los tratamientos en estudio. En cada unidad experimental se realizó el mismo procedimiento, que consistió en extraer la planta del suelo, limpiarla de los restos de suelo para posteriormente pesarla. El análisis estadístico se realizó para el peso de la planta incluyendo vainas y granos con el objetivo de identificar el genotipo con mayor biomasa. Los resultados del peso de biomasa se presentan en los siguientes cuadros:

*Cuadro 6. Biomasa de los ocho genotipos de haba (kg.ha<sup>-1</sup>) en monocultivo*

Genotipos	I	II	III	TOTAL	MEDIA
SAN ANTONIO	1.83	2.07	1.85	5.75	1.92
SANTA MARÍA MEJORADA (14V26)	1.59	1.41	1.30	4.30	1.43
SANTA MARÍA MEJORADA (14V36)	1.44	1.46	1.28	4.17	1.39
ICARDA ELV17	1.83	1.78	1.64	5.24	1.75
ICARDA EL201F	1.51	1.49	1.38	4.38	1.46
CRIOLLA SAN CARLOS SIJA	1.51	1.20	1.30	4.01	1.34
CRIOLLA SAN MARCOS	1.63	1.43	1.46	4.52	1.51
HISTAL	1.17	1.01	1.04	3.21	1.07
TOTAL	12.50	11.84	11.25	35.59	11.87
MEDIAS	1.56	1.48	1.40	4.44	1.48

Fuente: Investigación, 2015.

El Cuadro 6 representa los datos obtenidos en la fase de campo de la biomasa de los ocho genotipos en estudio. Los genotipos San Antonio e ICARDA ELV17 son los que mejor rendimiento presentaron respecto a sus medias, dando un resultado de 1.92 y 1.75 respectivamente. El genotipo Criolla San Marcos presentó una media de 1.51; con medias similares se encuentran los genotipos ICARDA EL201F con 1.46 y Santa María Mejorada (14v26) con 1.43. En un rango inferior se ubican los genotipos Santa María Mejorada (14v36) con una media de 1.39 y Criolla San Carlos Sija con una media de 1.34. En el último rango de la clasificación se ubica el genotipo testigo Histal con una media de 1.07. Respecto a los resultados obtenidos de las repeticiones se observa que la primera repetición es la que mejor rendimiento tuvo dando una media de 1.56, en la segunda repetición se observó una media de 1.48, y por último la tercera repetición que dio como resultado una media de 1.40. Estos datos se utilizaron como fundamento para la elaboración del Análisis de Varianza, el cual se describe en el cuadro 7 a continuación:

*Cuadro 7. ANDEVA Biomasa de los ocho genotipos de haba (kg.ha-1) en monocultivo*

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor	F-TAB 5%	F-TAB 1%	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
GENOTIPO	7	1.38	0.2	23.91	<0.0001	2.77	4.23	**
REPETICIÓN	2	0.1	0.05	6.02	0.013	3.74		*
Error	14	0.12	0.01					
Total	23	1.6						
CV: 6.12%								

Fuente: Investigación, 2015.

\*\* **Alta significancia.** \* **significancia.**

En el Cuadro 7 se muestra el resumen del análisis de varianza, el dato p-valor, que representa la probabilidad para los genotipos, es de 0.0001 indicando que este valor es menor al 0.05% de significancia a la que está sometida esta prueba. Esto determina que sí existe alta diferencia estadística significativa entre

cada uno de los genotipos estudiados, por lo cual la hipótesis nula 1 se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa 1 que indica que al menos uno de los siete genotipos en estudio presentará mayor biomasa en comparación al genotipo testigo.

Para establecer cuál de los genotipos de haba en estudio representaban una mayor biomasa en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  en relación con los otros genotipos, se realizó la prueba de medias por Tukey al 0.05% de significancia. Mediante la clasificación de grupos estadísticos esta prueba reveló cual o cuales de los tratamientos mostraron mayor diferencia.

*Cuadro 8. Prueba múltiple de medias Tukey de Biomasa de los ocho genotipos de haba ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) en monocultivo*

GENOTIPO	Medias	n	E.E.	Clasificación	
SAN ANTONIO	1.92	3	0.05	A	
ICARDA ELV17	1.75	3	0.05	A	B
CRIOLLA SAN MARCOS	1.51	3	0.05	B	C
ICARDA EL201F	1.46	3	0.05	C	
SANTA MARÍA MEJORADA (14V26)	1.43	3	0.05	C	
SANTA MARÍA MEJORADA (14V36)	1.39	3	0.05	C	
CRIOLLA SAN CARLOS SIJA	1.34	3	0.05	C	
HISTAL	1.07	3	0.05	D	

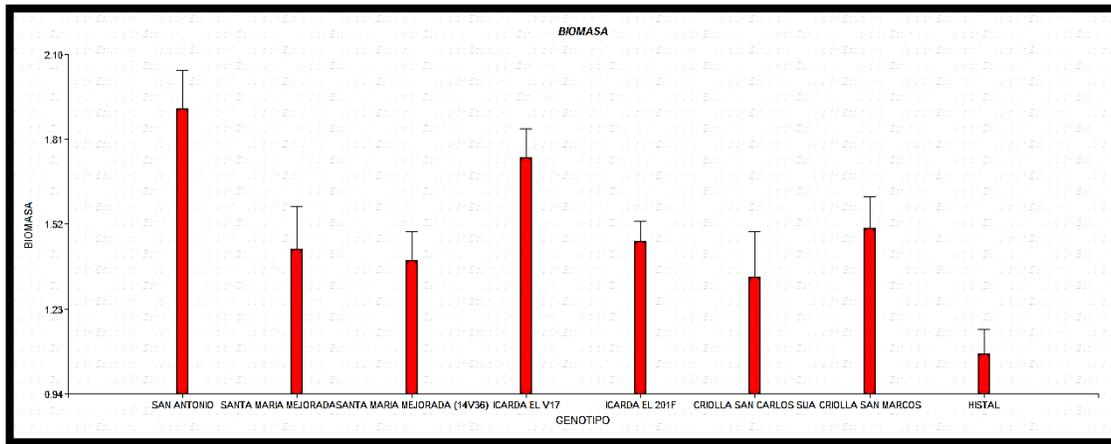
Fuente: Investigación, 2015.

**DMS=0.26169. Error: 0.0082. gl: 14**

El Cuadro 8 muestra la comparación de medias por Tukey al 0.05% de significancia. Los genotipos que mejores resultados estadísticamente ofrecieron en biomasa ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) fueron en su orden los genotipos San Antonio, con una media de 1.92 ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), ICARDA ELV17 con una media de 1.75 ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), y Criolla San Marcos con una media de 1.51 ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Se determinaron cuatro clasificaciones estadísticas. Los genotipos San Antonio e ICARDA ELV17 se ubican en la clasificación A y A-B respectivamente. El genotipo Criolla San Marcos se ubica en la clasificación B-C. En la clasificación C se encuentran los genotipos ICARDA EL201F, Santa María Mejorada (14v26), María Mejorada (14v36) y Criolla San Carlos Sija. El genotipo Histal, genotipo testigo se ubica en la clasificación D.

**Figura 2. Biomasa de los ocho genotipos del cultivo de haba**



Fuente: Investigación, 2015.

La Figura 2 muestra el comportamiento de biomasa de los ocho genotipos estudiados. En esta figura se demuestra que el genotipo San Antonio representa el mayor peso en biomasa 1.92 (kg.ha<sup>-1</sup>) comparado con los demás genotipos en estudio. El genotipo *Histal* presentó el peso de 1.07 (kg.ha<sup>-1</sup>).

La biomasa de una planta está compuesta por raíz, tallos, hojas y frutos. Al realizar este análisis utilizando materiales genéticos provenientes de inducción mutante y selecciones individuales, se observó que los mismos tuvieron como resultado mayor biomasa, en comparación con la unidad de testigo y por consecuencia con los materiales que normalmente se utilizan en los cultivos convencionales del altiplano. Entre las ventajas más importantes que otorga este incremento de biomasa sobre la planta se encuentran: la resistencia a factores climáticos como el denominado *acame*, resistencia a vientos fuertes y reducción

de susceptibilidad a enfermedades causadas por virus y plagas; por consecuencia se obtiene una mayor producción de semilla.

### 7.1.2. Rendimiento experimental de grano en kg.ha-1 de los ocho genotipos de haba en monocultivo

Los genotipos evaluados manifestaron diferentes rendimientos por cada uno de los tratamientos en estudio. En cada unidad experimental, se utilizaron bolsas de papel para recolectar las vainas. Posteriormente fueron secadas al sol. Cuando las vainas se abrieron naturalmente tras el proceso de secado, se realizó un suave aporreo de las vainas con el fin de no lastimar la semilla.

Se pesaron las semillas para determinar la variable Componentes de Rendimiento. Este proceso se realizó para cada uno de los tratamientos y repeticiones del experimento.

El análisis estadístico se realizó para identificar el genotipo con mayor rendimiento en peso en gramo y determinar sus diferencias estadísticas sobre la base del ANDEVA. Dándose a conocer a continuación:

*Cuadro 9. Rendimiento de los ocho genotipos de haba en kg.ha-1 en monocultivo*

Genotipos	I	II	III	TOTAL	MEDIA
<b>SAN ANTONIO</b>	0.77	0.88	0.79	2.44	0.81
<b>SANTA MARÍA MEJORADA (14V26)</b>	0.77	0.67	0.62	2.06	0.69
<b>SANTA MARÍA MEJORADA (14V36)</b>	0.43	0.52	0.48	1.43	0.48
<b>ICARDA ELV17</b>	0.90	0.92	0.79	2.61	0.87
<b>ICARDA EL201F</b>	0.72	0.69	0.66	2.07	0.69
<b>CRIOLLA SAN CARLOS SIJA</b>	0.65	0.50	0.56	1.70	0.57
<b>CRIOLLA SAN MARCOS</b>	0.75	0.59	0.67	2.01	0.67
<b>HISTAL</b>	0.25	0.32	0.30	0.88	0.29
<b>TOTAL</b>	5.25	5.08	4.87	15.20	5.07
<b>MEDIAS</b>	0.65	0.63	0.60	1.9	0.63

Fuente: Investigación, 2015

El Cuadro 9 muestra los datos obtenidos en la fase de campo del rendimiento de los ocho genotipos de haba en estudio. Se observa que el genotipo ICARDA ELV17 con media de 0.87, fue el que mejor rendimiento obtuvo, el genotipo San Antonio presentó una media alta con 0.81. Los genotipos Santa María Mejorada (14v26) e ICARDA EL201F presentaron medias similares con 0.69 ambos. Criolla San Marcos, Criolla San Carlos Sija y Santa María Mejorada (14v36) presentaron medias de 0.67, 0.57 y 0.48 respectivamente. El genotipo Histal, utilizado como testigo, presentó una media de 0.29. Los datos anteriores fueron la base para elaborar el análisis de varianza, el cual se describe a continuación:

*Cuadro 10. ANDEVA rendimiento de los ocho genotipos de haba (kg.ha<sup>-1</sup>) en monocultivo*

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor	F-TAB 5%	F-TAB 1%	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
<b>GENOTIPO</b>	7	0.7	0.1	27.77	<0.0001	2.77	4.23	**
<b>REPETICIÓN</b>	2	0	4.30 E-03	1.16	0.3425	3.74		NS
<b>Error</b>	14	0.1	3.70 E-03					
<b>Total</b>	23	0.8						
<b>CV: 9.65%</b>								

Fuente: Investigación, 2015.

**\*\* Alta significancia. NS: No Significancia.**

En el cuadro 10 se muestra Análisis de Varianza para rendimiento de los ocho genotipos evaluados. Este cuadro muestra que existen diferencias altamente significativas entre cada uno de los genotipos estudiados, con lo cual se rechaza la hipótesis nula 2 y se acepta la hipótesis alternativa 2 que indica que al menos uno de los genotipos evaluados presentará mayor rendimiento en comparación al genotipo testigo.

Para establecer cuál de los genotipos de haba en estudio presentaba un mayor rendimiento en  $\text{kg.ha}^{-1}$  en relación con los otros genotipos, se realizó la prueba o comparación múltiple de medias por Tukey al 0.05% de significancia. Esta prueba reveló el tratamiento con mayor diferencia. Sobre la base de esta, se formaron cinco grupos, estando en el grupo A los genotipos ICARDA ELV17 y San Antonio, en el grupo B estuvieron San Antonio, ICARDA EL201F, Santa María Mejorada (14v26) y Criolla San Marcos.

*Cuadro 11. Prueba múltiple de medias Tukey de rendimiento de los ocho genotipos de haba ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) en monocultivo*

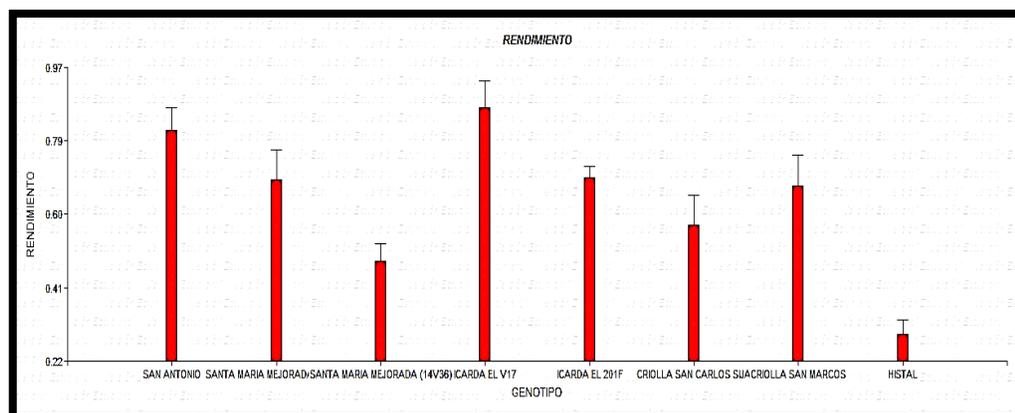
GENOTIPO	Medias	n	E.E.			
ICARDA ELV17	0.87	3	0.04	A		
SAN ANTONIO	0.81	3	0.04	A	B	
ICARDA EL201F	0.69	3	0.04		B	C
SANTA MARIA MEJORADA (14V26)	0.69	3	0.04		B	C
CRIOLLA SAN MARCOS	0.67	3	0.04		B	C
CRIOLLA SAN CARLOS SIJA	0.57	3	0.04			C D
SANTA MARIA MEJORADA (14V36)	0.48	3	0.04			D
HISTAL	0.29	3	0.04			E

Fuente: Investigación, 2015.

**DMS=0.17617. Error: 0.0037. gl: 14**

El Cuadro 11 representa el análisis de comparación de medias por el criterio de Tukey al 0.05% de significancia. Los genotipos que mejores resultados estadísticamente ofrecieron en rendimiento ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) son en su orden el genotipo ICARDA ELV17 expresando una media de 0.87, representando el mayor rendimiento, el genotipo San Antonio arrojó como resultado una media de 0.81, estos 2 genotipos presentan similares características, siendo muy poca la diferencia en medias. En una clasificación inferior muy por debajo respecto a medias, la variedad ICARDA EL201F con una media de 0.69.

**Figura 3. Rendimiento de los ocho genotipos del cultivo de haba**



Fuente: Investigación, 2015.

En esta figura se puede observar de manera gráfica los resultados obtenidos en cuanto al rendimiento de los ocho genotipos de haba estudiados. Se demuestra que el genotipo ICARDA ELV17 mostró el mayor rendimiento en comparación con los demás genotipos con una media de 0.87 estando en lo más alto de la gráfica, muy cerca se encuentra el genotipo San Antonio con una media de 0.81. La variedad *Histal* fue la que menor rendimiento presentó con una media de 0.29.

El rendimiento de la planta es la producción obtenida por unidad de superficie, en este caso el rendimiento fue el peso total de la semilla de haba. Se observó que con la utilización de materiales genéticos provenientes de selecciones individuales e inducción de mutantes, se obtiene un mayor rendimiento en comparación con la unidad testigo y por consecuencia con los materiales que normalmente se utilizan en los cultivos convencionales del altiplano. Las ventajas de utilizar materiales genéticos certificados son evidentes, como los son: mayor peso del producto (semilla de haba), mejor calidad y tamaño. Los beneficios tanto económicos como agrícolas obtenidos por el agricultor serán mayores con la utilización de materiales genéticos certificados.

### 7.1.3. Análisis del peso de 100 granos de los ocho genotipos de haba en monocultivo

Para este análisis se seleccionaron 100 semillas de cada genotipo y posteriormente fueron pesadas. Esto se realizó con el propósito de identificar al genotipo con mejor índice de cosecha y calidad de semilla, a este último se le añaden algunas características como lo son el color, vigor, poder germinativo, estado fitosanitario, contenido de humedad, longitud, brillo, y sobre todo el peso, ya que éste indica si la semilla es adecuada para su utilización agrícola. El índice de cosecha se define como el peso total del producto al final de cada año o periodo de producción.

*Cuadro 12. Peso de 100 granos/gr de los ocho genotipos de haba en monocultivo*

Genotipos	I	II	III	TOTAL	MEDIA
<b>SAN ANTONIO</b>	243	246	243	732	244
<b>SANTA MARÍA MEJORADA (14V26)</b>	257	257	242	756	252
<b>SANTA MARÍA MEJORADA (14V36)</b>	250	248	248	746	249
<b>ICARDA ELV17</b>	242	243	234	719	240
<b>ICARDA EL201F</b>	243	235	240	718	239
<b>CRIOLLA SAN CARLOS SIJA</b>	246	244	240	730	243
<b>CRIOLLA SAN MARCOS</b>	241	238	237	716	239
<b>HISTAL</b>	208	231	224	663	221
<b>TOTAL</b>	1930	1942	1908	5780	1927
<b>MEDIAS</b>	241	242	238	722	240.87

Fuente: Investigación, 2015.

El Cuadro 12 muestra el peso de 100 semillas de los ocho genotipos de haba en monocultivo obtenidos en la fase de campo. Se observa que el genotipo con mejores características es Santa María Mejorada (14v26) con una media de 252, el genotipo Santa María Mejorada (14v36) dio como resultado una media de 249. Los genotipos San Antonio, Criolla San Carlos Sija e ICARDA ELV17 poseen medias de 244, 243 y 240 respectivamente; los genotipos ICARDA EL201F y Criolla San Marcos presentan similares medias con 239 ambos. Por

último el genotipo testigo obtuvo una media de 221. Las medias de las repeticiones muestran muy poca diferencia, la segunda repetición obtuvo una media de 242, mientras que la primera repetición obtuvo 241 y la tercera repetición 238. Los datos anteriores fueron la base para elaborar el análisis de varianza, el cual se describe a continuación:

*Cuadro 13. ANDEVA peso de 100 granos/gr de los ocho genotipos de haba en monocultivo*

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor	F-TAB 5%	F-TAB 1%	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
<b>GENOTIPO</b>	7	1	1.00 E-01	27.8	<0.0001	2.77	4.23	**
<b>REPETICIÓN</b>	2	0	4.30 E-03	1.16	0.3425	3.74		NS
<b>Error</b>	14	0.05	3.70 E-03					
<b>Total</b>	23	0.79						
<b>CV: 2.71%</b>								

Fuente: Investigación, 2015.

**\*\* Alta Significancia. NS: No Significancia**

El Cuadro 13 muestra que hubo diferencias estadísticas significativas entre los genotipos estudiados; como se puede observar en el cuadro de análisis de varianza el p-valor para tratamientos es de 0.0001 el cual es menor al 0.05% de significancia. Esto determina que sí existen alta significancia entre cada uno de los genotipos estudiados, con lo cual la hipótesis nula 1 se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa 1 que indica al menos uno de los siete genotipos estudiados presentara mayor índice de cosecha en comparación al genotipo testigo.

Observando las diferencias estadísticas significativas, se procedió a realizar el análisis de medias por Tukey al 0.05% de significancia. Para determinar el tratamiento que tuvo diferencia significativa estadísticamente.

Cuadro 14. Prueba múltiple de medias Tukey del peso de 100 granos/gr de ocho genotipos de haba

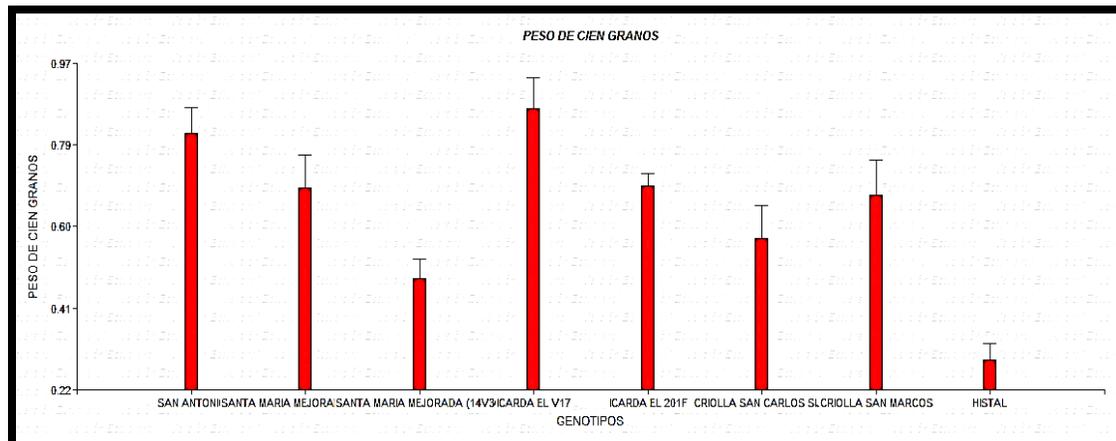
GENOTIPO	Medias	n	E.E.	CLASIFICACIÓN		
ICARDA ELV17	0.87	3	0.04	A		
SAN ANTONIO	0.81	3	0.04	A	B	
ICARDA EL201F	0.69	3	0.04	B		C
SANTA MARÍA MEJORADA (14V26)	0.69	3	0.04	B		C
CRIOLLA SAN MARCOS	0.67	3	0.04	B		C
CRIOLLA SAN CARLOS SIJA	0.57	3	0.04			C D
SANTA MARÍA MEJORADA (14V36)	0.48	3	0.04			D
HISTAL	0.29	3	0.04			E

Fuente: Investigación, 2015.

DMS=0.17617. Error: 0.0037. gl: 14

El Cuadro 14 muestra el análisis de comparación de medias por Tukey; aquí se observa que se formaron cinco grupos, en donde el tratamiento que mejores resultados registró estadísticamente, referente al peso de 100 granos, fue el genotipo ICARDA ELV17 con medias de 0.87 granos, con resultados muy similares a los mostrados por el genotipo San Antonio, con una media de 0.81 granos. Los otros genotipos en estudio presentaron similitudes en sus medias, con datos promedios entre 0.69 y 0.48, los genotipos que presentaron similitudes en sus medias fueron ICARDA EL201F 0.69 granos, Santa María Mejorada (14v26) 0.69 granos, Criolla San Marcos 0.67 granos, Criolla San Carlos Sija 0.57 granos y Santa María Mejorada (14v36) 0.48 granos. La variedad *Histal* estuvo muy por debajo del rango con 0.29 granos.

**Figura 4. Peso de 100 granos del cultivo de haba**



Fuente: Investigación, 2015.

En la anterior figura se observa que el genotipo ICARDA ELV17 fue el que mejor resultados obtuvo demostrándolo con una media de 0.87, los genotipos Santa María Mejorada (14v26), ICARDA EL201F y Criolla San Marcos poseen similitud en sus medias con medias de 0.69 en la primeras dos antes mencionadas y con una media de 0.67 el genotipo Criolla San Marcos. La variedad Histal fue la de menor peso de 100 semillas.

La realización del análisis utilizando materiales genéticos provenientes de inducción de mutantes y selecciones individuales, dieron como resultado un índice de cosecha y calidad de semilla mejor y mayor al genotipo utilizado como testigo, que es parte de los materiales normalmente utilizados por los productores convencionales del altiplano. Los genotipos en estudio presentaron mejores características al genotipo testigo, siendo estas: el poder germinativo, color, vigor, estado fitosanitario, contenido de humedad, longitud, brillo y sobre todo un mayor peso. Estas características de la semilla de haba, son necesarias tomar en cuenta para una buena producción, obteniendo mejores resultados y producto de mejor calidad, con utilización de semillas sanas y un buen poder germinativo se garantiza el brote y la generación de una nueva planta con iguales características a la planta madre de la que procede.

#### 7.1.4. Análisis de correlación Biomasa-Rendimiento

Cuadro 15. Análisis de correlación Biomasa-Rendimiento

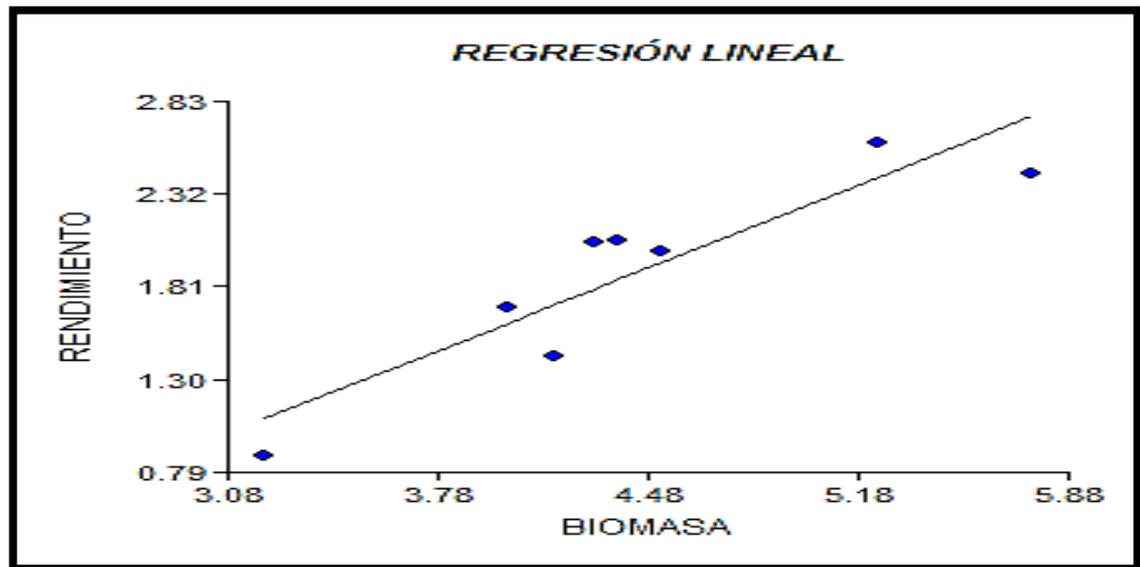
	BIOMASA	RENDIMIENTO
BIOMASA	1	1.90E-03
RENDIMIENTO	0.91	1

Fuente: Investigación, 2015.

El Cuadro 15 muestra el análisis de correlación de las variables Biomasa y Rendimiento. Los resultados muestran que hay un alto grado de asociación entre biomasa y rendimiento, dando como resultado una correlación positiva, la cual indica a mayor biomasa mayor será el rendimiento de los genotipos estudiados. La correlación Biomasa-Rendimiento con el criterio de Pearson proyectó un nivel de asociación entre estas dos variables de 0.91.

#### 7.1.5. Prueba de regresión Lineal Biomasa-Rendimiento

Figura 5. Regresión lineal Biomasa-Rendimiento



Fuente: Investigación, 2015.

En la figura 5 se muestra el grado de asociación entre las dos variables, independiente X y dependiente Y. Se puede observar que la ecuación es positiva porque ambos valores incrementan conjuntamente, al ser positiva se observa la proyección demostrando claramente que a mayor biomasa, mayor será el rendimiento de los genotipos estudiados.

La correlación biomasa-rendimiento, demuestra que a mayor biomasa, mayor será el rendimiento, es decir que con la obtención de mayor biomasa (raíz, tallos, hojas y frutos), mayor será el rendimiento (producto obtenido por unidad de superficie). Con la utilización de materiales genéticos provenientes de inducción mutante y selecciones individuales se observó tallos más fuertes, resistentes a condiciones climáticas como lo son vientos fuertes y sequias, además de una reducción a la susceptibilidad de plagas y enfermedades, en comparación a los presentados por el genotipo testigo utilizado por los agricultores convencionales del área. Con esto se garantiza un óptimo rendimiento, proyectando beneficios y ganancias en la cosecha al final de la temporada.

#### 7.1.6. Análisis de correlación Número de Vainas-Rendimiento

*Cuadro 16. Análisis de correlación Número de Vainas-Rendimiento*

	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>No. VAINAS</b>
<b>RENDIMIENTO</b>	1	2.60E-04
<b>No. VAINAS</b>	0.95	1

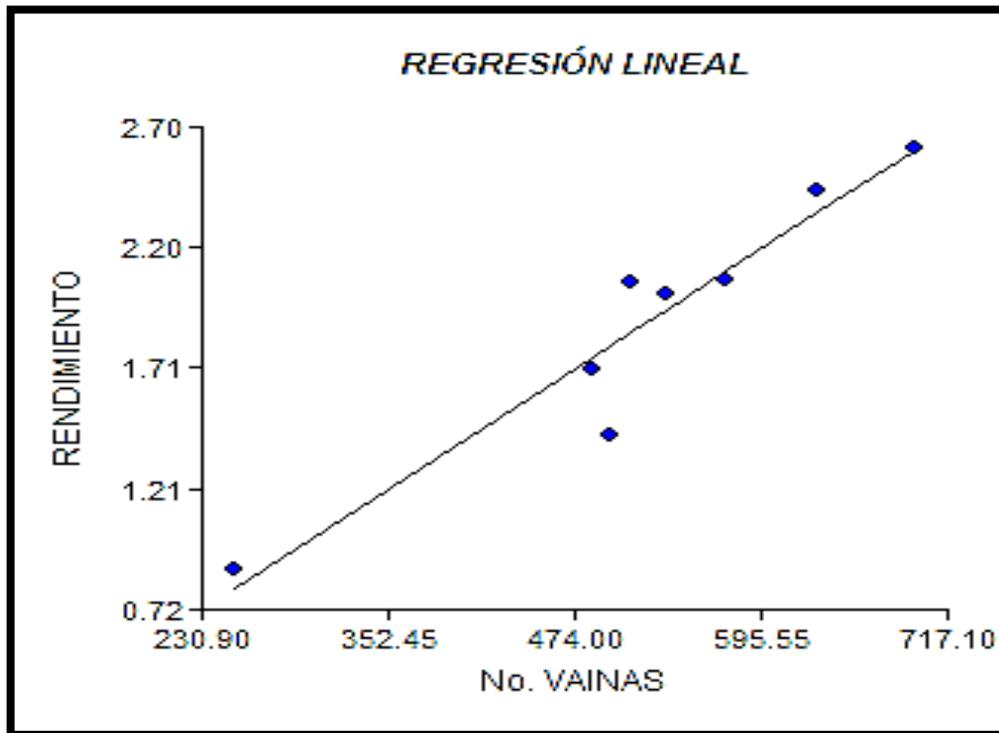
Fuente: Investigación, 2015.

El Cuadro 16 muestra el análisis de correlación de las variables Número de Vainas y Rendimiento. Los resultados muestran que hay un alto grado de asociación entre Número de Vainas y Rendimiento, (a mayor Número de Vainas mayor será el rendimiento de los genotipos estudiados).

La correlación Número de vainas-Rendimiento con el criterio de Pearson arrojó un nivel de asociación entre estas dos variables de 0.95.

### 7.1.7. Prueba de regresión lineal Número de Vainas-Rendimiento

**Figura 6. Regresión lineal Número de Vainas-Rendimiento**



Fuente: Investigación, 2015.

En la Figura 6 se muestra el grado de asociación entre las dos variables, independiente X y dependiente Y. Esto nos demuestra claramente que a mayor Número de Vainas hubo más rendimiento de los genotipos estudiados.

La correlación rendimiento-número de vainas, demuestra que a mayor cantidad de vainas (fruto) mayor será el rendimiento (producto obtenido por unidad de superficie), es decir, que a mayor número de vainas por planta y de mayor tamaño, mayor será la cantidad de semilla (producto) obtenido reflejando un mayor rendimiento. Con la utilización de materiales genéticos provenientes de inducción mutante y selecciones individuales se observó un incremento en la

cantidad de vainas por planta, en comparación a la cantidad de vainas producidas por el genotipo testigo, utilizado por los agricultores convencionales del área, esto se traduce a mayor cantidad de semillas producidas por planta, lo que proyecta un mayor rendimiento reflejado en ganancias y beneficios para el agricultor en la cosecha.

## 8. ANÁLISIS ECONÓMICO, MEDIANTE PRESUPUESTOS PARCIALES DE LOS GENOTIPOS ESTUDIADOS

### 8.1. ESTIMACIÓN DEL PRECIO EN CAMPO DE LA MANO DE OBRA

No se incurrió en ningún costo para llevar la mano de obra al terreno, por lo tanto, su precio de campo fue el costo por jornal. El costo del jornal fue de Q75.00 por día de trabajo (3).

### 8.2. ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS QUE VARÍAN

Los costos que varían se tomaron en base al genotipo testigo en comparación a los siete genotipos en evaluación, dando como resultado los costos variables de precio de semillas multiplicando la cantidad utilizada por el precio de las semillas; fungicidas y cantidad de jornales utilizados según el rendimiento de cada genotipo, multiplicando el salario mínimo diario (Q75.00) por los jornales utilizados en el proceso de producción, cosecha hasta la comercialización (3).

*Cuadro 17. Costos variables*

Tratamientos	Genotipos	Costo de Semilla	Amistar	Jornales	Total Costos Que Varian Q.
T1	SAN ANTONIO	264		1425	1,689.00
T2	SANTA MARIA MEJORADA (14V26)	264		1275	1,539.00
T3	SANTA MARIA MEJORADA (14V36)	264		1050	1,314.00
T4	ICARDA ELV17	264		1500	1,764.00
T5	ICARDA EL201F	264		1350	1,614.00
T6	CRIOLLA SAN CARLOS SIJA	264		1125	1,389.00
T7	CRIOLLA SAN MARCOS	264		1200	1,464.00
T8	HISTAL	330	600	975	1,905.00

Fuente: Investigación, 2015.

### 8.3. ESTIMACIÓN DEL PRECIO DE CAMPO DEL PRODUCTO

El precio de campo de los siete genotipos experimentales fue de Q25.65 por kilogramo. Estos genotipos aun no son comercializados en el ICTA, por lo que se manejó un único precio para los materiales (2).

### 8.4. ESTIMACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS AJUSTADOS

Previo a la estimación del rendimiento ajustado se obtuvieron los rendimientos experimentales corregidos, los cuales resultaron de promediar los rendimientos.

Con los rendimientos experimentales corregidos se obtuvieron los rendimientos ajustados, usando una tasa de ajuste del 15%. Este porcentaje de ajuste se realizó mediante criterio propio tomando como base que el Análisis Económico de presupuestos parciales recomienda hacer un ajuste reduciendo los rendimientos experimentales en un porcentaje que va de 5 al 30% para poder acercarse a los obtenibles por los agricultores (3).

Cuadro 18. Rendimiento Ajustado del haba

Tratamientos	Genotipos	Media	Rendimiento Ajustado al 15%
T1	SAN ANTONIO	814	692
T2	SANTA MARIA MEJORADA (14V26)	686	583
T3	SANTA MARIA MEJORADA (14V36)	476	405
T4	ICARDA ELV17	870	739
T5	ICARDA EL201F	690	587
T6	CRIOLLA SAN CARLOS SIJA	568	483
T7	CRIOLLA SAN MARCOS	671	570
T8	HISTAL	292	248

Fuente: Investigación, 2015.

## 8.5. OBTENCIÓN DE LOS BENEFICIOS BRUTOS Y BENEFICIOS NETOS

Multiplicando el rendimiento ajustado por el precio de campo del producto (Q25.65/Kg), se obtuvo el beneficio bruto, y luego se sustrajo de éste último los costos que varían, obteniendo el beneficio neto (2).

*Cuadro 19. Beneficios brutos y netos del haba*

Tratamientos	Genotipos	Rendimiento Ajustado al 15%	Beneficio Bruto	Total Costos que Varían	Beneficio Neto
T1	SAN ANTONIO	692	17750	1689	16061
T2	SANTA MARIA MEJORADA (14V26)	583	14949	1539	13410
T3	SANTA MARIA MEJORADA (14V36)	405	10385	1314	9071
T4	ICARDA ELV17	739	18961	1764	17197
T5	ICARDA EL201F	587	15044	1614	13430
T6	CRIOLLA SAN CARLOS SIJA	483	12384	1389	10995
T7	CRIOLLA SAN MARCOS	570	14622	1464	13158
T8	HISTAL	248	6359	1905	4454

Fuente: Investigación, 2015.

## 8.6. ANÁLISIS DE DOMINANCIA

Para realizar este análisis se organizaron los datos de costos que varían y beneficios netos, de acuerdo con un orden creciente de los costos que varían, es decir de menor a mayor. Luego se determinó si los tratamientos eran dominados o no (3).

Cuadro 20. Análisis económico de dominancia en haba

Tratamientos	Genotipos	Total Costos que Varian	Beneficio Neto	Observación de Cambios de Tratamiento	Conclusiones de la Observación
T3	SANTA MARIA MEJORADA (14V36)	1314	9071		NO DOMINADO
T6	CRIOLLA SAN CARLOS SIJA	1389	10995	T3-T6	NO DOMINADO
T7	CRIOLLA SAN MARCOS	1464	13158	T6-T7	NO DOMINADO
T2	SANTA MARIA MEJORADA (14V26)	1539	13410	T7-T2	NO DOMINADO
T5	ICARDA EL201F	1614	13430	T2-T5	NO DOMINADO
T1	SAN ANTONIO	1689	16061	T5-T1	NO DOMINADO
T4	ICARDA ELV17	1764	17197	T1-T4	NO DOMINADO
T8	HISTAL	1905	4454	T4-T8	DOMINADO

Fuente: Investigación, 2015.

El primer tratamiento es *no dominado*. En seguida se observa si al pasar de T3 a T6 disminuyen los beneficios, en este caso T6 es no dominado. Luego se observa si al pasar de T6 a T7 disminuyen los beneficios, entonces T7 es no dominado. T7 siendo la base de observación se compara con T2, que da como resultado T2 no dominado. Se observa si al pasar de T2 a T5 aumentan los beneficios y en este caso no ocurre, por tanto T5 es no dominado. Como T5 fue no dominado, se empleando T5 como referencia y se observa si al pasar de T5 a T1 aumentan los beneficios, T1 es no dominado. Esto se repite para T1 a T4, aumentan los beneficios por lo que T4 es no dominado, en el cambio T4 a T8 no existe incremento en los beneficios, siendo T8 dominado.

### 8.7. CÁLCULO DE LA TASA DE RETORNO MARGINAL (TRM)

Con los tratamientos no dominados se calculan los incrementos en los costos que varían y beneficios netos derivados del cambio de un tratamiento de costo variable menor a uno de costo mayor. Luego se calcula la TRM.

*Cuadro 21. Tasa de retorno marginal del haba*

Tratamientos	Genotipos	Total Costos que Varían	Beneficio Neto	$\Delta$ BN	$\Delta$ C V	TRM (%)
T3	SANTA MARIA MEJORADA (14V36)	1314	9071			
T6	CRIOLLA SAN CARLOS SIJA	1389	10995	1924	64	3006
T7	CRIOLLA SAN MARCOS	1464	13158	2163	67	3228
T2	SANTA MARIA MEJORADA (14V26)	1539	13410	252	69	365
T5	ICARDA EL201F	1614	13430	20	70	29
T1	SAN ANTONIO	1689	16061	2631	73	3604
T4	ICARDA ELV17	1764	17197	1136	75	1515

Fuente: Investigación, 2015.

El propósito de este Análisis es el de revelar la manera en que los beneficios netos de una inversión aumentan conforme la cantidad invertida crece. La tasa de retorno marginal puede ser interpretada como el porcentaje de retorno al capital invertido después de que el capital ha sido recuperado (3).

### 8.8. CÁLCULO DE LA TASA MÍNIMA DE RETORNO (TAMIR)

Las tasas de interés en el mercado financiero informal del Altiplano Central de Guatemala andan más o menos en 60% por temporada de cultivo, lo cual al sumarse con el 40% de retorno mínimo exigido a la agricultura, da una TAMIR de 100% (2).

## 8.9. SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO MÁS RENTABLE

El tratamiento más rentable es el T1 para el cual se cumple la condición,  $TMR \geq TAMIR$ , se observa que ésta se cumple para el genotipo San Antonio (T1) por tanto este tratamiento es el más rentable (2).

## 8.10. ANÁLISIS DE RESIDUOS

Sustrayendo de los beneficios netos el costo de oportunidad de los costos variables, se tienen los residuos (2).

*Cuadro 22. Análisis económico de residuos*

Tratamientos	Genotipos	Total Costos que Varian	Beneficio Neto	Cost. de Oportunidad de los CV	Residuo
T3	SANTA MARIA MEJORADA (14V36)	1314	9071	1314	7757
T6	CRIOLLA SAN CARLOS SIJA	1389	10995	1389	9606
T7	CRIOLLA SAN MARCOS	1464	13158	1464	11694
T2	SANTA MARIA MEJORADA (14V26)	1539	13410	1539	11871
T5	ICARDA EL201F	1614	13430	1614	11816
T1	SAN ANTONIO	1689	16061	1689	14372
T4	ICARDA ELV17	1764	17197	1764	15433

Fuente: Investigación, 2015.

En conclusión el tratamiento más rentable es T4 genotipo ICARDA ELV17, considerando su rendimiento y menor costo en jornales para su cosecha. Además cabe mencionar el rendimiento de los genotipos San Antonio (T1) y Criolla San Marcos (T7) demuestran una alta rentabilidad.

## 9. CONCLUSIONES

Los genotipos de haba seleccionados en base al rendimiento del cultivo fueron: ICARDA ELV17, posicionado en el primer puesto, seguidamente en un rango inferior pero de características muy similares tanto en rendimiento y rentabilidad, se posicionó el genotipo San Antonio, dando muy buenos resultados. En el siguiente orden, los genotipos ICARDA EL201F, Santa María Mejorada (14v26) y Criolla San Marcos presentaron similitud en características y medias en cuanto a rendimiento, aunque con marcada diferencia en rentabilidad.

El genotipo ICARDA ELV17 se adaptó a las condiciones climáticas y edafológicas del altiplano occidental. Esto se manifiesta en los análisis de rendimiento ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), biomasa ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y el peso de los 100 granos (gramos), dando como resultado clasificación A, además con una correlación de Rendimiento-Biomasa de 0.91 y correlación Rendimiento-Número de Vainas de 0.95. Confirmando así el alto rendimiento del genotipo ICARDA ELV17. Con esto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la primera hipótesis alternativa.

El genotipo *Hista*, que es la variedad comercializada en mercados locales, estuvo muy por debajo en comparación con los genotipos antes mencionados, incluso la variedad Santa María Mejorada (14v36) (fue el genotipo que mostró los resultados más bajos en los análisis realizados a los genotipos experimentales), presentó casi el doble de rendimiento que la variedad testigo. Por lo tanto la segunda hipótesis alternativa es aceptada.

El análisis de presupuestos parciales puso en evidencia lo antes mencionado, ya que el análisis de dominancia destacó a los genotipos San Antonio e ICARDA ELV17, teniendo una alta rentabilidad demostrado con una tasa de retorno marginal de 3604% y 1515% respectivamente.



## **10. RECOMENDACIONES**

Se recomienda al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) y futuros investigadores proseguir con el análisis de estos genotipos para contribuir con el proceso de Validación Científica, para que apoyen al desarrollo de este cultivo, ya que ellos presentan una excelente adaptabilidad a las condiciones del altiplano, además de un alto rendimiento y una muy buena rentabilidad.

A investigadores que realicen un análisis con cultivos en asocio, utilizando los mismos genotipos de haba y de esta manera poder hacer una comparación de resultados en cuanto a biomasa, rendimiento e índice de cosecha.

A técnicos e ingenieros agrónomos se les recomienda proporcionar información y materiales a los productores de haba del altiplano para propiciar la producción de estos genotipos en nuestro país, esto contribuirá al seguimiento de la investigación en cuanto a la adaptabilidad, desarrollo y producción de estos cultivares.

Se recomienda el uso de semillas certificadas para los cultivos convencionales de haba, con el objeto de evitar la baja producción causada por el ataque de plagas y enfermedades a los cultivos; mismo que da como resultado pérdidas económicas.



## 11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 2014

*Cuadro 23. Actividades Realizadas*

No .	Actividad	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1	Planificación	2						
2	Limpieza	5	28	13	3 y 29			
3	Fertilización	19						
4	1er. Aporque	19						
5	Monitores	5, 19 y 26	2, 8, 22 y 29	6, 13 y 20	3, 11 y 19			
6	2do. Aporque		2					
7	Aplicación de Monarca/Amistar		8, 15, 22 y 29	1, 8, 15, 22				
8	Cosecha					6		
9	Análisis de Resultados						11	9

Fuente: Investigación, 2015.



## 12. BIBLIOGRAFÍA

1. Aldana de León, L.F. 2010. Manual Técnico Agrícola: Producción comercial y semilla de Haba (*Vicia faba* L.). E. 1. Quetzaltenango, Guatemala. Cooperación Internacional de Japón JICA. 49 p.
2. CIAGROS (Centro De Información Agrosocioeconómica, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala). 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: re enseñando el uso de este enfoque. Mamerto Reyes Hernández. (En Línea). Guatemala, GT. Consultado el 10 de julio 2015. Disponible en <http://www.geocities.ws/mrhdz/pparciales.PDF>
3. CIMMYT 1988. La Formulación de Recomendaciones a Partir de Datos Agronómicos: Un Manual Metodológico de Evaluación Económica. Edición Completamente Revisada. México D.F., México: CIMMYT.
4. Cruz S., J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala. Instituto Nacional Forestal. 42 p.
5. De Paz, R. 2003. Cultivo de haba. Centro Universitario de Occidente. Quetzaltenango, Guatemala. 42 p.
6. De Paz, R. 2009. Diseño y análisis de experimentos agrícolas. E. 2. Quetzaltenango, Guatemala. Centro Universitario de Occidente. 16 p.
7. Enciclopedia Libre. Habas de Huerta 2012. Publicaciones de Extensión Agraria. Juan Cano Baron. Consultado 24 de junio. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/faba>.
8. JICA. 2005. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios, Dirección Agrícola Forestal; El cultivo de haba. La Paz, Bolivia. 30 p.
9. JICA. 2006. Manual de producción de haba. Guatemala. Ed. USAC. 33 p.
10. Little, T.M.; Hills, F.J. 1984. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. 5ª. Reimpresión. Trad. Anatolio de Paula Crespo. Ed. Trillas, México. p. 145-164.

11. MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación). 1972. Decreto Legislativo No 68-72. Ley Orgánica. Diario de Centro América. Guatemala. Nov. 22: p. 2.
12. Martínez Madriz, D.N. 2005. Evaluación del efecto de fertilización orgánica (cerdaza) y química (20-20-0) sobre 4 líneas de haba *Vicia faba* L. para la producción en verde en 3 localidades del valle de Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, Centro Universitario de Occidente. 35 p.
13. Peñalongo de León, V.H. 2004. Evaluación de 4 densidades de siembra en el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) en monocultivo, en 3 localidades del departamento de Quetzaltenango. Tesis Lic. Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, Centro Universitario de Occidente. 45 p.
14. Ranero Salazar, V.E. 2003. Evaluación de 25 líneas avanzadas de haba *Vicia faba* L. provenientes de familias seleccionadas de variedades comerciales y familias irradiadas con cobalto 60, para tolerancia varietal a las enfermedades Botritis, Alternaria y Roya en 2 localidades del valle de Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, Centro Universitario de Occidente. 30 p.
15. Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1985. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2ª. Ed. Trad. Ricardo Martínez B. Edit. McGraw-Hill, Bogotá, Colombia. p. 231-275.

#### E-GRAFÍA

16. UPANA (Universidad Pública de Navarra). 2015. Mejora de Plantas Autógamas. (en línea). 3-7. Consultado 29 septiembre 2015. Disponible en [http://www.unavarra.es/genmic/genetica%20y%20mejora/mej\\_autogamas/mej\\_autogamas.pdf](http://www.unavarra.es/genmic/genetica%20y%20mejora/mej_autogamas/mej_autogamas.pdf).

## **17. ANEXOS**

Anexo 1. Productos químicos y orgánicos utilizados durante el proceso de investigación.

Anexo 2. Etiquetas impermeabilizadas utilizadas para la identificación de genotipos y repetición.

Anexo 3. Fertilización orgánica y química.

Anexo 4. Ensayo de haba 2014.



## 17.1. ANEXO 1

Productos químicos y orgánicos utilizados durante el proceso de investigación.



**Figura 1. Amistar 50 WG®  
Fungicida**



**Figura 2. Amistar 50 WG®  
Fungicida**



**Figura 3. Triple 15. Fertilizante  
Químico**



**Figura 4. Fertiorganico. Fertilizante  
Orgánico**

Fuente: Investigación, 2015.

## 17.2. ANEXO 2

Etiquetas impermeabilizadas utilizadas para la identificación de genotipos y repetición.



**Figura 1. Etiqueta de identificación. San Antonio V1**



**Figura 2. Etiqueta de Identificación. Criolla San Marcos V7**



**Figura 3. Etiqueta de identificación. Histal V8**



**Figura 4. etiquetas de identificación**

Fuente: Investigación, 2015.

### 17.3. ANEXO 3

Fertilización orgánica y química.



**Figura 1. Fertilización Orgánica**



**Figura. 2 Fertilización Química**

Fuente: Investigación, 2015.

## 17.4. ANEXO 4

Ensayo de haba 2014



**Figura 1. Ensayo de haba 2014**

Fuente: Investigación, 2015.