

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE SIETE VARIEDADES DE FRIJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN ALDEA SAN JOSÉ LOS TIESTOS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

Alejandro Sebastián González Montes

Guatemala, noviembre de 2017

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE SIETE VARIETADES DE FRIJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN ALDEA SAN JOSÉ LOS TIESTOS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

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

POR:

ALEJANDRO SEBASTIÁN GONZÁLEZ MONTES

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

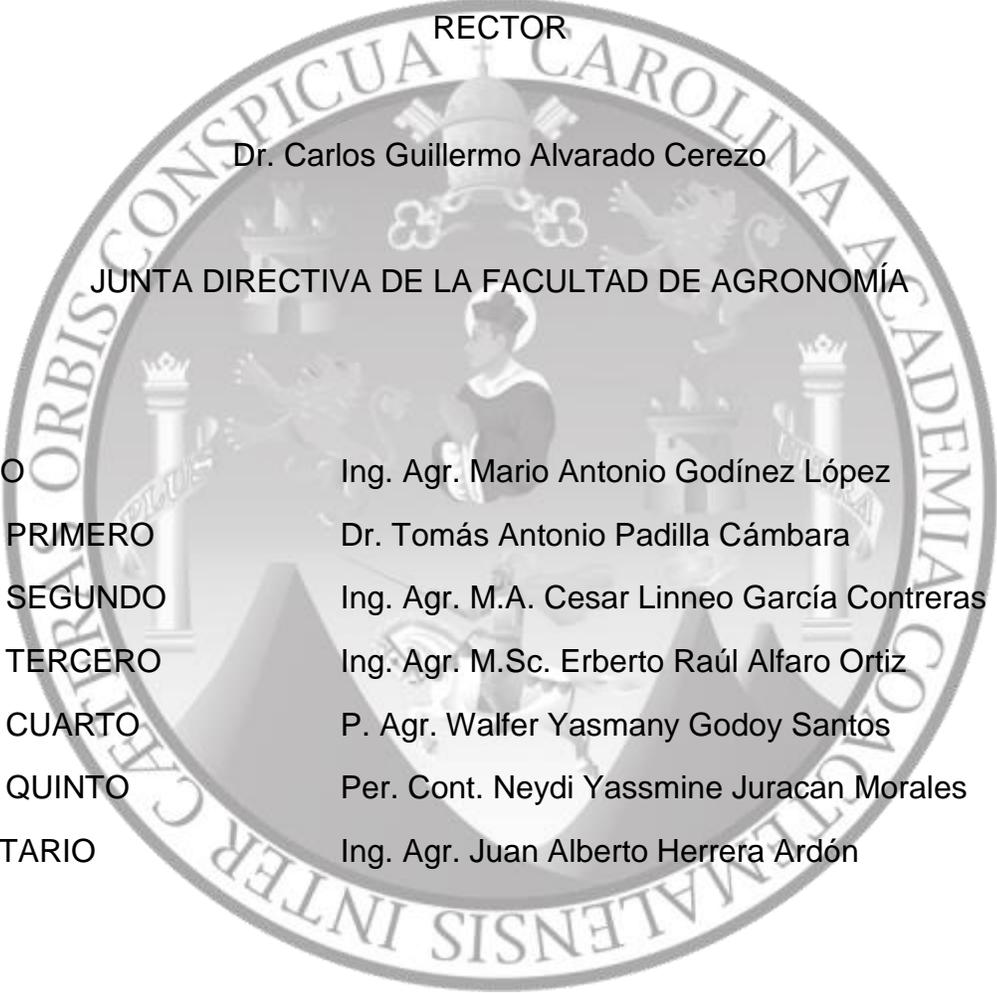
Guatemala, noviembre de 2017

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA



DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M.A. Cesar Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	P. Agr. Walfer Yasmany Godoy Santos
VOCAL QUINTO	Per. Cont. Neydi Yasmine Juracon Morales
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, noviembre de 2017

Guatemala, noviembre de 2017

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

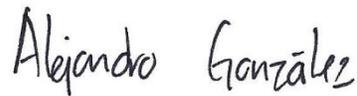
Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación: Evaluación de siete variedades de frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.), diagnóstico y servicios realizados en aldea San José Los Tiestos, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez, Guatemala, C.A., como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink that reads "Alejandro González". The script is cursive and somewhat informal.

Alejandro Sebastián González Montes

ACTO QUE DEDICO

A:

Mauricio Alfonso González Ponciano, Ligia Mariela Montes Hernández y Vera Mariela Mansilla Manrique	Por el apoyo que me brindaron durante el transcurso de mi carrera universitaria. Estoy profundamente agradecido.
Johnathan Raúl, Ligia Pamela, Ana Mariela, Ana Gabriela, José Mauricio y Valeria Victoria Mansilla	Por sus muestras de aliento justo cuando fueron necesarias. Por motivarme a ser una mejor persona y por ser ejemplo de tenacidad, actitud, y trabajo arduo.
Mis amigos	Eduardo Muñoz, Isabel Fión, Camilo Wolford, Raúl Lemus, Emerson Soto, Nimrod Bernabé, Pablo Ruiz, Stevens Surec, Myriam Escobar, entre otros, por tantos buenos momentos en las aulas de la gloriosa FAUSAC.
Mi familia González, Montes y Mansilla	Por animarme siempre a avanzar y estar pendiente del progreso de mi carrera.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

Universidad de San Carlos de
Guatemala

Facultad de Agronomía

La aldea San José Los Tiestos, Santo
Domingo Suchitepéquez,
Suchitepéquez.

Por ser uno de los centros de conocimiento científico más importantes del país, es un motivo de orgullo pertenecer a la comunidad sancarlista.

Por ser mi segundo hogar, el lugar donde adquirí los conocimientos que me ayudarán a desarrollarme profesionalmente.

Por recibirme con los brazos abiertos y permitir que mi Ejercicio Profesional Supervisado se desarrollara sin complicaciones.

AGRADECIMIENTOS

A:

Guatemala Hope

Por el apoyo recibido durante el Ejercicio Profesional Supervisado.

Mis asesores

Ing. Agr. Francisco Vásquez y Ph D. Adalberto Rodríguez por la paciencia, el esfuerzo y la dedicación que mostraron en este largo proceso.

P. Agr. Andy Van Niekerk

Por la confianza depositada en mi durante mi EPS y por la buena voluntad de ayudar, incluso desde otro país.

ICTA Quetzaltenango

Ph D. Fernando Aldana e Ing. Agr. Roberto Morales por las donaciones de semilla e inóculo para el presente ensayo.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE SIETE VARIEDADES DE FRIJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN ALDEA SAN JOSÉ LOS TIESTOS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) fue realizado gracias a la cooperación de la organización no gubernamental Canadiense Guatemala Hope, el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) en la aldea San José Los Tiestos, lugar donde fue desarrollado el diagnóstico, la investigación y donde también fueron prestados servicios profesionales durante febrero a noviembre del año 2016.

Durante la realización del diagnóstico fue identificado el proceso mediante el cual un grupo de campesinos integrado por 180 familias llegó a adquirir una finca de 32 caballerías por medio de un título provisional con calidad de Patrimonio Agrario Colectivo entregado por el Instituto Nacional de Transformación Agraria (INTA) en el año 1997.

Además, fue posible determinar el estado actual de la infraestructura de la aldea y se constató que no existen drenajes para aguas residuales, tanto de origen doméstico como derivadas de actividades agrícolas. El servicio de energía eléctrica es pagado únicamente por aquellos pobladores que no se han declarado en resistencia y aquellos declarados en resistencia, lo han hecho argumentando que la energía eléctrica es un derecho y debe ser provisto por el Estado. La aldea no tiene acceso a agua potable, únicamente a agua de pozo en algunas ocasiones clorada. No existe ningún plan o sistema de recolección y manejo de desechos sólidos, lo cual repercute directamente en la contaminación directa al río Nahualate y al Océano Pacífico.

Por las características ambientales de la región, existe un gran número de especies agrícolas cultivadas, en fincas de inversión privada o en parcelas de los pobladores de la aldea. El cultivo de plátano es el predominante, seguido por cultivos de maíz, frijol, ajonjolí y otros. Los altos índices de pobreza y pobreza extrema son la causa fundamental del grado de desnutrición de la población de la aldea, motivo por el cual fue desarrollada una evaluación de variedades mejoradas de frijol para que la población las cultive y así aumentar la ingesta de proteínas a sus dietas.

La investigación científica fue desarrollada con apoyo de pobladores de San José Los Tiestos, fondos asignados por Guatemala Hope para insumos agrícolas y donaciones del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) sede Quetzaltenango. Los resultados de la investigación demuestran que la variedad ICTA Zam fue la que presentó mejor rendimiento en kg/ha comparado con ICTA Ligero, ICTA Ostúa e ICTA Santa Gertrudis.

De las siete variedades mejoradas de frijol, ICTA Zam e ICTA Santa Gertrudis presentaron una mejor adaptación vegetativa, determinada mediante una escala de adaptación del Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) mientras que las variedades ICTA Petén, ICTA Sayaxché e ICTA Chortí no fueron capaces de adaptarse a las condiciones climáticas de la aldea. La variedad ICTA Ligero demostró sus características de precocidad en cuanto a germinación, floración y madurez fisiológica comparada con el resto de variedades evaluadas.

Los servicios profesionales fueron enfocados hacia la resolución de necesidades específicas de los pobladores de la aldea San José Los Tiestos. Una capacitación fue realizada con 15 productores de plátano acerca del muestreo de suelos con fines de fertilidad agrícola. La capacitación abarcó desde la limpieza y preparación de la herramienta hasta el análisis de los resultados del laboratorio. También fue desarrollado un análisis fitopatológico y nematológico con la ayuda del Centro de Diagnóstico Parasitológico de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala mediante el cual fue posible determinar el agente causal del marchitamiento y acame de plantas de plátano en la aldea. Una vez fue conocido el agente causal, fueron propuestas estrategias de control al productor para evaluación y su implementación.

Una solicitud fue presentada para realizar el plano topográfico del terreno empleado por los pobladores de la aldea como cementerio. Con la ayuda de un dispositivo GPS y con la autorización y presencia de la Junta Directiva del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) fue realizado el registro de los datos en el dispositivo GPS y posteriormente el plano de la propiedad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
CAPÍTULO I	1
DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA ALDEA SAN JOSÉ LOS TIESTOS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.	
1.1 Presentación	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 General:	3
1.2.2 Específicos.....	3
1.3 Metodología	3
1.4 Resultados	4
1.4.1 Ubicación y vías de acceso.....	4
1.4.2 Historia.....	5
1.4.3 Colindancias	5
1.4.4 Extensión territorial	6
1.4.5 Clima y suelos.....	7
1.4.6 Infraestructura	8
A. Drenajes.....	8
B. Energía eléctrica	8
C. Agua potable.....	9
D. Manejo de desechos sólidos	9
1.4.7 Riesgo por desastres naturales	10
1.4.8 Fuentes de trabajo	10
1.4.9 Organización de productores	11
1.4.10 Principales actividades agrícolas	11
1.5 Bibliografía	12

CAPÍTULO II	13
EVALUACIÓN DE SIETE VARIEDADES DE FRIJOL ARBUSTIVO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) EN ALDEA SAN JOSÉ LOS TIESTOS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.	
2.1 PRESENTACIÓN	14
2.2 MARCO TEÓRICO	16
2.2.1 Marco conceptual	16
A. Frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	16
a. Origen y domesticación	16
b. Porte	17
c. Raíces	18
d. Tallo y ramificación	18
e. Hojas	19
f. Inflorescencia	19
g. Biología floral.....	22
h. Variedades	22
i. Adaptación vegetativa	27
B. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol.....	28
C. Etapas de desarrollo de la planta de frijol.....	29
D. Medición del daño causado por enfermedades fungosas y bacterianas	31
E. Mustia hilachosa (<i>Thanatephorus cucumeris</i> (Frank) Donk)	35
a. Sintomatología.....	35
b. Ciclo biológico	37
c. Epidemiología.....	38
d. Control.....	39
F. Diseños experimentales	41
a. Bloques al azar con parcelas divididas.....	41

	PÁGINA
b.	Diseño de bloques completos al azar (BCA).....43
G.	Regresión lineal simple44
H.	Control biológico con <i>Bacillus subtilis</i> var. <i>Subtilis</i>46
2.2.2	Marco referencial48
2.3	OBJETIVOS.....50
2.3.1	Objetivo General50
2.3.2	Objetivos Específicos.....50
2.4	HIPÓTESIS.....50
2.5	METODOLOGÍA51
2.5.1	Lugar.....51
2.5.2	Diseño experimental51
2.5.3	Modelo estadístico51
2.5.4	Tratamientos52
2.5.5	Descripción y codificación de los tratamientos.....53
2.5.6	Croquis del ensayo53
2.5.7	Unidad experimental55
2.5.8	Variables respuesta55
A.	Color primario de la semilla.....56
B.	Tamaño.....57
C.	Brillo o aspecto predominante de la testa58
D.	Hábito de crecimiento58
E.	Días a la floración58
F.	Días a la madurez fisiológica59
G.	Adaptación vegetativa.....59
H.	Adaptación reproductiva60
I.	Rendimiento en kg/ha61
J.	Incidencia y severidad de Mustia Hilachosa62

	PÁGINA
2.5.9	Manejo del experimento 63
A.	Siembra 63
B.	Fertilización 64
C.	Control de malezas..... 64
D.	Cosecha 65
E.	Control de plagas y enfermedades..... 65
F.	Inoculación de <i>Rhizoctonia sp.</i> en la parcela de estudio 66
G.	Manejo de los restos del ensayo 66
2.5.10	Toma de datos..... 66
2.5.11	Análisis de la información..... 67
A.	Estadística descriptiva 68
B.	Estadística inferencial..... 68
2.6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN 69
2.7	CONCLUSIONES..... 76
2.8	RECOMENDACIÓN 76
2.9	BIBLIOGRAFÍA..... 77
2.10	ANEXOS..... 79
2.10.1	Producción de frijol en el año agrícola 2002/2003 por departamento de Guatemala. 79
2.10.2	Producción de frijol en el año agrícola 2002/2003 por municipio de Suchitepéquez. 80
2.10.3	Resultados de los análisis de varianza (ANDEVA) realizados en las variables cuantitativas. 81
A.	Número de semillas por vaina 81
B.	Longitud de la vaina 82
C.	Rendimiento 84
2.10.4	Análisis de regresión 85
2.10.5	Protocolo propuesto por Godoy – Lutz para el aislamiento del patógeno de la mustia hilachosa. 87

2.10.6	Metodología de producción y cuantificación de inóculo propuesto por Godoy – Lutz para el agente causal de la mustia hilachosa (<i>R. solani</i>).....	88
2.10.7	Protocolo propuesto por Takegami (2000) para la inoculación de <i>R. solani</i>	90
CAPÍTULO III		91
SERVICIOS PRESTADOS EN LA ALDEA SAN JOSÉ LOS TIESTOS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.		
3.1	Presentación	92
3.2	Capacitación a productores de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>) sobre el análisis químico de suelos con fines de fertilidad agrícola.	93
3.2.1	Objetivos	93
A.	General	93
B.	Específicos.....	93
3.2.2	Metodología	93
3.2.3	Resultados	94
3.2.4	Evaluación y cumplimiento de metas	95
3.3	Capacitación acerca del análisis fitopatológico y nematológico en plantas enfermas de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	96
3.3.1	Objetivos	96
A.	General	96
B.	Específicos.....	96
3.3.2	Metodología	96
3.3.3	Resultados	97
3.3.4	Cumplimiento de metas	99
3.3.5	Evaluación	99
3.4	Realización del plano topográfico de la propiedad ocupada como cementerio en la aldea San José Los Tiestos.	99
3.4.1	Objetivos	99

		PÁGINA
A.	General.....	99
B.	Específico.....	99
3.4.2	Metodología.....	100
3.4.3	Resultados.....	100
3.4.4	Cumplimiento de metas.....	102
3.4.5	Evaluación.....	102

ÍNDICE DE CUADROS

		PÁGINA
Cuadro 1.	Clasificación botánica del frijol arbustivo (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	15
Cuadro 2.	Variedades de frijol desarrolladas con germoplasma del CIAT introducido en Guatemala a través de PROFRIJOL, y en colaboración con instituciones internacionales (1978 -2011) (Jamora and Maredia 2011).	22
Cuadro 3.	Características agronómicas de las variedades mejoradas de frijol en Guatemala liberadas por el ICTA (Adaptación)	23
Cuadro 4.	Etapas de desarrollo de la planta de frijol común	29
Cuadro 5.	Escala general para evaluar la reacción del germoplasma de frijol a patógenos bacterianos y fungosos.	31
Cuadro 6.	Escala para determinar porcentaje de infección del hongo.....	32
Cuadro 7.	Ejemplo de un diseño en parcelas divididas	40
Cuadro 8.	Coeficiente de variación (CV) y error estándar (Sd) del número de mazorcas de cacao, en parcelas de diferente tamaño.....	42
Cuadro 9.	Procedencia y evaluación de la actividad antagónica de los <i>Bacillus sp.</i>	46
Cuadro 10	Descripción de los tratamientos a evaluar	52
Cuadro 11.	Modelo de la matriz para la tabulación de los resultados.....	54
Cuadro 12.	Grupos de color de la semilla de frijol	55
Cuadro 13.	Escala del descriptor varietal	56
Cuadro 14.	Escala para la descripción del hábito de crecimiento del frijol.	57
Cuadro 15.	Escala de adaptación vegetativa	58
Cuadro 16.	Matriz binaria de datos para análisis de regresión lineal simple de la adaptación vegetativa de variedades evaluadas de frijol	59
Cuadro 17.	Etapas de interés para la toma de datos durante el ensayo.	65
Cuadro 18.	Clasificación de las variables cualitativas y cuantitativas.....	66
Cuadro 19.	Matriz múltiple de datos de las variables cualitativas de las variedades evaluadas de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	68

Cuadro 20.	Matriz múltiple de datos de las variables cuantitativas de las variedades evaluadas de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	70
Cuadro 21.	Escala de adaptación vegetativa	71
Cuadro 22A.	Resultados del análisis de varianza del número de semillas por vaina.	80
Cuadro 23A.	Resultados del análisis de varianza de la longitud de la vaina.	81
Cuadro 24A.	Resultados de la prueba de Tukey: longitud de la vaina (cm)	82
Cuadro 25A.	Resultados del análisis de varianza del rendimiento en kg/ha.	83
Cuadro 26A.	Resultados de la prueba de Tukey: rendimiento (kg/ha)	84
Cuadro 27A.	Resultados del análisis de regresión lineal simple de adaptación vegetativa.	84
Cuadro 28A.	Resultados del análisis de regresión lineal simple de adaptación vegetativa.	85
Cuadro 29A.	Resultados del análisis de regresión lineal simple de adaptación vegetativa.	85
Cuadro 30.	Productores de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>) beneficiados con la capacitación acerca del análisis químico de suelos con fines de fertilidad agrícola.	93
Cuadro 31.	Resumen de resultados del análisis de suelos con fines de fertilidad realizado con 15 productores de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>) en la Aldea San José Los Tiestos.	94
Cuadro 32.	Estrategias recomendadas para el control de plagas identificadas en el análisis fitopatológico y entomológico de plantas enfermas de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>).	98

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1.	Croquis con colindancias de la aldea San José Los Tiestos, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez.6
Figura 2	Clasificación taxonómica de los suelos de la aldea San José Los Tiestos (en rojo)7
Figura 3.	<i>Phaseolus vulgaris</i> L. Frijol común. A, porte. B, corte de la raíz. C, corte del tallo. D, flor. E, semillas. F, estructura de la semilla.....21
Figura 4.	Antepasados de la variedad de frijol exitosa ICTA Ligeró.....26
Figura 5.	Estabilidad biológica y agronómica de dos variedades.....29
Figura 6.	Plantas de frijol que muestran diferentes porcentajes de severidad de la enfermedad causada por los patógenos del moho blanco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) o de la mustia hilachosa (estado sexual: <i>Thanatephorus cucumeris</i> ; estado asexual: <i>Rhizoctonia solani</i>).....34
Figura 7.	Lesiones foliares ocasionadas por el hongo <i>Thanatephorus cucumeris</i> (Frank) Donk.....36
Figura 8.	A) y B) Plantas severamente infectadas con el hongo de la mustia hilachosa. C) Síntomas en la vaina producidos por el hongo Mustia Hilachosa.....37
Figura 9.	Coberturas: malezas secas (con herbicidas) y cascarilla de arroz.....40
Figura 10.	Ubicación geográfica de la aldea San José Los Tiestos.48
Figura 11.	Croquis de la parcela.54
Figura 12.	La vaina del frijol: sus componentes y la determinación de su longitud.61
Figura 13.	Plantas de frijol que muestran diferentes porcentajes de severidad de la enfermedad causada por los patógenos del moho blanco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) o de la mustia hilachosa (estado sexual: <i>Thanatephorus cucumeris</i> ; estado asexual: <i>Rhizoctonia solani</i>).....62
Figura 14.	Distanciamientos entre plantas y entre surcos en la parcela pequeña del ensayo.....64

Figura 15A.	Producción obtenida (qq) de frijol en Guatemala en el año agrícola 2002/2003.....	79
Figura 16A.	Producción obtenida (qq) de fíjol negro en Suchitepéquez en el año agrícola 2002/2003.....	80
Figura 17.	Informe de resultados de análisis fitopatológico y entomológico de cormos de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	98
Figura 18.	Plano topográfico de la propiedad empleada como cementerio en la aldea San José Los Tiestos, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez, Guatemala, C.A.	101

1. CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA ALDEA SAN JOSÉ LOS
TIESTOS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ,
SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

1.1 Presentación

La aldea San José Los Tiestos está ubicada en la región sur del municipio de Santo Domingo Suchitepéquez del departamento Suchitepéquez, en la Costa Sur guatemalteca. La aldea se encuentra en una fase de transición en la que se pretende oficializar la tenencia de la tierra y proveer a los pobladores de un título de propiedad individual de la tierra.

La aldea se ubica en una región de alta vulnerabilidad por inundaciones y desastres naturales por estar ubicada en la parte baja de la cuenca del río Nahualate. El cambio climático provoca que los fenómenos meteorológicos sean cada vez más extremos, esto afecta directamente las actividades agrícolas desarrolladas por la mayoría de los habitantes de la aldea, amenazando también la seguridad alimentaria de cientos de familias que dependen de cultivos de subsistencia y que viven en condiciones de pobreza y extrema pobreza.

Existen actividades agrícolas desarrolladas con inversión y tecnología limitada. Los cultivos de maíz son establecidos con fines de subsistencia y en algunas ocasiones es posible comercializar excedentes de la producción.

El cultivo predominante en las parcelas agrícolas de la Aldea San José Los Tiestos es el plátano. Los productores de plátano tienen un mayor acceso a recursos y la tecnología adecuada para el manejo del cultivo. Existe una gran cantidad de productores que cuentan con agua de riego que extraen de un pozo de concreto utilizando una bomba de succión y tubería. Las variaciones de los sistemas de riego van desde lo más empírico y económico, como el riego con tubos perforados o manguera, hasta lo más sofisticado y costoso, como un sistema de varias secciones con micro aspersores elevados.

Guatemala Hope es una organización no gubernamental establecida en la Aldea El Triunfo, ubicada al oeste de San José Los Tiestos, en la costa sur guatemalteca. La organización brinda apoyo a la comunidad en desarrollo de la mujer, educación, vivienda, salud, micro créditos, y en agricultura.

La organización tiene programas establecidos en El Guajilote, La Esperanza, San José Los Tiestos y El Triunfo. El presente diagnóstico pretende recopilar información acerca de las actividades agrícolas realizadas en la aldea San José Los Tiestos.

1.2 Objetivos

1.2.1 General:

Describir la situación general, histórica, social y ambiental en la aldea San José Los Tiestos, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez.

1.2.2 Específicos

1. Describir la ubicación, historia, colindancias, extensión territorial, infraestructura, fuentes de trabajo, y organización de productores.
2. Identificar actividades agrícolas y las problemáticas asociadas en la aldea San José Los Tiestos, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez.

1.3 Metodología

La metodología empleada para la recaudación de información acerca de la aldea San José Los Tiestos consistió en la realización de entrevistas no estructuradas a líderes de la comunidad, recorridos guiados por las calles de la aldea, consulta de fuentes secundarias y convivencia con familias habitantes del lugar.

El proceso fue realizado de la siguiente manera:

1. Reunión con habitantes de la aldea realizada para presentar el programa del Ejercicio Profesional Supervisado.
2. Entrevistas no estructuradas realizadas a líderes comunitarios y productores agrícolas.
3. Consulta fuentes secundarias

La información recaudada en cada etapa del proceso fue ordenada para su fácil comprensión y luego sintetizada en el presente documento.

1.4 Resultados

1.4.1 Ubicación y vías de acceso

El casco urbano de la aldea está ubicado en las coordenadas N14°4'43.874" W-91°32'1.377" en donde se puede encontrar un campo de futbol, la escuela e instituto por cooperativa, Centro de salud, iglesia católica y evangélica, una agropecuaria y una planta empacadora de plátano en malas condiciones. La aldea está dividida en dos áreas predominantes, la primera de habitación y cultivo y la segunda solamente de cultivo. El área de habitación y cultivo está organizada en cinco calles y dos avenidas.

A lo largo de la carretera CA2 Occidente, que conduce desde la cabecera municipal de Escuintla hasta la frontera con México en Tecún Uman, existen cuatro opciones predominantes para llegar a la aldea San José Los Tiestos. La primera consiste en tomar la carretera 12 en la intersección de Cocales en Patulul, Suchitepéquez hacia la playa de Tecojate. Luego es necesario dirigirse hacia la Nueva Concepción, Escuintla hasta llegar a la intersección de la carretera 27, proveniente de Tiquisate hacia la playa El Semillero. Sobre dicha carretera, es necesario ingresar al lado derecho, justo antes de un rotulo que dice "Finca La Paz". Por ese camino se dirige hacia Aldea Bolivia, ubicada a lo largo de una sección de la carretera 5. Para alcanzar la intersección de la carretera 5 es necesario cruzar un puente por encima del rio Nahualate. 15 kilómetros de terracería después del cruce hacia la carretera 5 se encuentra la aldea San José Los Tiestos.

La segunda opción consiste en tomar la carretera 7 que conduce hacia Rio Bravo, Suchitepéquez y luego a Tiquisate, Escuintla. Luego, es necesario tomar el cruce al lado derecho de la carretera que conduce a Aldea Bolivia mencionado en la primera opción.

La tercera opción consiste en tomar la carretera 5 en la intersección de la carretera CA 2 Occidente que conduce hacia San José el Ídolo y recorrerla hasta atravesar Aldea Bolivia y alcanzar Aldea San José Los Tiestos.

La cuarta opción consiste en tomar la carretera 7 en la intersección de la carretera CA 2 Occidente en Cuyotenango y recorrerla hasta alcanzar La Máquina. Una vez ahí se debe tomar un desvío a través de parcelas y potreros para llegar a la Aldea San José Los Tiestos.

1.4.2 Historia

De acuerdo con (Tercero Abularach, 2004), en el año 1980 un grupo de campesinos integrado por 180 familias invadió alrededor de 32 caballerías ubicadas en la región sur del municipio de Santo Domingo Suchitepéquez.

El 6 de diciembre de 1995, el Instituto Nacional de Transformación Agraria (INTA), constituyó por medio de acta única la Empresa Campesina Asociativa (ECA) San José Los Tiestos, integrada inicialmente por 44 socios fundadores, posteriormente fueron agregados 20 socios más a la ECA. De acuerdo con (Cárdenas Barrios, 2017) la ECA cuenta, en la actualidad, con 111 miembros.

Un título provisional con calidad de Patrimonio Agrario Colectivo (PAC) fue entregado a las 155 familias el 23 de mayo de 1997 por el gobierno de turno. De acuerdo con (Tercero Abularach, 2004), cada productor contó, en determinado momento, con un área de 5.25 ha. En la actualidad, es posible observar como con el paso del tiempo los terrenos han sido desmembrados

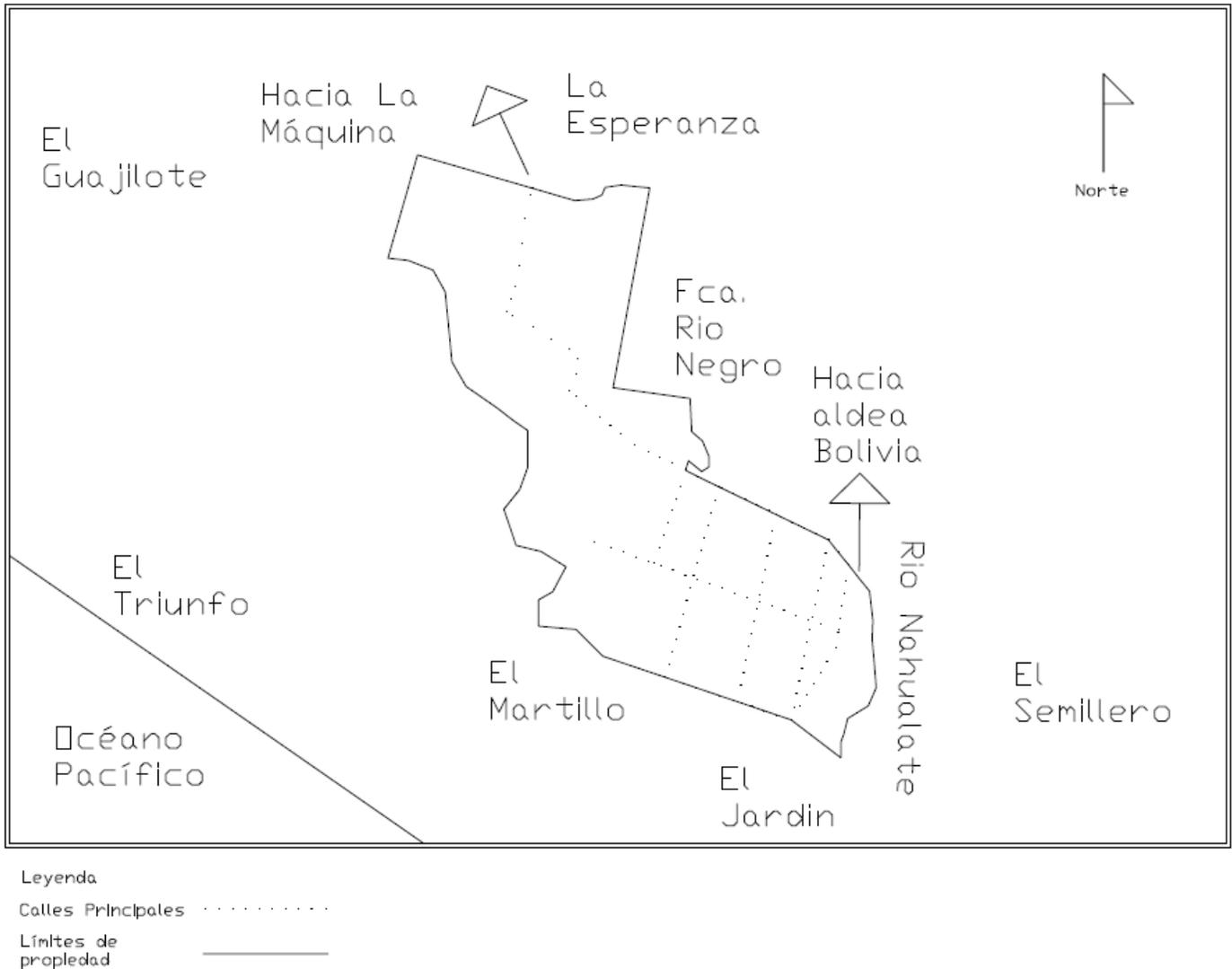
(Galicia, 2016) relata pertenecer al grupo de 180 familias que arribó a la finca San José Los Tiestos buscando un lugar para crear un hogar con su pareja. También agregó que en la época en la que ocurrió la invasión de la finca el grupo de 180 sufría de persecución militar porque se rumoraba que existían guerrilleros entre ellos.

La persecución de parte del ejército terminó cuando el INTA constituyó la ECA y luego fueron catalogados como campesinos. Esto coincidió con el golpe de estado al gobierno de Lucas García que colocó al triunvirato militar encabezado por el, ahora retirado, general Efraín Ríos Montt.

1.4.3 Colindancias

Al sur, la aldea tiene colindancias con Aldea El Jardín y El Martillo. Al este con El Guajilote y El Triunfo. Al norte con La Esperanza y la finca Rio Negro y al oeste con el río Nahualate.

En la figura 1 se presenta un croquis no definitivo realizado en base a imágenes satelitales obtenidas mediante el software Google Earth y corregidos con recorridos por el área.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Figura 1. Croquis con colindancias de la aldea San José Los Tiestos, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez.

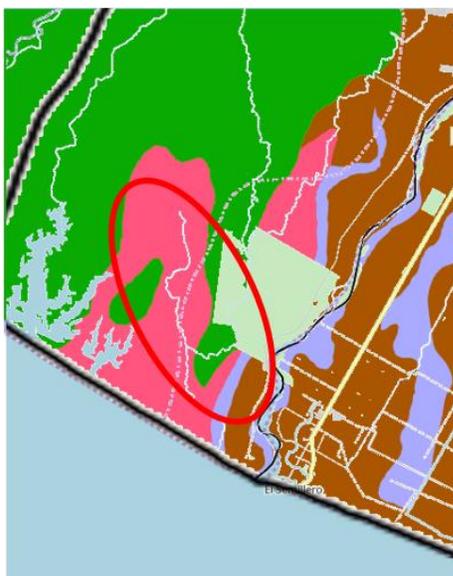
1.4.4 Extensión territorial

De acuerdo con (Tercero Abularach, 2004), la aldea San José Los Tiestos tiene una extensión territorial de 1,164.8 ha. Cada miembro de la ECA contó en determinado momento con un lote de 5.25 ha. Sin embargo, al transcurrir el tiempo, muchos de los lotes han sido desmembrados por el aumento del número de familias que habitan en la aldea y por procesos de compra venta en los lotes.

1.4.5 Clima y suelos

La aldea San José Los Tiestos, se encuentra en una zona cálida y seca. De acuerdo con (Sánchez Cruz, Camey Martínez, & Camey Martínez, 2009), los datos registrados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) en el año 2008 en la estación La Máquina reportaron una precipitación media anual de 2,614.21 mm y una temperatura media mensual de 23.90 ° C

En la figura 2 se presenta la clasificación taxonómica de suelos de la aldea San José Los Tiestos de acuerdo con el geoportal del Instituto Geográfico Nacional (IGN), los suelos de son clasificados como alfisoles (rosado), molisoles (café) y vertisoles (verde).



Fuente: IGN, 2017.

Figura 2 Clasificación taxonómica de los suelos de la aldea San José Los Tiestos (en rojo)

1.4.6 Infraestructura

A. Drenajes

La aldea no cuenta con drenajes municipales, las aguas grises producto de actividades en sanitarios, cocinas y producto de actividades de limpieza son vertidas en un pozo de absorción, usualmente atrás de la vivienda, donde permanece acumulado y el proceso de infiltración ocurre lentamente.

B. Energía eléctrica

El servicio de energía eléctrica es provisto por la empresa Distribuidora de Electricidad de Occidente, S.A. (DEOCSA) y algunos de los pobladores cumplen con pagar el precio de la energía consumida en determinado ciclo. El resto de pobladores se han declarado en resistencia y se rehúsan a realizar los pagos correspondientes a los consumos registrados.

Algunos de los pobladores de la aldea San José Los Tiestos pertenecen al Comité de Campesinos (CODECA) y se declararon en resistencia argumentando que la energía eléctrica no es una mercancía por la que ellos deben pagar, sino es un derecho constitucional.

Derivado de la declaración en resistencia, ajustes se han realizado en innumerables ocasiones a lo largo y ancho de la red de distribución de energía eléctrica de la aldea, poniendo en riesgo la seguridad de los habitantes, la distribución misma de la energía a la aldea y aldeas vecinas.

C. Agua potable

Actualmente, no se cuenta con un servicio de distribución de agua potable, pero si se cuenta con un tanque de agua comunal elevado fuera de uso y con notables muestras de deterioro por falta de mantenimiento que debió haber sido empleado en el pasado para la distribución de agua clorada ubicada en el centro cívico de la aldea, detrás de la escuela.

Debido a la necesidad de agua, los pobladores se han visto obligados a excavar pozos para extraer agua con fines de consumo, labores de limpieza, preparación de alimentos, agricultura y ganadería.

D. Manejo de desechos sólidos

Culturalmente, la generación de desechos sólidos no es un aspecto problemático para la población. Actualmente, no existe sistema para manejar de manera adecuada los desechos sólidos generados en la aldea. El manejo realizado es totalmente inadecuado y consta de soluciones inmediatas para la población, pero perjudiciales para el medio ambiente.

Existen ubicaciones en las que la población ha decidido depositar los desechos sólidos, la mayoría están ubicadas en las orillas del río Nahualate. La acumulación de desechos sólidos de manera clandestina tiene mal aspecto y es propenso a generar malos olores, plagas y enfermedades. Además, durante la época lluviosa, los desechos sólidos son arrastrados por la corriente hacia el mar, donde su manejo adecuado se hace imposible y donde puede llegar a afectar a cientos de especies marinas.

Otra práctica común entre los pobladores es la incineración de los desechos sólidos recolectados en montículos. Esta solución convierte desechos sólidos a cenizas y pequeños fragmentos de plástico que no se haya incinerado en su totalidad, y que luego con agua de escorrentía será depositado en el océano. Además, la incineración de plástico genera gases tóxicos y dañinos a la salud.

1.4.7 Riesgo por desastres naturales

De acuerdo con (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, 2015), por su cercana ubicación al río Nahualate, la topografía predominante del lugar, orientación de la pendiente, y datos de precipitación promedio anual recopilados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED), ha determinado que la aldea San José Los Tiestos se encuentra bajo amenaza por inundaciones, mas no bajo amenaza por deslizamientos. De acuerdo al mapa de amenazas por deslizamientos e inundaciones del municipio Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez, generado por la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED), la amenaza es estimada como media en las partes altas de la aldea y como muy alta en las partes bajas de la aldea.

1.4.8 Fuentes de trabajo

Por su cercanía al océano pacífico, una de las fuentes de trabajo más común es la pesca.

Las principales fuentes de trabajo que existen dentro de la aldea y en cercanías están relacionadas principalmente con la agricultura. Las actividades agrícolas que son consideradas fuentes de trabajo son las siguientes:

1. Finca de banano o plátano
2. Planta empacadora de plátano o banano para exportación
3. Finca de caña de azúcar
4. Plantación de ajonjolí
5. Jornales en parcelas de maíz, frijol, plátano, papaya y potreros.
6. Plantación propia de plátano

Además, existen fuentes de trabajo no relacionadas con la agricultura como la pesca, tiendas de barrio, agropecuarias, farmacia, y ventas de alimentos.

1.4.9 Organización de productores

De acuerdo con (Rodríguez, 2016), actualmente, la Asociación de Desarrollo Integral Mingueña (ASODIMI) mantiene una relación profesional con una agencia exportadora. Gracias a dicha relación, los 60 productores asociados son capaces de exportar de 8 a 10 contenedores con plátano a California y Miami, en Estados Unidos. La asociación utiliza las instalaciones de una planta empacadora de plátano ubicada en el centro cívico de la aldea San José Los Tiestos. La asociación tiene un proyecto en desarrollo para producir harina de plátano, producto innovador para la preparación de alimentos.

1.4.10 Principales actividades agrícolas

Por las condiciones ambientales de la localidad, es común encontrar una gran variedad de cultivos agrícolas. Los cultivos agrícolas que reciben la mayor inversión son plátano, ajonjolí, maíz. En menor escala, es posible encontrar producción de frijol arbustivo y de rienda, chile pimiento, pepino, tomate, melón, sandía, piña, papaya, limón criollo, entre otros.

La mayoría de productores siembran al menos un ciclo productivo del maíz al año. Algunos agricultores acostumbran a sembrar hasta 3 ciclos productivos en un año. Los recursos económicos son los que determinan las prácticas agronómicas a realizar en cada ciclo de producción.

Los ciclos de producción están íntimamente ligados a las lluvias de la estación húmeda, los pobladores que cultivan en época seca poseen los medios para aplicar riego a sus cultivos cuando lo necesitan. Las prácticas agrícolas que el agricultor realiza a sus cultivos dependen de la liquidez del mismo en el momento que se presenta la necesidad. En ocasiones es común observar campos de cultivo infestados por plagas y dejados en abandono por no contar con los recursos necesarios para controlar dicha plaga o realizar labores de cosecha.

El precio de los productos agrícolas fluctúa en todo el país y es una variable de gran importancia que los agricultores analizan antes de sembrar algún cultivo.

La aplicación de productos químicos es la más común para el control de plagas agrícolas por la relativa facilidad que tiene el agricultor de encontrar los productos en la aldea o en

aldea vecinas a precios relativamente accesibles. El segundo método más común es el control cultural o manual, por la economía de su aplicación basándose en la aplicación de la fuerza de trabajo familiar o comunal.

Derivado del alto consumo de productos agroquímicos y la falta de una infraestructura de manejo de desechos sólidos es común observar en campos de producción recipientes plásticos de agroquímicos o restos de los mismos con secciones derretidas.

1.5 Bibliografía

- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). (2015). *Amenaza por deslizamientos e inundaciones [mapa 1:60,000]*. Guatemala: CONRED.
- Cárdenas Barrios, A. L. (2017). *Resolución FT-UIP número 448-2017-444, del Fondo de Tierras, hacia Alejandro González, por número de asociados a la Empresa Campesina Asociativa (ECA), San José Los Tiestos, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez*. Guatemala: Fondo de Tierras, Unidad de Información Pública. 2 p.
- Galicia, N. (2016). *Historia de la aldea San José Los Tiestos*. (A. González, Entrevistador). San José Los Tiestos, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez, Guatemala, Guatemala Hope, Extensionista.
- Rodriguez, E. (2016). *Organización de productores*. (A. Gonzalez, Entrevistador). San José Los Tiestos, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez, Guatemala, Guatemala Hope, Extensionista.
- Sánchez Cruz, M. S., Camey Martínez, P. L., & Camey Martínez, A. M. (2009). *Elaboración de un instrumento para el monitoreo ambiental, basado en la cartografía de la biodiversidad gama de las zonas de vida de Suchitepéquez y Retalhuleu*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación: Guatemala.
- Tercero Abularach, M. G. (2004). *Reducción y aprovechamiento del producto de rechazo de una planta empacadora de plátano* (Tesis Ing. Ind.). USAC, Facultad de Ingeniería: Guatemala. 56 p. Recuperado el 18 septiembre 2017, de biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1327_IN.pdf

No. B. 0.  

2. CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE SIETE VARIEDADES DE FRIJOL ARBUSTIVO
(*Phaseolus vulgaris* L.) EN ALDEA SAN JOSÉ LOS TIESTOS,
SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ,
GUATEMALA, C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

Guatemala es un país con gran vocación agrícola, por su ubicación en el trópico y las características fisiográficas de la región, es posible encontrar en Guatemala variaciones del clima y del ambiente de manera muy fácil. Guatemala es parte del centro de origen del frijol, especie que es cultivada para la obtención de granos utilizados en la alimentación de la mayoría de la población guatemalteca.

Según (INE, 2004), el departamento de Suchitepéquez fue el menor productor de frijol del año agrícola 2002/2003 con un rendimiento de 527.75 kg/ha. El Petén, en contraste, fue el mayor productor del año agrícola bajo estudio, con un rendimiento de 790.98 kg/ha. *Ver anexo 2.10.1.* Santo Domingo Suchitepéquez, donde se ubica la Aldea San José Los Tiestos, fue el segundo municipio de mayor producción de frijol negro (10,623.60 kg) en todo el departamento de Suchitepéquez, superado únicamente por Cuyotenango (12,121.80 kg) *Ver anexo 2.10.2.* La región Sur del país es la región que registró menor producción de frijol, según (MAGA, 2015), en el reporte anual El Agro En Cifras. Esto es debido a la alta incidencia de enfermedades favorecidas por las condiciones climáticas de la región.

La agricultura familiar, enfocada a la producción de alimentos para la subsistencia, utiliza métodos tradicionales y culturales de manejo agronómico del cultivo como la época de siembra, variedades criollas y métodos de control de plagas y enfermedades. A pesar del conocimiento del cultivo y los beneficios del mismo, muchas familias no cuentan con recursos económicos o los medios de producción para satisfacer la necesidad de alimento, esto se traduce en seguridad alimentaria deficiente y repercute directamente en la calidad de vida de la población.

Según el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), el frijol es una de las leguminosas más importantes de la dieta diaria de los guatemaltecos, especialmente para las familias de escasos recursos y ocupa a nivel mundial el tercer lugar como fuente de proteínas y sexto en calorías, aunque también es una fuente importante de minerales.

La enfermedad de mayor importancia en las plantaciones de frijol común ubicadas en la región sur del país es la mustia hilachosa, un basidiomiceto que se propaga por medio de basidiosporas, así como de estructuras de resistencia llamados esclerocios, o hifas del hongo con facilidad. Esta enfermedad provoca pérdidas económicas en la producción de frijol común en todo el país. La epidemiología de la enfermedad indica que se desarrolla en

condiciones muy similares a las condiciones presentes en la región sur del país, esto merma la producción de frijol nacional de la región sur.

El cultivo de frijol es un aspecto tradicional en la vida de ciertas poblaciones guatemaltecas, trasladado de generación en generación. Los conocimientos técnicos pueden perderse fácilmente de una generación a otra, es por esto que es importante proveer a las comunidades que dependen del cultivo del frijol con las herramientas necesarias para asegurar que conozcan el proceso productivo del frijol que les ayudará a mejorar la calidad nutricional de los núcleos familiares y así aumentar el nivel de vida y por consiguiente, incrementar los índices de desarrollo humano y alcanzar la soberanía alimentaria.

La aldea San José Los Tiestos está ubicada a un lado del río Nahualate en jurisdicción de Santo Domingo Suchitepéquez, una región de vocación agrícola dedicada en su mayoría a la producción de cultivos de palma africana, caña de azúcar, banano, plátano, maíz, okra, ajonjolí, frijol, chile, entre otros. Algunos de los cultivos mencionados anteriormente son cultivados de manera extensiva por parte de corporaciones agrícolas de iniciativa privada.

En el presente documento se describen los resultados obtenidos durante la evaluación de siete materiales genéticos de frijol del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) en la aldea San José Los Tiestos, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez. Las características agronómicas de las variedades ICTA Zam, ICTA Santa Gertrudis, ICTA Ostúa e ICTA Ligerero fueron evaluadas y durante dicha evaluación fue posible determinar que las semillas de las variedades son predominantemente negras, de tamaño pequeño, con brillo intermedio y brillante; las variedades evaluadas son de hábito arbustivo determinado, precoces y tardías en la floración así como en la madurez fisiológica, con adaptación excelente, buena y regular, con cuatro semillas por vaina, longitud de vaina de 8.9 cm, en promedio. El mayor rendimiento fue obtenido por la variedad ICTA Zam, con 994.29 kg/ha, seguida por ICTA Santa Gertrudis, con 784.65 kg/ha. Las variedades ICTA Ligerero e ICTA Ostúa fueron considerablemente inferiores respecto al rendimiento obtenido, con 372.83 kg/ha y 208.60 kg/ha, respectivamente. Las condiciones ambientales de la región no fueron favorables para el desarrollo de la enfermedad de mayor importancia de la región, la mustia hilachosa, provocada por el hongo *Thanatephorus cucumeris* Frank Donk.

La evaluación fue desarrollada como parte del proyecto del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) realizado en la aldea San José Los Tiestos, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez, financiado por la organización no gubernamental canadiense Guatemala Hope y donaciones del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA).

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco conceptual

A. Frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

En el cuadro 1 se presenta la clasificación botánica del frijol, de acuerdo con León, 1987.

Cuadro 1. Clasificación botánica del frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.)

División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnolipsida</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Leguminosae</i>
Subfamilia	<i>Papilionoideae</i>
Tribu	<i>Phaseoleae</i>
Género	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
Nombre común	Frijol

Fuente: León, 1987.

a. Origen y domesticación

Según León (1987), es posible encontrar poblaciones silvestres de *Phaseolus vulgaris* desde el centro de México hasta el norte de Argentina, particularmente en regiones de vegetación baja, de niveles mesotérmicos y estaciones alternas. Las poblaciones silvestres difieren de las cultivadas en la ramificación más larga y profusa; en el tamaño menor de las hojas, vainas y semillas, éstas últimas de testa más dura e impermeable. Su ciclo de vida puede exceder el año, esto se debe a que la latencia es larga e irregular y ciertos tipos tienen raíces carnosas y profundas.

En varios sitios del área de dispersión de las poblaciones naturales, llamadas *aborigineus*, las semillas se recogen y utilizan en la alimentación local. El consumo de las semillas de frijol requiere que sean cocidas o tostadas, para suavizar los cotiledones y eliminar principios venenosos, si es que existen. Se ha sugerido también que el cultivo primitivo del frijol estuvo asociado desde un principio al del maíz y que fue favorecido por el carácter dominante del crecimiento indeterminado.

Leon (1987) afirma que la evidencia arqueológica referente al área de origen o domesticación no es clara debido a que se han encontrado cultivares en el centro de México y en la sierra de Perú de hace 7,000 años y frijoles silvestres en Oaxaca, México, de 9,000 años.

b. Porte

El desarrollo de la planta de *Phaseolus vulgaris* se inicia con la germinación epigea, en la que el hipocotilo emite una raíz primaria y varias secundarias y termina en los cotiledones, que al desprenderse dejan cicatrices permanentes. Arriba de los cotiledones el hipocótilo lleva un par de hojas primarias, que a diferencia del resto del follaje son opuestas y enteras, y una yema terminal de la que se desarrollan el tallo y las ramas.

El porte definitivo resulta de la interacción de varios factores hereditarios, modificados profundamente por condiciones ambientales, como el fotoperiodo. Si el tallo central termina en una inflorescencia, el crecimiento es determinado y forma plantas bajas, “arbustivas”, poco ramificadas. El crecimiento indeterminado debido a una yema vegetativa apical es dominante y muy frecuente en los frijoles silvestres de México y América Central. En plantas indeterminadas hay diferencias marcadas entre trepadoras, cuando tienen tendencia a arrollarse en soportes y postradas, si carecen de este carácter. Hay también normas hereditarias de ramificación y longitud de entrenudos, que consideradas con los tipos de crecimiento determinan las diferencias de porte que varía según el cultivar.

Por la interacción de estos cuatro factores, los frijoles pueden ser de cuatro tipos:

- I. Con muchos nudos, entrenudos largos, trepadores
- II. De pocos nudos y entrenudos largos, trepadores
- III. De muchos nudos y entrenudos cortos, plantas bajas
- IV. De muchos nudos y entrenudos cortos, plantas medianas.

c. Raíces

El sistema radical es característico del cultivar. La raíz pivotante se ramifica en distinto grado, desde unas pocas raíces hasta un sistema fibroso muy complejo. Su profundidad varía desde pocos centímetros hasta un metro. La nodulación se concentra en las raíces superiores; los nódulos, esféricos o poliédricos, miden hasta 5 mm de ancho.

En la germinación se desarrolla una radícula cónica, con numerosas ramificaciones laterales; hay también raíces adventicias que brotan de la parte inferior del hipocótilo.

La estructura primaria de la raíz es simple y puede observarse en la parte tierna de la raíz principal. Consiste en epidermis, con pelos absorbentes; tejidos corticales, de parénquima; endodermis; periciclo y cilindro central, en que el xilema aparece como una estrella de cuatro puntas entre las cuales quedan los cordones del floema y bandas de fibras. Conforme avanza el crecimiento secundario el cambium produce al centro un cuerpo cilíndrico de xilema o madera, y hacia afuera un anillo de floema. Los tejidos corticales son de mayor anchura y la epidermis desaparece y es reemplazada por tejidos endodérmicos.

d. Tallo y ramificación

La planta del frijol se ramifica a partir del eje central en ramas primarias, secundarias y hasta terciarias; la norma de ramificación es característica hereditaria del cultivar. Tanto el tallo como las ramas se forman de entrenudos cilíndricos o aristados que se engruesan en la parte superior para constituir el nudo; en éste el tallo cambia de dirección de crecimiento y por eso la planta de frijol parece estar formado por tallos y ramas en zig-zag. En cada nudo hay una estípula aguda y caediza, en posición opuesta a una hoja trifoliolada; en la axila formada por la inserción de la hoja y el tallo hay tres yemas que se desarrollan en ejes florales o vegetativos. Por lo común las yemas de la parte basal del tronco y ramas inferiores sólo forman ejes vegetativos. En cambio, de las axilas en la parte central y superior de la planta salen ramillas floríferas y vegetativas o sólo floríferas.

En la planta madura el tallo es aristado o cilíndrico. Se compone de epidermis, con una capa de células de paredes externas engrosadas, pubescentes o lisas; tejidos corticales formados por unas pocas capas de parénquima, ricos en cloroplastos; periciclo, caracterizado por bandas angostas de fibras; floema; cambium; xilema, constituido por una masa de vasos y traqueidas interrumpida únicamente por los radios medulares; médula, que es hueca en las plantas desarrolladas.

e. Hojas

Las hojas del primer par que aparecen arriba de los cotiledones son opuestas, simples y acorazonadas. Las superiores alternas se forman de tres folíolos: el central ovado y simétrico, los laterales asimétricos. El pecíolo tiene una base engrosada, el pulvínulo, debajo del cual hay una estípula. El tamaño y forma de los folíolos varían considerablemente según el cultivar y los factores ambientales.

Debajo de la inserción de los folíolos laterales hay un par de estipelas; el pecíolo se continúa en el raquis, a cuyo final hay otro par de estipelas y la inserción del folíolo central. Los folíolos están articulados al raquis por peciolulos diminutos.

La estructura de la hoja en corte transversal, presenta una epidermis superior marcadamente ondulada, a menudo muy pilosa. El mesofilo se forma de una capa de células en empalizada y tres a cuatro capas de parénquima lacunoso. La epidermis inferior se compone de células mucho más pequeñas que la superior y tiene muchos estomas, así como pelos pluricelulares rectos, curvos o redondos.

f. Inflorescencia

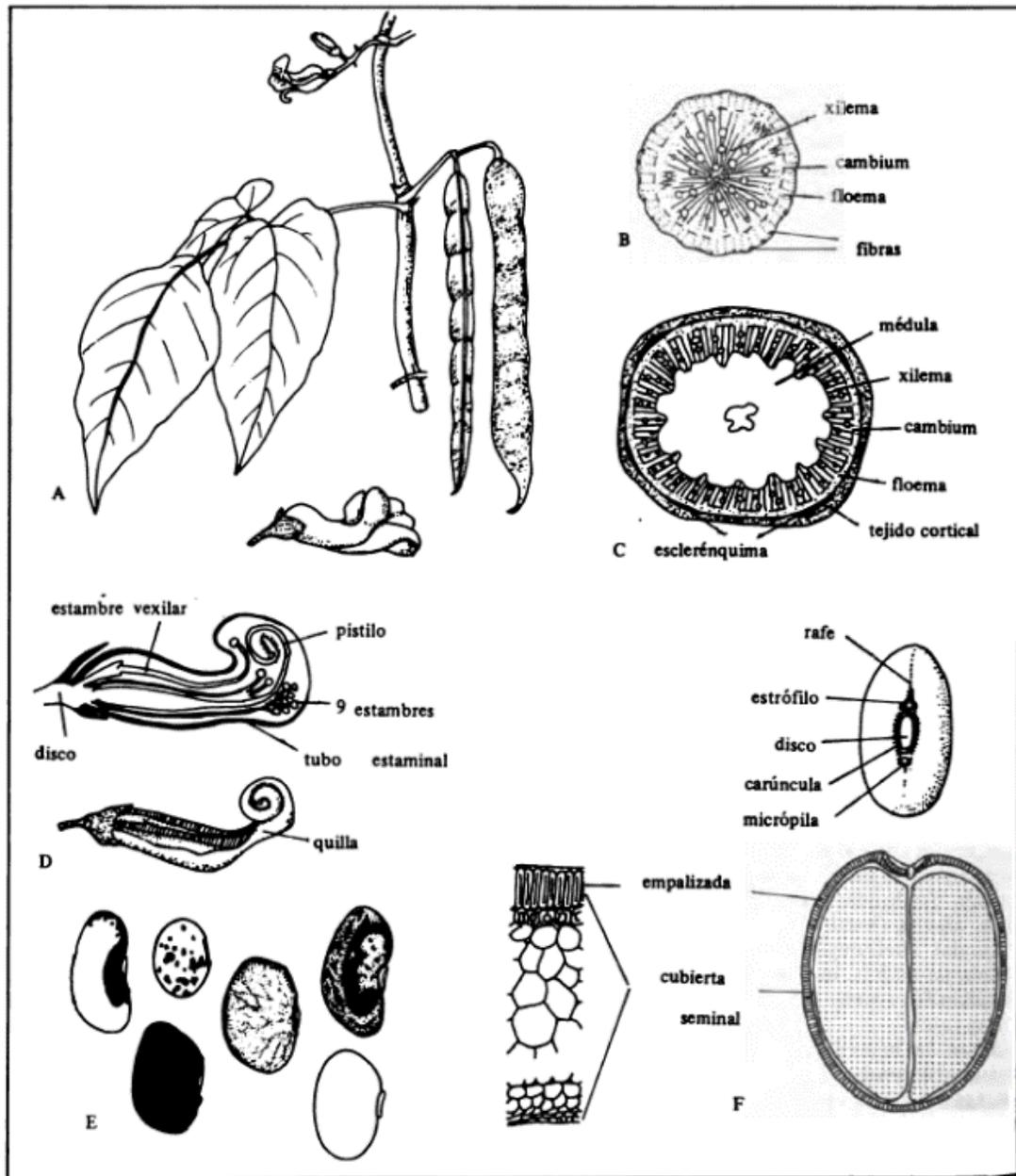
La inflorescencia es un racimo axilar con pedúnculo cilíndrico o aplanado hasta de 10 cm de largo; el raquis, donde emergen las flores, de 1 cm a 8 cm, está generalmente cubierto de pubescencia fina. En los nudos del raquis, encima de una bráctea, aparecen tres primordios florales; los dos laterales se desarrollan en flores y el central permanece latente; por esto las flores del frijol surgen en pares que se abren simultáneamente o, como es más corriente, con un día de diferencia; en algunos casos la yema central puede dar origen a un eje floral secundario o una flor terminal.

La flor del frijol es típicamente de simetría bilateral, o sea que sólo se puede dividir en dos partes iguales si se corta por un plano vertical a lo largo de la flor. Estas salen de pedicelos cilíndricos, muy cortos, en cuya base hay una bráctea caediza. Arriba, debajo de la inserción

de la flor, hay dos bractéolas ovales, verdes y persistentes. El cáliz campanulado rara vez mide más de 3 mm de largo y se divide en tres lobos desiguales. La corola, como en la mayoría de las Papilionáceas, se forma de cinco pétalos diferentes y libres. El superior, “estandarte”, dividido por el nervio central, se extiende primero horizontalmente hacia la parte delantera de la flor y se repliega luego verticalmente y hacia atrás; en la parte basal tiene dos prominencias de diferente tamaño. Las “alas”, dos pétalos laterales muy asimétricos, se forman de una parte basal angosta que sale debajo del estandarte y una terminal convexa de bordes ondulados, que se prolongan hacia delante de la flor. En el frijol común el estandarte y las alas son del mismo color.

La “quilla” resulta de la fusión parcial de dos pétalos que aparecen separados en la base: es una estructura complicada, adherida en la parte basal a las alas, que se expande verticalmente hacia arriba y termina formando una espiral de varias vueltas. La quilla, generalmente de color verdoso, cubre en su totalidad los órganos reproductores en las papilionáceas. Los diez estambres en el frijol son diadelfos, o sea que se separan en dos grupos: de una parte el estambre vexilar, libre y más corto, cuya posición coincide con el estandarte; de otra los nueve restantes, unidos por la base formando la lámina estaminal. El gineceo es monocarpelar, con el pistilo rodeado por el tubo estaminal y ambos encerrados por la quilla. El ovario alargado, finamente pubescente, se continúa en el estilo, que forma una espiral y termina en el estigma elipsoidal, colocado a lo largo del eje del estilo.

El gineceo se desarrolla al principio como una protuberancia en forma de media luna, que luego se cierra; en su parte dorsal hay un haz vascular fuerte y en la ventral dos haces de menor tamaño. El carpelo podría compararse con una hoja que tuviera un nervio dorsal mayor y dos menores ventrales, que serían los bordes por donde se va a unir la hoja para constituir un solo cuerpo. Se forma de una celda con numerosos óvulos en la parte ventral, conectados alternativamente a cada uno de los haces. Los óvulos están adheridos a la placenta por el funículo, por el que pasa un haz vascular derivado de uno de los haces ventrales, que al llegar a los integumentos se divide en dos (figura 3).



Fuente: León, 1987.

Figura 3. *Phaseolus vulgaris* L. Frijol común. A, porte. B, corte de la raíz. C, corte del tallo. D, flor. E, semillas. F, estructura de la semilla.

g. Biología floral

La disposición de los órganos reproductivos con los estambres en un tubo que rodea el pistilo, cubiertos completamente por la quilla, favorece extraordinariamente la autopolinización, que es la regla en esta especie. Sin embargo, se ha observado que puede haber un porcentaje variable, alrededor del cuatro por ciento en la mayoría de los casos, de polinización cruzada y se ha registrado excepcionalmente hasta el 14%; los agentes polinizadores principales son los insectos; la alogamia es favorecida por condiciones climáticas y por la forma de las flores en ciertos cultivares.

h. Variedades

El programa Cooperativo Regional sobre Frijol para México, Centroamérica y el Caribe (PROFRIJOL) comenzó en 1981 y fue creado con fondos de la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (COSUDE) y contó con la participación del CIMMYT y CIAT como las organizaciones coordinadoras. La Escuela Agrícola Panamericana Zamorano se convirtió en un actor importante en PROFRIJOL en el año 1996 quien recibió apoyo financiero del Programa de Apoyo para la Investigación Colaborativa de Frijol y el Caupí (CRSP, por sus siglas en inglés: Bean/Cowpea Collaborative Research Support), financiado por la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

Estas organizaciones facilitaron el flujo de germoplasma de frijol y maíz utilizando un sistema continuo y descentralizado para realizar ensayos y mejora del germoplasma. A raíz de dicho flujo, en Guatemala se desarrollaron variedades de frijol utilizando germoplasma del CIAT. En el cuadro 2, se muestran las variedades que fueron introducidas al mercado a través de PROFIJOL desde 1978 – 2011.

Cuadro 2. Variedades de frijol desarrolladas con germoplasma del CIAT introducido en Guatemala a través de PROFRIJOL, y en colaboración con instituciones internacionales (1978 -2011) (Jamora and Maredia 2011).

País	Clase de mercado	Variedad	Año liberado	Fuente
Guatemala	Negro	ICTA ACHUAPA	1978	CIAT
Guatemala	Negro	ICTA CHAPINA	1996	CIAT
Guatemala	Negro	ICTA COSTEÑA	1992	CIAT
Guatemala	Negro	ICTA JUTIAPAN	1979	CIAT
Guatemala	Negro	ICTA Ligero	1998	CIAT
Guatemala	Negro	ICTA Ostúa	1978	CIAT
Guatemala	Negro	ICTA QUETZAL	1979	CIAT
Guatemala	Negro	ICTA QUINACKCHE	1978	CIAT
Guatemala	Negro	ICTA SAN MARTÍN	1878	CIAT
Guatemala	Negro	ICTA STA GERTRUDIS	1996	CIAT
Guatemala	Negro	ICTA TAMAZULAPA	1979	CIAT
Guatemala	Negro	SUCHITAN	1978	CIAT
Guatemala	Negro	ICTA Peten	2010	CRSP
Guatemala	Negro	ICTA Sayaxché	2010	CRSP
Guatemala	Negro	ICTA Super Chiva	2011	CRSP
Guatemala	Negro	ICTA Zam	2011	CRSP

Fuente: Mendez, Galluzzi, & Say, 2015.

De acuerdo al manual de Producción de Frijol del ICTA, publicado en el año 2011, las variedades recomendadas para producción de frijol arbustivo en la región sur, Oriente y Norte de Guatemala son:

1. ICTA Ligero
2. ICTA Santa Gertrudis
3. ICTA Ostúa
4. ICTA Petén
5. ICTA Sayaxché

En el cuadro 3, se muestran las características agronómicas de algunas variedades mejoradas a utilizar en el presente ensayo reportadas por el ICTA.

Cuadro 3. Características agronómicas de las variedades mejoradas de frijol en Guatemala liberadas por el ICTA (Adaptación)

Variedad	ICTA Santa Gertrudis	ICTA Sayaxché	ICTA Ostúa	ICTA Ligero	ICTA Petén
Días a la floración	38-40	35-42	38 – 40	29 – 30	33 – 35
Color de flor	Morado	Morado	Morado	Morado	Morado
Color de vaina	Blanca	Beige	Blanca	Blanca	Beige
Días cosecha	70-75	88	70 – 75	64 – 70	78
Tolerancia a enfermedades	Mosaico dorado, bacteriosis y roya	Roya y mosaico dorado	Mosaico dorado, roya y mosaico común	Mosaico dorado, bacteriosis y roya	Roya y Mosaico Dorado
Rendimiento en qq/mz.	20-29	50	20 - 29	20 - 25	40
Adaptación en msnm.	50-1200	500-1500	50 – 1200	50 – 1200	500 - 1500

Fuente: ICTA, 2011.

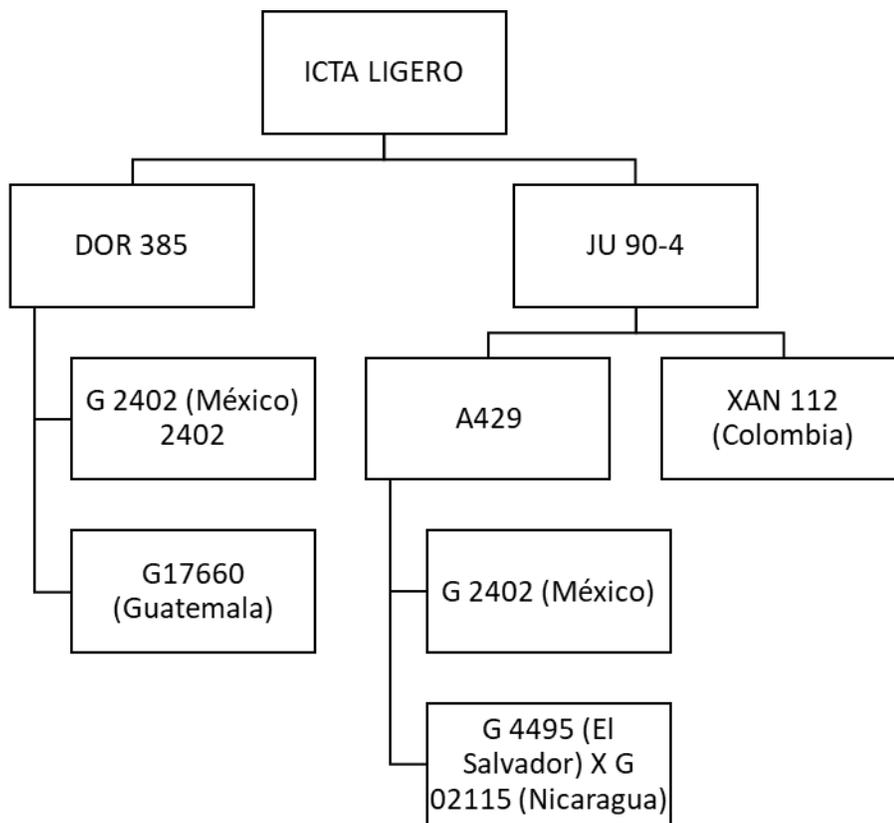
En la memoria de labores del año 2013 del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) se reportó que la variedad ICTA Zam manifestó buena reacción al estrés por sequía, superior a otras líneas y al testigo comercial, ICTA Ligero. (ICTA, 2013)

En el informe correspondiente al año 2015 la variedad ICTA Zam fue incluida junto a ICTA Hunapú, ICTA Chortí^{SMN} y las líneas 1026 y 1201 como las variedades de frijol que presentaron mayor aceptación sensorial durante la evaluación de la calidad industrial y culinaria de las variedades y algunas líneas de frijol llevada a cabo por La Disciplina de Tecnología de Alimentos del ICTA. (ICTA, 2015).

En el año 2011, el Programa Mundial de la Alimentación (WFP, por sus siglas en inglés) estableció una parcela demostrativa junto a la Cooperativa La Montaña, en la que agricultores aprendieron acerca de nuevos cultivos y técnicas agrícolas como parte del proyecto P4P (*Purchase for progress, compra para progresar*), que pretende introducir a pequeños productores en el mercado de productos agrícolas con el objetivo de generar ingresos económicos e incrementar de esta manera los índices de desarrollo. El Instituto de Ciencia y Tecnología (ICTA) es un socio del programa P4P y fungió como proveedor de insumos durante el establecimiento de la parcela demostrativa. Las variedades de frijol utilizadas en la parcela demostrativa fueron ICTA Zam e ICTA Ligero.

Las variedades de frijol utilizadas en la parcela demostrativa mostraron crecimiento óptimo y produjeron un muy buen rendimiento. ICTA Ligero, una variedad precoz, estuvo lista para el mercado en tan sólo 75 días y es resistente a enfermedades virales y bacterianas, esto ayuda a que los productores reduzcan costos y riesgos en el campo. La variedad ICTA Zam fue desarrollada para tener una alta tolerancia a la principal enfermedad causada por el hongo *Rhizoctonia solani* lo que permite su cultivo durante la época lluviosa y ayuda a los agricultores a construir resiliencia en contra de choques climáticos. (Programa Mundial de Alimentos, 2011)

Según (Mendez, Galluzzi , & Say, 2015)., ICTA Ligero fue una de las variedades de frijol más exitosas obtenidas a través de PROFRIJOL, y continúa siendo una de las variedades favoritas en los programas de desarrollo agrícola que incluyen la distribución de semilla mejorada a agricultores. La variedad ICTA Ligero tiene mayor resistencia al virus de mosaico dorado, la antracnosis, el tizón bacteriano y la roya, en comparación con otras variedades utilizadas entre los agricultores. En la figura 4, se muestra el programa de mejoramiento que se desarrolló para la generación de la variedad ICTA Ligero.



Fuente: Mendez, Galluzzi, & Say, 2015.

Figura 4. Antepasados de la variedad de frijol exitosa ICTA Ligero.

i. Adaptación vegetativa

La adaptación vegetativa de una variedad es el producto de la interacción genotipo – ambiente. De acuerdo con (Vallejo Cabrera & Estrada Salazar, 2002), la expresión fenotípica (F) de los diferentes caracteres es dependiente del genotipo (G), ambiente (A) y de la interacción genotipo por ambiente.

$$F = G + A + (G * A)$$

Todos los organismos tienen una constitución hereditaria completa (expresada y latente) llamada genotipo. El genotipo comprende los factores de herencia citoplasmática y los genes localizados en los cromosomas.

El conjunto de todas las condiciones externas que afectan el crecimiento y desarrollo de un organismo es llamado ambiente. El ambiente incluye factores ambientales predecibles (radiación solar, tipo y fertilidad de suelo; fecha, densidad y método de siembra) y factores ambientales impredecibles (cantidad y distribución de lluvias; temperatura y humedad relativa; presiones de enfermedades o insectos de manera repentina).

El comportamiento relativo diferencial que muestran los genotipos cuando se les somete a diferentes ambientes, o la incapacidad de un genotipo para responder similarmente cuando se le siembra en varios ambientes define la interacción genotipo por ambiente.

De acuerdo con (Vallejo Cabrera & Estrada Salazar, 2002), existen tres posibilidades cuando se estudia la interacción genotipo ambiente:

- a. No se presenta G x A o si se da ésta no es estadísticamente significativa.
- b. La G x A es estadísticamente significativa pero no produce cambios en el orden de mérito de los genotipos, evaluados en diferentes ambientes. Esta interacción es de tipo cuantitativo o de escala.

- c. La $G \times A$ es tan significativa que resulta en cambios en el orden de mérito de los genotipos, evaluados en diferentes ambientes. Esta interacción es de tipo cualitativo y complica mucho más el trabajo del fitomejorador y eventualmente puede obligar a liberar dos o más variedades o híbridos específicamente adaptados a distintos ambientes.

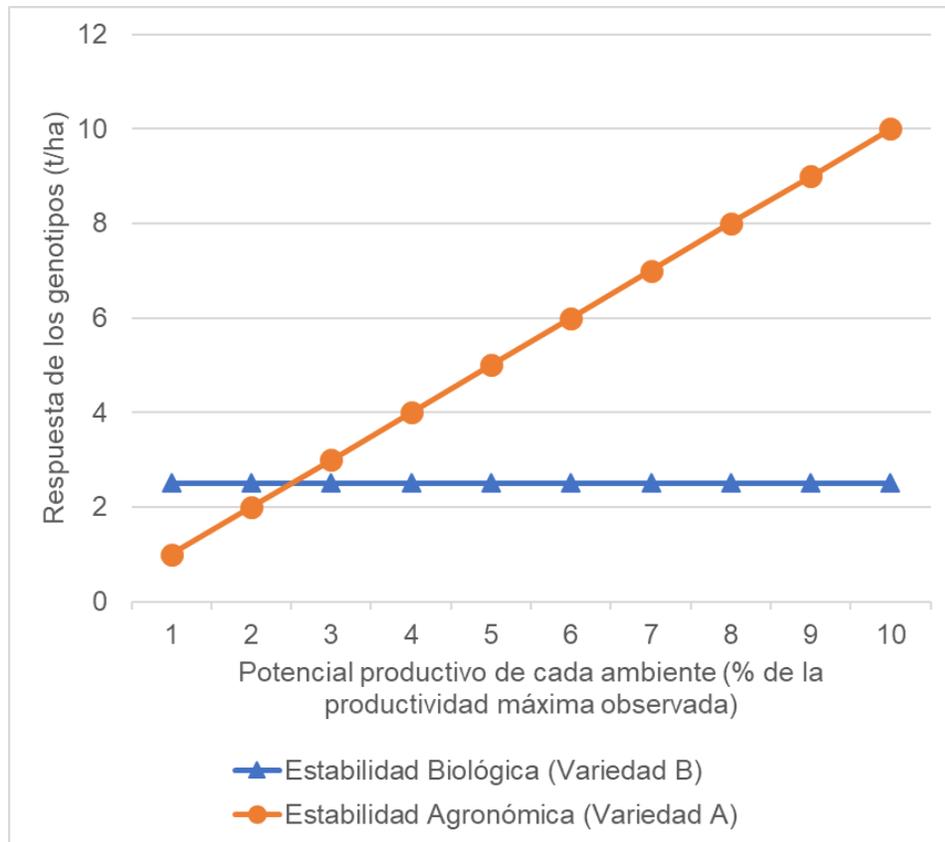
De acuerdo con (Vallejo Cabrera & Estrada Salazar, 2002), los términos estabilidad y adaptabilidad pueden ser usados como sinónimos o asociados a dos conceptos diferentes. También menciona que algunos autores utilizan el término estabilidad para describir un comportamiento uniforme y predecible a través del tiempo o prácticas agronómicas de un determinado genotipo en una determinada localidad. La adaptabilidad, se refiere a un comportamiento uniforme y predecible de un determinado genotipo a través de distintas localidades.

La estabilidad biológica se refiere al comportamiento constante sin variación de un genotipo a través de todos los ambientes donde es evaluado, independientemente de si las condiciones son favorables o no para el cultivo. La estabilidad agronómica es la capacidad de un genotipo de responder al potencial productivo ofrecido por cada ambiente en donde es evaluado. En el eje horizontal de la figura 5 se presenta el índice ambiental que mide la productividad en cada ambiente y en vertical la respuesta de cada variedad.

B. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) establece un sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol con el objetivo de sentar las bases para dichas evaluaciones. La estandarización de la evaluación del germoplasma, como una consecuencia del uso del manual del CIAT, facilitará el intercambio de los resultados de dichas evaluaciones entre instituciones internacionales y el CIAT.

El sistema ha sido modificado en varias ocasiones gracias a los aportes científicos de investigadores en reuniones de trabajo, como aquella realizada en noviembre de 1984 en Cali, Colombia. Luego, en Oregon, E. U. se fue sometida a revisión la versión generada en Colombia y después de haber incorporado sugerencias significativas fue publicado.



Fuente: Vallejo Cabrera & Estrada Salazar, 2002.

Figura 5. Estabilidad biológica y agronómica de dos variedades.

C. Etapas de desarrollo de la planta de frijol

El establecimiento del sistema estandarizado tiene el objetivo de facilitar comparaciones sobre factores como el desarrollo global de la planta, el daño causado por insectos y enfermedades, y el efecto de factores edáficos o climáticos adversos.

En ocasiones, durante la comparación de los resultados de evaluaciones, es necesario referirse a la etapa de desarrollo de la planta en el momento en que se hacen las mediciones. La utilización de una escala fundada en la morfología de la planta y en los cambios fisiológicos que ocurren durante el desarrollo de la misma es apropiada debido a que las plantas del mismo genotipo sembradas en distintas condiciones climáticas pueden encontrarse en una etapa de desarrollo diferente en un momento determinado.

Por consiguiente, en el sistema de evaluación estándar propuesto se utilizan las etapas de desarrollo mostradas en el cuadro 4.

Cuadro 4. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común

Etapas a	Descripción ^b
V0	<i>Germinación:</i> absorción de agua por la semilla; emergencia de la radícula y su transformación en raíz primaria.
V1	<i>Emergencia:</i> los cotiledones aparecen a nivel del suelo y empiezan a separarse. El epicótilo comienza su desarrollo.
V2	<i>Hojas primarias:</i> hojas primarias totalmente abiertas.
V3	<i>Primera hoja trifoliada:</i> se abre la primera hoja trifoliada y aparece la segunda hoja trifoliada.
V4	<i>Tercera hoja trifoliada:</i> se abre la tercera hoja trifoliada y las yemas de los nudos inferiores producen ramas.
R5	<i>Prefloración:</i> aparece el primer botón floral o el primer racimo. Los botones florales de las variedades determinadas se forman en el último nudo del tallo o de la rama. En las variedades indeterminadas los racimos aparecen primero en los nudos más bajos.
R6	<i>Floración:</i> se abre la primera flor.
R7	<i>Formación de las vainas:</i> aparece la primera vaina que mide más de 2.5 cm de longitud.
R8	<i>Llenado de las vainas:</i> comienza a llenarse la primera vaina (crecimiento de la semilla). Al final de la etapa, las semillas pierden su color verde y comienzan a mostrar las características de la variedad. Se inicia la defoliación.
R9	<i>Madurez fisiológica:</i> las vainas pierden su pigmentación y comienzan a secarse. Las semillas desarrollan el color típico de la variedad.
<p>a. V= vegetativa; R= reproductiva.</p> <p>b. Cada etapa comienza cuando el 50% de las plantas muestran las condiciones que corresponden a la descripción de la etapa.</p>	

Fuente: CIAT, 1987.

D. Medición del daño causado por enfermedades fungosas y bacterianas

Tener un sistema estándar que sea uniforme, rápido y preciso para evaluar la reacción del germoplasma de frijol a patógenos fungosos y bacterianos en condiciones de campo es el objetivo principal de este sistema de evaluación de enfermedades del frijol.

El criterio principal para evaluar algunas enfermedades es la severidad de la enfermedad, en tanto que para otras la incidencia de la enfermedad se emplea como criterio principal.

La severidad de la enfermedad es definida en el sistema como la cantidad de tejido de la planta afectado por los organismos causantes de la enfermedad y se expresa como porcentaje de la cantidad total de ese tejido.

La incidencia de la enfermedad se define como el número de unidades afectadas – se consideran generalmente plantas enteras, aunque también se consideran unidades las partes de la planta como hojas, tallos, vainas o raíces – expresando luego estas unidades como porcentaje de la población total de unidades escogidas.

Es necesario tener un estimativo preciso e imparcial de la severidad o incidencia de la enfermedad, o de ambas, y también registrar de manera similar la etapa de desarrollo de la planta, puesto que ambos parámetros de la enfermedad están relacionados frecuentemente con la edad de la planta. El sistema recomienda que deben considerarse los tejidos cloróticos y necróticos asociados con las áreas infectadas. De manera semejante, es necesario considerar que para algunas enfermedades, especialmente para aquellas causadas por patógenos presentes en el suelo, la profundidad y localización de la lesión pueden afectar e incapacitar un área mayor de la ocupada por la lesión. En ocasiones estas enfermedades pueden afectar incluso la planta entera. Cuando se califica la severidad de la enfermedad, deben considerarse las áreas totales afectadas por la infección.

Con frecuencia, es necesario y recomendable hacer más de una evaluación durante el ciclo de cultivo, con el fin de obtener datos precisos que sean apropiados para hacer comparaciones y para calificar el germoplasma. Si la evaluación se realiza durante la última parte del ciclo de cultivo, el germoplasma de madurez temprana parecerá generalmente más susceptible a la enfermedad que el germoplasma de madurez tardía.

En el cuadro 5, se muestra la escala general para la evaluación de las enfermedades de frijol.

Cuadro 5. Escala general para evaluar la reacción del germoplasma de frijol a patógenos bacterianos y fungos.

Calificación	Categoría	Descripción	Comentarios
1	Resistente	Síntomas no visibles o muy leves	Germoplasma útil como progenitor o variedad comercial
2			
3			
4	Intermedio	Síntomas visibles y conspicuos que sólo ocasionan un daño económico limitado	Germoplasma utilizable como variedad comercial o como fuente de resistencia a ciertas enfermedades
5			
6			
7	Susceptible	Síntomas severos a muy severos que causan pérdidas considerables en rendimiento o la muerte de la planta	En la mayoría de los casos, germoplasma no útil, ni aun como variedad comercial.
8			
9			

Fuente: CIAT, 1987.

En el caso de la Mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk) debe ser evaluado en las etapas V4, R6 y R8.

Los síntomas producidos por el estado asexual difieren de los del estado sexual, y generalmente causan más daño. Esos síntomas (los del estado asexual) aparecen primero en las hojas como manchas húmedas pequeñas, que luego se tornan de color marrón claro con márgenes oscuros. Estas lesiones generalmente se juntan, se tornan de color gris o marrón oscuro, y ocasionan con frecuencia la necrosis de la totalidad del área foliar. El crecimiento del micelio del hongo mantiene juntas las hojas dando la apariencia de una telaraña. En las vainas se desarrollan lesiones similares.

Los síntomas inducidos por el estado sexual en las hojas se manifiestan inicialmente como manchas redondas y necróticas de color marrón oscuro con centros de color más claro. Varias lesiones pueden juntarse, y con frecuencia, los tejidos necróticos caen dejando un orificio conocido como “ojo de gallo”. Las vainas infectadas también desarrollan manchas necróticas con bordes oscuros y centros de color más claro.

Debe estimarse tanto la severidad como la incidencia de la enfermedad, pero, en general, es más importante la severidad de ésta. En condiciones de campo, la unidad de área que se evalúa es generalmente el surco en las parcelas de un solo surco, o el surco (o surcos) central(es) en las parcelas de surcos múltiples.

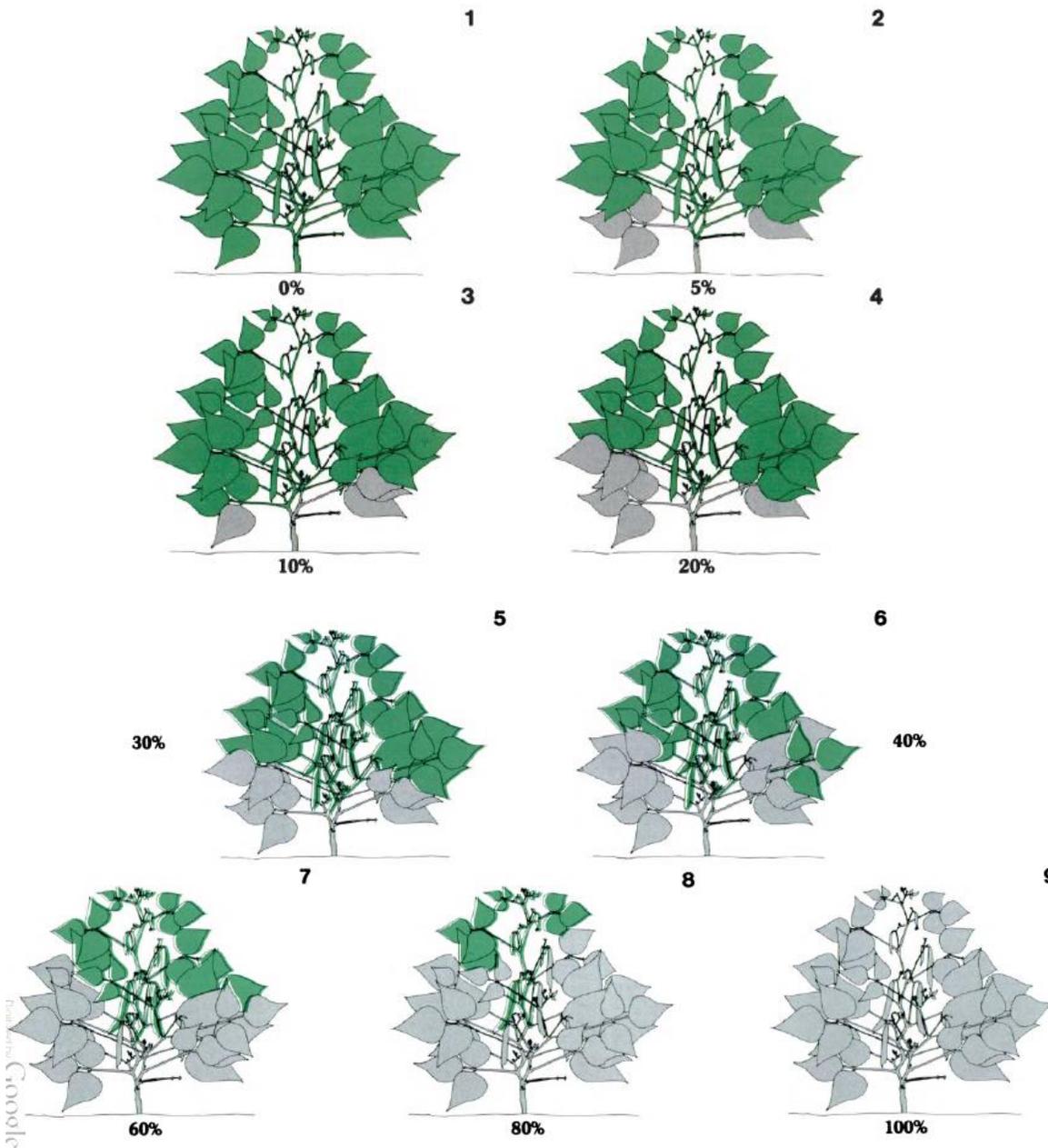
Se determina el porcentaje de infección de cada planta y luego se calcula el promedio para toda la parcela. En el cuadro 6, se muestra la escala que se utiliza para determinar el porcentaje de infección en plantas individuales.

Cuadro 6. Escala para determinar porcentaje de infección del hongo.

Escala	Descripción
1.	Sin síntomas visibles de la enfermedad.
3.	Aproximadamente de 5 a 10% de la parcela evaluada está infectada.
5.	Aproximadamente de 20 a 30% de la parcela evaluada está infectada.
7.	Aproximadamente de 40 a 60% de la parcela evaluada está infectada.
9.	Más del 80% de la parcela evaluada está infectada.

Fuente: CIAT, 1987.

En la figura 6 se muestra la escala propuesta por el CIAT para determinar el porcentaje de severidad de la enfermedad.



Fuente: CIAT, 1991.

Figura 6. Plantas de frijol que muestran diferentes porcentajes de severidad de la enfermedad causada por los patógenos del moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*) o de la mustia hilachosa (estado sexual: *Thanatephorus cucumeris*; estado asexual: *Rhizoctonia solani*).

E. Mustia hilachosa (Thanatephorus cucumeris (Frank) Donk)

La mustia hilachosa es una enfermedad que afecta a plantaciones de frijol y es un factor limitante de gran importancia en la producción en zonas húmedas y cálidas del trópico latinoamericano; la enfermedad puede ocasionar rápida defoliación de la planta y en la mayoría de los casos la pérdida total del cultivo.

Según el Centro Internacional Agrícola Tropical (CIAT) casi 200 especies le sirven de hospedante al agente causal, entre ellas arroz, berenjena, caña de azúcar, frijol, higo, lechuga, melón, papa, pepino, rábano, remolacha, repollo, sandía, soya, tomate, trigo y zanahoria. El follaje y el fruto de malezas como *Echinochloa colonum*, *Cyperus* spp., *Rottboellia exaltata* y *Eleusine inidica* también son hospedantes.

Steven T. et al reporta a *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk como el estado perfecto, sexual o teleomorfo de *Rhizoctonia solani* Kuhn. El basidiomiceto *T. cucumeris* es el agente causal que provoca la enfermedad mustia hilachosa en frijol. Otros nombres con los cuales se conoce esta enfermedad son telaraña, quema, chasparria, *Rhizoctonia* del follaje, murcha-da-teía-micélica y mela (portugués), la maladie de la toile (francés) y web blight (inglés).

a. Sintomatología

El CIAT reporta que la infección puede provenir de esclerocios y de micelio, cuando este es el caso, los síntomas iniciales del ataque aparecen en las hojas como pequeñas manchas acuosas de 1 mm a 3 mm de diámetro. A medida que las manchas crecen, su color se torna más claro que el del tejido sano circundante, hasta tomar una coloración café delimitada por un borde más oscuro. Posteriormente las lesiones coalescen y cubren grandes porciones de la hoja; se tornan de un color verdoso a café y dan la apariencia de haber sufrido escaldadura por agua caliente (figura 7).



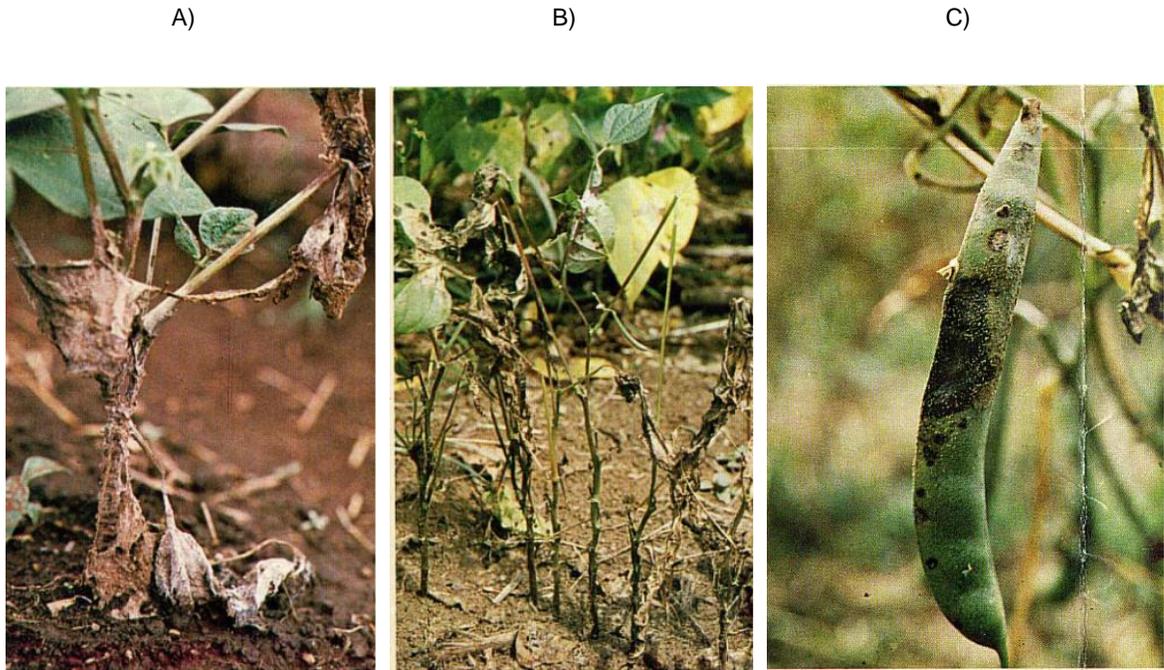
Fuente: CIAT, 1987.

Figura 7. Lesiones foliares ocasionadas por el hongo *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk

En condiciones de alta humedad, las manchas se necrosan, cubren totalmente el área foliar y las hojas se pegan entre sí. Posteriormente el micelio del hongo pasa a otros órganos de la planta y puede crecer en forma de abanico sobre el tejido sano de las hojas, los tallos, las ramas, y las vainas. Se presentan en gran cantidad de esclerocios de color crema de 0.5 mm a 1 mm de diámetro. En las vainas jóvenes la infección se manifiesta como pequeñas manchas de forma irregular, de color café o rojo ladrillo, las cuales pueden coalescer causando la destrucción total de la vaina.

Cuando la infección proviene de la germinación de basidiosporas, las lesiones foliares aparecen como numerosas manchas necróticas pequeñas, de 2 mm a 3 mm de diámetro, de color café o rojo ladrillo con centros de color más claro. En condiciones de baja humedad, los tejidos necrosados se desprenden dejando la lámina foliar perforada, lesión que se conoce con el nombre de “ojo de gallo”.

En las vainas, las lesiones que provienen de la germinación de basidiosporas aparecen como manchas necróticas pequeñas de forma irregular y de color café, y generalmente permanecen restringidas (figura 8).



Fuente: CIAT, 1987.

Figura 8. A) y B) Plantas severamente infectadas con el hongo de la mustia hilachosa. C) Síntomas en la vaina producidos por el hongo Mustia Hilachosa.

b. Ciclo biológico

Thanatephorus cucumeris produce micelios, esclerocios y basidiosporas, las cuales pueden servir como fuente de inóculo. El ciclo biológico de *T. cucumeris* se divide en dos:

1. Ciclo primario. El ciclo primario del patógeno se inicia cuando los tejidos de la planta de frijol son salpicados con el suelo infestado de micelio o esclerocios del hongo por efecto de las lluvias, o cuando las basidiosporas son depositadas en el follaje, especialmente por efecto del viento.

Se pueden desarrollar hijas sobre las partículas del suelo. Al alcanzar éstas el tejido del hospedante se desarrolla un cojín de infección. Las hifas penetran directamente en el tejido o a través de los estomas. La hifa continúa avanzando a través de las células o por los espacios intercelulares y en esta forma se desarrollan las primeras lesiones, las cuales generalmente aparecen primero en las hojas primarias o en las hojas trifoliadas que estén más cerca del suelo.

2. Ciclo secundario. Una vez que la infección primaria ocurre, se desarrolla un gran número de esclerocios sobre el tejido afectado y en las áreas adyacentes, al igual que sobre el suelo salpicado en el tallo, las ramas y las hojas. El ciclo secundario se inicia cuando algunos de estos tejidos caen al suelo. Nuevos esclerocios se presentan ya sea en el tejido mismo o en el suelo adyacente. Nuevamente los esclerocios son salpicados a la planta y se reinicia el proceso de infección. Los esclerocios también pueden ser diseminados por el viento u otros agentes físicos.

Durante el mismo ciclo de cultivo se originan nuevos sitios de infección a partir de micelio que crece en otros órganos infectados.

c. Epidemiología

En el trópico, la alta humedad y las temperaturas mayores que 23 grados centígrados favorecen el desarrollo del hongo. Las lluvias prolongadas y fuertes son, a su vez, la causa del salpicado del inóculo al follaje. Por el contrario, los períodos secos restringen considerablemente la incidencia y el desarrollo posterior de la enfermedad.

Los esclerocios (estructuras de resistencia) y el micelio contenidos en el suelo o en material vegetativo constituyen la principal fuente de inóculo primario. Las hifas y esclerocios producidos sobre tejidos infectados y las basidiosporas formadas en los himenios expuestos del hongo constituyen la principal fuente de inóculo secundario. Los esclerocios pueden permanecer viables en el suelo por más de un año y el hongo también puede sobrevivir como micelio vegetativo en los residuos de cosecha. La diseminación del patógeno se lleva a cabo por el viento, el salpique de lluvia, el agua de escorrentía, el movimiento de implementos agrícolas, el hombre y los animales.

d. Control

De acuerdo con CIAT, 1987., Existen las siguientes estrategias de control:

1. Varietal.

La incorporación de resistencia genética a la mustia hilachosa en materiales de frijol se considera la mejor alternativa de control. Aunque no se conoce ninguna línea inmune, se han identificado algunas de resistencia intermedia bajo intensa presión de la enfermedad. Del vivero Internacional de Mustia se han seleccionado las siguientes variedades o líneas que presentan resistencia intermedia al patógeno: Negro Huasteco 81, Talamanca, BAT 76, BAT 450, Chirripó (HT7719-5-2-M), ICTA 883-2-M., A237, RAB 73, RAB 408, MUS 29, MUS 30, MUS 33, MUS 36, MUS 37, MUS 47, XAN 176, XAN 197, XAN 205, XAN 222, XAN 225, HT 7700-1-M, HT 7716, borinquen y Orgullosa.

2. Cultural.

El control de la mustia hilachosa del frijol por medio de prácticas culturales comprende: utilización de semilla libre de contaminaciones internas o externas del patógeno, eliminación de residuos de cosecha infectados, aradas profundas, siembra en montículos espaciados, buen drenaje, época de siembra adecuada, mantenimiento del cultivo libre de malezas hospedantes del patógeno, rotación de cultivos (maíz y sorgo), uso de sistemas de siembra en asociación maíz – frijol, cultivos de relevo maíz-frijol, espalderas y la utilización de coberturas para evitar el salpique del suelo a los tejidos de la planta. Estas coberturas pueden hacerse con cascarilla de arroz, hojas de caña de azúcar o maíz; sin embargo, el sistema más práctico es mediante el uso de herbicidas pre o posemergentes para formar una cubierta vegetal de malezas muertas (figura 9).

En fincas pequeñas, para formar la cobertura se recomienda aplicar Paraquat (gramoxone) de 1 L/ha a 2 L/ha, según el tipo y tamaño de maleza. También se puede aplicar este mismo producto de 15 días a 20 días después de la germinación, utilizando pantallas protectoras para evitar quemaduras al follaje del frijol. Para fincas de mayor extensión se puede usar:

1. Glifosato (Roundup) a 1 L/ha a bajo volumen ó 3 L/ha a alto volumen;
2. Paraquat (Gramoxone) a 2 L/ha más un herbicida preemergente; y
3. En forma posemergente utilizar la mezcla Basagrán a 2 L/ha + Fusilade a 1 L/ha (fluazifop-butil a 0.5 kg/ha).



Fuente: CIAT, 1987.

Figura 9. Coberturas: malezas secas (con herbicidas) y cascarilla de arroz.

3. Químico.

Bajo alta presión de inóculo y en condiciones ambientales favorables para el desarrollo de la enfermedad, se recomienda el uso de benomil e hidróxido de fentín estaño 47.8%. Si la presión es baja se pueden utilizar: captafol, maneb + acetato de trifenil estaño o mancozeb + acetato de trifenil estaño. La primera aplicación se debe hacer cuando aparecen los primeros síntomas (generalmente cuando se despliega la primera hoja trifoliada), luego cada quince días con un máximo de tres aplicaciones. Es recomendable alternar los productos químicos para no inducir resistencia por parte del patógeno y evitar efectos fitotóxicos al cultivo.

4. Control integrado.

El control de esta enfermedad se debe hacer de una manera integrada, con el uso de cultivares tolerantes al hongo como Talamanca, Huasteco y Chirripó; prácticas culturales que disminuyan la incidencia del inóculo primario y secundario tales como la eliminación de residuos de cosecha, la siembra de montículos y el uso de coberturas; y un número reducido de aplicaciones de fungicidas para ofrecer al agricultor un paquete tecnológico eficiente, de bajo costo y de fácil aplicación.

F. Diseños experimentales

a. Bloques al azar con parcelas divididas

Steel y Torrie (1985) citados por Morera, *et al* consideran que en experimentos factoriales, el conjunto de todas las combinaciones de tratamientos se aplica a las unidades experimentales de acuerdo con un proceso de selección apropiado para que el diseño resulte completamente aleatorio; ya sea de bloques completos aleatorizados o de cuadrado latino. Pero son posibles otros procesos de aleatorización. Una de las aleatorizaciones alternas da lugar al diseño de parcelas divididas, que es una clase especial de diseño de bloques incompletos.

El principio básico es que las parcelas o unidades completas, a las cuales se les aplica niveles de uno o más factores, se dividen en sub parcelas o sub unidades a las que se aplica niveles de uno o más factores adicionales. De este modo, cada unidad completa se convierte en un bloque para los tratamientos de subunidades.

Si un experimento está planeado originalmente para probar un factor A con cinco niveles, la división de cada parcela en mitades permite la introducción de un factor adicional B en dos niveles. Dentro de cada parcela, los dos niveles B se asignan al azar a las dos subparcelas. Si las parcelas completas están diseñadas en bloques al azar, el diseño observado corresponde al ejemplo del cuadro 7.

Cuadro 7. Ejemplo de un diseño en parcelas divididas

Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
a ₃ a ₁ a ₂ a ₀ a ₄	a ₁ a ₄ a ₀ a ₂ a ₃	a ₄ a ₁ a ₃ a ₀ a ₂
b ₀ b ₁ b ₀ b ₀ b ₀	b ₁ b ₁ b ₀ b ₀ b ₀	b ₁ b ₀ b ₀ b ₀ b ₁
b ₁ b ₀ b ₁ b ₁ b ₁	b ₀ b ₀ b ₁ b ₁ b ₁	b ₀ b ₁ b ₁ b ₁ b ₀

Fuente: IICA, 1990.

Según Cochran y Cox (1978) y Steel y Torrie (1985), citados por Morera *et al*, el diseño de parcelas divididas tiene las siguientes características:

- ✓ La principal ventaja del arreglo en parcelas divididas es que permite utilizar factores que requieren cantidades relativamente grandes de material, y factores que requieren sólo cantidades pequeñas de material para ser combinadas en el mismo experimento.
- ✓ Comúnmente los efectos de B y AB se estiman más precisamente que los efectos de A.
- ✓ El diseño se usa cuando se desea lograr una mayor precisión en comparaciones entre ciertos factores que en otras. Es ventajoso si los efectos de B y AB son de mayor interés que los efectos de A, o si los efectos de A no pueden ser probados con pequeñas cantidades de material.
- ✓ El diseño puede usarse si va a incorporarse en un experimento un factor adicional para aumentar su alcance.
- ✓ Se pueden esperar diferencias mayores entre los niveles de ciertos factores que entre los niveles de otros. En este caso, las combinaciones de los tratamientos para los factores donde se esperan diferencias grandes, pueden asignarse aleatoriamente a las unidades completas, simplemente por comodidad.

Tamaño de parcela experimental

- ✓ El coeficiente de variación (CV) decrece rápidamente al aumentar el tamaño de la parcela de una hasta ocho plantas. A partir de este punto, el CV se mantiene prácticamente insensible al aumento del tamaño de la parcela.
- ✓ Si el área experimental es fija, el aumento en el número de repeticiones es más eficaz para reducir el error estándar que aumentar el tamaño de la parcela.
- ✓ Podrían usarse parcelas alrededor de ocho plantas con un número adecuado de repeticiones, según la precisión deseada en el experimento.

En el cuadro 8, se presenta un ejemplo de tamaño de parcela experimental en cacao tomado de Paéz y Siller (1963) citado por Morera *et al.*

Cuadro 8. Coeficiente de variación (CV) y error estándar (S_d) del número de mazorcas de cacao, en parcelas de diferente tamaño.

Arboles por parcela (número)	Repeticiones (número)	Parcelas por bloque (número)	CV (%)	S_d (%)
1	144	4	42.77	5.04
3	48	4	29.12	5.94
6	24	4	22.56	6.51
8	18	4	15.85	6.00
9	16	4	16.66	6.33
12	12	4	14.01	6.78
16	9	4	14.80	7.00
24	6	4	13.40	7.74
36	4	4	12.61	9.01

Fuente: IICA, 1990.

b. Diseño de bloques completos al azar (BCA)

Según el (INTA, IICA, 2006), el diseño más usado en el campo agrícola cuando se hacen experimentos es el diseño de bloques completos al azar (BCA). El mismo diseño también se conoce como Two Way ANOVA y es empleado en evaluaciones de variedades de un cultivo, épocas de siembra, distancias de siembra, pruebas de niveles de nutrientes, etc.

El diseño de bloques completos al azar se caracteriza por distribuir en grupos las unidades experimentales, de tal manera que dentro de un bloque sean relativamente homogéneas, pero que entre bloques sean heterogéneas con relación al gradiente que se está bloqueando. De acuerdo con el mismo autor, este diseño es recomendado en experimentos con un número de tratamientos comprendido entre 3 y 15, y cuando es posible agrupar las unidades experimentales en bloques de igual tamaño.

La disposición de los bloques en el campo se puede establecer tomando en cuenta los siguientes criterios:

1. Cuando la gradiente de fertilidad del suelo es conocida, los bloques se colocan de manera perpendicular a la gradiente

2. Cuando la gradiente de fertilidad del suelo ocurra en dos direcciones aproximadamente perpendiculares entre sí, un diseño cuadrado latino debe ser usado. Sin embargo, si se utiliza un BCA, los bloques deben ser cuadrados
3. Cuando el gradiente de fertilidad del suelo no es conocido o es errática, entonces los bloques deben ser cuadrados.

El modelo aditivo lineal para un BCA según (INTA, IICA, 2006) es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- $i =$ 1, 2, 3, ... t =tratamientos
- $j =$ 1, 2, 3, ... r = repeticiones
- $Y_{ij} =$ La j ésima observación del i ésimo tratamiento
- $\mu =$ Es la media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento
- $\tau_i =$ Efecto del i ésimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento.
- $\beta_j =$ Estimador del efecto debido al j ésimo bloque
- $\varepsilon_{ij} =$ Efecto aleatorio de variación

G. Regresión lineal simple

De acuerdo al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y al Instituto de Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), la cantidad de cambio que experimenta una variable dependiente (Y) en relación al cambio de una unidad de una variable independiente (X) se conoce como regresión.

De acuerdo a Little y Hills, citados por (INTA, IICA, 2006), el concepto de correlación está estrechamente vinculado con la regresión: la regresión estudia la relación entre dos variables dependientes, mientras que la correlación estudia la estrechez de la relación entre dos variables, una dependiente de la otra.

Dicovsky L., citado por (INTA, IICA, 2006), destaca que el objetivo de la regresión lineal es realizar una inferencia estadística partiendo de los valores muestrales obtenidos; por tanto, se deben cumplir ciertos requisitos, que en el caso de la regresión lineal son los siguientes:

1. Normalidad y homogeneidad de varianzas en la variable dependiente (Y) del modelo para los valores fijos de la variable independiente (X).
2. Independencia de las observaciones de Y.
3. Literalidad en la relación entre las variables.

El modelo de regresión simple, según (INTA, IICA, 2006), es el siguiente:

$$Y_i = B_0 + B_1X_i + e_i$$

Dónde:

Y_i : es la variable dependiente

B_0 : es la ordenada en el origen o el intercepto

B_1 : es la pendiente de la recta de regresión

e_i : es el término del error, es decir, la diferencia entre los valores predichos por la regresión y los valores reales.

H. Control biológico con *Bacillus subtilis* var. *Subtilis*

Los bioplaguicidas elaborados a partir de productos naturales y microorganismos se insertan dentro del esquema de manejo integrado de plagas debido a la necesidad de proteger las especies agrícolas de importancia económica (Estrada, 1995)

La formación de endosporas termorresistentes a agentes perjudiciales como la desecación, la radiación, los ácidos grasos y los desinfectantes químicos es una de las características especiales que poseen las especies del género *Bacillus*. Dichas características les permiten ocupar un lugar importante como agentes de control biológico (Bergey, 1986).

Las especies del género *Bacillus* generalmente se encuentran en el suelo y forman parte de la rizosfera de las plantas, comportándose como colonizadores eficaces, debido a que producen sustancias como: hormonas, antibióticos y metabolitos termoestables. Dichas sustancias impiden el establecimiento de microorganismos patógenos debido a la conquista de determinados ambientes agrícolas por el género *Bacillus* (Todar, 2003).

Travers, Martín y Reicheldy (1987) afirman que las especies del género *Bacillus* son ubicuas en la naturaleza y que se encuentran en mayor proporción en el suelo como organismos saprófitos. Utilizar muestras de suelo como fuente de inóculo para aislar cepas de este género resulta de gran utilidad. Las bacterias del género *Bacillus* se vuelven metabólicamente activas cuando los sustratos para su crecimiento están disponibles.

En un estudio realizado en Cuba por Sosa López, A. I.; Pazos, V; Torres, D. en el año 2005, fueron colectadas muestras de suelo y rizosfera de 4 lugares. A partir de las muestras colectadas fueron obtenidos 323 aislados del género *Bacillus* para evaluar la acción antagonista que éstas ejercen sobre agentes fitopatógenos. De los 323 aislados, 17 mostraron actividad antagonista frente a los hongos *S. rolfsii*, *R. solani* y *P. aphanidermatum*. En el cuadro 9, se muestra parte de los resultados obtenidos.

Cuadro 9. Procedencia y evaluación de la actividad antagonica de los *Bacillus* sp.

Aislados		Tipo de Muestra	Antagonistas		
Código	Procedencia		<i>S. rolfisii</i>	<i>R. solani</i> (Rs10)	<i>P. aphanidermatum</i>
ASRP-1	Habana	Suelo	+++	++	+
ASRP-2	Habana	Suelo	++	++	+
ASRP-3	Habana	Suelo	++	+++	+++
ASRP-4,5, 6	Stago. De Cuba	Rizosfera	++++	++++	++++
ASRP-7,8,9	Stago. De Cuba	Rizosfera	+	+	+
ASRP-10	Stago. De Cuba	Rizosfera	+++	+++	++
ASRP-11-13	Stago. De Cuba	Rizosfera	+++	+++	+
ASRP-14,15	S. Spíritus	Suelo	+++	+++	+
ASRP-16	Stago. De Cuba	Suelo	++++	++++	++++
ASRP-17	Stago. De Cuba	Suelo	+	+	+

Fuente: Sosa, *et al.*, 2005

- ++++ 0 crecimiento del patógeno;
 +++ halo de inhibición;
 ++ crecimiento diferente al del patógeno;
 + crecimiento no visible a simple vista.

Los aislados más efectivos, los cuales inhibieron al 100% el crecimiento del micelio del patógeno fueron nombrados como ASRP-4, ASRP-5, ASRP-6, ASRP-16 identificados como *Bacillus* spp. (Sosa, *et al.*, 2005).

2.2.2 Marco referencial

La Aldea San José Los Tiestos está ubicada a 170 km de la ciudad de Guatemala. En la costa sur del país, en el departamento de Suchitepéquez al lado este de la desembocadura del río Nahualate, lo que provee a una gran sección de los suelos de la aldea con abundante humedad en época seca y lluviosa. La humedad del suelo disminuye a razón del aumento de la distancia hasta el río Nahualate, de tal manera que en la sección más lejana de la aldea la humedad del suelo disminuye (figura 10).



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN) 2017; Google Earth, 2017.

Figura 10. Ubicación geográfica de la aldea San José Los Tiestos.

En el Plan de Desarrollo del municipio de Santo Domingo Suchitepéquez publicado por el Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Santo Domingo Suchitepéquez, la Secretaría de Planificación de la Presidencia Territorial (SEGEPLAN), y la Dirección de Planificación Territorial en el año 2011 fue cometido un error debido a que en éste documento, en la sección Espacial o distribución actual (VI, 6.1, 6.1.1, c) se menciona dos

veces a San José Los Tiestos, una vez como una de las cuatro aldeas (Belén, Bolivia, Santa Rita y San José Los Tiestos) y la segunda vez, en el cuadro 1 de dicho documento, titulado División político administrativa, como un caserío.

En el momento en el que fue realizado dicho diagnóstico, San José Los Tiestos reportó una población de 592 personas y se encuentra a 50 km de la cabecera departamental de Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo general

Evaluar las características agronómicas generales de siete variedades de frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo las condiciones de la aldea San José Los Tiestos, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez.

2.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar el color, tamaño, brillo, habito de crecimiento, días a la floración y a la madurez, adaptación vegetativa y reproductiva de las siete variedades evaluadas.
2. Determinar el rendimiento en kg/ha de las siete variedades evaluadas.
3. Analizar la eficiencia de 4 métodos de control para Mustia Hilachosa (*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk).

2.4 HIPÓTESIS

Al menos una variedad de frijol común presentará características agronómicas diferentes.

Al menos un genotipo de los materiales genéticos evaluados influenciará en el rendimiento (kg/ha) de frijol común.

Al menos un método de control de la mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk) será más eficiente y presentará menores índices de incidencia y severidad de la enfermedad.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Lugar

El ensayo fue realizado en la Aldea San José Los Tiestos, del municipio de Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez. Las coordenadas del lugar son las siguientes: N 14°4'43.874" W-91°32'1.377"

2.5.2 Diseño experimental

El diseño experimental elegido originalmente para desarrollar el presente ensayo fue el arreglo en parcelas divididas distribuidas en bloques al azar principalmente por la dificultad del manejo del factor Variedad de Frijol y para observar el efecto de la interacción entre los factores Variedad de Frijol y Método de control de Mustia Hilachosa. Sin embargo, la aplicación de dicho diseño no fue necesario debido a que no se desarrolló el inóculo primario de mustia hilachosa, es decir, no se desarrolló la enfermedad, causada por el hongo *Thanathephorus cucumeris* Frank (Donk). Finalmente, cada parcela grande del arreglo de parcelas divididas fue un bloque del nuevo diseño experimental. El factor A (Variedad de frijol) establecido en la evaluación de parcelas divididas fue el tratamiento implementado en cada bloque del ensayo y el factor B (Método de control de la mustia hilachosa) fue descartado.

2.5.3 Modelo estadístico

De acuerdo con (INTA, IICA, 2006), el modelo estadístico empleado en las evaluaciones establecidas utilizando el diseño de bloques completamente al azar, es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- $i =$ 1, 2, 3, ... t =tratamientos
- $j =$ 1, 2, 3, ... r = repeticiones
- $Y_{ij} =$ La j ésima observación del i ésimo tratamiento
- $\mu =$ Es la media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento

- τ_i = Efecto del i ésimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento.
 β_j = Estimador del efecto debido al j ésimo bloque
 ε_{ij} = Efecto aleatorio de variación

2.5.4 Tratamientos

En la presente evaluación fueron tomados en cuenta los siguientes tratamientos de la categoría *variedad de frijol arbustivo*:

Tratamiento 1: ICTA Ostúa

Tratamiento 2: ICTA Santa Gertrudis

Tratamiento 3: ICTA Chortí

Tratamiento 4: ICTA Petén

Tratamiento 5: ICTA Ligero

Tratamiento 6: ICTA Zam

Tratamiento 7: ICTA Sayaxché

Luego de la germinación fue posible observar una baja densidad de plantas en tres de las siete variedades sembradas. Las variedades de ICTA Petén, ICTA Sayaxché e ICTA Chortí tuvieron una población de 27 plantas en promedio de 200 posturas sembradas. Se tomó la determinación de excluir a dichas variedades del estudio por no contar con la población de plantas necesarias para desarrollar el estudio.

Se presume que la baja germinación de las variedades excluidas se debe a la poca capacidad de adaptación a las condiciones del área de estudio. Las condiciones de temperatura y humedad no fueron las ideales para su desarrollo.

De tal cuenta que los tratamientos 3, 4 y 7 fueron eliminados de la evaluación y se trabajó con los tratamientos 1, 2, 5 y 6.

2.5.5 Descripción y codificación de los tratamientos

En el cuadro 10 se presentan los tratamientos a evaluar con su código correspondiente y la variedad de frijol a sembrar.

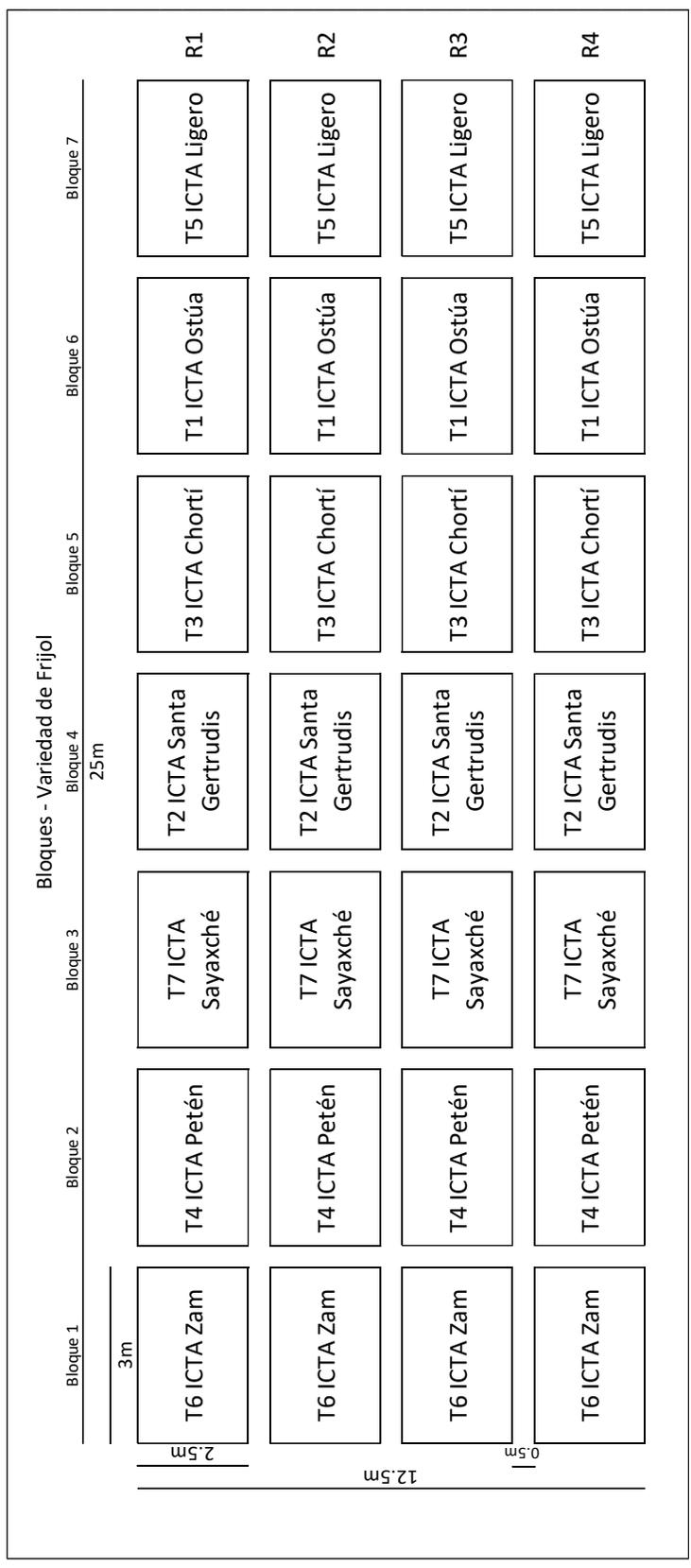
Cuadro 10 Descripción de los tratamientos a evaluar

No.	Código	Variedad
1	T1	ICTA Ostúa
2	T2	ICTA Santa Gertrudis
3	T3	ICTA Chortí
4	T4	ICTA Petén
5	T5	ICTA Ligero
6	T6	ICTA Zam
7	T7	ICTA Sayaxché

Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.5.6 Croquis del ensayo

En la figura 11, se muestra el croquis propuesto del ensayo. La parcela bruta tuvo un tamaño de 312.5 m² y la parcela neta, donde fue desarrollado el experimento, fue de 210 m². El proceso de aleatorización de los tratamientos en los bloques fue realizado utilizando la función “*Ran#*” de una calculadora científica CASIO modelo *fx-570MS*.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura 11. Croquis de la parcela.

2.5.7 Unidad experimental

Los siete tratamientos fueron repetidos 4 veces cada uno, de tal manera que se contó con 28 unidades experimentales. La unidad experimental fue un grupo de 10 plantas de frijol organizadas en dos surcos de 5 plantas cada uno. Los surcos 1 y 10 no fueron parte de las unidades experimentales debido a que se utilizaron para efecto de borde. De tal manera que los surcos 2 - 3 fueron la primera unidad experimental y así consecutivamente con los surcos 4 - 5, 6 - 7, y 8 - 9.

2.5.8 Variables respuesta

Las evaluaciones fueron realizadas en una planta elegida al azar de cada unidad experimental. Los resultados fueron tabulados en una matriz con el diseño mostrado en el cuadro 11.

Cuadro 11. Modelo de la matriz para la tabulación de los resultados.

	Unidad Experimental	Resultado
R1	1, ... n	
R2	1, ... n	
R3	1, ... n	
R4	1, ... n	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Luego de tabular los resultados en la matriz fue determinado por medio de porcentajes la predominancia de un carácter u otro.

A. Color primario de la semilla

Para la determinación del color primario de la semilla de cada variedad, fue tomada la semilla más cercana al ápice de la vaina seleccionada para hacer determinaciones acerca de una vaina. La vaina fue seleccionada del cuarto nudo de la planta, considerando como nudo número 1 el de los cotiledones.

El CIAT incluye en el Sistema para la evaluación de germoplasma de frijol y en el descriptor varietal del frijol dos modelos para la determinación del color primario de la semilla. En ambos modelos existen escalas que describen el color primario de la semilla. En el primero el color se clasifica en 9 niveles que corresponden a 9 grupos de color y en el segundo se clasifica en 18 niveles que corresponden a una serie de colores identificados con números en un cuadro de colores ubicado en dicho documento. El color primario de la semilla fue determinado utilizando ambas escalas. La escala del Sistema para la evaluación de germoplasma en frijol será identificada como “Escala SEGF” y la escala del Descriptor Varietal como “Escala DV” (Cuadros 12 y 13).

Cuadro 12. Grupos de color de la semilla de frijol

Grupo de color	Color
1	Blanco
2	Crema-beige
3	Amarillo
4	Café-marrón
5	Rosado
6	Rojo
7	Morado
8	Negro
9	Otros

Fuente: CIAT, 1987.

Cuadro 13. Escala del descriptor varietal

Nivel	Color	Color de Cuadro de Colores
1	Blanco limpio	76
2	Blanco sucio	76
3	Amarillo	84
4	Amarillo dorado	64, 65
5	Amarillo azufrado	82
6	Crema suave	73
7	Crema oscuro	69
8	Café	54, 55, 57
9	Café rojizo	4, 5, 6, 10
10	Café oscuro	1, 51, 53
11	Café casi-verde	52
12	Rosado	13, 15
13	Rojo	7, 8, 9,
14	Morado	23
15	Negro	25, 100
16	Gris	97, 98, 99
17	Azul	21, 22, 24
18	Verde	36, 37, 38, 39, 43

Fuente: Muñoz *et al.*, 1993.

B. Tamaño

Según el CIAT, en el sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol, el tamaño de la semilla se expresa como el peso en gramos de 100 semillas escogidas al azar.

Si las 100 semillas pesan menos de 25 g se dice que el tamaño es pequeño, si pesa entre 25 g a 40 g se dice que el tamaño es mediano y si pesa más de 40 g se dice que el tamaño es grande.

De tal manera que, de cada repetición fueron escogidas 100 semillas al azar y fueron pesadas para determinar el tamaño de la semilla.

C. Brillo o aspecto predominante de la testa

El brillo de la semilla fue determinado para cada variedad según las tres clases en las que se clasifica la semilla por su brillo; opaco, intermedio y brillante.

D. Hábito de crecimiento

Fue utilizada una escala para describir el hábito de crecimiento, mostrada en el cuadro 14, las evaluaciones fueron realizadas durante la etapa de desarrollo R6:

Cuadro 14. Escala para la descripción del hábito de crecimiento del frijol.

Hábito	Descripción
I	Hábito arbustivo determinado: Ia: Tallo y ramas fuertes y erectos. Ib: Tallo y ramas débiles.
II	Hábito arbustivo indeterminado, con tallo y ramas erectos: IIa: Sin guías IIb: Con guías y habilidad para trepar.
III	Hábito arbustivo indeterminado, con tallo y ramas débiles y rastreros: IIIa: Guías cortas sin habilidad para trepar. IIIb: Guías largas con capacidad para trepar.
IV	Hábito de crecimiento voluble, con tallo y ramas débiles, largos y torcidos: IVa: Vainas distribuidas por toda la planta. IVb: Vainas concentradas en la parte superior de la planta.

Fuente: CIAT, 1987.

E. Días a la floración

Fueron calculados como días después de la siembra que coincidían con el inicio de la etapa de desarrollo R6, cuando el 50% de las plantas tiene una o más flores (CIAT, 1987).

F. Días a la madurez fisiológica

Fueron calculados como días después de la siembra que coincidían con el inicio de la etapa de desarrollo R9, cuando el 50% de las plantas hayan alcanzado su madurez fisiológica.

G. Adaptación vegetativa

La evaluación fue realizada cuando las plantas alcanzaron su máximo desarrollo, en la etapa R5, y teniendo en cuenta el efecto que ejerce el hábito de crecimiento en el vigor de la planta.

El Centro International de Agricultura Tropical (CIAT) propone la escala mostrada en el cuadro 15 para determinar la adaptación vegetativa de una variedad a un área de estudio determinada.

Cuadro 15. Escala de adaptación vegetativa

Código	Adaptación
1	Excelente
3	Buena
5	Intermedia
7	Pobre
9	Muy pobre

Fuente: CIAT, 1987.

Utilizando la escala de adaptación vegetativa propuesta por el (CIAT, 1991), fue desarrollado un análisis de regresión lineal simple utilizando la función estadística del paquete de software de Microsoft Excel mediante la realización de una matriz binaria de datos en la que en la columna titulada “Escala Adaptación Vegetativa (CIAT)” fue introducido el resultado de la evaluación realizada en la etapa R5 de desarrollo (cuadro 16).

Cuadro 16. Matriz binaria de datos para análisis de regresión lineal simple de la adaptación vegetativa de variedades evaluadas de frijol

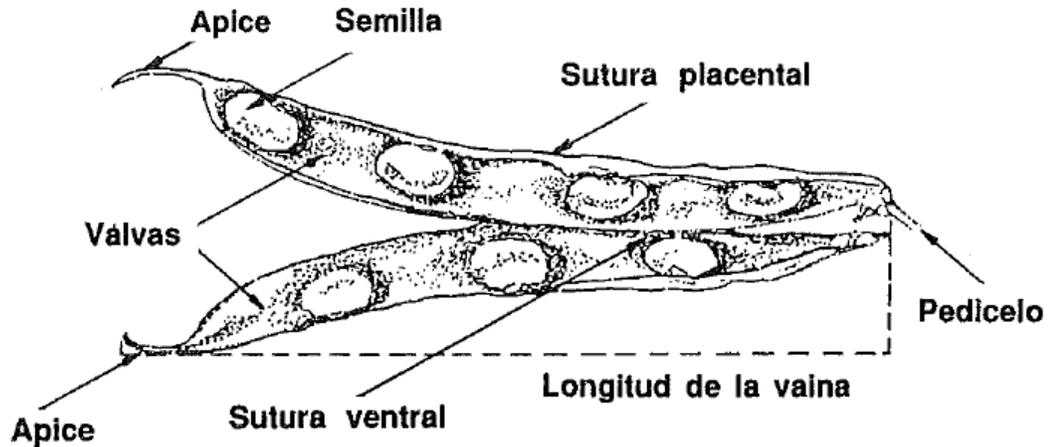
	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Unidad Experimental	Escala Adaptación Vegetativa (CIAT)	ICTA Zam	ICTA Santa Gertrudis	ICTA Ostúa	ICTA Ligero
1, ... 16		1	0	0	0
1, ... 16		0	1	0	0
1, ... 16		0	0	1	0
1, ... 16		0	0	0	1

Fuente: Reyes Hernández, 2014.

H. Adaptación reproductiva

La evaluación fue realizada en la etapa de desarrollo R9. Fueron consideradas las siguientes características: longitud de la vaina, y número de semillas por vaina.

Para la determinación de la longitud de la vaina, fue medido, en cm, desde la inserción en el pedicelo hasta el extremo libre del ápice, como se muestra en la figura 12.



Fuente: Muñoz, Giraldo & Fernández de Soto, 1993.

Figura 12. La vaina del frijol: sus componentes y la determinación de su longitud.

Para la determinación del número de semillas por vaina fue contado el número de semillas que éstas contenían.

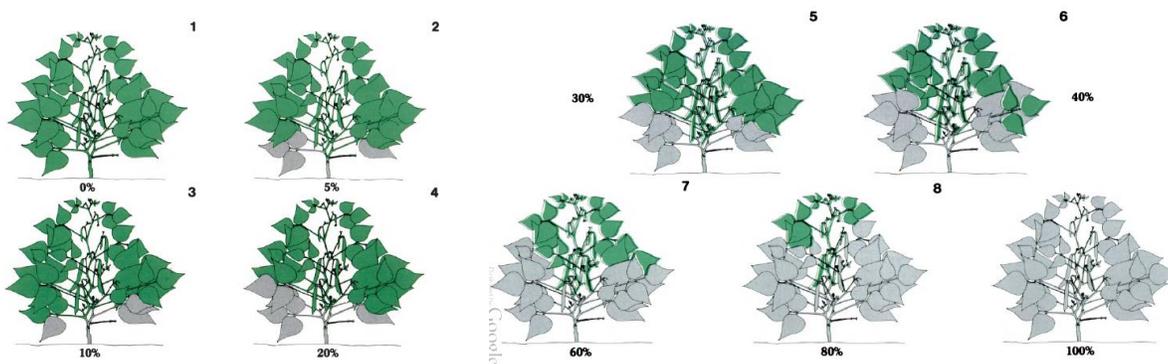
1. Rendimiento en kg/ha

Al haber terminado la cosecha en la parcela experimental, fueron obtenidos los pesos de la producción obtenida en cada tratamiento. Dichos pesos fueron obtenidos en gramos y utilizando un factor de conversión serán trasladados a kg. Con base en la producción obtenida en cada parcela pequeña (7.5 m²) y mediante la aplicación de una regla de tres fue posible estimar el rendimiento obtenido en una hectárea de terreno.

J. Incidencia y severidad de Mustia Hilachosa

Según el sistema estándar de evaluaciones de germoplasma del Centro Internacional Agricultura Tropical (CIAT), en la evaluación de germoplasma es más importante que sea determinada la severidad de la enfermedad que su incidencia.

La incidencia, siendo una variable binaria, sería determinada por la presencia o ausencia de la enfermedad en la planta evaluada. La severidad sería determinada mediante la escala propuesta por el CIAT en las etapas V4, R6 Y R8 de la plantación (figura 13).



Fuente: CIAT, 1991.

Figura 13. Plantas de frijol que muestran diferentes porcentajes de severidad de la enfermedad causada por los patógenos del moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*) o de la mustia hilachosa (estado sexual: *Thanatephorus cucumeris*; estado asexual: *Rhizoctonia solani*).

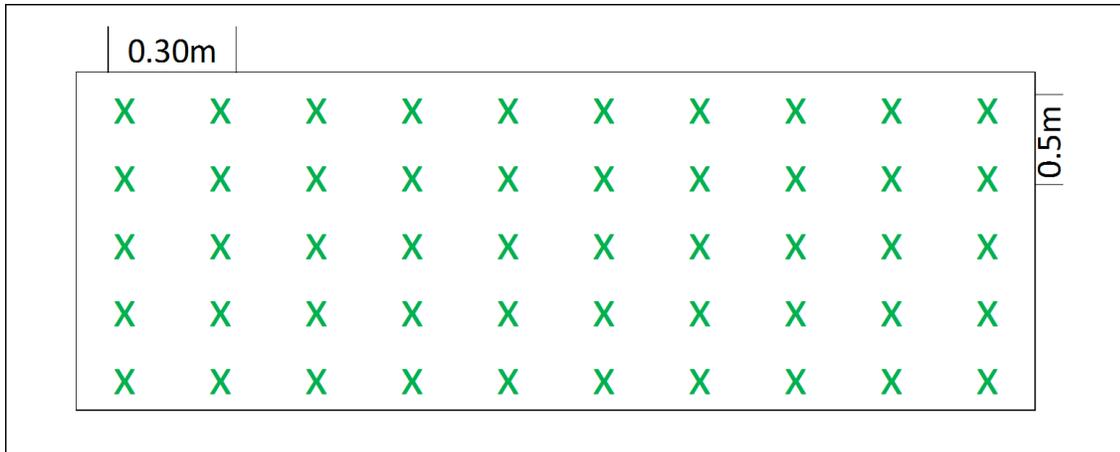
2.5.9 Manejo del experimento

A. Siembra

Según Las recomendaciones del Instituto de Ciencia y Tecnología (ICTA), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), y el Centro de Formación de la Cooperación española en La Antigua Guatemala (AECID) planteadas en el Manual de Producción de Frijol, las variedades a evaluar pueden ser sembradas a 30 cm de distancia entre plantas sobre el surco y 50 cm de distancia entre los surcos.

En base a lo expuesto anteriormente, la siembra en suelo húmedo fue realizada el día viernes 22 de julio de 2016, el proceso germinativo tardó cuatro días. En el período del 26 de julio al 12 de agosto del 2016 se presentó una sequía que afectó el proceso de crecimiento y desarrollo de la plántula. Además, las plántulas fueron objeto del ataque de lagartijas que predominan en el área de estudio. Las lagartijas se alimentan de las hojas jóvenes de la plántula y la dejan sin posibilidades de desarrollo. Con el objetivo de controlar el ingreso de las lagartijas a la parcela de estudio se estableció una barrera muerta en el perímetro de la parcela de 1 m de altura con nylon color negro. La siembra realizada el día 22 de julio fue abandonada y se procedió a sembrar nuevamente el 30 de agosto del mismo año, cuando las condiciones de humedad se restablecieron.

La siembra fue realizada con una herramienta llamada “chuzo”. Esta herramienta es ampliamente utilizada por las poblaciones rurales en todo el país. El chuzo es un palo de madera de aproximadamente 1.5 m de largo que tiene punta en uno de los dos extremos. El chuzo es utilizado para realizar el hoyo donde serán depositadas las semillas de una postura. Fueron depositadas 3 semillas por postura. Se empleó una distancia de 0.30 m entre posturas y 0.50 m entre los surcos de una parcela pequeña (figura 14).



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura 14. Distanciamientos entre plantas y entre surcos en la parcela pequeña del ensayo.

B. Fertilización

De acuerdo al manual de producción de frijol del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), fueron aplicados nitrógeno (N) y fósforo (P_2O_5). La dosis fue 40-40-0 kg/ha, utilizando como fuente el fertilizante granulado con fórmula 20-20-0.

Fue fertilizado por primera vez a los ocho días después de siembra (dds) a un lado de cada postura y se continuó haciendo aplicaciones de fertilizante a los 25 dds, 50 dds y 80 dds.

En los 210 m² acumulados en las parcelas pequeñas fueron aplicadas 9 lb de fertilizante en cada fertilización.

C. Control de malezas

El control de malezas fue realizado en toda la parcela antes de la implementación del ensayo con la aplicación del herbicida bipyridilo Paraquat Criollo 20SL (1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium) a razón de 1 L/ha a 3 L/ha (80 a 125 cm³ /bomba de 16 L). Los restos secos de las malezas serían colocados debajo del cultivo, en la zona de goteo, en siete de las 28

parcelas pequeñas como parte del tratamiento de control cultural para la Mustia Hilachosa. Los restos secos de las malezas fueron removidos del resto de parcelas para implementar el control de la enfermedad según el tratamiento asignado.

Durante la implementación del ensayo las malezas fueron controladas de manera manual o cultural, utilizando herramientas como machete, azadón, entre otros.

D. Cosecha

En la madurez fisiológica de la planta, fueron cosechados todas las vainas de cada tratamiento y luego almacenadas en costales identificados debidamente con el código del tratamiento y la fecha del día de cosecha.

E. Control de plagas y enfermedades

Fue aplicado el insecticida sistémico Monarca 11.25 SE (Thiaclopid, Beta-Ciflutrina) a razón de 0.25 L/ha a 1 L/ha (0.18 L/mz a 0.7 L/mz) para controlar tortuguillas (*Diabrotica sp.*), saltahojas (*Empoasca sp.*), picudo (*Apion godmani*) y gusano peludo (*Estigmene acrea*).

Las enfermedades que afectan al cultivo fueron controladas por aplicaciones de fungicida químico y biológico en las parcelas determinadas.

El insecticida fue aplicado una vez alguna de las plagas a controlar haya mostrado su presencia en el cultivo. Fueron realizadas aplicaciones recurrentes para controlar la plaga según la intensidad con la que apareció.

Serían instaladas pantallas de nylon alrededor de las parcelas de los tratamientos químico y biológico para evitar la contaminación de los tratamientos contiguos con ingredientes no deseados.

*F. Inoculación de *Rhizoctonia sp.* en la parcela de estudio*

La inoculación de *Rhizoctonia sp.* fue realizada a los 15 dds. La inoculación fue realizada con equipo de aspersión MATABI EVOLUTION nuevo y operado con un regulador de presión a alta presión (1.5 – 3 bar 21.5 – 42 psi) utilizando una boquilla de disco para garantizar gotas más pequeñas y mayor eficacia en la inoculación. Las inoculaciones fueron realizadas con un intervalo de 10 días hasta agotar la fuente de inóculo.

G. Manejo de los restos del ensayo

Al finalizar el ensayo fue aplicado el fungicida NATIVO 75 WG, de la casa comercial Bayer, a razón de 0,2 kg/ha (0.14 kg/mz) para controlar las fuentes de inóculo restantes en la parcela de estudio y alrededores para minimizar la cantidad de propágulos viables en campo.

2.5.10 Toma de datos

La toma de datos depende de la etapa de desarrollo de cada variedad. Es lógico suponer que las siete variedades alcanzarán una determinada etapa de desarrollo determinada en diferente momento, es por eso que fue registrada la etapa de desarrollo de las siete variedades regularmente para poder determinar efectivamente el final de una etapa y el inicio de la siguiente.

Esto asegurará la veracidad de los datos obtenidos en campo en cada sesión de la toma de los mismos.

En el cuadro 17, se muestra una tabla que permite apreciar las etapas de interés para la toma de datos durante el cultivo.

Cuadro 17. Etapas de interés para la toma de datos durante el ensayo.

		Etapa de desarrollo									
		V0	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9
Variables Respuesta	Color										X
	Tamaño										X
	Brillo										X
	Habito de crecimiento							X			
	Días a la floración							X			
	Días a la madurez										X
	Adaptación Vegetativa						X				
	Adaptación Reproductiva										X
	Rendimiento (Kg/Ha)										X
	Incidencia y Severidad de Mustia Hilachosa					X		X		X	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.5.11 Análisis de la información

El análisis de la información generada por las variables cualitativas y cuantitativas fue realizado utilizando técnicas propias de la estadística descriptiva e inferencial respectivamente. En el cuadro 18, se muestra la distinción de las variables cualitativas de las cuantitativas.

Cuadro 18. Clasificación de las variables cualitativas y cuantitativas.

Variables Cualitativas	Variables Cuantitativas
Color	Días a la floración
Tamaño	Días a la madurez fisiológica
Brillo	Adaptación Vegetativa
Hábito de Crecimiento	Adaptación Reproductiva
	Rendimiento
	Incidencia y Severidad de Mustia Hilachosa

Fuente: Elaboración propia, 2017.

A. Estadística descriptiva

Las características agronómicas fueron determinadas de manera cualitativa debido a que el color, el tamaño, el brillo y el hábito de crecimiento son características cualitativas. Los resultados de la evaluación fueron resumidos en una matriz múltiple de datos donde se puede observar comparativamente los resultados de las variedades evaluadas.

B. Estadística inferencial

Para determinar el efecto de los tratamientos fueron realizados análisis de varianza (ANDEVA) utilizando el sistema estadístico Infostat. Luego, si existía diferencia significativa entre los tratamientos fue realizada una prueba de medias mediante la cual se asignaron literales Tukey para realizar una recomendación objetiva.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de las características agronómicas generales fue desarrollada con cuatro de las siete variedades de frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.). La evaluación fue realizada con las variedades ICTA Zam, ICTA Santa Gertrudis, ICTA Ostúa e ICTA Ligerio bajo las condiciones de la Aldea San José Los Tiestos, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez.

Con relación a los resultados, en cuanto al color de la semilla fue determinado utilizando dos escalas de color publicadas por el Centro de Investigación de Agricultura Tropical, CIAT. La primera fue publicada en el Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol y la segunda en los Descriptores Varietales del sorgo, arroz, frijol y maíz. En ambas escalas, las cuatro variedades estudiadas fueron clasificadas con el color negro. En la escala del Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol le fue asignado el nivel 8 mientras que en la escala del Descriptor Varietal de sorgo, arroz, maíz y frijol le fue asignado el nivel 15 (cuadro 19).

El tamaño de la semilla fue determinado mediante el peso de 100 semillas de cada variedad elegidas al azar. Las cuatro variedades fueron clasificadas según los estándares del CIAT, como variedades con semillas de tamaño pequeño.

Cuadro 19. Matriz múltiple de datos de las variables cualitativas de las variedades evaluadas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Variedad de frijol	Color de la semilla	Tamaño de la semilla	Brillo de la semilla	Hábito de crecimiento
ICTA Zam	Negro	Pequeño	Brillante	IIb
ICTA Santa Gertrudis	Negro	Pequeño	Intermedio	IIb
ICTA Ostúa	Negro	Pequeño	Intermedio	Ila
ICTA Ligerio	Negro	Pequeño	Intermedio	Ila

Fuente: Elaboración propia, 2017.

La evaluación del brillo de la semilla fue realizada en la etapa de desarrollo R9, luego de concluir el proceso de cosecha. Los resultados mostraron que la variedad ICTA Zam es la única variedad que posee semillas brillantes, las variedades ICTA Santa Gertrudis, ICTA Ostúa e ICTA Ligero poseen semillas con brillo intermedio.

El hábito de crecimiento de las variedades ICTA Zam e ICTA Santa Gertrudis fue IIb y es definido por el CIAT como: “Hábito arbustivo indeterminado, con tallo y ramas erectos. Con guías y habilidad para trepar”, mientras que las variedades ICTA Ostúa e ICTA Ligero fueron clasificadas en la categoría IIa y son definidas por el CIAT como: “Hábito arbustivo indeterminado, con tallo y ramas erectos. Sin guías”.

La variedad ICTA Ligero entro a la etapa de floración (R6) de manera más inmediata, a tan solo 29 días transcurridos después de la siembra. La variedad ICTA Zam, ICTA Santa Gertrudis e ICTA Ostúa entraron a la misma etapa a los 37, 38 y 38 días transcurridos después de la siembra, respectivamente. La variedad ICTA Ligero puede ser catalogada como precoz y las variedades ICTA Zam, ICTA Santa Gertrudis, e ICTA Ostúa como tardías (cuadro 20).

La variedad ICTA Ligero entró a la etapa de madurez fisiológica (R9) de manera más inmediata, a tan solo 79 días transcurridos después de la siembra. La variedad ICTA Zam, ICTA Santa Gertrudis e ICTA Ostúa entraron a la misma etapa a los 83, 90 y 83 días transcurridos después de la siembra, respectivamente. Los resultados indican que la variedad ICTA Ligero también es precoz al alcanzar la madurez fisiológica respecto a las variedades ICTA Santa Gertrudis, ICTA Zam e ICTA Ostúa.

Cuadro 20. Matriz múltiple de datos de las variables cuantitativas de las variedades evaluadas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Variedad de frijol	Días a la floración	Días a la madurez fisiológica	Adaptación vegetativa	Adaptación Reproductiva			Rendimiento (Kg/ha) *	
				Número de semillas por vaina NS	Longitud de la vaina (cm) *		Media	Literal Tuckey
					Media	Literal Tuckey		
ICTA Zam	37	83	1.75	4.31	9.16	a	994.29	a
ICTA Santa Gertrudis	38	90	2.375	4.43	9.22	a	784.65	a b
ICTA Ostúa	38	83	4.25	4.06	9.19	a	208.6	b
ICTA Ligero	29	79	4.25	4.18	8.26	b	372.83	b

NS: No existen diferencias estadísticamente significativas

* : Si existen diferencias estadísticamente significativas

Fuente: Elaboración propia, 2017.

La adaptación vegetativa es una característica determinada por el genotipo de la variedad, las variedades fueron evaluadas al finalizar su crecimiento vegetativo, justo antes de comenzar la fase reproductiva. Fue realizado un análisis de regresión lineal binomial para la generación de un modelo lineal que explique el comportamiento de la adaptación vegetativa de las variedades evaluadas utilizando la escala propuesta por el Centro de Investigaciones de Agricultura Tropical (CIAT) en el documento titulado Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma en frijol, publicado en el año 1991.

El modelo generado a partir de los resultados del análisis de regresión se muestra a continuación:

$$Y = 1.75X_1 + 2.375X_2 + 4.25X_3 + 4.25X_4$$

Dónde:

Y = Escala adaptación vegetativa (CIAT)

$X_2 = \text{ICTA Santa Gertrudis}$

$X_4 = \text{ICTA Ligero}$

$X_1 = \text{ICTA Zam}$

$X_3 = \text{ICTA Ostúa}$

Al aplicar el modelo generado es posible observar que las variedades ICTA Ostúa e ICTA Ligerio modifican en mayor proporción el resultado de Y (Escala de adaptación vegetativa del CIAT) por tener el coeficiente más alto (4.25 unidades). La variedad ICTA Santa Gertrudis modificará el resultado de Y a razón de 2.375 unidades mientras que la variedad ICTA Zam lo hará a razón de 1.75 unidades.

En el cuadro 21 se muestra la escala de adaptación vegetativa generada por el CIAT, que asigna valores numéricos entre el 1 y el 9 y así describen la adaptación vegetativa de cierta variedad en cinco niveles:

Cuadro 21. Escala de adaptación vegetativa

Código	Adaptación
1	Excelente
3	Buena
5	Intermedia
7	Pobre
9	Muy pobre

Fuente: CIAT, 1987.

Tomando en cuenta los niveles de la escala y los resultados de la regresión es posible concluir que la variedad que obtuvo una mejor adaptación vegetativa fue ICTA Zam (1.75), seguida por ICTA Santa Gertrudis (2.375), ICTA Ostúa e ICTA Ligerio (4.25).

Los resultados del análisis de regresión se encuentran en el anexo 2.10.4 del presente documento.

La adaptación reproductiva de las cuatro variedades evaluadas fue determinada mediante la medición de dos variables: número de semillas por vaina y longitud de la vaina. El número de semillas por vaina fue determinado mediante un conteo de las semillas de cada vaina seleccionada en cada unidad experimental. Se realizó un análisis de varianza para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas y fue posible determinar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Debido a que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos no fue realizada una

prueba de comparación de medias porque la cantidad de semillas de la vaina de las variedades evaluadas es estadísticamente similar (cuadro 20).

La evaluación de la longitud de la vaina fue realizada en la etapa de desarrollo R9. La longitud de la vaina fue medida desde la inserción en el pedicelo hasta el extremo libre del ápice y el análisis de varianza mostró diferencias significativas en los tratamientos evaluados, el análisis de varianza está disponible en el anexo 2.10.3.B del presente documento (cuadro 20).

Para determinar qué tratamiento obtuvo la mayor longitud de vaina, se realizó una prueba de Tukey al 5% de significancia para comparar las medias de los tratamientos. Los resultados de la prueba de Tukey clasificaron a las variedades ICTA Santa Gertrudis, ICTA Ostúa, ICTA Zam con la literal A y a la variedad ICTA Ligero con la literal B.

Esto implica que las variedades clasificadas con la literal A son estadísticamente similares entre sí y difieren de otras variedades clasificadas con una literal B. La prueba de medias también se encuentra en el anexo 2.10.3.B.

El rendimiento (kg/ha) de las variedades evaluadas si mostró diferencias significativas, el análisis de varianza está disponible en el anexo 2.10.3.C. del presente documento. Para determinar qué tratamiento obtuvo el mayor rendimiento, se realizó una prueba de Tukey al 5% de significancia para comparar las medias de los tratamientos. Los resultados de la prueba de Tukey clasificaron a la variedad ICTA Zam con la literal A, a la variedad ICTA Santa Gertrudis con la literal A y B y a las variedades ICTA Ligero e ICTA Ostúa con la literal B.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de Tukey se puede concluir que la variedad ICTA Zam obtuvo rendimientos estadísticamente superiores al resto de variedades evaluadas. La variedad ICTA Santa Gertrudis obtuvo rendimientos similares a la variedad ICTA Zam por estar clasificada con la misma literal, sin embargo, también fue clasificada con la literal B, esto implica que si existen diferencias significativas entre los rendimientos de las variedades ICTA Zam e ICTA Santa Gertrudis.

Las variedades ICTA Ostúa e ICTA Ligerito fueron clasificadas con la literal B, esto implica que sus rendimientos fueron estadísticamente inferiores a los rendimientos de las variedades ICTA Zam e ICTA Santa Gertrudis.

El triángulo de la enfermedad se refiere a los tres elementos clave para que una planta manifieste una enfermedad. Los elementos son:

1. Hospedero susceptible
2. Ambiente favorable
3. Patógeno virulento.

Durante el desarrollo de la evaluación, la parcela de estudio fue inoculada en dos ocasiones con el hongo *Rhizoctonia sp.* para evaluar la incidencia y severidad de la Mustia Hilachosa en las variedades de frijol arbustivo y determinar la eficiencia de cuatro métodos de control para la enfermedad.

El hongo fue aislado en varias ocasiones a partir de muestras de frijol infectadas con *Rhizoctonia sp.*, cuya fase sexual es *Thanatephorus cucumeris* Frank. Donk., conservadas en el laboratorio de Fitopatología del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola de Quetzaltenango con el apoyo del Ing. Roberto Morales.

Las variedades de frijol a evaluar en el campo fueron distribuidas en orden de mayor a menor resistencia o tolerancia al patógeno que provoca la Mustia Hilachosa, siendo el primero ICTA Zam, seguido por ICTA Sayaxché, ICTA Petén, ICTA Santa Gertrudis, ICTA Chortí, ICTA Ostúa y por último ICTA Ligerito por recomendación del Dr. Fernando Aldana, fitomejorador de frijol del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola de Quetzaltenango.

Las inoculaciones se realizaron los días 8 y 13 de septiembre de 2016. Los días para realizar las inoculaciones fueron elegidos al observar las condiciones de humedad y temperatura adecuadas para el desarrollo de la enfermedad. En la tarde de los días anteriores a las inoculaciones se presentó precipitación abundante en la parcela de estudio.

La inoculación fue realizada con equipo de aspersion nuevo y utilizando un regulador de presión para garantizar que el tamaño de la gota fuera el menor posible y de esta manera,

aumentar la probabilidad de éxito. A pesar de los esfuerzos realizados en la inoculación de la parcela, no hubo síntomas visibles de la enfermedad en ninguna planta de las variedades evaluadas. Se presume que el nulo porcentaje de éxito de la inoculación está directamente relacionado con las condiciones limitadas de precipitación, humedad relativa y temperatura presentadas desde el 15 al 19 de septiembre de 2016.

Debido a lo expuesto anteriormente, no fue posible obtener información acerca de la incidencia y severidad de la mustia hilachosa, así como tampoco fue posible determinar el método de control más eficiente.

2.7 CONCLUSIONES

1. Las variedades ICTA Zam, ICTA Santa Gertrudis, ICTA Ostúa, e ICTA Ligero reportaron las características comunes: grano de color negro, con hábito de crecimiento arbustivo; son determinadas, semilla pequeña, con aspecto brillante la variedad ICTA Zam y el resto con brillo intermedio. El periodo de floración fue alcanzado de manera precoz (29 días) por la variedad ICTA Ligero y tardía (37 a 38 días) en el resto de variedades. La adaptabilidad fue excelente (1.75, según la escala del CIAT) en la variedad ICTA Zam, el resto mostraron una adaptabilidad buena a intermedia (2.37 a 4.25).
2. Con relación al rendimiento, las variedades ICTA Zam e ICTA Santa Gertrudis fueron superiores con 994.29 kg/ha y 784.65 kg/ha respectivamente. La variedad ICTA Ligero reportó 372.83 kg/ha e ICTA Ostúa 208.60 kg/ha.
3. En vista que las condiciones limitadas de precipitación, humedad relativa y temperatura en el sitio de investigación no fueron favorables para el desarrollo del hongo que provoca la enfermedad Mustia Hilachosa (*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk), no se obtuvieron datos acerca de la incidencia y severidad de dicha enfermedad.

2.8 RECOMENDACIÓN

Con base en el rendimiento de las variedades y las características agronómicas evaluadas bajo las condiciones de la Aldea San José Los Tiestos, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez, se recomienda utilizar las variedades ICTA Zam o ICTA Santa Gertrudis.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

- Carmona Medero, M. A., Lemus Flores, C., & Rubio Torres, C. (2002). Curso taller estadística aplicada a la investigación. (R. M. Brenda Israela , Ed.) Nayarit, México. Obtenido de <https://goo.gl/pkq4Lh>
- Centro Internacional Investigación Agrícola (CIAT). (1987). *Mustia hilachosa del frijol y su control*. (F. González, & L. Menéndez, Edits.) Cali, Colombia: Centro Internacional Investigación Agrícola.
- CIAT. (1991). *Sistema estandar para la evaluación de germoplasma en frijol*. Cali, Colombia, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Santo Domingo Suchitepéquez. (2011). Plan de desarrollo de Santo Domingo Suchitepéquez. Santo Domingo Suchitepéquez, Guatemala.
- ICTA. (2013). *Memoria de labores del año 2013*. Obtenido de Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Publicaciones - ICTA: <http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Memoriasicta/Memoria%20Labores%202013.pdf>
- ICTA. (2015). *Memoria de labores del año 2015*. Obtenido de Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Publicaciones - ICTA: <http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Memoriasicta/Memoria%20de%20labores%202015.pdf>
- INE. (2004). *IV Censo Nacional Agropecuario. Número de Fincas Censales, Superficie Cosechada, Producción Obtenida de Cultivos Anuales o Temporales y Viveros*. (Vol. 2). Guatemala: Instituto Nacional de Estadística.
- INTA, IICA. (2006). *Sistema de análisis estadístico con SPSS*. Managua, Nicaragua, Nicaragua: INTA, IICA.
- Koike, S. T., Gladders, P., & Paulus, A. O. (2007). *Vegetable Diseases A color Handbook*. Florida, United States of America: Elsevier.
- León, J. (1987). *Botánica de los cultivos tropicales* (2nd ed.). San José, Costa Rica: IICA.
- MAGA. (2015). *El agro en cifras: Guatemala*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Obtenido de <http://web.maga.gob.gt/download/1agro-cifras2014.pdf>
- MAGA. (2016). *El agro en cifras: Guatemala*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Obtenido de

http://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/Integracion%20y%20comercio%20exterior/el_agro_en_cifras_2015.pdf

Mendez, W., Galluzzi, G., & Say, E. (2015). *La importancia de los intercambios internacionales de recursos* (Vol. Working Paper No. 154). Copenhagen, Denmark: CGIAR Research Program on Climate Change.

Muñoz, G., Giraldo, G., & Fernandez de Soto, J. (1993). *Descriptorios varietales: arroz, frijol, maíz y sorgo*. Cali, Colombia: CIAT.

OECD. (2006). Estudios Territoriales de la OCDE: La región mesoamericana 2006 Sureste de México y América Central. (O. p. Económicos, Ed.) Honduras. Recuperado el 11 de Julio de 2017, de https://books.google.com.gt/books?id=qKvVAgAAQBAJ&dq=Mesoam%C3%A9rica+regi%C3%B3n&source=gbs_navlinks_s

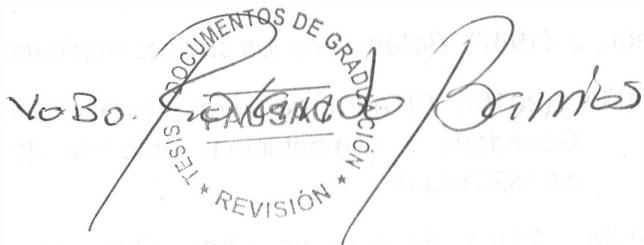
PROCACAO. (1990). *Seminario regional diseños experimentales y metodologías estadísticas en cacao*. (J. C. Ahmad R. Rafle, Editor) Obtenido de Red Regional de Generación y Transferencia de Tecnología en Cacao: <https://books.google.com.gt/books?id=LjxtAAAIAAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true>

Programa Mundial de Alimentos. (2 de September de 2011). *Guatemala: Better Seeds For P4P Farmers*. Obtenido de <https://www.wfp.org/purchase-progress/blog/guatemala-better-seeds-p4p-farmers>

Reyes Hernández, M. (2014). *Algunas funciones de producción usadas en la asignación óptima de insumos y diagnóstico de cultivos: propiedades económicas y enfoques para su ajuste emírico*. Guatemala.

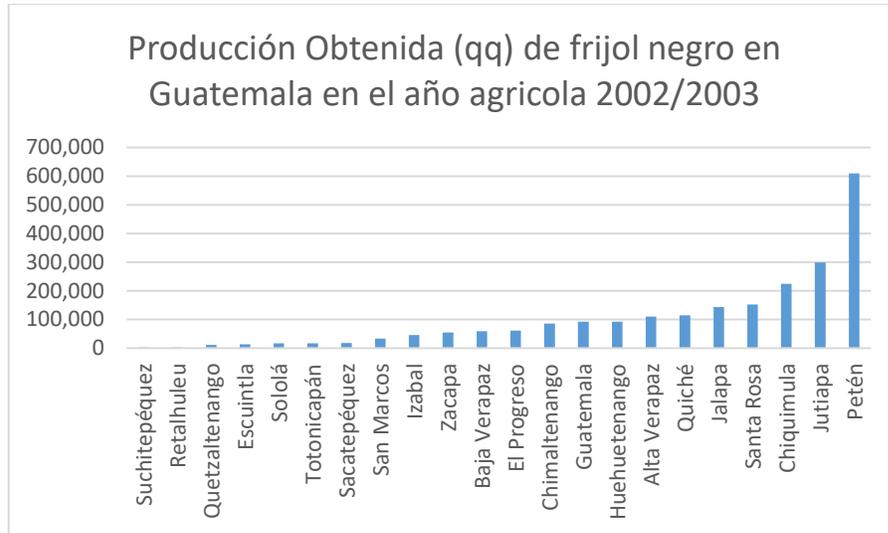
Vallejo Cabrera, F. A., & Estrada Salazar, E. I. (2002). *Mejoramiento genético de plantas*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira.

Villatoro Mérida, J. C., Castillo Monterroso, F., & Franco Rivera, J. A. (2011). *Producción de frijol Phaseolus vulgaris L.* (A. Orellana, D. Dardón, M. Morales, H. Sagastume, E. de León, A. Viana, & J. Franco, Edits.) Guatemala: ICTA.

Yo Bo. 

2.10 ANEXOS

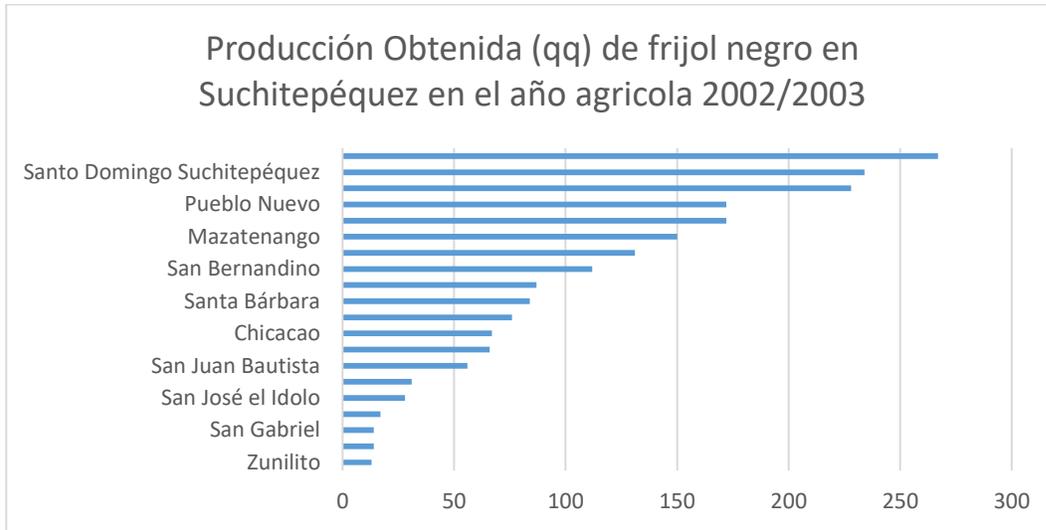
2.10.1 Producción de frijol en el año agrícola 2002/2003 por departamento de Guatemala.



Fuente: INE, 2004.

Figura 15A. Producción obtenida (qq) de frijol en Guatemala en el año agrícola 2002/2003.

2.10.2 Producción de frijol en el año agrícola 2002/2003 por municipio de Suchitepéquez.



Fuente: INE, 2004.

Figura 16A. Producción obtenida (qq) de fíjol negro en Suchitepéquez en el año agrícola 2002/2003

2.10.3 Resultados de los análisis de varianza (ANDEVA) realizados en las variables cuantitativas.

A. Número de semillas por vaina

Fue realizado un ANDEVA (Análisis de varianza) para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El análisis fue realizado con un 5% de significancia.

Cuadro 22A. Resultados del análisis de varianza del número de semillas por vaina.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Número de semillas por vaina	64	0.02	0	24.06	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.25	3	0.42	0.4	0.7546
Variedad de Frijol	1.25	3	0.42	0.4	0.7546
Error	62.75	60	1.05		
Total	64	63			

Fuente: Elaboración propia, 2017.

El Análisis de varianza mostró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados debido a que $F_c < F_t$ ($0.4 < 0.7546$).

B. Longitud de la vaina

Fue realizado un ANDEVA (Análisis de varianza) para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El análisis fue realizado con un 5% de significancia.

Cuadro 23A. Resultados del análisis de varianza de la longitud de la vaina.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Longitud de la vaina (cm)	16	0.72	0.65	3.25	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F _c	F _t
Modelo.	2.62	3	0.87	10.31	0.0012
Variedad de Frijol	2.62	3	0.87	10.31	0.0012
Error	1.02	12	0.08		
Total	3.64	15			

Fuente: Elaboración propia, 2017.

El Análisis de varianza mostró que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados debido a que $F_c > F_t$ ($10.31 > 0.0012$).

Cuadro 24A. Resultados de la prueba de Tukey: longitud de la vaina (cm)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.61112					
Error: 0.0847 gl: 12					
Variedad de Frijol	Medias	n	E.E.		
ICTA Santa Gertrudis	9.22	4	0.15	A	
ICTA Ostúa	9.19	4	0.15	A	
ICTA Zam	9.16	4	0.15	A	
ICTA Ligero	8.26	4	0.15		B

Fuente: Elaboración propia, 2017.

C. Rendimiento

Fue realizado un ANDEVA (Análisis de varianza) para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El análisis fue realizado con un 5% de significancia, en el cuadro 25, se muestran los resultados obtenidos:

Cuadro 25A. Resultados del análisis de varianza del rendimiento en kg/ha.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Rendimiento (kg/Ha)	16.00	0.62	0.53	47.61	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F _c	F _t
Modelo.	1575878.84	3.00	525292.95	6.66	0.01
Variedad de Frijol	1575878.84	3.00	525292.95	6.66	0.01
Error	947053.01	12.00	78921.08		
Total	2522931.85	15.00			

Fuente: Elaboración propia, 2017.

El Análisis de varianza mostró que si existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados debido a que $F_c > F_t$ ($6.66 > 0.001$).

Cuadro 26A. Resultados de la prueba de Tukey: rendimiento (kg/ha)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=589.76264					
Error: 78921.0838 gl: 12					
Variedad de Frijol	Medias	n	E.E.	Literal	
ICTA Zam	994.29	4.00	140.46	A	
ICTA Santa Gertrudis	784.65	4.00	140.46	A	B
ICTA Ligero	372.83	4.00	140.46		B
ICTA Ostúa	208.60	4.00	140.46		B

Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.10.4 Análisis de regresión

Resultados del análisis de regresión desarrollado a la variable adaptación vegetativa:

Cuadro 27A. Resultados del análisis de regresión lineal simple de adaptación vegetativa.

Regression Statistics	
Multiple R	0.932978579
R Square	0.870449029
Adjusted R Square	0.847304814
Standard Error	1.333854065
Observations	64

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Cuadro 28A. Resultados del análisis de regresión lineal simple de adaptación vegetativa.

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	4	717.25	179.3125	100.7845433	1.13874E-25
Residual	60	106.75	1.779166667		
Total	64	824			

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Cuadro 29A. Resultados del análisis de regresión lineal simple de adaptación vegetativa.

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 90.0%	Upper 90.0%
Intercept	0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
ZAM	1.75	0.3335	5.2480	0.0000	1.0830	2.4170	1.1929	2.3071
SANTA GERTRUDIS	2.375	0.3335	7.1222	0.0000	1.7080	3.0420	1.8179	2.9321
OSTÚA	4.25	0.3335	12.7450	0.0000	3.5830	4.9170	3.6929	4.8071
LIGERO	4.25	0.3335	12.7450	0.0000	3.5830	4.9170	3.6929	4.8071

Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.10.5 Protocolo propuesto por Godoy – Lutz para el aislamiento del patógeno de la mustia hilachosa.

Materiales:

1. Mechero
2. Cinta Parafilm
3. Cámara de flujo laminar
4. Bisturí
5. Pinzas
6. Papel toalla estéril
7. Agua destilada estéril
8. Beackers
9. Medio de cultivo (agar agua)
10. Puntas de transferencias

Procedimiento:

- a) Cortar el explante de 5mm x 3 mm de hojas infectadas con *R. solani*. Las lesiones no deben estar muy maduras o viejas para evitar que otros patógenos contaminen el medio de aislamiento.
- b) Posteriormente colocar los pedazos de hojas infectadas en platos Petri con agar agua.
- c) 48 horas después, observar el crecimiento de los hongos.
- d) Aislar nuevamente cada uno de los aislamientos generados y observar cuál de ellos presenta septo doliporo, un ángulo de 90° y color de micelio blanco, los cuales son característicos de *R. solani*.
- e) El hongo se purifica en PDA y cada ocho días se aísla nuevamente para mantenerlo puro y activo para su posterior inoculación en las hojas de frijol.

2.10.6 Metodología de producción y cuantificación de inóculo propuesto por Godoy
– Lutz para el agente causal de la mustia hilachosa (*R. solani*).

Producción de inóculo

Materiales:

1. Medio líquido V8 (1.5g de CaCO₂, 100ml jugo V8, 400ml de agua destilada)
2. Sacabocado de 5 mm de diámetro
3. Medio de cultivo PDA
4. Puntas de transferencia

Procedimiento:

- a) Pesar 1.5g de CaCO₂ y mezclarlo con 100ml de jugo V8 y 400ml de agua destilada. Mantener la mezcla en un agitador por 5 minutos, ya que el CaCO₂ se sedimenta rápidamente.
- b) Colocar el medio en autoclave y esterilizarlo por 20 minutos a 121°C.

Nota: utilizar 500ml de medio líquido V8 para aproximadamente 10 platos.

Incremento de inóculo en PDA y V8 líquido

- a) Con un sacabocado estéril hacer varios cortes en la periferia (zona de crecimiento) de la colonia de *R. solani* y transferir los cortes a platos con medio PDA (3 cortes por plato) y posicionarlos de manera equidistante.
- b) Incubar lo platos de PDA a 24°C durante 48 horas.
- c) Después de dos días y cuando cada colonia esté suficientemente crecida, se hacen varios cortes en la periferia de cada colonia con un sacabocado y se colocan con ayuda de una punta de transferencia cinco cortes de medio PDA con *R. solani* en cada plato con medio líquido V8.
- d) Colocar los platos sin sellar con parafilm bajo oscuridad durante 48 horas.

Cálculo de concentración de inóculo de *R. solani*

Para calcular la concentración original del inóculo del patógeno es necesario contar las colonias individuales crecidas en agar – agua.

Procedimiento:

- a) Después de 48 horas de incubados los platos con medio V8 y *Rhizoctonia*, el micelio del patógeno ya ha crecido y cubierto toda la superficie del medio; y este es el momento para calcular la concentración real de propágulos viables en el inóculo.
- b) Extraer el micelio de cinco platos con pinzas estériles y colocarlo en una licuadora previamente limpiada con alcohol, y licuarlo con 200ml de agua destilada estéril.
- c) De esta solución madre hacer seis diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6}) con micropipetas y tubos eppendorf procurando llevar las diluciones a 1000 μ l.
- d) De cada dilución colocar 100 μ l en dos platos Petri con agar – agua y dispersarlo con un rastrillo de vidrio.
- e) Incubar los platos por 24 horas.
- f) Después de 24 horas contar las UFC (Unidades Formadoras de Colonias) procurando contar platos con no menos de 30 y no más de 300 UFC, ya que diluciones con menos de 30 UFC son estadísticamente no viables y en diluciones con más de 300 UFC las probabilidades de error aumentan por agrupación de colonias. Hacer un promedio del conteo de los dos platos por cada dilución para poder hacer los siguientes cálculos:

Ejemplo:

No. de colonias en el plato promedio = 115.5

Dilución= 10^{-2} (Su recíproco es 10^2)

Volumen de inóculo en el plato= 0.1ml ó 1000 μ l

Con el resultado de se puede hacer los cálculos de concentración para la inoculación utilizando la fórmula:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

2.10.7 Protocolo propuesto por Takegami (2000) para la inoculación de *R. solani*.

Materiales:

1. Medio líquido V8
2. Platos Petri pequeños o grandes
3. Agujas de transferencia
4. Licuadora
5. Tamiz # 40 d 425µm
6. Agua destilada estéril
7. Tween 20
8. Bomba de mochila

Procedimiento:

- a) Después de hacer los cálculos de concentración de inóculo, se prepara más inóculo de *R. solani* en V8 líquido, procurando hacer la cantidad de platos necesarios para el área a inocular.
- b) Después de 48 horas de incubación de *Rhizoctonia solani* en V8 líquido, licuar el micelio del patógeno. Extraer el micelio de cada plato con unas pinzas flameadas dejando escurrir el medio líquido. Colocar el micelio de cinco o seis platos con 300ml de agua en la licuadora y licuar por 15 segundos.
- c) Filtrar el inóculo en un tamiz #40 de 425µm para impedir que el filtro interno de la bomba de mochila se obstruya con micelio muy grande.
- d) Llevar el inóculo al volumen final requerido.
- e) Colocar 1 o 2 gotas de Tween 20 por cada litro de inóculo.
- f) Mezclar bien el inóculo y aplicar.
- g) Inocular las plantas por el haz y el envés de las hojas.
- h) Incubar las plantas por 24 horas a 28°C y a 95% de HR.

Nota: hacer las inoculaciones al finalizar la tarde o cuando la radiación no sea muy intensa.

Si las condiciones de humedad y temperatura son óptimas para la infección, los primeros síntomas se presentarán de 48 a 72 horas después de la inoculación.

3. CAPITULO III

SERVICIOS PRESTADOS EN LA ALDEA SAN JOSÉ LOS
TIESTOS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ,
SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

3.1 Presentación

El programa del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA) considera la prestación servicios profesionales a la población o institución huésped. En la Aldea San José Los Tiestos trabaja permanentemente la organización canadiense no gubernamental Guatemala Hope, mediante comités de participación voluntaria, apoyando en sectores como salud, vivienda, educación, desarrollo de la mujer, finanzas, agricultura, entre otros.

Los servicios prestados fueron propuestos al comité de agricultura para solucionar problemáticas identificadas por el comité de agricultura, conformado principalmente por productores de plátano. El análisis de suelos con fines de fertilidad agrícola fue de interés de la mayoría de productores, sin embargo, no todos disponían de recursos económicos para cubrir los costos que éste representa en ese momento. El análisis fitopatológico y entomológico solucionó una incógnita de vital importancia para la productividad y el rendimiento de las parcelas de plátano de un productor. La realización del plano topográfico satisface uno de los requisitos necesarios para registrar la propiedad como el cementerio oficial de la aldea San José Los Tiestos.

3.2 Capacitación a productores de plátano (*Musa paradisiaca*) sobre el análisis químico de suelos con fines de fertilidad agrícola.

3.2.1 Objetivos

A. General

Capacitar a productores de plátano (*Musa paradisiaca*) sobre el análisis químico de suelos con fines de fertilidad agrícola.

B. Específicos

1. Instruir a los productores acerca del procedimiento correcto para la selección de las submuestras de suelo.
2. Exponer a los productores los resultados del análisis realizado

3.2.2 Metodología

La capacitación fue realizada de manera individual con los productores interesados en dicho tema en dos sesiones de trabajo.

A continuación, se presenta el orden de las actividades desarrolladas:

1. Introducción al muestreo de suelos.
2. Limpieza y reconocimiento de herramientas a utilizar.
3. Recorrido por el área a muestrear.
4. Realización de croquis de sub muestras.
5. Toma de muestras – Medidas del agujero y procedimiento.
6. Homogenización de sub muestras
7. Selección de muestra definitiva
8. Empaque y traslado de muestra al laboratorio.
9. Presentación de resultados del análisis químico de suelos. Plan de fertilización adecuado al tamaño de producción específica de cada agricultor.

Durante la primera sesión se realizaron las actividades del 1 al 8, en la segunda sesión se realizó la novena actividad.

3.2.3 Resultados

La capacitación fue realizada con 15 productores de plátano (*Musa paradisiaca*) de manera individual, en el cuadro 30 se muestra el nombre del agricultor registrado y el número de análisis realizados a su nombre.

Cuadro 30. Productores de plátano (*Musa paradisiaca*) beneficiados con la capacitación acerca del análisis químico de suelos con fines de fertilidad agrícola.

No.	Nombre	Cantidad de análisis realizados
1	Remigio Vicente	1
2	Edin Recinos	1
3	Álvaro Recinos	2
4	Bonifasio Sontay	1
5	Rolando Estrada	3
6	Napoleón Zarat	1
7	Elio Rodríguez	2
8	Mardoqueo Herrera	2
9	Fernando Alvizures	1
10	Héctor Alpirez	1
TOTAL		15

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Al finalizar la capacitación los agricultores mostraron satisfacción por conocer el procedimiento correcto para tomar las muestras en campo y las características físicas y químicas de su suelo. Los agricultores también recibieron un plan de fertilización orientado a satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo durante un ciclo productivo de 9 meses.

En dicho plan de fertilización fueron consideradas como fuentes de fertilizante aquellas que estuvieran disponibles en las agropecuarias más cercanas a la aldea. El plan de fertilización fue adaptado a la extensión de tierra empleada en la producción de plátano y la densidad de siembra de cada productor.

La utilización de un plan de fertilización permitirá a los productores ordenar las labores agrícolas en el ciclo productivo y realizar una asignación de recursos eficiente.

En el cuadro 31 se muestran los resultados de los 15 análisis realizados con los productores de plátano que manifestaron interés.

Cuadro 31. Resumen de resultados del análisis de suelos con fines de fertilidad realizado con 15 productores de plátano (*Musa paradisiaca*) en la Aldea San José Los Tiestos.

	pH	P	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	Saturación Bases	Materia Orgánica	Clase Textural	
		ppm						Meq / 100gr					%		
Rango Medio	6 a 6.5	12 a 16	2 a 4	4 a 6	10 a 15	10 a 15	20 a 25	4 a 8	1.5 a 2	-	0.27 a 0.38	75 a 90	4 a 5		
1	R. Vicente	8.3	74	0.5	4.5	7	19	26.61	14.97	5.06	1.39	3.74	94.56	3.13	Franco Limoso
2	E. Recinos	7.2	80	1	5.5	5.5	25	23.69	14.97	4.69	0.22	5.49	100	3.03	Franco Limoso
3	A. Recinos	7.1	45	0.1	2.5	12	18	20.98	9.48	3.37	0.3	1.44	69.51	2.72	Franco Arenoso
4	A. Recinos	7.4	62	0.5	3.5	17.5	22.5	19.34	9.98	3.33	0.42	1.54	78.95	2.28	Franco Arenoso
5	B. Sontay	7.5	35	0.1	4	19.5	20	7.82	0.25	0.41	0.4	0.13	15.2	2.89	Franco
6	R. Estrada	7	155	0.5	6.5	7	18.5	16.3	15.47	5.55	0.41	2.03	100	2.01	Franco
7	R. Estrada	6.5	27	2.5	4	62	30.5	15.07	10.23	4.07	0.43	0.49	100	1.26	Franco Limoso
8	R. Estrada	7.1	122	0.5	7	4.5	19.5	20.61	18.71	5.51	0.83	3.18	100	2.9	Franco Limoso
9	N. Zarat	6.4	90	0.5	5.5	15.5	15	23.04	12.48	3.62	0.23	2.38	81.22	1.96	Franco
10	E. Rodríguez	7.4	212	0.5	5	2	15.5	27.15	13.97	5.26	0.3	3.95	86.51	3	Franco
11	E. Rodríguez	7	184	0.5	3.5	2.5	14	18.51	8.73	3.17	0.28	2.41	78.79	1.96	Franco Arcilloso
12	M. Herrera	7.1	174	0.5	5	1	16	25.92	11.98	4.15	0.17	2.02	70.68	3	Franco Arcilloso
13	M. Herrera	6.4	276	0.5	3	3.5	9	26.33	12.72	4.11	0.25	1.31	69.84	2.9	Franco Arenoso
14	F. Alvizures	7.1	92	0.5	4.5	10.5	13	34.95	11.98	4.15	0.16	3.85	27.6	2.07	Franco Limoso
15	H. Alpirez	7.2	90	0.5	4	6.5	11.5	35.98	14.47	3.74	0.31	3.64	61.61	2.62	Franco Arcillo Limoso
		7.11333	114.5	0.613	4.533	11.77	17.8	22.82	12.03	4.013	0.41	2.506667	75.631333	2.51533	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.2.4 Evaluación y cumplimiento de metas

La capacitación fue dirigida de manera personalizada, tomando en cuenta detalles como densidad de siembra, extensión de la parcela, disponibilidad de herramientas, fuentes de fertilizante, etc., a cada productor que mostró interés en desarrollar un análisis químico de suelos con fines de fertilidad agrícola.

De los 15 productores que mostraron el interés en recibir dicha capacitación, el 100% recibió de manera satisfactoria la capacitación en su totalidad.

Producto de la capacitación recibida, aquellos productores que tenían calendarizadas fertilizaciones en sus parcelas productivas próximas a la capacitación contaron con las herramientas necesarias para tomar decisiones objetivas acerca de la fuente de nutrientes y las cantidades óptimas a aplicar.

El proceso de capacitación fue catalogado como bueno debido a que el interés mostrado de parte de los productores facilitó el proceso de aprendizaje durante ambas sesiones de trabajo.

3.3 Capacitación acerca del análisis fitopatológico y nematológico en plantas enfermas de plátano (*Musa paradisiaca*)

3.3.1 Objetivos

A. General

Capacitar a productor de plátano acerca de la determinación correcta del agente causal de plantas enfermas en parcela de plátano (*Musa paradisiaca*)

B. Específicos

1. Instruir al productor de plátano en el proceso de selección de la muestra.
2. Determinar posibles estrategias para controlar las plagas identificadas en el análisis

3.3.2 Metodología

El análisis fue realizado por el Centro Parasitológico de la Facultad de Agronomía, ubicado en el tercer nivel del edificio de la Unidad de Vinculación y Gestión de Recursos del campus central de la Universidad San Carlos de Guatemala, en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala. La capacitación fue realizada en dos sesiones de trabajo.

A continuación, se presenta el orden de las actividades desarrolladas:

1. Descripción de sintomatología de la enfermedad por el agricultor
2. Visita de campo y análisis de planta enferma
3. Determinación de posibles agentes fitopatógenos
4. Toma de muestra definitiva
5. Empaque y traslado de muestras al laboratorio
6. Presentación de resultados del análisis y posibles estrategias de control de los agentes identificados

Durante la primera sesión de trabajo se desarrollaron las actividades del 1 al 5 y en la segunda sesión de trabajo la sexta actividad.

3.3.3 Resultados

Fue realizado un análisis fitopatológico y nematológico en plátano. Elio Rodríguez fue el agricultor beneficiado con dicho análisis y gracias a los resultados presentados en dicho análisis fue determinada una estrategia eficiente para controlar las plagas identificadas.

Durante la visita de campo fueron analizadas las plantas que presentaban la sintomatología reportada por el agricultor. Las plantas enfermas presentaban crecimiento reducido, decoloración de las hojas, y alto porcentaje de acame de las plantas afectadas.

En los órganos aéreos de la planta no fue posible encontrar signos de una enfermedad fitopatológica ni rastros de algún insecto plaga. Con base en esto fue tomada la decisión de muestrear el cormo del plátano y la porción de suelo adherida a las raíces de dicho cormo para identificar posibles plagas dentro del cormo o en el suelo.

El análisis realizado por el Centro de Diagnóstico Parasitológico de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, mostrado en la figura 17 fueron identificadas las siguientes plagas:

1. Picudo del plátano y banano (*Cosmopolites sordidus*) encontrado dentro del cormo
2. Nemátodos del género *Pratylenchus* en una concentración de 80/100 cc de suelo encontrados en la porción de suelo adherido a las raíces de los cormos



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CENTRO DE DIAGNÓSTICO PARASITOLÓGICO



INFORME DE RESULTADOS

CORRELATIVO 237-2018	FECHA DE INGRESO 30/09/2018	FECHA DE EMISION 21/10/2018	ANALISIS REALIZADO Fitopatológico/Nematológico
MUESTRA Plátano	PROCEDENCIA San José Los Tiestos, Santo Domingo, Suchitepéquez	EMPRESA	SOLICITANTE Alejandro González

Muestra analizada	<i>Corno/Fitopatológico</i>
Agente Detectado	<i>Daño por Picudo</i>
Muestra analizada	<i>Suelo/Nematológico</i>
Agente Detectado	<i>Pratylenchus sp. 80/100 cc suelo</i>



OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

TECNICOS DE LABORATORIO

Br. Natalia Rosamaria Quixtan

Br. Karla Chinchilla Padilla

Br. Jairo David Chalí Salazar

Br. Evelyn Morales

RESPONSABLE DE LABORATORIO

Ing. Agr. Gustavo Adolfo Álvarez



Centro de Diagnóstico Parasitológico, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala
Edificio UVIGER, tercer nivel, Ciudad Universitaria Zona 12, Guatemala, Guatemala.
Tel.: (502)24188317 ext. 104 Dirección electrónica: oendiaagri@gmail.com

Fuente: Centro de Diagnóstico Parasitológico, 2016.

Figura 17. Informe de resultados de análisis fitopatológico y entomológico de cormos de plátano (*Musa paradisiaca*).

Para el control de las plagas identificadas fueron realizadas las recomendaciones mostradas en el cuadro 32.

Cuadro 32. Estrategias recomendadas para el control de plagas identificadas en el análisis fitopatológico y entomológico de plantas enfermas de plátano (*Musa paradisiaca*).

No.	Plaga identificada	Estrategia Cultural	Estrategia Química
1	Picudo del plátano (<i>Cosmopolites sordidus</i>)	Retirar de la plantación material infectado, utilizar almácigos libres de la plaga.	Aplicación de 10.5 L/Mz a 14.0 L/Mz de insecticida -nematicida Vydate
2	Nematodos del género <i>Pratylenchus</i>	Solarización, realización de drenajes en plantación.	Aplicación de 10.5 L/Mz a 14.0 L/Mz de insecticida -nematicida Vydate

Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.3.4 Cumplimiento de metas

La capacitación fue desarrollada de manera exitosa, todas las actividades consideradas en la metodología fueron cumplidas. Además, el agente causal de la enfermedad fue determinado con éxito.

3.3.5 Evaluación

Producto de la capacitación recibida, el productor fue capaz de planificar de manera adecuada la aplicación de alguna de las estrategias planteadas para el control de las plagas identificadas.

El proceso de capacitación fue catalogado como bueno debido a que el interés mostrado de parte del productor facilitó el proceso de aprendizaje durante ambas sesiones de trabajo.

3.4 Realización del plano topográfico de la propiedad ocupada como cementerio en la aldea San José Los Tiestos.

3.4.1 Objetivos

A. General

Realizar el plano topográfico de la propiedad ocupada como cementerio en la aldea San José Los Tiestos

B. Específico

Determinar el área y el perímetro de la propiedad

3.4.2 Metodología

El proceso para la realización del plano de la propiedad del cementerio de la comunidad fue desarrollado en dos fases, una fase de campo y otra de gabinete.

Durante la fase de campo se realizó el levantamiento topográfico del terreno utilizando un dispositivo GPS marca Garmin modelo GPSmap 62S.

A continuación, se presenta el orden de las actividades desarrolladas:

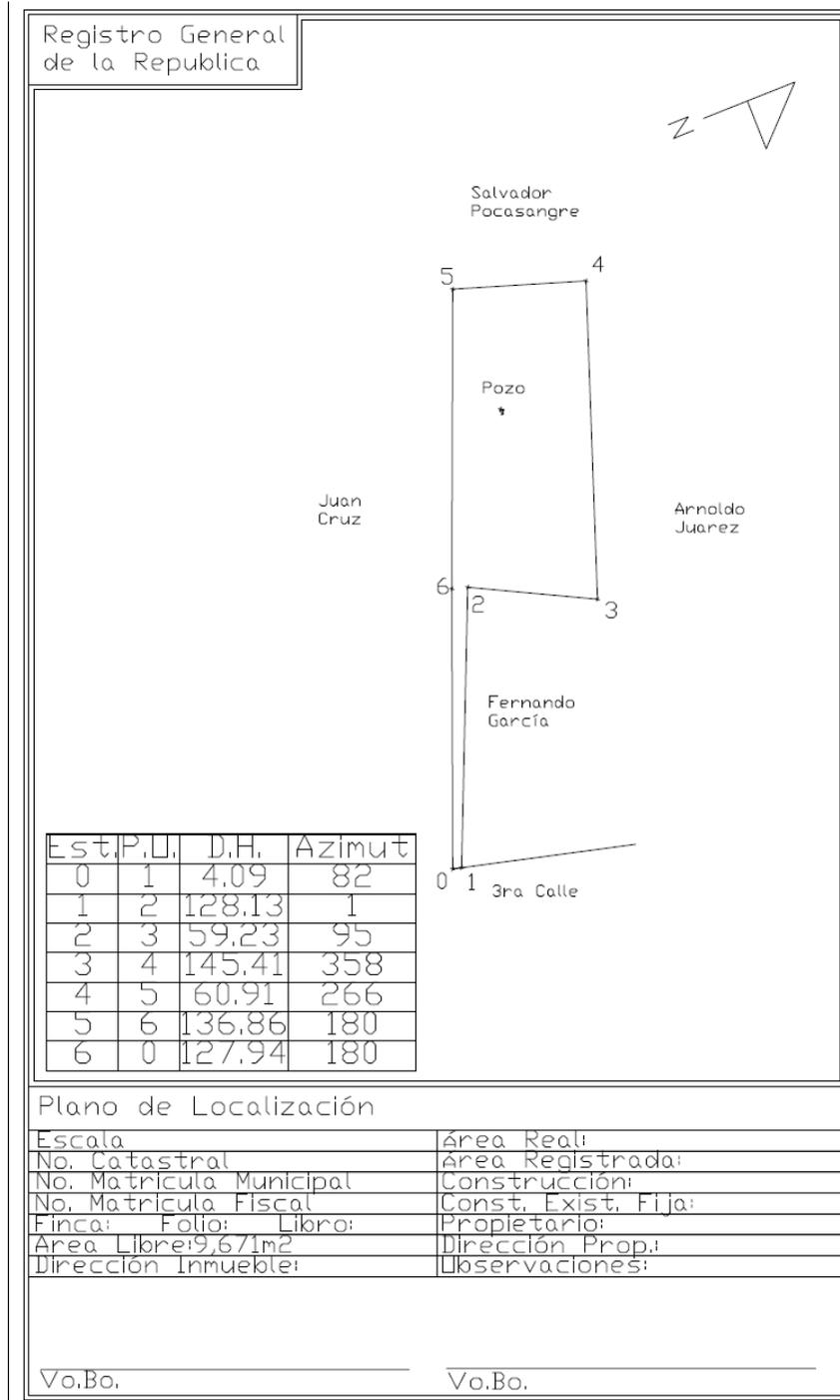
1. Reunión con Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) en el terreno a medir.
2. Recorrido a lo largo del perímetro del terreno.
3. Selección del punto inicial y punto final.
4. Recorrido por vértices del terreno y registro de puntos utilizando el dispositivo GPS.
5. Traslado de información desde el dispositivo hacia el equipo de computación.
6. Diseño y elaboración del plano del terreno utilizando los paquetes de computación Map Source y AutoCAD.
7. Entrega del plano al Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE).

Durante la fase de campo se desarrollaron las actividades del 1 al 4 y en la fase de gabinete se desarrollaron el 5 y 6.

3.4.3 Resultados

Fue realizado el plano de la propiedad ocupado como cementerio en la aldea San José Los Tiestos. La realización del plano es un aporte de gran importancia al proceso llevado a cabo por el COCODE para registrar el terreno como un cementerio oficial ante el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

El terreno tiene un área total de 9,671m² y un perímetro de 663.10 m. En la figura 18 se muestra el plano topográfico del terreno realizado utilizando sistema GPS.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Figura 18. Plano topográfico de la propiedad empleada como cementerio en la aldea San José Los Tiestos, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez, Guatemala, C.A.

3.4.4 Cumplimiento de metas

La capacitación fue desarrollada de manera exitosa, todas las actividades consideradas en la metodología fueron cumplidas. Además, el plano topográfico de la propiedad fue realizado con éxito y entregado al COCODE.

3.4.5 Evaluación

Producto de las actividades desarrolladas, el COCODE fue capaz de cumplir con un requisito más para registrar la propiedad legalmente.

El proceso de campo y de gabinete fueron catalogados como buenos debido a que el interés mostrado de parte del COCODE facilitó el proceso de realización durante las sesiones de trabajo.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
COORDINACIÓN AREA INTEGRADA



Ref. Trabajo de Graduación 067-2017

Guatemala, 19 de octubre de 2017

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

EVALUACIÓN DE SIETE VARIEDADES DE FRIJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus Vulgaris* L) DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA ALDEA SAN JOSÉ LOS TIESTOS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE:

ALEJANDRO SEBASTIÁN GONZÁLEZ MONTES

No. CARNÉ

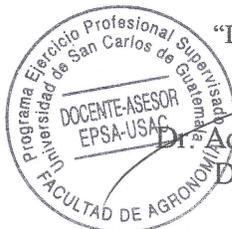
201015141

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

"EVALUACIÓN DE SIETE VARIEDADES DE FRIJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus Vulgaris* L.) EN ALDEA SAN JOSÉ LOS TIESTOS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A."

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Fredy Hernández Ola
Ing. Agr. Francisco Vásquez
Dr. Adalberto B. Rodríguez García

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.



"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Dr. Adalberto B. Rodríguez García
Docente – Asesor de EPS

Vo.Bo. Ing. Agr. Silver A. Elías Gramajo
Coordinador Area Integrada – EPS



c.c. Control Académico, Estudiante, Archivo,



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 60/2017

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DE SIETE VARIEDADES DE FRIJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.) EN ALDEA SAN JOSÉ LOS TIESTOS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: ALEJANDRO SEBASTIÁN GONZÁLEZ MONTES

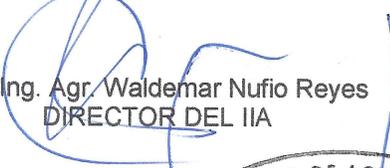
CARNÉ: 201015141

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Fredy Hernández Ola
Ing. Agr. Francisco Vásquez
Dr. Adalberto B. Rodríguez García

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Coordinación del Área Integrada para lo procedente.


Ing. Agr. Francisco Vásquez
ASESOR ESPECÍFICO


Dr. Adalberto B. Rodríguez García
DOCENTE - ASESOR EPS


Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DIRECTOR DEL IIA

WNR/nm
c.c. Archivo



NO. 71.2017

Trabajo de Graduación:	“EVALUACIÓN DE SIETE VARIEDADES DE FRIJOL ARBUSTIVO (<i>Phaseolus Vulgaris</i> L) DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA ALDEA SAN JOSÉ LOS TIESTOS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.”
Estudiante:	Aléjandro Sebastián González Montes
Carné:	201015141

IMPRÍMASE”



Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
DECANO

