

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA -USAC-
CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA -CUNSARO-
SECCIÓN NUEVA SANTA ROSA**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS
CUNSARO - IIACUNSARO-**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**INFORME FINAL DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO,
DIAGNOSTICO, SERVICIOS, E INVESTIGACION EVALUACIÓN DEL EFECTO
DE LA APLICACIÓN EXOGENA DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO, EN EL
INCREMENTO RADICULAR EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum
lycopersicum* L.) EJECUTADOS EN LA EMPRESA MARKETING ARM
GUATEMALA EN LA ZONA AGRICOLA DE SAN RAFAEL LAS FLORES,
SANTA ROSA**

AXEL JOSUÉ CASTILLO ZECEÑA

REGISTRO ACADÉMICO: 201346373

CUI: 2340469960605

CORREO ELECTRÓNICO: axelcaze@hotmail.com

ASESOR: M. Sc. OSCAR ROBERTO ZALDAÑO HERNANDEZ

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2022

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA -USAC-
CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA -CUNSARO-
SECCIÓN NUEVA SANTA ROSA**

**INFORME FINAL DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO,
DIAGNOSTICO, SERVICIOS E INVESTIGACIÓN, EVALUACIÓN DEL
EFECTO DE LA APLICACIÓN EXOGENA DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO,
EN EL INCREMENTO RADICULAR EN EL CULTIVO DE TOMATE
(*Solanum lycopersicum* L.) EJECUTADOS EN LA EMPRESA MARKETING
ARM GUATEMALA EN LA ZONA AGRICOLA DE SAN RAFAEL LAS
FLORES, SANTA ROSA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A LA HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO
UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA -CUNSARO- DE LA UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

**AXEL JOSUÉ CASTILLO ZECEÑA
EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
AGRICOLA EN EL GRADO ACADEMICO
DE LICENCIADO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2022

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA -USAC-
CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA -CUNSARO-
SECCIÓN NUEVA SANTA ROSA-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS
CUNSARO - IIACUNSARO-**

RECTOR MAGNIFICO

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA

Presidente del Consejo Directivo:	Lic. José Luis Aguirre Pumay
Secretario del Consejo Directivo:	Lic. Elmer Amílcar Carrillo Chávez
Representante de docentes:	Lic. Walter Armando Carvajal Díaz
Representante de docentes:	Lic. Alex Edgardo Lone Ayala
Representante de egresados:	Lic. José Domingo González Morales
Representante estudiantil:	Samuel Antonio Hernández del Cid
Representante estudiantil:	Héctor Edmundo Pablo Solís

**COORDINACIÓN ACADÉMICA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
SANTA ROSA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Lic. Manuel Orlando Bolaños Gudiel
Coordinador General de Exámenes de Graduación

Licenciado Elmer Amílcar Carrillo Chávez
Coordinador Académico

Lic. Elman Erik González Ramos
Profesorado de Enseñanza Media en Pedagogía y
Técnico en Administración Educativa, Cuilapa

Lic. Selvin Minray Guevara Rivera
Profesorado de Enseñanza Media en Pedagogía y
Técnico en Administración Educativa, Taxisco

Lic. Juan Alberto Martínez Pérez
Profesorado de Enseñanza Media en Pedagogía y
Técnico en Administración Educativa, Chiquimulilla

Lic. Alex Edgardo Lone Ayala
Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,
Abogacía y Notariado, Chiquimulilla

Lic. Efraín Barrientos Jiménez
Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,
Abogacía y Notariado, Cuilapa

Lic. José Apolonio Melgar Carrillo
Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,
Abogacía y Notariado, Nueva Santa Rosa

Lic. Héctor Antonio Arriaza Álvarez
Licenciatura en Administración de Empresas, Chiquimulilla

Lic. Orlando Alexander Bardales Rodríguez
Licenciatura en Administración de Empresas, Cuilapa

Ing. Nery Boanerges Guzmán Aquino
Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola,
Nueva Santa Rosa

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA -CUNSARO-
SECCIÓN NUEVA SANTA ROSA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
CUNSARO-IIACUNSARO-



El cuestionario debe ser llenado a computadora o con letra de molde legible!

Para uso del IIACUNSARO		
FECHA SOLICITUD	FECHA APROBACION	FIRMA:
20/04/2019		

Estudiante responsable: Axel Josué Castillo Zeceña

Título de la Investigación: Evaluación del efecto del ácido indolbutílico, en la formación de raíces en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en el valle de San Rafael Las Flores, Santa Rosa.

Lugar donde se realizará: CUNSARO, Nueva Santa Rosa

Carné: 201346373	Dirección exacta: San Rafael Las Flores, Santa Rosa.	Teléfono: 30753489
---------------------	--	-----------------------

Asesores propuestos:

Colegiado No.	Nombre	Vo. Bo. Asesor
2013	Ing. Agr. Oscar Roberto Zaldaño Hernández	
Carrera Asignada:	Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola	
Especifique línea de investigación del IIA	A. Situación agraria y Desarrollo Rural.	
	B. Manejo de cuencas hidrográficas.	
	C. Tecnologías sostenibles para SPA Y RNR.	
	D. Manejo y conservación de ecosistemas naturales.	
	E. Biodiversidad.	X
	F. Cadenas productivas agrícolas y forestales.	

Duración del Proyecto: Fecha Inicio: Junio 2021 Fecha Finalización: Diciembre 2021

Documentación Adjunta a la presente solicitud:	Certificación de Cursos	
	Constancia de Cierre de Curriculum	X
	Constancia de aprobación de EPS	

¿Qué problema espera resolver con esta investigación?

Bajos rendimientos del cultivo de tomate, según diagnóstico realizado al inicio solo utilizan productos a base de fosforo pero no inductores de raíz.

¿Qué Causas dan o dieron origen al problema?

El desconocimiento de las el Ácido Indolbutílico, hormona diseñadas para estimular raíz. En el mercado hay una diversidad de productos, la mayoría formulados a base de fosforo y algunos poseen hormonas, sin embargo, no hay una investigación que respalde el uso y beneficios de una buena base radicular.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA -CUNSARO-
SECCIÓN NUEVA SANTA ROSA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
CUNSARO -IACUNSARO-



¡El cuestionario debe ser llenado a computadora o con letra de molde legible!

¿Qué consecuencias provoca el problema?

Rendimientos bajos y por lo tanto disminuye la rentabilidad.

¿Qué tan importante es resolver el problema para la comunidad o empresa relacionada? ¿Qué beneficios directos y/o indirectos tendría solucionarlo?

Para los productores se mejorarían los rendimientos y por ende los ingresos. Para la empresa es importante porque el Ácido indolbutírico aún no está desarrollado en el mercado de hortalizas.

--

¿Cómo cree usted que se puede solucionar el problema? ¿Qué metodología propone para la búsqueda de las soluciones?

Montar un ensayo con bloques al azar para demostrar el efecto del Ácido indolbutírico sobre la formación de raíces en cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*)

--


Axel Josue Castillo Zeceña

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA
SECCION NUEVA SANTA ROSA, AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS CUNSARO



REF. SEM. 01-2019

Nueva Santa Rosa, 01 de febrero de 2019.

Ing. Oscar Zaldaño
Asesor de Tesis.

La Dirección del Instituto de Investigaciones agronómicas CUNSARO, informa a usted que de acuerdo al artículo X, artículo 34 del Reglamento de Tesis de Grado, ha sido nombrado como Asesor del (la) estudiante: **Axel Josué Castillo Zeceña** Carné: **201346373** para realizar la investigación denominada:

Evaluación del efecto de la aplicación exógena de ácido indolbutírico, en el incremento radicular en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum L.) en el valle de San Rafael Las Flores, Santa Rosa

Por lo anterior, se le recuerda que el Reglamento de Tesis de Grado, establece como obligaciones de los Asesores las siguientes:

- Revisar y aprobar preliminarmente el anteproyecto de investigación de tesis así como los informes antes de ser presentados en los Seminarios I y II de tesis y el informe final de la investigación en los cuales participen estudiantes bajo su asesoría.
- Asistir a los seminarios en los cuales participen estudiantes bajo su asesoría.
- Velar porque se incorporen las sugerencias que surjan de los seminarios, tendientes a mejorar el trabajo de investigación.
- Supervisar las diferentes etapas de ejecución del trabajo de investigación y dar fe de los resultados obtenidos.

Finalmente, se agradece su valiosa colaboración y se le solicita que al concluir el proceso de investigación con su autorización, sea remitido a esta oficina el Informe Final respectivo como lo estipula el Reglamento correspondiente.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. M. Sc. Oscar Roberto Zaldaño Hernández
COORDINADOR DE SEMINARIOS DE TESIS



c.c. Estudiante
Expediente Estudiante
Archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA
SECCION NUEVA SANTA ROSA, AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS CUN SARO



DICTAMEN EPS 01-2019
Nueva Santa Rosa, 31 de mayo de 2022

Licenciado Manuel Orlando Bolaños Gudiel
Coordinador General de Exámenes de Graduación
Centro Universitario de Santa Rosa, USAC
Cuilapa, Santa Rosa

Reciba un cordial saludo deseándole éxitos en sus actividades administrativas en el Centro Universitario de Santa Rosa, atentamente me dirijo a usted en atención al nombramiento 01-2019 de la Coordinación de Ejercicio Profesional Supervisado y Tesis, de fecha 1 de febrero de 2019 en el cual se me nombra **ASESOR-REVISOR** del Ejercicio Profesional el estudiante **Axel Josué Castillo Zeceña** quien se identifica con Registro Académico **201346373** para lo cual se le brindó asesoría de su trabajo de investigación, denominado:

Evaluación del efecto de la aplicación exógena de ácido indolbutírico, en el incremento radicular en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el valle de San Rafael Las Flores, Santa Rosa

y de la manera muy atenta hacia usted le informo:

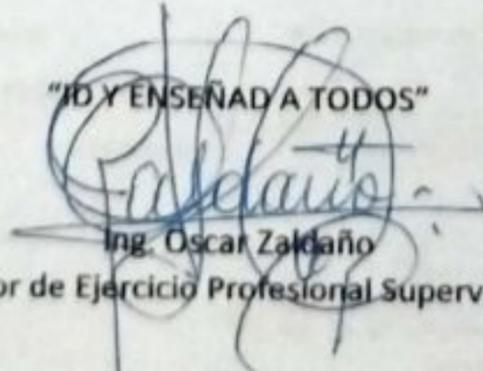
Que como Revisor del Ejercicio Profesional Supervisado, manifiesto que procedí a analizar el expediente de la estudiante en mención, el cual contiene las fases exigidas por el normativo del Centro Universitario de Santa Rosa, observando lo siguiente:

Le recomendé algunos cambios en la forma, estilo, gramática y redacción del informe de Ejercicio Profesional Supervisado, habiendo cumplido a cabalidad con los mismos, por lo tanto, procedo a emitir:

DICTAMEN FAVORABLE

por lo que solicito se prosiga con la gestión administrativa que corresponda,

Atentamente,

"DÉ Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Oscar Zaldivar
Revisor de Ejercicio Profesional Supervisado

c.c. Estudiante
Expediente Estudiante
Archivo



DICTAMEN DE REUNIÓN ACADÉMICA II

Nombre del Estudiante: Axel Josué Castillo Zeceña Carné: 201346373
Hora y fecha de realización: 18:30 horas 27 de octubre de 2021

Título: *Evaluación del efecto de la aplicación exógena de ácido indolbutírico, en el incremento radicular en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum L.) en el valle de San Rafael Las Flores, Santa Rosa*

Evaluador:
Ing. José Morales (f) _____
Inga. Astrid Hernández (f) _____
Ing. Samuel Fuentes (f) _____

EVALUACION	APROBADO PARA SU EJECUCIÓN	<input type="checkbox"/>
	APROBADO SUJETO A CAMBIOS	<input checked="" type="checkbox"/>
	REPROBADO	<input type="checkbox"/>

Posterior a la Reunión Académica II, en calidad de evaluador dictamino que el trabajo del estudiante ha sido **APROBADO SUJETO A CAMBIOS**; por lo que se deberá incorporar a su documento las siguientes correcciones:

- *Agregar en el título aplicación exógena.
- *Revisar la ortografía.
- *Incluir gráficas de los datos de rendimientos.
- *Colocar de una mejor forma las tablas y su respectiva discusión.
- *Posición de nombres de gráficas.
- *Agregar recomendaciones. E). Recomendación sobre evaluar menores concentraciones, comparado con el mejor tratamiento.
- *Colocar un análisis económico porque se agrega un insumo y hacerlo sobre el mejor tratamiento.
- *Discutir efecto porque los bloque hubo diferencias, hay que discutir (por razón que se utilizó drench).
- *Se sugiere ampliar las discusiones, niveles hormonales endógenas de acuerdo a la etapa fenológica.
- *Justificar las dosis de acuerdo a las dosis utilizadas, en artículos científicos.
- *Aumentar las citas bibliográficas de artículos científicos.
- *Eliminar colores a las tablas.
- *Revisión de otras observaciones por los evaluadores dentro de las copias del protocolo en evaluación de seminario II.

NOTA: Si el trabajo ha sido **APROBADO SUJETO A CAMBIOS**, tiene cinco días hábiles para elaborar las correcciones y presentarlas oficialmente al Asesor-Docente de Tesis. Si el trabajo está **REPROBADO**, tiene diez días hábiles para su replanteamiento y presentación oral a la terna evaluadora.

Fecha de entrega del dictamen: 29 de octubre de 2021

Ing. Agr. M. Sc. Víctor Zaldano
Asesor (a)

Firma de Recibido:
Estudiante: Axel Josué Castillo Zeceña

Ing. Agr. M. Sc. Ivry Boantriges Guzmán Aquino
Coordinador
Sección Nueva Santa Rosa





Guatemala, 03/05/2022.

Maestro:

Oscar Zaldaño Coordinador de

EPS y tesis

Centro Universitario de Santa Rosa -CUNSARO-, Sección Nueva Santa Rosa

Universidad de San Carlos de Guatemala

Distinguido Maestro:

Por medio de la presente queremos manifestar que hemos tenido a la vista el trabajo de investigación titulado "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN EXOGENA DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO, EN EL INCREMENTO RADICULAR EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN EL VALLE DE SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA." como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado, del estudiante AXEL JOSUÉ CASTILLO ZECEÑA, carné 201346373, y hemos verificado que se incorporaron las correcciones solicitadas al estudiante, durante la celebración del Seminario II.

Sírvase darse por enterado y brindar autorización para que el estudiante continúe con los trámites necesarios para realizar el examen general público y acto de investidura.

Atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M. Sc. Inga. Astrid Hernández

Terna evaluadora

M. Sc. Ing. Samuel Fuentes

Terna evaluadora

Ing. Adolfo Morales Terna
evaluadora



Guatemala, 17 de octubre 2022

Honorable Consejo Directivo
Centro Universitario de Santa Rosa -CUNSARO-
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

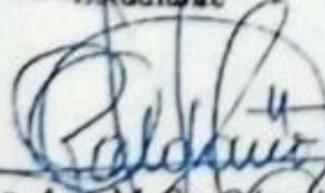
De conformidad con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tenemos el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación realizado en la empresa "Marketing arm internacional en la zona agrícola de San Rafael las Flores, Santa Rosa", de febrero a noviembre 2019; como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado, del estudiante Axel Josué Castillo Zeceña carné 201346373.

Sírvase darse por enterado y brindar autorización para imprimirse oficialmente y solicitar fecha para la celebración del examen público y acto de investidura.

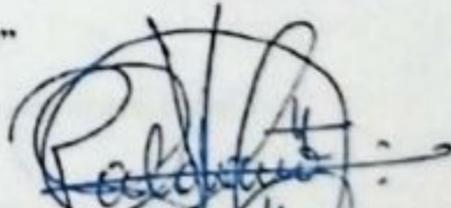
Atentamente,

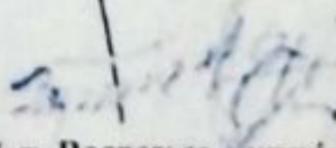
"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Axel Josué Castillo Zeceña
Estudiante


Ing. Agr. M. Sc. Oscar Zaldano
Coordinador EPS




Ing. Agr. M. Sc. Oscar Zaldano
Asesor-Supervisor EPS


Ing. Agr. Nery Boanerges Guzmán Aquino
Coordinador
Carrera Ingeniero Agrónomo en SPA



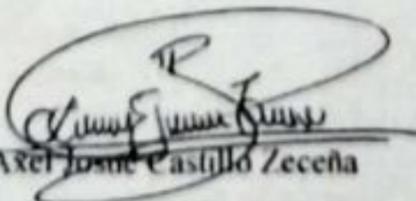


Guatemala, noviembre de 2022

Licenciado Manuel Orlando Bolaños Gudiel
Coordinador General de Exámenes de Graduación
Centro Universitario de Santa Rosa -CUNSARO-
Universidad de San Carlos de Guatemala

Reciba un cordial saludo deseándole éxito en sus labores administrativas. 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 **Informe Final de Ejercicio Profesional Supervisado, Diagnóstico, Servicios e Investigación, Evaluación del Efecto de la Aplicación Exógena de Ácido Indolbutírico, en el Incremento Radicular en el Cultivo de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Ejecutados en la Empresa Marketing ARM Guatemala en la Zona Agrícola de San Rafael Las Flores, Santa Rosa. Realizado de febrero a noviembre del 2019, 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.



AXEL JOSUE CASTILLO ZECEÑA

Registro académico: 201346373

CUI: 2340469960605

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA
 SECCION NUEVA SANTA ROSA, AGRONOMIA
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS CUNSARO



CUNSARO/AGRO/DICTAMEN EPS No. 01-2019
 Nueva Santa Rosa, 29 de noviembre de 2019.

Licenciado José Luis Aguirre Pumay
 Coordinador General de Exámenes de Graduación
 Centro Universitario de Santa Rosa. USAC
 Cullapa, Santa Rosa

Licenciado Aguirre, por este medio me dirijo a usted para remitirle la culminación del Ejercicio Profesional Supervisado del estudiante: **Axel Josué Castillo Zeceña** con registro académico **201346373** de la carrera de Agronomía con el Informe final titulado:

Evaluación del efecto de la aplicación exógena de ácido indolbutírico, en el incremento radicular en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum L.) en el valle de San Rafael las Flores, Santa Rosa

Por lo que se informa que ha solventado con satisfacción las enmiendas y sugerencias realizadas por el Asesor y Revisor respectivo, acreditándole en cada etapa una ponderación establecida por el Normativo de Ejercicio Profesional Supervisado vigente en su Artículo veinticinco, otorgándole el siguiente resultado:

I. Fase de inducción y Orientación		0.75 puntos
planificación	Planificación y diagnóstico	4.25 puntos
	Reunión comunal o empresarial I	4.00 puntos
	Reunión académica I	10.00 puntos
II. Ejecución	Ejecución de proyectos de servicio e investigación	45.00 puntos
III. Elaboración y evaluación de informes	Reunión comunal o empresarial II	5.00 puntos
	Reunión académica II	12.00 puntos
TOTAL		81.00 puntos

En base al resultado mostrado en las diferentes actividades realizadas en el Ejercicio Profesional Supervisado.

Se Dictamina:

Aprobado el Ejercicio Profesional Supervisado del estudiante **Axel Josué Castillo Zeceña**

cumpliendo con todos los requerimientos establecidos en el Normativo del Ejercicio Profesional Supervisado del centro Universitario de Santa Rosa, Universidad de San Carlos de Guatemala,

acreditándosele un resultado de **81 Ochenta y uno** puntos

y con esto se procede a otorgarle la orden de impresión y que continúe con su gestión administrativa de examen graduación.

Ing. Agr. M. Sc. Oscar Roberto Zaldaño Hernández
 Asesor de Ejercicio Profesional Supervisado

Vo. Bo.

Ing. Agr. M. Sc. Oscar Roberto Zaldaño Hernández
 Coordinador de EPS, Sección Nueva Santa Rosa



c.c. Estudiante
 Archivo

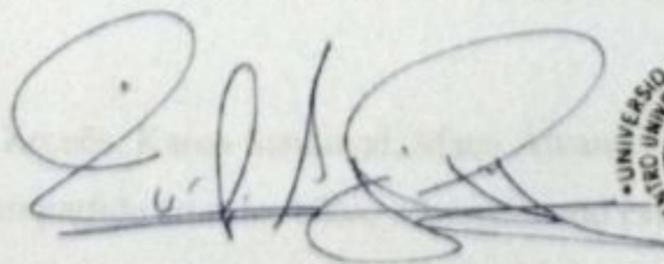
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA -CUNSARO- DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,

Cuilapa, 27 de Octubre de dos mil veintidos

Orden de Impresión 02/2022

Con vista en los dictámenes favorables que anteceden y a solicitud de la Coordinación de Exámenes de Graduación, "NORMATIVO PARA EL DESARROLLO DEL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO DE LA CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA" del Centro Universitario de Santa Rosa, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se autoriza la impresión del trabajo de Graduación titulado: "INFORME FINAL DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, DIAGNÓSTICO, SERVICIOS, E INVESTIGACIÓN EVALUACIÓN DE EFECTO DE LA APLICACIÓN EXOGENA DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO, EN EL INCREMENTO RADICULAR EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EJECUTADOS EN LA EMPRESA MARKETING ARM GUATEMALA EN LA ZONA AGRICOLA DE SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA"; del estudiante: Axel Josué Castillo Zeceña identificado con el registro académico 201346373 y con el CUI: 2340 46996 0605.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"




Lic. José Luis Aguirre Pumay

Director

Centro Universitario de Santa Rosa



ACTO QUE DEDICO A

A DIOS:

Por brindarme la sabiduría para lograr esta meta en mi vida, ser quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, el que en todo momento está conmigo ayudándome y tiene el destino de mi vida en sus manos.

A MIS PADRES:

Carlos Antonio Castillo Sandoval y Elida Esperanza Zeceña Sandoval, Por el apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por ser un ejemplo de esfuerzo y sacrificio para sacarme adelante, y motivarme a seguir avanzando.

A MIS ABUELOS:

Domingo de Jesús Castillo, Laura Sandoval, Concepción Zeceña y Francisca Sandoval, mis más sinceros agradecimientos por brindarme sus sabios consejos y cariño incondicional.

A MI FAMILIA, NOVIA Y AMIGOS:

A mi hermana Jennifer Mayred Castillo por apoyarme en cada momento que siempre la he necesitado, a Luz Clarita García por estar a mi lado y ser mi apoyo incondicional, a mis primos y tíos que siempre me han apoyado y me han motivado a seguir adelante para convertirme en un profesional.

A LOS COLEGAS:

Ángel Melgar, Astrid Zeceña, Karen Sandoval, Maco Álvarez, compañeros de estudio. Por todo lo vivido y compartido en estos años, acompañando este proceso, compartiendo su amistad y conocimiento.



AGRADECIMIENTOS A

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:

Mi alma máter por brindar las herramientas necesarias para mi formación como profesional, por mostrarme principios y valores que forman parte de esta gran universidad.

MI CENTRO UNIVERSITARIO:

A CUNSARO por ser el encargado de mi formación y ser un centro de estudios cada vez mejor y ofrecer educación a nivel universitario de calidad en Santa Rosa, especialmente a sección Nueva Santa Rosa, por brindarme la oportunidad de seguir creciendo y formarme para como un profesional de calidad.

A LA EMPRESA MARKETING ARM GUATEMALA:

Por permitirme realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), y la realización de mi tesis. A mis compañeros de trabajo por el apoyo en la elaboración de mi investigación. En Especial al Ing. Agr. Francisco Pérez y al Lic. José María Pivaral por todo su apoyo y asesoramiento.

MI ASESOR:

El Ing. Agr. Oscar Zaldaño con quien siempre estaré agradecido por el apoyo incondicional tanto en la elaboración de mi investigación, la realización de las pruebas, como moralmente en los momentos en los que todo parecía complicado.

MIS CATEDRATICOS UNIVERSITARIOS:

Por brindarme su conocimiento, dedicación y esfuerzo ante cualquier dificultad, buscando siempre actualizarse para formar profesionales listos para los nuevos desafíos que se encuentran en el mundo laboral.

Índice



Resumen.....	i
Abstract.....	ii
1. CAPITULO I: DIAGNOSTICO REALIZADO EN LA ZONA DE PRODUCCION AGRICOLA EN EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA, GUATEMALA	1
1.1. Presentación.....	2
1.2. Marco referencial	3
1.2.1. Localización geográfica.....	3
1.2.2. Colindancias.....	3
1.2.3. Coordenadas	3
1.2.4. Clima.....	3
1.2.5. Flora y fauna	4
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Metodología y recursos	5
1.4.1. Fase de reconocimiento	5
1.4.1.1. Visitas de campo	6
1.4.2. Fase de recopilación de información	6
1.4.2.1. Entrevistas	6
1.4.2.2. Priorización de problemas	7
1.4.3. Fase de análisis de información.....	7
1.5. Resultados.....	8
1.5.1. Obtención de información primaria (Problemas detectados)	8
1.5.2. Matriz de priorización de problemas	9
1.6. Conclusiones	11
1.7. Referencias	12
1.8. Anexos.....	13



1.8. Anexos.....	13
2. CAPITULO II: INFORME FINAL DE SERVICIOS REALIZADOS A AGRICULTORES, EN LOS CULTIVOS DE CEBOLLA (<i>Allium cepa L.</i>) Y CAFÉ (<i>Coffe arabica L.</i>) EN EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA, GUATEMALA C.A.	17
2.1. Presentación.....	18
2.2. Servicio 1: Extracción e identificación de tejido vegetal en cebolla (<i>Allium cepa L.</i>) para determinar el agente causal del virus de la mancha amarilla Iris (IYSV) en el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa.	19
2.2.1. Problema:.....	19
2.2.2. Objetivos	20
2.2.3. Materiales:	20
2.2.4. Metodología:	20
2.2.5. Resultados y discusión de resultados	21
2.2.6. Conclusiones	22
2.2.7. Recomendaciones	23
2.3. Servicio 2: Determinación de presencia de antracnosis <i>Colletotrichum spp.</i> y Mancha de hierro <i>Cercospora spp.</i> en el cultivo de café (<i>Coffe arabica L.</i>) en el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa.....	23
2.3.1. Problema	23
2.3.2. Objetivos	24
2.3.3. Metodología	24
2.3.4. Material.....	25
2.3.5. Resultados y discusión de resultados:.....	25
2.3.6. Conclusiones:	28
2.3.7. Recomendaciones:.....	28
2.4. Servicio 3: Capacitación a agricultores del municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa acerca de las buenas prácticas agrícolas, higiene personal, laboral, contaminantes físicos y químicos. Además, el Uso y manejo de plaguicidas, forma de aplicación, momento de aplicación, dosis y equipo de protección.	29
2.4.1. Problema	29
2.4.3. Materiales	30
2.4.4. Metodología	30
2.4.5. Resultados	31
2.4.6. Conclusión.....	32



2.4.7.	Recomendaciones	32
2.5.	Bibliografía	32
2.6.	Anexos.....	35
3.	CAPITULO III: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN EXOGENA DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO, EN EL INCREMENTO RADICULAR EN EL CULTIVO DE TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) EN EL VALLE DE SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA	37
3.1	Resumen.....	38
3.2	Abstract	40
3.3	Introducción	41
3.4	Planteamiento del problema.....	42
3.5	Justificación	43
3.6	Marco teórico.....	44
3.6.1.	Cultivo de tomate.....	44
3.6.2.	Requerimientos edafoclimáticos.....	50
3.6.3.	Plagas del suelo del cultivo de tomate.....	52
3.6.4.	Enfermedades del tomate	53
3.6.5.	Virosis del tomate	53
3.6.6.	Reguladores de Crecimiento.....	54
3.7.	Antecedentes	56
3.8.	Marco referencial	57
3.8.1.	Localización	57
3.8.2.	Ubicación	57
3.8.3.	Condiciones climatológicas	58
3.8.4.	Zona de vida.....	58
3.8.5.	Suelo	59
3.9.	Objetivos	59
3.9.1.	General.....	59
3.9.2.	Específicos	59
3.10.	Metodología	59
3.10.1.	Preparación de suelo y estructura.....	59
3.10.2.	Trasplante	60



3.10.3.	Diseño experimental.....	60
3.10.4.	Modelo estadístico.....	60
3.10.5.	Tratamientos.....	61
3.10.6.	Preparación de la solución.....	61
3.10.7.	Aplicación de los tratamientos.....	61
3.10.8.	Distribución espacial de los tratamientos.....	62
3.10.9.	Variables respuesta.....	63
3.11.	Materiales y recursos.....	64
3.11.1.	Ácido indolbutírico (IBA).....	64
3.11.2.	Material vegetal.....	65
3.11.3.	Equipo de aplicación y medición.....	65
3.12.	Resultados y discusión de resultados.....	65
3.12.1.	Peso radicular.....	65
3.12.2.	Análisis de varianza.....	66
3.12.3.	Longitud de raíces.....	68
3.12.4.	Análisis de varianza.....	69
3.12.5.	Diámetro de tallo.....	72
3.12.6.	Análisis de varianza.....	73
3.12.7.	Altura de la planta.....	75
3.12.8.	Análisis de varianza.....	76
3.12.9.	Rendimiento en kilogramos por hectárea.....	78
3.12.10.	Análisis económico.....	81
3.13.	Recomendaciones.....	82
3.14.	Conclusiones.....	81
3.15.	Bibliografía.....	83
3.16.	Anexos.....	91



Índice de figuras

Figura 1 Visita de campo a productores de la zona	13
Figura 2 Charla con agricultore en parcelas agricolas	13
Figura 3 Identificacion de problemática central virus del iris en cebolla	14
Figura 4 Seguimiento en identificacion de sintomatologias de enfermedades en cebolla	14
Figura 5 Identificacion de enfermedades en café	15
Figura 6 Identificacion de sintomas de Antracnosis (Colletotrichun sp.) en café	15
Figura 7 Registro de informacion recopilada en entrevistas y visitas de campo	16
Figura 8 Identificacion de diversas problematicas en cultivo de tomate	16
Figura 9 Identificacion de sintomas visuales del virus del iris (IYSV) en cebolla.....	21
Figura 10 Obtencion de muestras de tejido vegetal para determinar agente causal	21
Figura 11 Plantacion con presencia de antracnosis en el cultivo de café, San Rafael Las Flores	25
Figura 12 Mancha de hierro presente en los cultivos de café del municipio de San Rafael Las Flores.....	25
Figura 13 Presencia de roya en la splantaciones de café de San Rafael Las Flores	26
Figura 14 Capacitacion a productores	31
Figura 15 Informe del analisis de resultados del agente causal del virus del iris en el cultivo de cebolla.....	35
Figura 16 Informe de resultados obtenido en el analisis foliar del cultivo de café	36
Figura 17 Localizacion oarcela de investigación, San Rafael Las Flores	58

Figura 18 Distribución de los tratamientos y repeticiones	62
Figura 19 Parcela neta.....	63
Figura 20 Variable peso radicular (gr)	66
Figura 21 Longitud radicular	69
Figura 22 Diámetro del tallo (cm)	72
Figura 23 Altura de la planta (cm).....	75
Figura 24 Rendimiento en Kg/Ha de los distintos tratamientos	80
Figura 25 Establecimiento de la parcela de investigación	91
Figura 26 Medición de diametro del tallo	91
Figura 27 Medición de altura de la planta	91
Figura 28 Medición de la longitud radicular	92
Figura 29 Pesaje de raíces	92
Figura 30 Cosecha	92

Índice de tablas

Tabla 1 Matriz de priorización de problemas identificados en el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala.	9
Tabla 2 Principales plagas del cultivo de tomate (<i>S. lycopersicum</i> L.).....	52
Tabla 3 Principales enfermedades en el cultivo de tomate (<i>S. lycopersicum</i> L.)	53
Tabla 4 Virus que atacan al cultivo de tomate (<i>S. lycopersicum</i> L.).....	54
Tabla 5 Descripción de tratamientos	61
Tabla 6 Variables en el análisis de varianza	67
Tabla 7 Análisis de varianza para la variable peso radicular	67
Tabla 8 Prueba de medias para peso radicular (gr).....	68



Tabla 9 Variables del analisis de varianza	70
Tabla 10 Analaisis de varianza para la varibale longitud radicular (cm).....	70
Tabla 11 Prueba de medias para la varibale longitud de raiz (cm).....	71
Tabla 12 Variables del analisi de varianza	73
Tabla 13 Análisis de varianza para la varibale diametrod el tallo (cm)	74
Tabla 14 Prueba de medias para la varibale diametro del tallo (cm)	74
Tabla 15 Variable del analisis de varianza	76
Tabla 16 Análisis de varianza para la varible altura de la planta (cm)	77
Tabla 17 Prueba de medias para la altura de la planta (cm)	77
Tabla 18 Variables del analisis de varianza	78
Tabla 19 Análisis de varizna para la variable rendimiento Kg/Ha	79
Tabla 20 Prueba de medias para rendimiento Kg/Ha	80
Tabla 21 Análisis de rentabilidad y relación beneficio costo de los tratamientos evaluados en el cultivo de tomate	81

RESUMEN

Dentro de las actividades realizadas durante el programa Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), como requisito previo a optar el título de Ingeniero agrónomo se llevaron a cabo diversas fases para la integración del presente trabajo las cuales están integradas por: 1) Diagnóstico 2) Informe de servicios 3) Proyecto de investigación. Dicho programa fue ejecutado en la empresa Marketing Arm Guatemala en el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala

El diagnóstico se realizó ejecutando tres fases: : reconocimiento, recopilación de información y análisis de información. Dichas fases fueron fundamentales para la priorización de los problemas encontrados en el sector agrícola del municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, determinando como problemas principales los siguientes aspectos: 1) Uso de enraizante en la agricultura; 2) Monitoreo deficiente de plagas en cultivo de cebolla; 3) Uso seguro de agroquímicos; 4) Déficit de monitoreo de enfermedades en cultivo de café; 5) Falta de conocimiento en interpretación de dosis recomendadas en agroquímicos; 6) Manejo inadecuado de desechos; 7) Uso excesivo de agroquímicos; 8) Desconocer los beneficios de un análisis fisicoquímico de suelo; 9) Diversificación de cultivos

Según los problemas que se lograron identificar se realizaron los servicios, con base en la matriz de priorizaciones se implementaron los siguientes: A) Extracción e identificación de tejido vegetal en cebolla (*Allium cepa L.*) para determinar el agente causal del virus del Iris en el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa. Se determinó que el agente causal del virus iris es el trips y para esta área es la especie *Frankliniella occidentalis* B) Determinación de presencia de antracnosis *Colletotrichum spp.* y mancha de hierro *Cercospora spp.* del cultivo de café (*Coffe*



arabica L.) en el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa. Según las evaluaciones realizadas se encontró presencia de los patógenos de antracnosis *Colletotrichum spp.* y cercosporiosis o mancha de hierro *cercospora spp.* en las diferentes zonas evaluadas. C) Capacitación a agricultores del municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa acerca de las buenas prácticas agrícolas, higiene personal, laboral, contaminantes físicos y químicos. Además, el uso manejo de plaguicidas, forma de aplicación, momento de aplicación, dosis y equipo de protección.

En cuanto a la fase de del proyecto de investigación esta se desarrolló en la evaluación del efecto de la aplicación exógena de ácido indolbutirico (IBA), en el incremento radicular en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en el valle de San Rafael las flores, Santa Rosa. Determinando que la aplicación de IBA 98% a 75 ppm se obtiene el mejor desarrollo radicular y vegetativo del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum L.*), al obtener 82.50 gr de peso radicular, 17.65 cm de longitud radicular, altura de planta de 63.65 cm y diámetro 1.42 cm, comparado con los tratamientos de 50 ppm, 100 ppm y el testigo absoluto.



ABSTRACT

Within the activities carried out during the Supervised Professional Exercise (EPS) program, as a prerequisite to opting for the title of Agricultural Engineer, various phases were carried out for the integration of this work, which are made up of: 1) Diagnosis 2) Assessment Report services 3) Research project. This program was executed in the company Marketing Arm Guatemala in the municipality of San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala.

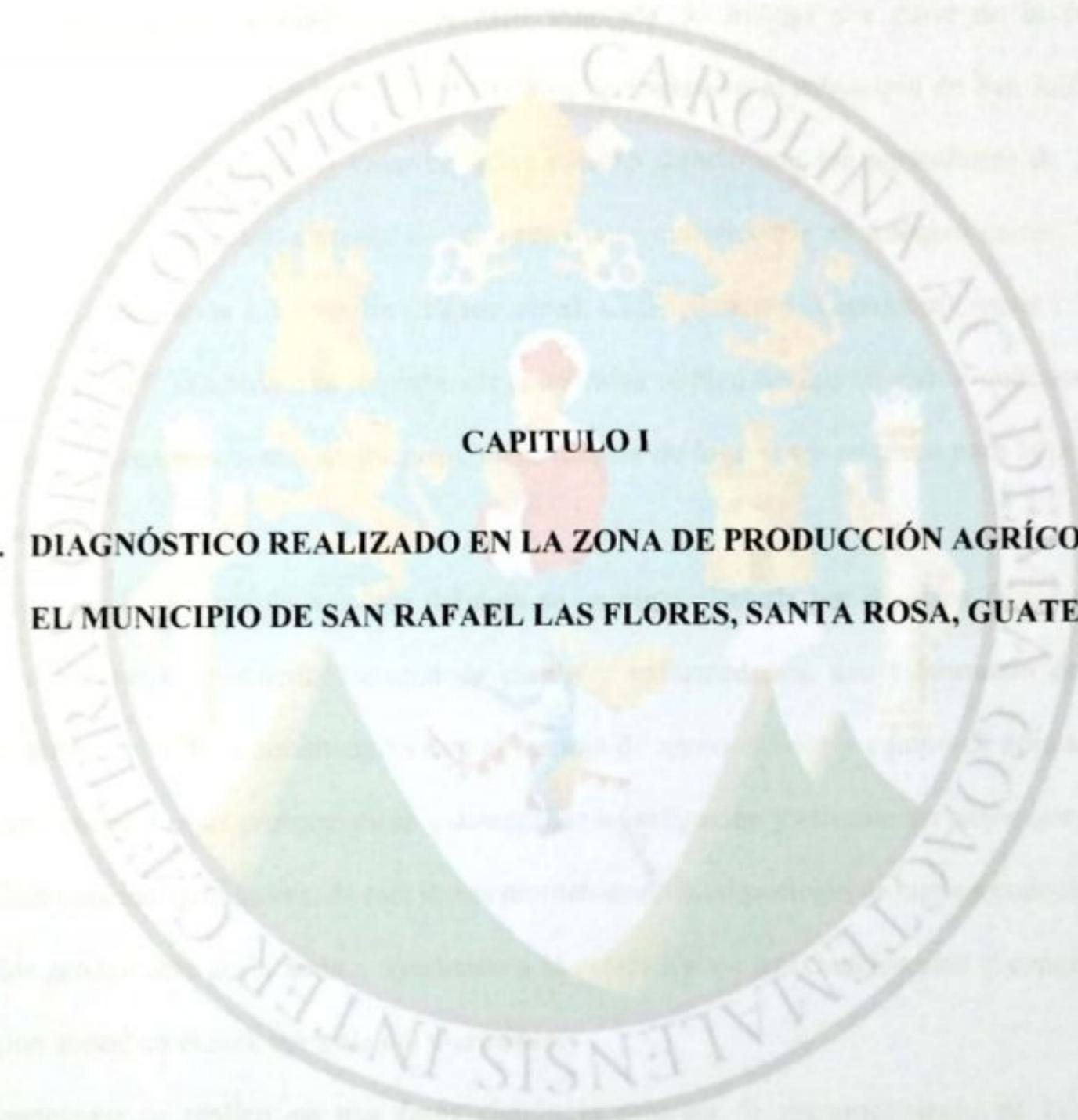
The diagnosis was carried out by executing three phases: recognition, information gathering and information analysis. These phases were fundamental for the prioritization of the problems found in the agricultural sector of the municipality of San Rafael Las Flores, Santa Rosa, determining the following aspects as main problems: 1) Use of rooting agent in agriculture; 2) Poor monitoring of pests in onion crops; 3) Safe use of agrochemicals; 4) Deficit in monitoring diseases in coffee crops; 5) Lack of knowledge in interpretation of recommended doses in agrochemicals; 6) Improper waste management; 7) Excessive use of agrochemicals; 8) Not knowing the benefits of a physicochemical soil analysis; 9) Crop diversification

According to the problems that were identified, the services were carried out, based on the prioritization matrix, the following were implemented: A) Extraction and identification of vegetable tissue in onion (*Allium cepa* L.) to determine the causal agent of the Iris virus in the municipality of San Rafael Las Flores, Santa Rosa. It was determined that the causal agent of the iris virus is thrips and for this area it is the species *Frankliniella occidentalis* B) Determination of the presence of anthracnose *Colletotrichum* spp. and iron spot *Cercospora* spp. of coffee cultivation (*Coffe arabica* L.) in the municipality of San Rafael Las Flores, Santa Rosa. According to the



evaluations carried out, the presence of the anthracnose pathogens *Colletotrichum* spp. and cercosporiosis or iron spot *cercospora* spp. in the different areas evaluated. C) Training for farmers in the municipality of San Rafael Las Flores, Santa Rosa on good agricultural practices, personal and labor hygiene, physical and chemical contaminants. In addition, the use, management of pesticides, form of application, time of application, dose and protective equipment.

Regarding the phase of the research project, this was developed in the evaluation of the effect of the exogenous application of indole butyric acid (IBA), in the root increase in the tomato crop (*Solanum lycopersicum* L.) in the San Rafael Valley. the flowers, Santa Rosa. Determining that the application of IBA 98% at 75 ppm, the best root and vegetative development of the tomato crop (*Solanum lycopersicum* L.) is obtained, by obtaining 82.50 gr of root weight, 17.65 cm of root length, plant height of 63.65 cm and diameter 1.42 cm, compared to the treatments of 50 ppm, 100 ppm and the absolute control.



CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO REALIZADO EN LA ZONA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA, GUATEMALA

AXEL JOSUÉ CASTILLO ZECEÑA

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2022

1.1. Presentación

El diagnóstico se realizó en el área asignada de trabajo por parte de la empresa MARKETING ARM INTERNATIONAL, la cual se realizó en el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, llevando a cabo un acercamiento directo con los agricultores de la zona dedicados a la producción agrícola de los principales cultivos que se trabajan como: Tomate (*Solanum lycopersicum* L.), cebolla (*Allium cepa*), Chile pimiento (*Capsicum annum* L.), café (*Coffea arabica* L.). Debido a su importancia económica se hizo énfasis en dichos cultivos ya que su producción representa una de las principales fuentes de ingresos y empleos para la población del municipio .

Debido a que la producción agrícola del área se ha visto afectada por diversos factores como: déficit en manejo agronómico, ataque de plagas y enfermedades, uso inadecuado de planes fitosanitarios, falta de conocimiento sobre el manejo de agroquímicos y equipo de aplicación, es necesario conocer estas problemáticas y desarrollar investigación y ejecutar servicios que sean de beneficio para los agricultores, de esta forma promoviendo la adquisición de nuevos conocimientos para los productores de la zona y ayudando a la obtención de información real y concisa de la situación actual en el área agrícola del municipio.

El diagnóstico se realizó en tres fases siendo la primera de reconocimiento en la cual se identificaron las áreas de producción agrícola del municipio identificando las principales problemáticas que atravesaban los agricultores; la segunda fase de recopilación de información estuvo conformada por entrevistas de campo con el fin de sustentar la información recopilada en la fase de reconocimiento y por lo último la fase de análisis de información la cual nos ayudo a determinar el nivel de importancia que presentaba cada problemática en las zonas de producción agrícola del municipio.



1.2. Marco referencial

1.2.1. Localización geográfica

San Rafael las Flores se encuentra situado en la zona norte del departamento de Santa Rosa, el cual se encuentra al sur oriente de la república de Guatemala. El municipio de San Rafael las Flores se encuentra al sureste de la ciudad de Guatemala, a una distancia de 105 kilómetros.

1.2.2. Colindancias

Colinda geográficamente al norte con el municipio de Mataquescuintla y San Carlos Alzatate del departamento de Jalapa. Al este con el municipio de Casillas y San Carlos Alzatate de los departamentos de Santa Rosa y Jalapa respectivamente. Al oeste con el municipio de Mataquescuintla, Jalapa. Al sur con el municipio de Casillas, Santa Rosa.

1.2.3. Coordenadas

Geográficamente está comprendido entre los meridianos: $90^{\circ}, 05'$ y $90^{\circ}, 12'$ al oeste de Greenwich y los paralelos : $14^{\circ}, 24'$ y $14^{\circ}, 29'$ al norte del Ecuador, con altitudes que varían entre los 1255 a los 2085 metros de altura sobre el nivel del mar (Earth, 2021) .

1.2.4. Clima

El municipio de San Rafael las Flores, presenta un clima que se caracteriza por ser templado todo el año, con una temperatura que oscila entre los 22°C a 26°C , encontrándose según la clasificación de Holdrige dentro de la zona de vida de bosque húmedo subtropical templado (MAGA, 2019) . La intensidad de luz que se presenta en la época de invierno es de 800 a 900 watts/m^2 y en la época de verano es de 1300 watts/m^2 con una precipitación media anual de 1300 a 1500 mm. La humedad relativa oscila entre 40 % a 60 %. Se presenta un porcentaje de nubosidad

entre un 20 a 30% para la época seca y en la época de lluviosa se presenta un 50 a 70% Anacafe (2020).

1.2.5. Flora y fauna

De acuerdo al MARN (2015), la flora presente en el municipio de San Rafael las Flores se caracteriza por su alta diversidad, las especies que representan mayor importancia en la región debido a su mayor número de especímenes son: Pino de ocote (*Pinus oocarpa* Schiede), Roble (*Quercus sp* Mill), Sauce (*Salix alba* L), Amate (*Ficus insípida* Willd), Anona (*Anona cherimola* Mill), Cedro (*Cedrella oderata* L), Ciprés (*Cupressus sp.* L), Coyol (*Acrocomia mexicana* Lodd), Cuje (*Inga vera* Willd), Encino (*Quercus sp* Mill), Guachipilín (*Diphysa robinoides* Jacq), Guarumo (*Cecropia peltata* L), Guayabo (*Psidium guajaba* L), Palo de jiote (*Bursera simarouba* L), Matazano (*Casimiroa edulis* La llave & Lex), Nance (*Byrsonimia crassifolia* L), Paterna (*Inga paterna* Mart), Pino candelillo (*Pinus maximinoi* Moore), Eucalipto (*Eucaliptos torelliana*), Cuje (*Inga edulis*), Grabileo (*Grevillea robusta* A.Cunn.).

De acuerdo con CONAP (2006), la diversidad de fauna presente en la zona brinda refugio y fuentes de alimento y desarrollo a diversas especies animales que se mencionan a continuación: Tacuazín (*Didelphis marsupialis* L), Conejo (*Oryctolagus cuniculus* L), Mapache (*Procyon cancriboros* Cuvier), Coral falso (*Oxyhopus petolaris* L), serpiente de cascabel (*Crotalus durissus* L), Armadillo (*Dasypodidae sp.* Gray), Zopilote (*Coragyps atratus* Bechstein), Ardilla (*Sciurus vulgaris* L.), Codorniz (*Coturnix coturnix* L.).



1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar un diagnóstico en el municipio de San Rafael las Flores, Santa Rosa con el fin de identificar las principales problemáticas que afectan la producción agrícola del municipio.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar la problemática de mayor importancia económica y de producción en los diferentes cultivos que se producen en la zona.

Establecer las causas y priorizar las problemáticas detectadas en el municipio de San Rafael Las Flores.

Identificar las principales deficiencias presentes en el sector de producción agrícola del municipio.

1.4. Metodología y recursos

El diagnóstico realizado en el municipio de San Rafael las Flores, Santa Rosa, se llevó a cabo en tres fases: Fase de reconocimiento; Fase de recopilación de información; Fase de análisis de información.

1.4.1. Fase de reconocimiento

Esta fase se llevó a cabo mediante visitas en campo dentro del municipio con el objetivo de determinar las principales problemáticas que afectan a la producción agrícola y el bienestar de los agricultores de la zona.



1.4.1.1. Visitas de campo

Durante esta fase se efectuaron visitas a las áreas productivas de la zona con el fin de visualizar los problemas que afectan la zona agrícola del municipio. dichas visitas se llevaron a cabo realizando un recorrido por las principales áreas de producción de sistemas hortícolas y plantaciones de café. Tomando como criterio de observación el desarrollo de las plantas, manejo agronómico de los cultivos, manejo de cosecha y postcosecha.

1.4.2. Fase de recopilación de información

En esta fase se obtuvo la información necesaria para la elaboración del diagnóstico el cual fue enfocado a los cultivos de Tomate (*Solanum lycopersicum L.*), Cebolla (*Allium cepa L.*) y café (*Coffea arabica L.*). Dichos cultivos fueron seleccionados considerando que representan el 85% de la producción agrícola del municipio.

1.4.2.1. Entrevistas

Se observó capacidad y liderazgo por parte de los agricultores de la zona, con el fin de poder obtener información específica de las diversas problemáticas presentes en los sistemas de producción agrícola de los cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum L.*), café (*Coffea arabica L.*) y cebolla (*Allium cepa L.*). En dichas entrevistas se recopiló información esencial del manejo agronómico actual de los cultivos, adquiriendo información como:

- Preparación del suelo
- Métodos de siembra
- Densidades de siembra
- Métodos de fertilización



- Plan de fertilización
- Plan de control de plagas y enfermedades
- Manejo cultural
- Estructuras de cobertura
- Cosecha
- Rendimientos

1.4.2.2. Priorización de problemas

En la determinación de la priorización de los problemas identificados se llevó a cabo una matriz de priorización de problemas en la cual se determinaron los niveles de importancia de cada problemática por medio de los siguientes evaluadores: pérdidas económicas, daños al ambiente y personas afectadas por el problema.

1.4.3. Fase de análisis de información

En esta fase se llevó a cabo una de las actividades más importantes del diagnóstico debido a que con la información recopilada de las visitas de campo y entrevistas se procedió a realizar un análisis detallado de los diferentes resultados obtenidos, priorizando las principales problemáticas detectadas en la zona a través de un árbol de problemas y en la ejecución de una matriz de priorización de problemas. Para dicho análisis de prioridad de problemas se llevaron a cabo diferentes actividades que permitieron identificar aquellas problemáticas que inciden en mayor medida en pérdidas económicas, daños al ambiente y el nivel de personas afectadas por el problema. Así mismo esta identificación de problemas estaba enfocada en presentar soluciones que siendo aplicada de forma adecuada puedan solucionar las problemáticas presentes y de esta manera poder mejorar la eficiencia de producción agrícola del municipio.

1.5.Resultados

1.5.1. Obtención de información primaria (Problemas detectados)

Con base al diagnóstico realizado en el municipio de San Rafael la Flores, Santa Rosa, se detectaron los siguientes problemas:

- Los agricultores del municipio poseen poco conocimiento de los efectos positivos del uso de enraizantes que les permitan mejorar las condiciones de absorción de nutrientes principalmente en cultivos hortícolas
- Existe un inadecuado monitoreo de plagas lo cual incide en desconocer de forma precisa el agente causal del virus el iris en el cultivo de cebolla.
- Los agricultores desconocen la importancia del uso seguro de agroquímicos y sus efectos en la salud y el cuidado del medio ambiente.
- Existe un déficit en el monitoreo de enfermedades del cultivo de café que permita identificar enfermedades que sean poco conocidas por parte de los agricultores.
- Los agricultores tienen poco conocimiento al momento de interpretar las dosis recomendadas por parte de las casas comerciales de agroquímicos.
- Existe un inadecuado manejo de los envases de agroquímicos utilizados en la producción agrícola de la zona.
- No existe por parte de los agricultores la cultura de realizar un análisis de suelos en las diferentes zonas de producción, que les permita conocer el estado de las propiedades químicas y físicas del suelo y trabajar un plan de fertilización que se adecue a los requerimientos del cultivo
- Uso excesivo de agroquímicos en el control de plagas en los distintos cultivos que se trabajan en la zona.

- La diversificación de cultivos es un factor poco implementado por parte de los agricultores de la zona.

1.5.2. Matriz de priorización de problemas

De acuerdo con las diferentes problemáticas que afectan a los agricultores del municipio de San Rafael las Flores, se procedió a realizar un análisis de la información recabada utilizando la de matriz de priorización de problemas (Ver tabla 1), la cual es una herramienta que nos ayuda a definir en orden de importancia las diferentes problemáticas.

Tabla 1

Matriz de priorización de problemas identificados en el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala.

Problemas	Pérdidas económicas (1 – 10)	Daños al ambiente (1-10)	Personas afectadas por el problema (1-10)	Prioridad
Uso de enraizante en la agricultura	7	5	10	22 (A)
Monitoreo deficiente de plagas en cultivo de cebolla	8	4	9	21 (B)
Uso seguro de agroquímicos	4	9	8	21 (B)
Déficit de monitoreo de enfermedades en cultivo de café	7	5	8	20 (C)

Falta de conocimiento en interpretación de dosis recomendadas en agroquímicos.	7	5	7	19 (D)
Manejo inadecuado de desechos.	3	9	7	19 (D)
Desconocer los beneficios de un análisis fisicoquímico de suelo.	7	3	7	17 (E)
Uso excesivo de agroquímicos	4	10	5	19(D)
Diversificación de cultivos	4	6	7	18 (E)

Nota: En la tabla 1 se desarrolló la matriz de priorización de problemas con la finalidad de poder definir el nivel de importancia de cada una de las problemáticas.

De acuerdo con los resultados en la matriz de priorización de problemas se determinaron las problemáticas de mayor a menor importancia de la siguiente manera:

A: Uso de enraizante en la agricultura

B: Monitoreo deficiente de plagas en cultivo de cebolla

B: Uso seguro de agroquímicos

C: Déficit de monitoreo de enfermedades en cultivo de café

D: Falta de conocimiento en interpretación de dosis recomendadas en agroquímicos.

D: Manejo inadecuado de desechos.

D: Uso excesivo de agroquímicos

E: Desconocer los beneficios de un análisis fisicoquímico de suelo.

E: Diversificación de cultivos

1.6. Conclusiones

- La principal problemática detectada en las zonas de producción agrícola del municipio de San Rafael las Flores radicó en los bajos rendimientos que se han presentado en el cultivo de tomate debido al déficit en el desarrollo radicular a causa de un manejo deficiente en aplicaciones de enraizador en el cultivo.
- Con la ayuda de una matriz de priorización de problemas se estableció que el uso deficiente de fitohormonas enraizador en el cultivo de tomate significa el problema central del diagnóstico debido a su importancia en pérdidas económicas.
- Se debe priorizar en la ejecución de monitoreos que permitan determinar el o los agentes causales del virus del iris en el cultivo de cebolla (*Allium cepa*).
- Se determinó que existe falta de conocimiento por parte de los agricultores acerca del uso seguro de agroquímicos y equipo de aplicación.
- Priorizar el estudio cualitativo de presencia de cercospora (*Cercospora sp.*), y antracnosis (*Colletotrichum gloesporoides*), en el cultivo de café.

1.7.Referencias

ANACAFE. (08 de Junio de 2020).Estaciones metereologicas Asociacion Nacional del Café.

Recuperado de

<http://meteorologia.anacafe.org/Clima/>

CONAP. (2006). *Consejo Nacional de Areas Protegidas*. Obtenido de Plan maestro de reservas naturales : <https://conap.gob.gt/wp-content/uploads/2019/10/PM-RNP-Dulce-Nombre.pdf>

Earth. (2021). Google Earth. San Rafael Las Flores , Santa Rosa, Guatemala. Obtenido de Servicio de mapa mundial.

MAGA. (2002 de Octubre de 2019). Mapas de zonas de vida según Holdrige. Recuperado de <https://www.maga.gob.gt/mapas/>

MARN. (2015). *Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales* . Obtenido de Buenas practicas forerstaes sur oriente Guatemlateco.: <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/19330.pdf>

1.8. Anexos

Figura 1

Visita de campo con productores de la zona



Nota: Visitas realizadas a productores de la zona directamente en parcelas de producción agrícola.

Figura 2

Charla con agricultores en parcelas agrícolas



Nota: Asesoría técnica proporcionada a los agricultores de la zona con la finalidad de proporcionar soluciones a las diversas problemáticas.

Figura 3

Identificación de problemática central virus del iris en cebolla



Nota: Identificación de signos del virus del iris presente en el cultivo de cebolla en el valle de San Rafael Las Flores.

Figura 4

Seguimiento en identificación de sintomatologías de enfermedades en cebolla



Nota: Extracción de muestras vegetales de cultivo de cebolla con el fin de ejemplificar los daños causado por el virus del iris en cultivo de cebolla.

Figura 5

Identificación de enfermedades en café



Nota: Inspección visual de enfermedades en cultivo de café en la parte montañosa del municipio de San Rafael las Flores.

Figura 6

Identificación de síntomas de Antracnosis (Colletotrichum sp.) en café.



Nota: En la figura 6 se puede observar la presencia de antracnosis en el cultivo de café, observando altos niveles de daño de la enfermedad.

Figura 7

Registro de información recopilada en entrevistas y visitas de campo



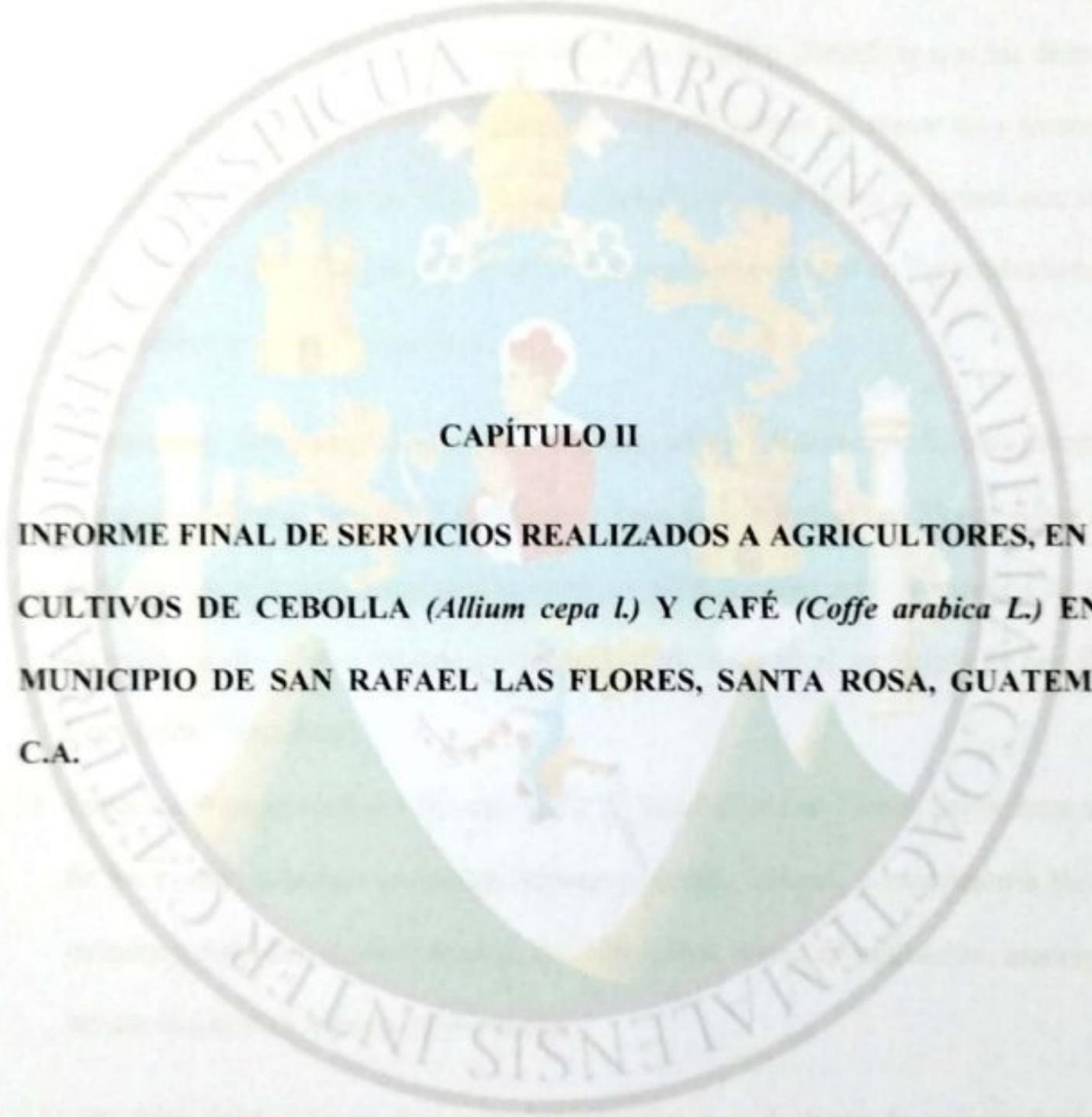
Nota: Tabulación de información obtenida en visitas a campo con el fin de obtener la información base que permitió la identificación de las principales problemáticas encontradas en el municipio.

Figura 8

Identificación de diversas problemáticas en cultivo de tomate.



Nota: Identificación de las principales problemáticas encontradas en el cultivo de tomate asociadas a cada etapa fenológica del cultivo.



CAPÍTULO II

- 2. INFORME FINAL DE SERVICIOS REALIZADOS A AGRICULTORES, EN LOS CULTIVOS DE CEBOLLA (*Allium cepa L.*) Y CAFÉ (*Coffe arabica L.*) EN EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA, GUATEMALA C.A.**

AXEL JOSUÉ CASTILLO ZECEÑA

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2022

2.1. Presentación

A partir del diagnóstico se realizaron los servicios en el municipio de San Rafael las Flores, determinando las diferentes problemáticas que afectan a productores de la región en el cultivo de cebolla y café. Según lo realizado en el diagnóstico se logró identificar que las diferentes zonas del municipio se cuentan con el cultivo de café, así mismo un sector muy importante maneja el cultivo de cebolla en un 40% de agricultores y muchas veces se cuenta con ambos cultivos. Se establecieron 3 problemáticas de gran impacto económico en los productores, por lo tanto, se realizaron los siguientes servicios.

- a) Extracción e identificación de tejido vegetal en cebolla (*Allium cepa L.*) para determinar el agente causal del virus del Iris en el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa.
- b) Determinación de presencia de antracnosis *Colletotrichum spp.* y mancha de hierro *Cercospora spp.* del cultivo de café (*Coffe arabica L.*) en el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa.
- c) Capacitación a agricultores del municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa acerca de las buenas prácticas agrícolas, higiene personal, laboral, contaminantes físicos y químicos. Además, el uso y manejo de plaguicidas, forma de aplicación, momento de aplicación, dosis y equipo de protección.

Los servicios anteriormente descritos se realizaron con el objeto de principal de poder reducir el impacto económico que conlleva un mal manejo del cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*) y café (*Coffe arabica L.*) en la zona, apoyando con la identificación y ciertas recomendaciones específicas, para que el productor conozca el patógeno o virus que está afectando su producción. En las diferentes visitas que se tuvieron con productores de la

zona se pudo establecer que no se tiene en muchos casos un protocolo establecido en el uso y manejo seguro de plaguicidas, por lo tanto, se procedió a capacitar sobre conceptos básicos que deben conocer sobre las buenas prácticas agrícolas, el uso y manejo de plaguicidas.

La importancia de apoyar al pequeño productor fue enfocar los servicios en mejora de la calidad de vida y la de sus familias, esto por medio de las observaciones y recomendaciones en el manejo de sus cultivos.

2.2. Servicio 1: Extracción e identificación de tejido vegetal en cebolla (*Allium cepa* L.) para determinar el agente causal del virus de la mancha amarilla Iris (IYSV) en el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa.

2.2.1. Problema:

En las visitas a campo realizadas a productores se logró establecer la presencia de un virus el cual tenía características en común en las diferentes parcelas, se encontraron lesiones amarillentas en forma de diamante en hojas y tallo floral de plantas de cebolla. Esta problemática ha generado controversias entre los agricultores, porque relacionan este virus con diferentes vectores. Por lo que, es necesario determinar cuál es el transmisor principal de este virus.

Según los agricultores la presencia de esta sintomatología ha estado presente desde hace más de 10 años. En 2005 a nivel global se encontró la mancha amarilla del iris presente en la mayoría de las áreas productoras de cebolla en el mundo se había diseminado en India, Australia, Eslovenia, Italia, España, Túnez, Japón, Chile, Perú y Guatemala (Coutts et al., 2003; Rosales et al., 2005; Gent et al., 2006).

2.2.2. Objetivos

a) General:

- Determinar el agente causal del virus del iris (IYSV) en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)

b) Específicos:

- Identificar la sintomatología específica del virus del iris (IYSV)
- Establecer la etapa fenológica del cultivo donde se ve la mayor afección del virus del iris (IYSV)

2.2.3. Materiales:

- Libreta de campo
- Lápiz
- Lapiceros
- Celular
- Machete
- Guantes
- Bolsas
- Papel

2.2.4. Metodología:

- Visitas a diferentes cultivos de cebolla en la zona para tener un diagnóstico en campo.
- Evaluación cualitativa de plantas de cebolla, para determinar características en común en diferentes parcelas.
- Se realizó un muestreo de material vegetal

- Se tomó un cultivo con presencia del virus iris
- Se realizaron recorridos por la parcela, para proceder a tomar material vegetal que sea representativo de una enfermedad o alteración en el cultivo en el cual se pueda evidenciar la presencia de un problema.
- Se enviaron a laboratorio las muestras para poder ser evaluadas

2.2.5. Resultados y discusión de resultados

Figura 9

Identificación de síntomas visuales del virus del iris (IYSV) en cebolla.



Nota. Visitas a campo para poder identificar la sintomatología del virus y conocer la etapa fenológica del cultivo de cebolla, donde representa el mayor problema.

Figura 10

Obtención de muestras de tejido vegetal para determinar agente causal



Nota. Se tomaron las muestras de tejido vegetal, realizando diferentes recorridos en la parcela para poder tener una muestra homogénea y representativa.

Según Vázquez y Hernández 2011, el principal transmisor del virus del Iris es el trips siendo predominante la especie *Trips tabaci*, pero sin descartar en sus análisis efectuados, que también encontraron a menor escala *Frankliniella occidentalis* en plantas con este virus.

En los análisis del material vegetal enviado a laboratorio se determinó la presencia de *Frankliniella occidentalis* como se muestra en la figura 15. por lo tanto, en las parcelas de la zona el principal vector es *Frankliniella*, además se ha establecido que en la mayoría de los cultivos de cebolla se han tenido problemas asociado a trips, generalmente *Trips tabaci* es el que está presente en las liliáceas, pero en esta zona en específico se ha presentado *Frankliniella* debido a la existencia de bastantes siembras de hortalizas.

Esta evaluación nos abre una brecha muy importante en la investigación de los vectores asociados a ser trasmisores de virus, debido a que en los diferentes cultivos no siempre se asocia una enfermedad o virus a la misma especie de transmisor en este caso trips tanto *Frankliniella occidentalis* como *Trips tabaci* son transmisores en el cultivo de cebolla (*Alliu cepa* L.)

2.2.6. Conclusiones

- Se determinó que el agente causal del virus iris es el trips para esta área es la especie *Frankliniella occidentalis*.

- Se identificaron lesiones amarillentas en forma de diamante en hojas y tallos florales, que son características principales de la sintomatología del virus sobre las plantas de cebolla (*Allium cepa* L.)
- Se estableció que la etapa fenológica de mayor afección es en la etapa de formación de bulbo, donde provoca el retardo en el crecimiento, que se traduce en pérdidas económicas.

2.2.7. Recomendaciones

- Realizar un control preventivo de trips.
- Efectuar un manejo variable que no sea específicamente químico, agregando control cultural y biológico.

2.3. Servicio 2: Determinación de presencia de antracnosis *Colletotrichum spp.* y Mancha de hierro *Cercospora spp.* en el cultivo de café (*Coffe arabica* L.) en el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa.

2.3.1. Problema

En visitas de campo realizadas a agricultores del municipio de San Rafael Las Flores, se observó que el cultivo de café es de importancia económica para el desarrollo de la zona. En la actualidad los caficultores han tenido problemas con las enfermedades como la roya (*Hemilea Vastatrix* L.) y ojo de gallo (*Mycena citricolor* B & C) las cuales han afectado a nivel nacional llegando hasta 30 a 40 % de baja en rendimientos, se ha venido manejando con diferentes tipos de control y diferentes variedades resistentes. Debido a este tipo de plan fitosanitario destinado principalmente a estos patógenos se ha prescindido de controlar otro tipo de enfermedades las cuales son desconocidas por los productores de la región.

2.3.2. Objetivos



a) General:

- Determinar la presencia de antracnosis *Colletotrichum spp.* y mancha de hierro *Cercospora spp.* en el cultivo de café (*Coffe arabica L.*)

b) Especifico:

- Identificar las diferencias cualitativas entre la roya (*Hemilea Vastatrix B.*) y antracnosis *Colletotrichum spp.* del café (*Coffe arabica L.*).
- Identificar las diferencias cualitativas entre la roya (*Hemilea vastatrix B.*) y mancha de hierro del café *Cercospora spp.*

2.3.3. Metodología

- Visitas a productores de café (*Coffea arabica L.*) en el municipio de San Rafael las Flores
- Evaluación cualitativa de plantas de café con enfermedades como roya (*Hemilea vastatrix B.*), antracnosis (*Colletotrichum spp.*) y cercosporiosis para determinar características específicas de cada una.
- Se realizó un muestreo de material vegetal para determinar la presencia de antracnosis (*Colletotrichum spp.*) y mancha de hierro (*Cercospora spp.*)
- Se realizaron recorridos a una plantación establecida de café (*Coffea arabica L.*), con presencia de las enfermedades en mención.
- Se procedió a obtener material vegetativo con presencia de las enfermedades, para obtener determinar el problema que ocasionan dichas enfermedades.
- Se enviaron muestras al laboratorio para ser analizadas y se determine qué tipo de hongo es el que está presente en la presentación.

2.3.4. Material

- Libreta de campo
- Lápiz
- Lapiceros
- Celular
- Machete
- Guantes
- Bolsas
- Papel

2.3.5. Resultados y discusión de resultados:

Figura 11

Plantación con presencia de antracnosis en el cultivo de café, San Rafael la Flores



Nota. Se puede observar la afección que presenta la antracnosis en las plantaciones de café y por qué su importancia y control.

Figura 12

Mancha de hierro presente en los cultivos de café del municipio de San Rafael Las Flores



Nota. La presencia de esta enfermedad se identifica desde un inicio en las hojas como se muestra en la figura 12.

Figura 13

Presencia de Roya en las plantaciones de café de San Rafael las Flores



Nota. Se identificó en la mayoría de parcela visitadas la presencia de Roya (*Hemilea vastatrix B.*) con sus característicos focos de afección en hojas.

Basados en los resultados del análisis foliar se determinó la presencia de antracnosis provocado por el hongo *Colletotrichum spp* como se muestra en la figura 16, este es un hongo que fue descubierto por primera vez por Mc Donald, en 1926. El mismo causa secamiento de puntas de ramas, antracnosis en hojas y frutos, el ataque del hongo sobre las hojas nuevas y en las puntas de la rama puede causar "elon die-back" nombre en inglés, que está relacionado con la abscisión de las hojas. En seguida, la lesión se dirige al tejido vascular (Nutran & Roberts, 1964). Se encuentra ampliamente distribuido en las regiones cafetaleras húmedas y cálidas de Guatemala. Ocasionando cuantiosas pérdidas. La presente investigación, se hizo debido a la importancia de dicho patógeno, los problemas que ocasiona en el cultivo de café y obtener información sobre el problema.

Según los análisis se determinó la presencia de Mancha de hierro (*Cercospora spp.*) como se muestra en la figura 16, generalmente se contagia desde las hojas a los frutos. Durante todo el ciclo de producción el café tiene susceptibilidad a la Cercosporiosis. En las hojas la enfermedad empieza desarrollando pequeñas manchas amarillas como ojos que lentamente se expanden hasta tener 5 mm de tamaño. Seguidamente, la periferia de la mancha se pone marrón mientras el centro cambia a un tono gris/blanco. Frutos infestados se secan y tienen una cicatriz casi circular en la pulpa dificultando el despulpado. Como es de esperarse, la calidad del grano de café disminuye. (Bautista 1988)

En la región se ha iniciado con la utilización de variedades resistentes a la roya, pero no se ha tomado en consideración un plan fitosanitario que abarque las enfermedades detectadas, las cuales en un futuro mediano pueden causar problemas graves en la producción. Por medio de esta investigación se busca mostrar al productor que en la actualidad la roya (*Hemilea vastatrix B.*) y



ojo de gallo (*Mycena citricolor B & C*) son las únicas enfermedades por combatir o prevenir en el cultivo de café.

2.3.6. Conclusiones:

- Se encontró presencia de los patógenos de antracnosis *Colletotrichum spp.* y cercosporiosis o mancha de hierro *cercospora spp.* en el cultivo de café del municipio de San Rafael las Flores, Santa Rosa.
- Las diferencias principales son: la roya (*Hemilea vastatrix B.*) ataca principalmente follaje e indirectamente los frutos, por su parte la antracnosis *Colletotrichum spp* afecta la planta en general provocando daños en las bandolas y en frutos directamente llegando a ser no comerciales.
- Las diferencias principales entre la roya y la mancha de hierro o cercosporiosis *Cercospora spp.* radica en que las lesiones provocadas por *Cercospora spp.* afectan frutos, en estado consistente, se observan manchas de color café, las cuales con el tiempo cubren la mitad del fruto, en el centro son café y alrededor café rojizo, la pulpa se pega al pergamino, afectando el proceso de beneficiado del grano.
- La combinación de *Cercospora spp.* y *Colletotrichum spp.* puede llegar a podrir el fruto del café en su totalidad. (Guharay et al. 2000).

2.3.7. Recomendaciones:

- El manejo de las enfermedades en café debe de ser preventivo e integral.
- Se debe controlar oportunamente la antracnosis y la mancha de hierro debido a que tienen un gran impacto en económico.



- Mantener un plan fitosanitario a pesar de poseer variedades resistentes a la roya.

2.4. Servicio 3: Capacitación a agricultores del municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa

Rosa acerca de las buenas prácticas agrícolas, higiene personal, laboral, contaminantes físicos y químicos. Además, el Uso y manejo de plaguicidas, forma de aplicación, momento de aplicación, dosis y equipo de protección.

2.4.1. Problema

El diagnóstico de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, determinó que los agricultores de la zona necesitan asesoría técnica, en temas como buenas prácticas agrícolas, uso y manejo de plaguicidas. Dado que tanto los productores como los consumidores de productos necesitan seguridad, se deben implementar buenas prácticas agrícolas en el campo. Los agricultores desconocen las prácticas de higiene personal y laboral, por lo que muchas veces se incurre en mal manejo del cultivo, lo que deriva en contaminación física, química, biológica y pérdidas parciales o totales de sus productos. Al mismo tiempo, los productores rurales que implementen buenas prácticas agrícolas podrán diferenciar sus productos de otros oferentes (Bentivegna et al., 2005).

Además, los agricultores Presentan deficiencias sobre el uso seguro de plaguicidas, y evitar problemas por intoxicación. Con el objeto de proteger la salud de los agricultores se proporcionó información sobre equipo de protección y seguridad en el manejo de plaguicidas, formas de aplicación, toxicidad de plaguicida, dosis, momento de aplicación y primeros auxilios por intoxicación. Estos temas serán de beneficio al agricultor, para mantener todas las precauciones necesarias en el uso de plaguicidas y obtener mejores resultados en el cultivo.



2.4.2. Objetivos

a) Generales

- Fomentar las buenas prácticas agrícolas, el uso y manejo adecuado de plaguicidas en los agricultores del municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa.

b) Específicos

- Capacitar a los agricultores de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, en temas relacionados con las buenas prácticas agrícolas, el uso y manejo de plaguicidas.
- Incentivar a los agricultores a tomar conciencia del impacto negativo que se obtiene si no se toman en cuenta el uso y manejo de plaguicidas.
- Lograr cosechas más seguras.

2.4.3. Materiales

- Computadora
- Lapiceros
- Libreta de campo
- Marcadores
- Equipo de protección
- Equipo de aplicación

2.4.4. Metodología



- Se realizó la convocatoria a 25 agricultores del municipio de San Rafael las Flores Santa Rosa.
- Se cuenta con agricultores en las diferentes zonas, por lo tanto, se realizaron capacitaciones a los diferentes grupos de agricultores por el grado y zonas de interés.
- En las capacitaciones se realizó el registro de los agricultores que participaron, tomando sus datos personales.
- Se capacitó sobre el uso de las buenas prácticas agrícolas y manejo de plaguicidas.

Los temas que se impartieron durante la capacitación fueron los siguientes:

- Higiene personal
- Higiene laboral
- Contaminantes físicos, químicos y biológicos
- Forma de aplicación de plaguicidas
- Momento de aplicación
- Dosis de Aplicación
- Equipo de protección
- Manejo de equipo después de la aplicación
- Manejo de residuos agroquímicos

2.4.5. Resultados

Figura 14

Capacitación a productores



Nota. Se realizaron las diferentes capacitaciones en la zona logrando interactuar con los productores y realizar diferentes practicas demostrativas.

2.4.6. Conclusión

- La incorporación de las buenas prácticas agrícolas para los agricultores en zonas rurales, significo diferencias al resto de ofertantes en el mercado.
- Se logró la capacitación a 25 agricultores del municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa.
- La capacitación permitirá motivar a los agricultores a realizar cambios en la higiene personal, laboral, uso de las buenas prácticas agrícolas y el manejo de plaguicidas, esto contribuye a cosechas más seguras para el productor y el consumidor.



2.4.7. Recomendaciones

- Seguir realizando capacitaciones a los productores de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, motivándolos a realizar los procesos correctos en el manejo de sus cultivos.
- Realizar capacitaciones en campo para demostrar el correcto uso y manejo del equipo de protección para la aplicación de plaguicidas.
- Proporcionar a los agricultores el manual del uso seguro de los plaguicidas.

2.5. Bibliografía

BENTIVEGNA, Marina; KAPLAN, Romina; FELDMAN, Paula. (2005). «Boletín informativo sobre Buenas Prácticas Agrícolas para productos fruti-hortícolas frescos» (versión electrónica). En: Boletín del Programa de Calidad de los Alimentos Argentinos (Dirección Nacional de Alimentos, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca), diciembre, disponible en:

http://www.alimentosargentinos.gov.ar/programa_calidad/boletincalidad/Boletin_BPA_frutihorticola.pdf.

BLANDÓN, J.; RUIZ, D. 2003. Estudio del comportamiento de plagas y enfermedades en el cultivo de café, mediante el uso de recuento integral Masatepe, Masaya. Tesis: Ing. Agr., UNA. Managua, Nicaragua. 41p.

Coutts, B. A.; McMichael, L. A.; Tesoriero, L.; Rodoni, B. C.; Wilson, C. R.; Wilson, A. J.; Perrisley, D. M. and Jones, R. A. C. 2003. Iris yellow spot virus found infecting onions in three Australian states. Aust. Plant Pathol. 32:555-557.



Gent, D. H.; du Toit, L. J.; Fichtner, S. F.; Mohan, S. K.; Pappu, H. R. and Schwartz, H. F. 2006.

Iris yellow spot virus: an emerging threat to onion bulb and seed production. *Plant Dis.* 90:1468-1480.

GUHARAY, F.; MONTERREY, J.; MONTERROSO, D.; STAVER, CH. 2000. Manejo integrado de plagas en el cultivo del café. CATIE: 1ra. ed. Managua, Nicaragua. 272p.

McDonald, J. 1926. A preliminary account of disease green coffee berries in Kenya colony. *Transaction of the British Mycological Society* p. 145-154. Citado por: Orozco M, EF. 2003. Caracterização morfológica, molecular, bioquímica e patogênica de isolados de *Colletotrichum* spp. associados ao cafeeiro em Minas Gerais e comparação com *Colletotrichum kahawae*. Tese de doutorado, Minas Gerais, Brasil, UFLA. 147 p.

Nutman, FJ; Roberts, FM. 1964. Coffee berry disease and coffee leaf rust in Kenya. *Outlook on Agriculture, Berckshire* 14(2):72-79. Citado por: Orozco M, EF. 2003. Caracterização morfológica, molecular, bioquímica e patogênica de isolados de *Colletotrichum* spp. associados ao cafeeiro em Minas Gerais e comparação com *Colletotrichum kahawae*. Tese de doutorado, Minas Gerais, Brasil, UFLA. 147 p.

Ramírez & Rojas, Sergio, Ornelas-Ocampo, Katya, Osuna-Canizalez, Felipe de Jesús, Bartolo & Reyes, Juan Carlos, Varela-Loza, Vicente, Hernández-Romano, Jesús, & Ochoa-Martínez, Daniel Leobardo. (2016). Detección del virus de la mancha amarilla del iris en cebolla cultivada en Tepalcingo, Morelos, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 34 (3), 308-315. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1604-1>



2.6. Anexos

Figura 15

Informe del análisis de resultados del agente causal del virus del iris en el cultivo de cebolla.



INFORME DE RESULTADOS

Número de muestra:	LDF-19-1846	Número de boleta:	Muestra 53-errs-2019-19017
Cultivo/Producto:	Cebolla		
Tipo de recipiente/Embalaje:	Bolsa plastica con material vegetal		
Usuario/Empresa:	53-ERRS-2019-19017	Fecha de ingreso al país:	----
Lugar de toma de muestra:	Jose Cetino/Daniela San Rafael Las Flores	Fecha de toma de muestra:	----
Finca:	----	Fecha de recepción:	01/03/2019
Procedencia de la muestra:	----	Fecha del reporte:	01/03/2019
Ubicación:	Coordenadas X 534690 y 1600682		
Origen:	----		
Inspector:	Ing. Edgar Rolando Ramirez Soberani		

RESULTADO

DETERMINACIÓN

En la muestra se determinó la presencia de Frankiniella occidentalis

NOTA: El resultado es referido únicamente a la muestra analizada.

MÉTODO UTILIZADO

Observación al Estereomicroscopio y Microscopio.

OBSERVACIONES

Sin observaciones



SELLO

Handwritten signature of Lic. Andrés Ávalos

Lic. Andrés Ávalos
Coordinador
Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario

ANALISTA/SUPERVISOR
AT

NOTA IMPORTANTE: El usuario tiene quince (15) días hábiles a partir de que recibe el informe para presentar reclamos relacionados con los resultados del análisis.

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización del Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario.

KM 22 CARRETERA AL PACIFICO, BARCENA VILLA NUEVA, GUATEMALA Teléfono: 6644-0599 EXTENSIÓN 217

Nota. El resultado realizado se logro determinar la presencia de Frankiniella occidentalis

Figura 16

Informe de resultados obtenidos en el análisis foliar del cultivo de café



INFORME DE RESULTADOS

Número de muestra:	LDF-19-1849	Número de boleta:	53-ERRS-2019-19023
Cultivo/Producto:	Café	Fecha de ingreso al país:	---
Tipo de recipiente/Embalaje:	Bolsa plastica cn material vegetal	Fecha de toma de muestra:	01/03/2019
Usuario/Empresa:	53-ERRS-2019-19023	Fecha de recepción:	01/03/2019
Lugar de toma de muestra:	Llury Monterroso /Axel Castillo San Rafael	Fecha del reporte:	04/03/2019
Finca:	---		
Procedencia de la muestra:	---		
Ubicación:	Coordenadas X 534298 y 1600899		
Origen:	---		
Inspector:	Ing. Edgar Rolando Ramirez Soberani		

RESULTADO

DETERMINACIÓN

en la muestra analizada se encontró: HOJAS: Colletotrichum gloeosporioides, Cercospora sp.

NOTA: El resultado es referido únicamente a la muestra analizada.

MÉTODO UTILIZADO

Cámara húmeda y observación al estereomicroscopio y microscopio.

OBSERVACIONES



Lic. Andrés Ávalos
Coordinador
Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario

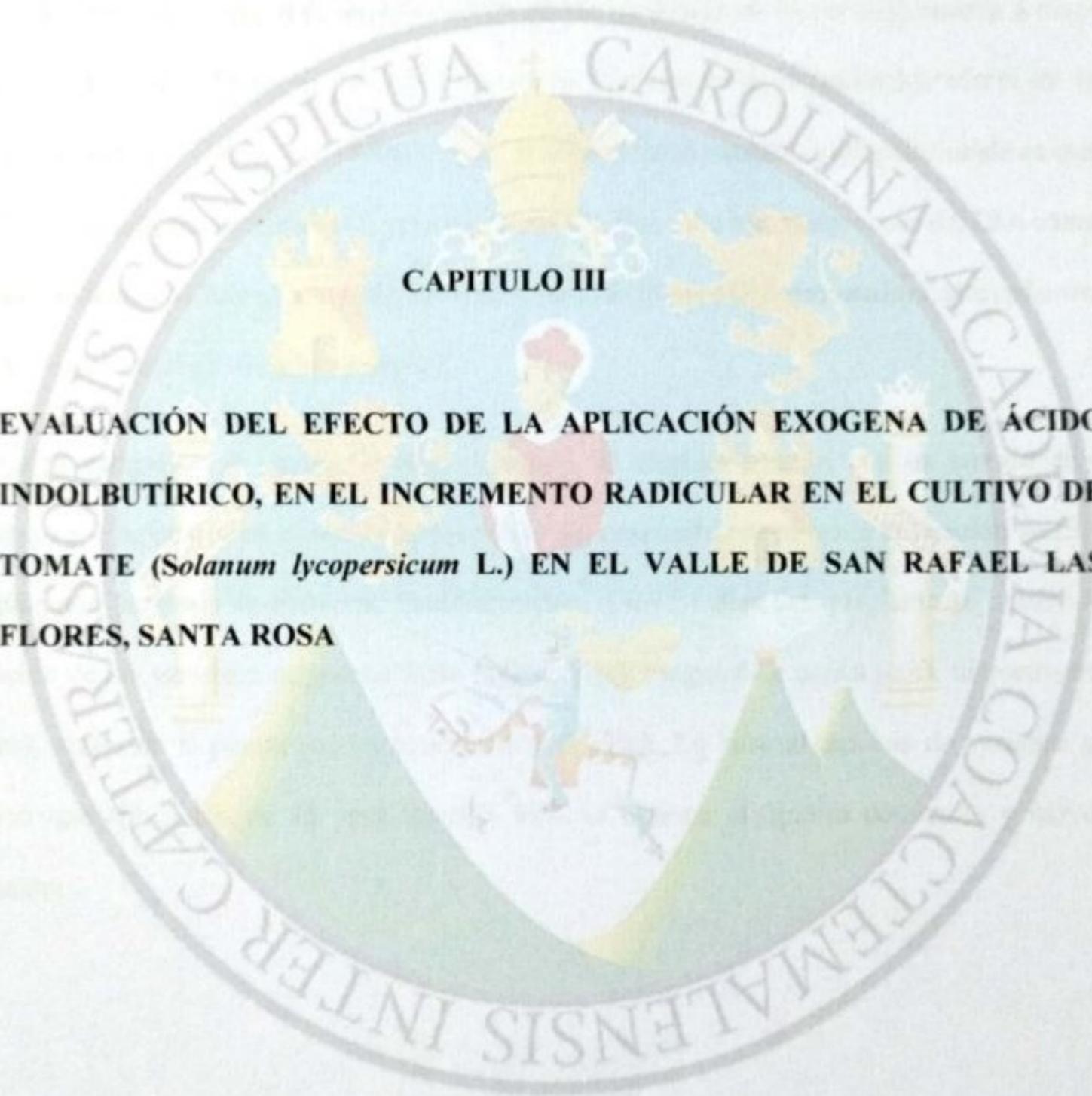
ANALISTA/SUPERVISOR
NG

NOTA IMPORTANTE: El usuario tiene quince (15) días hábiles a partir de que recibe el informe para presentar reclamos relacionados con los resultados del análisis.

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización del Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario.

KM 22 CARRETERA AL PACIFICO, BARCENA VILLA NUEVA, GUATEMALA Teléfono: 6644-0599 EXTENSIÓN 217

Nota. En el análisis realizado se determino la presencia de Antracnosis (*Colletotrichum spp*) y Mancha de hierro (*Cercospora spp.*)



CAPITULO III

**3. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN EXOGENA DE ÁCIDO
INDOLBUTÍRICO, EN EL INCREMENTO RADICULAR EN EL CULTIVO DE
TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN EL VALLE DE SAN RAFAEL LAS
FLORES, SANTA ROSA**

AXEL JOSUÉ CASTILLO ZECEÑA

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2022



3.1 Resumen

El presente estudio tuvo como objeto evaluar el efecto del ácido indolbutírico (IBA), en el incremento radicular en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), mediante la aplicación de 3 tratamientos: 50 ppm, 75 ppm y 100 ppm de IBA 98% y testigo absoluto. Considerando que el cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.), es una de las hortalizas de mayor importancia a nivel nacional debido a la cultura de alto consumo como alimento y su considerable efecto en la generación de empleos directos e indirectos que contribuyen a la economía del país, incide en que se busquen alternativas que mejoren la producción del cultivo. En este caso, el uso del IBA como estimulante radicular reduce el uso de fertilizantes a base de fósforo (P) como estimulante radicular en el cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.).

La investigación se desarrolló bajo el diseño de bloques al azar, con un arreglo de 4 tratamientos y 5 repeticiones. Después de los 6 días del trasplante se realizó la aplicación de IBA 98%, aplicando las dosis en mención. Posteriormente, a los 21 días del trasplante se obtuvo la información de las variables respuesta: Peso radicular (g), longitud de raíces (cm), diámetro del tallo (cm), altura de la planta (cm) y rendimiento (kg/Ha). En base al análisis de varianza se determinó que aplicación de 75 ppm de IBA 98% se obtiene el óptimo desarrollo y mayor rendimiento.



3.2 Abstract

The present study aimed to evaluate the effect of indolebutyric acid (IBA), in the root increase in tomato (*Solanum lycopersicum* L.), through the application of 3 treatments: 50ppm, 75 ppm and 100 ppm of IBA 98% and absolute witness. Considering that the tomato crop (*S. lycopersicum* L.) is one of the most important vegetables at the national level due to the high consumption culture as food and its considerable effect on the generation of direct and indirect jobs that contribute to the country's economy, influences the search for alternatives that efficiently produce the crop. In this case, the use of IBA as a root stimulant reduces the use of phosphorus-based fertilizers (P) as a root stimulant in tomato (*S. lycopersicum* L.) cultivation.

The research was developed under a randomized block design, with an arrangement of 4 treatments and 5 repetitions. After 6 days after transplantation, the application of IBA 98% was carried out, applying the aforementioned doses. Subsequently, 21 days after transplantation, the information on the response variables was obtained: root weight (g), root length (cm), stem diameter (cm), plant height (cm) and yield (kg / Ha). Based on the analysis of variance, it was determined that the application of 75 ppm of 98% IBA results in optimal root development and higher yield.



3.3 Introducción

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es de gran importancia en Guatemala, donde se cultivan alrededor de 8.18 miles de Ha de tomate al año (MAGA, 2016). Este fruto tiene una gran demanda para el consumo interno y de exportación por lo que generó ingresos para el año 2016 de \$15,000,226.00, lo cual representa fuentes de empleo e incentiva la economía nacional y por ende es considerado como uno de los productos agrícolas importantes de la región (DIPLAN-MAGA, 2016).

Según (Godoy, 2016), uno de los métodos más recurrentes para enraizar plantas es la utilización de fertilizantes a base de fósforo P, sin embargo, su principal función es: proveer energía a las plantas y no como enraizador directamente. Sin embargo, es muy común que los agricultores apliquen altas cantidades de fertilizantes compuestos de P, y cuando se utilizan formulaciones de ácido fosfórico H_3PO_4 , con el fin de acidificar el agua de riego. El exceso de P antagoniza con la absorción de otros elementos, tales como el hierro H, el manganeso Mn y el zinc Zn.

Según Cuesta (2014), el uso excesivo de fósforo (P), como enraizante ha impulsado a la industria agroquímica a desarrollar formulaciones a base de compuestos hormonales naturales o sintéticos, para aplicarlos a las plantas y estimular sus eventos fisiológicos y promover el crecimiento radicular. De ahí surge el concepto de biorreguladores hormonales, reguladores de crecimiento o fitohormonas. Los productos biorreguladores contienen uno o dos compuestos hormonales, cuya acción fisiológica está definida para cada proceso fisiológico, y como enraizador se encuentra el IBA el cual se deriva de las auxinas.

3.4 Planteamiento del problema

El tomate (*S. lycopersicum* L.), es considerado como una de las hortalizas de mayor importancia del mundo, debido a su variedad de usos y su generalizado consumo, formando parte de la dieta alimenticia de la población mundial. En 2016, Guatemala alcanzó a cultivar 8.18 miles de Ha de tomate (*S. lycopersicum* L.) (MAGA, 2016). En 2019, en el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, cultivó 21 Ha de tomate (*S. lycopersicum* L), siendo el cultivo de mayor importancia en dicha región en cuanto a producción de hortalizas. Sin embargo, el nivel de producción ha presentado problemas, como el uso excesivo P, el cual causa antagonismo con otros elementos como el Fe, Zn o Cu, además la falta de implementar fitohormonas como técnica apropiada para el estímulo y desarrollo radicular del cultivo (Agrologica, 2019).

El uso de la fitohormona IBA, se propone para la formación y desarrollo del sistema radicular de la planta de tomate (*S. lycopersicum* L.), como alternativa que se propuso evaluar tres tratamientos: 50ppm, 75 ppm y 100 ppm de IBA 98% y testigo absoluto.



3.5 Justificación

En los últimos años se ha observado mayor interés por el incremento del cultivo de tomate (*lycopersicum L.*), en el valle de San Rafael las Flores, principalmente en los suelos con vocación para este cultivo, pero la falta de conocimiento y capacitación técnica hacia los agricultores hace que los rendimientos no sean los adecuados. De acuerdo con Morales (2019), los rendimientos para el año 2019 oscilaron entre 28450kg /Ha – 68181.81 kg/Ha, presentando un alto índice de variación entre rendimientos, esto derivado del deficiente manejo agronómico del cultivo por parte de los agricultores y las condiciones climáticas desfavorables para la producción. Dichos rendimientos se encuentran por debajo del rendimiento medio anual el cual oscila en 97,000 kg/Ha (Pérez, 2020).

Los bajos rendimientos del cultivo se ven relacionados al con el uso excesivo de fosforo siendo antagonista con hierro, cinc o cobre y al déficit en la implementación de técnicas agrícolas que permitan el óptimo desarrollo de tomate (*S. lycopersicum L.*), dentro de los cuales destaca la poca o nula aplicación de reguladores de crecimiento que mejore la eficiencia de los procesos metabólicos de las plantas. Por ello es de suma importancia impulsar el uso de reguladores de crecimiento como él IBA, con el fin de incrementar el desarrollo del sistema radicular, mejorar su estructura, para fortalecer el crecimiento de la planta e incrementar la producción (Pérez, 2020).

3.6 Marco teórico

3.6.1. Cultivo de tomate

3.6.1.1. Origen e historia del tomate (*Solanum Lycopersicum L.*)

El origen del tomate (*S. lycopersicum L.*), se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile. Probablemente desde allí fue llevado a Centroamérica y México donde se domesticó y ha sido por siglos parte básica de la dieta alimenticia de la región. Fue llevado por los conquistadores a Europa desde Tenochtitlán, donde se le conocía como xitomatl, “fruto con ombligo” en el lenguaje Nahuatl, que era el idioma que hablaba la nación azteca; donde fue cosechado, cultivado y mejorado (Kovalchuk & Gardener, 2006). Poco después de que Colón descubriera el nuevo mundo, el tomate (*S. lycopersicum L.*), continuó su viaje y para mediados del siglo XVI acompañó a los exploradores españoles en su retorno a Europa. En España le llamaron “Pomo de moro” o “Manzana morisca”. Durante las demás décadas siguientes las diferentes variedades de tomate (*S. lycopersicum L.*), se esparcieron por toda España, Francia, Italia, donde los mismo españoles y portugueses difundieron el tomate (*S. lycopersicum L.*), a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá (Recinos, 2015).

3.6.1.2. Descripción botánica

El tomate (*S. lycopersicum L.*), es una planta generalmente herbácea perenne de porte arbustivo y es capaz de desarrollarse de forma rastrera, erecta o semierecta. Las hojas son alternas y las flores pentámeras, cuyos pétalos forman una corola tubular en la base, y los estambres se alternan con los cinco lóbulos de la corola. El ovario es habitualmente bilocular, aunque puede ser también multilocular, con muchos óvulos en placentas axilares, y con un estilo terminal. Los tallos son ligeramente angulosos, semi leñosos y con tricomas simples y glandulares (Avalos, 2013). El

eje principal es de un grosor que oscila entre los 24 cm, del cual crecen hojas, tallos secundarios (ramificaciones) e inflorescencias. Las hojas muestran tamaños variables, entre 10 a 50 cm, alternas, pecioladas y con folíolos divididos. El sistema radicular puede alcanzar la profundidad de hasta 2 m; con una raíz principal pivotante, las raíces secundarias se extienden ampliamente, el crecimiento de la planta puede ser de dos formas: determinado o indeterminado. En este último, que es el más extendido, los tallos presentan segmentos uniformes con tres hojas y una inflorescencia, terminando en un ápice vegetativo, por lo contrario, la plantas con crecimiento determinado tienen tallos que presentan menos hojas por inflorescencia y terminan en un ápice reproductivo, lo que da lugar a un crecimiento más compacto erecto y ordenado (Carravedo & Gomez, 2005).

3.6.1.3. Clasificación Taxonómica

La clasificación del tomate (*S. lycopersicum* L.), es la siguiente (Avalos, 2013):

Clase: Dicotyledoneas.

Orden: Sonalanes (Personatae).

Familia: Solanaceae.

Tribu: Solanae.

Género: *Solanum*

Especie: *S. lycopersicum* L.

3.6.1.4. Tallo

El tallo del tomate (*S. lycopersicum* L.), es herbáceo, grueso, pubescente, anguloso y de color verde. Mide entre 2 y 4 cm de ancho y es más delgado en la parte superior. En el tallo principal se forman tallos secundarios, nuevas hojas y racimos florales, y en la porción distal se ubica el meristemo apical, de donde surgen nuevos primordios florales y foliares. Inicialmente el

tallo está compuesto de epidermis con pelos glandulares, corteza, cilindro vascular y tejido medular (López, 2016). La epidermis se forma en una capa de células, las que a menudo tienen pelos largos. Debajo hay una zona de colénquima de dos a cinco células de espesor, que es más gruesa en las esquinas y que constituye el sostén del tallo. Luego la región cortical con cinco a 10 capas de parénquima, de células grandes con muchos espacios intercelulares finalmente el cilindro vascular se compone de afuera hacia adentro del floema, en bandas aisladas o unidas por conexiones delgadas, y xilema que forma un tejido continuo. La medula que ocupa gran parte del tallo, hacia la parte externa cordones de fibra del periciclo anterior (Fornaris P. G., 2019).

3.6.1.5. Hoja

La forma de las hojas del tomate (*S. lycopersicum* L.), es muy variable y depende en gran parte de las condiciones ambientales. La lamina está dividida en 2 a 12 pares de segmentos o folíolos de diferente tamaño. Frecuentemente la hoja cuenta con siete a nueve folíolos peciolados que miden de 4 a 6 mm x 3 o 4 mm, lobulados y con borde dentado, alternos, opuestos, y por lo general, de color verde, glanduloso-pubescente por el haz y ceniciento por el envés (López, 2016). La hoja es compuesta e imparipinada, con folíolos peciolados, lobulados y con el borde dentado recubierto de pelos glandulares, también cuenta con un meso filo o tejido parenquimático el cual está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. Dentro del parénquima, la zona superior que o zona empalizada, es rica en cloroplastos, los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés y además constan de un nervio principal. En las hojas como como en los tallos jóvenes hay abundante pubescencia, los pelos pueden ser largos y agudos o de base corta terminado en una esferita de varias células. Se encuentra recubierta de pelos glandulares y dispuestos en posición alternada sobre el tallo, las posiciones de las hojas en el tallo pueden ser semierecta, horizontal o inclinada (Fornaris P. G., 2019).

3.6.1.6.Flor

Es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135° , de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve el gineceo, y de un ovario bilocular o plurilocular. Los sépalos, los pétalos y los estambres se insertan en la base del ovario, y el cáliz y la corola se encuentran dispuestos de forma helicoidal los cuales poseen cinco o seis estambres que se alternan con los pétalos, formando los órganos reproductivos (Trujillo, 2013). El ovario tiene dos o más segmentos y las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimo, en grupos de tres a diez. Las inflorescencias se ubican en las axilas, cada dos o tres hojas, es normal que se forme la primera flor en la yema apical mientras que las demás aparecen en posición lateral y por debajo de la primera, siempre alrededor del eje principal, la flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del córtex. Las inflorescencias se desarrollan cada 3 hojas en las axilas, donde ocurre el cuaje d frutos los cuales se convierten en los principales receptores o sumideros de los alimentos (fotosintatos) los cuales son producidos en el proceso de fotosíntesis que ocurre en las hojas de la planta, reduciendo los fotosintatos dirigidos al crecimiento vegetativo. El nivel de crecimiento vegetal apropiado debe ser alcanzado antes de que comience el desarrollo de las inflorescencias, para que la planta pueda sostener el desarrollo de frutas, la plantas con poco desarrollo vegetativo, los rendimientos a cosecha que se obtendrán serán pobres (Cabrera, 2004).

3.6.1.7.Fruto del tomate

El fruto del tomate (*S. lycopersicum L.*) es una típica baya, de forma variable entre esférica y cilíndrica, la cual en su madurez presenta un pericarpio carnoso con dos o más lóculos y una

placenta con una parte carnosas en el centro y otras más gelatinosa que llena parcialmente lóculos, en donde se encuentran las semillas. La parte exterior está formada por una piel o exocarpio complejo con varias capas de células que le confiere gran resistencia y baja permeabilidad, la cual le permite alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 g. (Carravedo y Fantova, 2005). En estado inmaduro es verde y, cuando madura es rojo o amarillo lo que depende de la degradación de la clorofila y la existencia de pigmentos carotenoides y licopeno, que es el pigmento rojizo típico del fruto. El fruto contiene las semillas, que tienen un tamaño promedio de 5 x 4 x 2 mm. Son ovoides, comprimidas, lisas o muy velludas, parduzcas y están embebidas en una abundante masa mucilaginosa. Cada semilla está compuesta por el embrión, el endospermo y la cubierta seminal (López, 2016).

3.6.1.8. Sistema radicular

Ayuda a la planta a anclarse al suelo o al sustrato, absorbe y transporta nutrientes y agua a la parte superior de la planta. Es un sistema formado por la raíz principal (corta y débil), numerosas y potentes raíces secundarias y por raíces adventicias. Si se secciona transversalmente la raíz principal desde afuera hasta dentro, se encontraría la epidermis (se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes), el córtex y el cilindro central, (donde se sitúa la xilema, conjuntos especializados en el transporte de nutrientes). La planta del tomate (*S. lycopersicum* L.), posee una raíz pivotal fuerte, la cual frecuentemente se afecta durante la producción de plántulas para trasplante. En siembra directa, el sistema de raíces del tomate (*S. lycopersicum* L.) posee el potencial de alcanzar profundidades de más de 48 pulgadas, en algunos casos de hasta 120 pulgadas, cuando las condiciones del suelo le son favorables para su desarrollo (Fornaris G. , 2007).

De la raíz principal se forma un sistema denso de raíces laterales fibrosas, con el potencial de alcanzar un radio de hasta 60". Cuando se utiliza la siembra de trasplantes, la planta tiende a desarrollar un sistema de raíces que se concentra en las primeras ocho a diez pulgadas del suelo. Este comportamiento también ocurre cuando el riego se realiza con mucha frecuencia o el agua llega a poca profundidad. De los nudos inferiores del tallo y ramas principales se pueden desarrollar raíces adventicias (Fornaris, 2007).

3.6.1.9.Importancia del sistema radicular

La raíz es el cerebro de la planta y el motor que va a marcar el ritmo de trabajo de la parte aérea de la misma. El tallo, las hojas, las flores y frutos van a depender de lo que la raíz sea capaz de ordenar para que se consiga lo que queremos. Es por esto, por lo que debemos intensificar los cuidados sobre la misma, aunque esta sea resistente a muchos patógenos del suelo, porque de nada sirve para nuestro objetivo, todas estas resistencias si la raíz pierde sus pelos absorbentes, que son los que sirven para alimentarse (Recinos, 2015). En el cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.), puede haber pérdidas de raíces por las siguientes razones: excesivo deshojado, elevada producción de fruto, o descenso brusco de temperatura o un manejo deficiente de riego que en definitiva provoca, un estrés al que no puede hacer frente y que provoca una pérdida importante del sistema radicular. La competitividad a la que se ve sometida la planta, obliga a exigir un mayor rendimiento y es por ello, se recurre al uso de productos que generen un mayor potencial radicular que nos confiera una parte aérea más fuerte, capaz de mejorar tanto en producción como en calidad al cultivo tradicional (Recinos, 2015).

3.6.1.10. Partes del sistema radicular del tomate.

El sistema radicular del tomate (*S. lycopersicum* L.) está constituido por: Raíz principal de corta extensión ramificada en numerosas raíces secundarias, en la parte superior al nivel del suelo se desarrollan raíces adventicias que ayudan a mejorar el anclaje de la planta al suelo. La raíz está compuesta por una epidermis o parte externa donde se encuentran pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, en el interior se localizan el córtex y el cilindro central conformado por la xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes desde la raíz hacia las hojas y otros órganos de la planta) (Escobar & Lee, 2009)

3.6.2. Requerimientos edafoclimáticos

3.6.2.1. Temperatura

Alvarez (2018), indica que la temperatura óptima de desarrollo del cultivo oscila entre los 20°C y 30°C en el día y 10°C y 17°C en la noche. Temperaturas superiores a los 30°C e inferiores a 12°C reduce la fructificación y la fecundación del óvulo, afectan el desarrollo de los frutos y disminuyen el crecimiento. Las plantas de tomate (*S. lycopersicum* L.), se desarrollan mejor con temperaturas entre 18°C y 24°C. Temperaturas inferiores a 12-15°C pueden originar problemas en el desarrollo de la planta.

3.6.2.2. Humedad relativa

Las plantas de tomate (*S. lycopersicum* L.), se adaptan muy bien a humedades relativas elevadas que oscilan entre 60% y 80%, favoreciendo una buena polinización y por ende una buena producción. Una humedad relativa superior al 80% favorece el desarrollo de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y dificulta la fecundación; ya que el polen se humedece y se da un aborto floral. (Zambrano, 2009).

3.6.2.3.Luminosidad

Los tomates (*S. lycopersicum* L.), son exigentes en luz sobre todo en la etapa de floración, cuando la luminosidad es reducida, afecta en forma negativa los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta. Durante los periodos críticos del desarrollo vegetativo de la planta la interrelación entre la temperatura diurna, nocturna y la luminosidad es fundamental. (Infoagro, 2019). Por tal motivo no se recomienda cultivar tomate en sitios que permanecen nublados, ya que los rendimientos disminuyen considerablemente (Hernandez, 2004).

3.6.2.4.Altitud

Los tomates prosperan entre 0 a 2500 msnm, en el ámbito mundial las zonas donde más se ha adaptado este cultivo es en clima templado, ubicadas entre 1000 y 2000 msnm en ambientes protegidos. En la actualidad se encuentran cultivares adaptados a rangos de altitudes más amplios. (Torres, 2017)

3.6.2.5.Condiciones edáficas

Las plantas de tomate (*S. lycopersicum* L.), requieren profundos y bien drenados, no obstante, se obtienen mejores resultados en suelos profundos (de 1 o más de profundidad), de textura medias, permeables y sin impedimentos físicos en su perfil (Silva, 2018). Para el cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.), se recomiendan un pH casi neutro 5.0 a 6.8 es medianamente tolerante a la salinidad, con un tipo de suelo franco a franco – arcilloso, ricos en materia orgánica (Alvarez, 2018).

3.6.2.6.Requerimientos nutricionales

La extracción por hectárea de este cultivo se estima entre 300 Kg de N, 120 Kg de P₂O₅, 450 Kg de K₂O, 25 Kg de MgO, 40 Kg de S, 40 Kg de Ca, 10 Kg de B₂O₃, 10 Kg de microelementos. (Haifa, 2020).

3.6.3. Plagas del suelo del cultivo de tomate

Según (Alvarez, 2018) las plagas del suelo que atacan el cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.), en Guatemala son las siguientes:

Tabla 2

Principales plagas del cultivo de tomate (S. lycopersicum L.).

Nombre común	Nombre científico
Nematodos	<i>Meloydogine sp.</i>
Gallina Ciega	<i>Phyllophoga spp.</i>
Mosca blanca	<i>Bemisia tabaci</i>
Trips	<i>Frankliniella occidentallis</i>
Araña roja	<i>Tetranychus urticae</i>
Orugas	<i>Spodoptera exigua</i>
Gusano minador	<i>Liriomyza spp.</i>
Pulgones	<i>Aphis gossypy</i>
Gusano soldado	<i>Spodoptera exigua</i>
Gusano del fruto	<i>Heliothis sp.</i>

Nota: Esta tabla muestra el nombre común y científico de las principales plagas que atacan al cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.)

3.6.4. Enfermedades del tomate

Según (Alvarez, 2018) las enfermedades que atacan al cultivo son:

Tabla 3

Principales enfermedades en el cultivo de tomate (S. lycopersicum L.).

Nombre común	Nombre científico
Tizón temprano	<i>Alternaria solani</i>
Botritis	<i>Botrytis sp.</i>
Cenicilla	<i>Leveillula taurica</i>
Damping-off	<i>Phytlum spp.</i>
Fusarium	<i>Fusarium sp.</i>
Cáncer bacteriano	<i>Clavibacter michiganense</i>
Marchites bacteriana	<i>Ralstonia solanacearum</i>
Peca bacteriana	<i>Pseudomona syringae</i>

Nota: La tabla representa descendientemente el nivel de importancia fitopatológica de cada una de las enfermedades que atacan al cultivo de tomate (*S. lycopersicum L.*), descritas según su nombre común y científico

3.6.5. Virosis del tomate

Según (Alvarez, 2018), la virosis es transmitida principalmente por pulgones (*Aphis gossypy*), mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius) y trips (*Frankliniella occidentallis* Pergande), este problema es frecuente en los cultivos de tomate (*S. lycopersicum L.*) provocando el agotamiento de la planta y reduce drásticamente su producción.

Entre las virosis más frecuentes están:

Tabla 4

Virus que atacan al cultivo de tomate (S. lycopersicum L.).

Nombre común	Nombre científico
Virus del mosaico del pepino	CMV
Virus del mosaico del tomate	ToMV
TSWV	Virus del marchitamiento manchado del tomate
Virus del mosaico del tabaco	TMV

Nota: La tabla anterior enlista los principales virus que afectan al cultivo de tomate los cuales pueden ser transmitidos por insectos plaga o por malas prácticas de manejo agronómico del cultivo.

3.6.6. Reguladores de Crecimiento

Son compuestos sintéticos u hormonas vegetales que sintetizan en el interior de una planta en pequeña cantidad, fomentan, inhiben o modifican de alguna otra forma cualquier proceso fisiológico vegetal (Jordán y Casaretto, 2006).

La efectividad de las hormonas en las plantas es lo que ha orientado a la industria agroquímica a desarrollar formulaciones a base de compuestos hormonales naturales o sintéticos, para aplicarlos a las plantas y manipular sus eventos fisiológicos. De ahí surge el concepto de los biorreguladores hormonales también conocidos como reguladores de crecimiento o fitohormonas. Un biorregulador es un compuesto orgánico que promueve, inhibe o modifica procesos morfológicos y fisiológicos de las plantas cuando son aplicados en pequeñas concentraciones (Camargo *et al.*, 2009). Las formulaciones de los productos biorreguladores contienen uno o dos compuestos hormonales, cuya acción fisiológica está muy definida para cada evento o proceso fisiológico (Cuesta, G. 2014).

3.6.6.1. Acción de los reguladores de crecimiento

Según (CANNA, 2019), menciona que, aunque las sustancias naturales de crecimiento, denominadas endógenas, puede modificarse el crecimiento mediante la aplicación de sustancias exógenas, algunos de los cuales pueden producir resultados provechosos para la estimulación de raíces.

La presencia de hormonas en diferentes niveles en las plantas y sus células permite que éstas desarrollen caminos morfogénicos alternativos muy distintos, los cuales pueden darse todos de acuerdo con el grado de ontogenia. Lo más general es que las células en crecimiento por acción de varias hormonas expresen división y elongación celular; sin embargo, y especialmente bajo condiciones in vitro, se ha observado que tales células inician procesos de diferenciación bajo ciertos niveles hormonales, por ejemplo, generación de elementos xilemáticos (Thiman K. 1977).

3.6.6.2. Utilización de reguladores de crecimiento para estimular el enraizamiento

Según Cuesta (2014), menciona que una de las mejores hormonas para el enraizamiento es la auxina IBA, que tiene propiedades auxínicas débiles, por esta razón los sistemas de enzimas destructoras de auxinas presentan actividad relativamente lenta (Choudhury *et al.* 2013), probaron que algunos reguladores de crecimiento muestran diferente respuesta en parámetros biométricos y productivos de tomate (*S. lycopersicum L.*). En muchas especies la formación de raíces adventicias en estaquillas es promovida por auxinas utilizando el IBA, por lo que se espera que el uso de un biorregulador que contenga estas hormonas acelerará el crecimiento de la raíz también en plantas de tomate (*S. lycopersicum L.*).

3.6.6.3. Auxinas

Según Jordan y Casaretto (2006), la auxina significa en griego 'crecer' y es dado a un grupo de compuestos que estimulan la elongación. Aunque la auxina se encuentra en toda la planta, las

altas concentraciones se localizan en las regiones meristemáticas en crecimiento activo. Se encuentra tanto como molécula libre o en formas conjugadas inactivas. Cuando se encuentran conjugadas, la auxina se encuentra metabólicamente unida a otros compuestos de bajo peso molecular. Este proceso parece ser reversible. La concentración de auxina libre en planta varía de 1 a 100 mg/Kg peso fresco, en contraste, la concentración de auxina conjugada ha sido demostrada en ocasiones que es sustancialmente más elevada.

Las auxinas promueven procesos fisiológicos en la planta:

- Previene la abscisión foliar.
- Promueve el crecimiento y diferenciación celular.
- Incremento en el geotropismo y raíces.
- Estimula el crecimiento y maduración de flores y frutas.

3.6.6.4. Ácido Indol butírico (IBA)

Según Pérez (2019), es un regulador de crecimiento vegetal perteneciente a las auxinas, por lo cual tiene todas las características de esta hormona, como actuar en el proceso de división y elongación celular, estimulación de raíces en reproducción asexual (esquejes, acodos), y formación de raíces laterales y adventicias.

3.7. Antecedentes

Según Cuesta (2014), el efecto del biorregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plántulas de tomate (*S. lycopersicum* L.), variedad AC 55, en la región de San Juan, Argentina, determinó que el uso de una formulación comercial que contiene 0.12% de IBA y 0.004% de forclorfenurón; A los 26 días después del trasplante se observó diferencia significativa en el peso de las raíces de las plantas tratadas con la dosis de 7 ml/L, respecto al testigo absoluto. En donde

la dosis anteriormente mencionada obtuvo un incremento del 68% en el peso radicular, respecto al testigo.

De acuerdo con Enríquez (2001), los efectos del ácido acetilsalicílico (AAS) e IBA en el enraizamiento in vitro, a partir de segmentos de tejido foliar de tomate (*S. lycopersicum* L.), variedad Daniela, se obtuvieron in vitro brotes adventicios que fueron transferidos a los medios de cultivo: a) MSO, el medio básico que contenía las sales minerales de Murashige y Skoog, 1 mg/L de tiamina, 100 mg/L de mio-inositol, 0.5 mg/L de piridoxina, 0.5 mg/L de ácido nicotínico, 30g/L de sacarosa, 5 g/L de agar y sin reguladores de crecimiento; b) El medio MSAS, contiene MSO más AAS; y c) EL medio MSIB, conformado por el medio MSO con IBA. Donde se determinó que el tratamiento con IBA dentro de la formula del medio de cultivo (MSIB), representó formación de raíces y mayor número de raíces adventicias, en menor tiempo (días).

3.8. Marco referencial

3.8.1. Localización

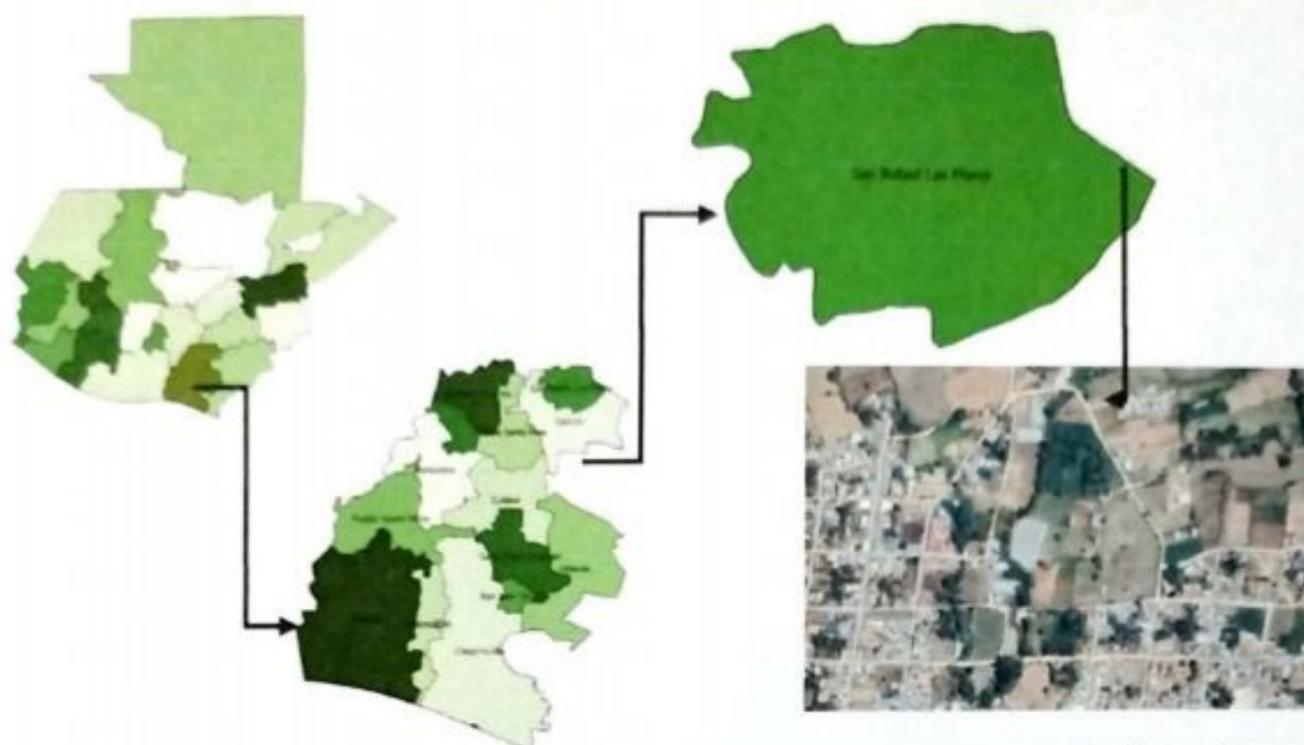
La investigación se llevó a cabo en el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, se encuentra localizado bajo las coordenadas geográficas: 14°28'28" latitud norte, y 90°10'52" longitud oeste, a una altura de 1330 msnm (Earth, 2020).

3.8.2. Ubicación

San Rafael las Flores tiene una extensión territorial de 84 km², sus colindancias son: al norte con el municipio de Mataquescuintla, Jalapa; al sur con el municipio de Casillas, Santa Rosa; al oriente con los municipios de San Carlos Alzatate, Jalapa y Casillas, Santa Rosa; y al occidente con el municipio de Casillas, Santa Rosa (IGN, 2020).

Figura 17

Localización parcela de investigación, San Rafael Las Flores, Santa Rosa.



Fuente: Google Earth, 2020.

Nota: La figura representa de forma gradual la localización de la parcela de investigación la cual fue ejecutada en el país de Guatemala, departamento de Santa Rosa, municipio de San Rafael Las Flores.

3.8.3. Condiciones climatológicas

La temperatura que presenta la zona es una media anual de 25.6 °C; con una mínima de 20°C y una máxima de 28°C presentando a lo largo del año una variación de 8°C. La precipitación es de 1500 mm al año (Insivumeh, 2019).

3.8.4. Zona de vida

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdrige, el área donde se estableció la investigación se encuentra dentro de la zona de bosque húmedo sub-tropical templado (MAGA, 2019).

3.8.5. Suelo

El suelo del area donde se establecio la investigacion, se caracteriza por ser del tipo franco-arcilloso (Castillo, 2019).

3.9. Objetivos

3.9.1. General

Evaluar el efecto de tres dosis del ácido indolbutirico al 98 % para el desarrollo del sistema radicular en el cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.), en la localidad de San Rafael Las Flores, Santa Rosa.

3.9.2. Específicos

- Determinar el tratamiento con la aplicación de IBA 98%, se obtiene el mejor desarrollo radicular y vegetativo del cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.).
- Establecer que tratamiento con la aplicación de IBA 98% incrementa el rendimiento del cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.).

3.10. Metodología

3.10.1. Preparación de suelo y estructura

Se estableció el área de investigación, iniciando con las labores de campo, eliminando todo tipo de maleza presente, después se realizó una labranza de suelo y el trazado de los surcos, siguiendo con la colocación del poliducto principal para la conducción del agua y la colocación de los conectores de llave y las mangueras de goteo, sobre el cual se colocó el nylon de color gris el cual viene perforado a una distancia de 0.40m (Ver figura 25). Se colocó la estructura de acero inoxidable, seguido de la malla anti vectores, luego se realizó la siembra de los pilones de tomate (*S. lycopersicum* L.) variedad Retana.



3.10.2. Trasplante

El trasplante se realizó a los 40 días después del semillero, cuando la planta alcanzó un promedio de 12 cm de altura. Se realizó un riego prolongado hasta su capacidad de campo antes de efectuar el trasplante, el cual se llevó a cabo en horas frescas para evitar estrés calórico de las plántulas. El distanciamiento de siembra entre planta fue de 50 cm y el distanciamiento de surcos de 1.20 m, utilizando estas medidas se logra obtener una población de plantas de 20,833 plantas de tomate (*S. lycopersicum L.*) por Ha (López, 2016).

3.10.3. Diseño experimental

Debido a la gradiente de variabilidad en la pendiente del 15% que se encontró en el área experimental de investigación se utilizó el diseño de bloques al azar, donde se evaluaron tres tratamientos y un testigo absoluto con cinco repeticiones cada uno.

3.10.4. Modelo estadístico

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con la aplicación del modelo matemático que se describe a continuación:

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

Dónde:

Y_{ij} = valor de la variable respuesta asociado a la ij -ésima unidad experimental.

μ = media general

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento

B_j = efecto del j -ésimo bloque

E_{ij} = error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

3.10.5. Tratamientos

En la tabla que se presenta a continuación se enumeran cada uno de los tratamientos evaluados en el proyecto de investigación, el cual se estableció con cuatro tratamientos, tres con diferentes dosis de IBA y un testigo absoluto.

Tabla 5

Descripción de tratamientos

Tratamiento	Dosis (IBA 98%)
1	50 ppm
2	75 ppm
3	100 ppm
4	Testigo absoluto

Nota: Descripción de los tratamientos en base a la concentración en partes por millón evaluadas por cada dosis.

3.10.6. Preparación de la solución

Previo a la aplicación de los tratamientos se llevó a cabo la preparación de la solución base para los tratamientos, la cual consistió en disolver 10 gramos de IBA 98 SP, en 200 cc de alcohol isopropílico C_3H_8O al 95% luego se completará con 800 ml de agua destilada para completar un L de solución de IBA al 98%.

3.10.7. Aplicación de los tratamientos

La aplicación se llevó a cabo 6 días después del trasplante utilizando las diferentes dosis (Ver tabla 5), para cada tratamiento y realizando una sola aplicación. La cual se realizó en forma de drench (aplicación de la mezcla al suelo), dirigida a la zona radicular en cada una de las plantas por tratamiento aplicando por medio de un dosificador 25 ml de solución por planta.

3.10.8. Distribución espacial de los tratamientos

3.10.8.1. Parcela bruta:

La parcela bruta fue delimitada por tres surcos de 4 metros de largo y 1.2 metro de ancho cada uno con una hilera de planta cada surco, y 0.40 metros entre planta. El área de parcela bruta fue de 14.4 m² con un número de plantas por parcela bruta de 30. Dicha parcela comprende el área de investigación para cada tratamiento, siendo un total de 20 parcelas brutas dentro de la investigación (Ver figura 18).

Figura 18

Distribución de los tratamientos y repeticiones



Nota: En la figura 18 se puede observar la distribución de cada uno de los tratamientos en los diferentes bloques esto con el fin de cumplir con el esquema de diseño utilizado (Bloques al azar).

3.10.8.2. Parcela neta:

La parcela neta se conformó por un surco de 1.6m de largo por 1.2 m de ancho ocupando un área de 1.92 m², la distancia entre plantas 0.40 metros teniendo un total de 4 plantas (Ver figura 19), las cuales serán parte de la toma de datos.

Figura 19

Parcela neta



Nota: En la figura anterior se aprecia como se elaboró la parcela neta, en la cual se definieron dos surcos de borde con el fin de evitar variación externa en los tratamientos evaluados.

3.10.9. Variables respuesta

Las variables de respuesta fueron:

- Peso radicular (g).
- Longitud de raíces (cm).
- Diámetro de tallo (cm).
- Altura de la planta (cm).
- Rendimiento (Kg/Ha)

3.10.9.1. Peso radicular (g)

Para cada variable respuesta la recolección de datos se llevó a cabo a los 21 días después de la aplicación de IBA. Para esta variable se cuantificó el peso radicular de cada tratamiento por cada repetición, esto se realizó tomando el peso fresco en gr, utilizando una balanza analítica; esta medición se realizó al final de la investigación, arrancando las 4 plantas de cada



tratamiento (Ver figura 29). Posteriormente se realizó un corte transversal a manera de dividir la zona radicular del resto de la planta, dicho zona radicular se sometió a un lavado para eliminar los restos de suelo que presentaba.

3.10.9.2. Longitud de raíces (cm)

Después de dividir la raíz del tallo, y obtener los valores del peso se utilizó una cinta métrica para la medición de la longitud de las raíces (ver figura 28).

3.10.9.3. Diámetro del tallo (cm)

Los datos de esta variable se determinaron midiendo el diámetro del tallo de las cuatro plantas de los respectivos tratamientos, por medio de un vernier (Ver figura 26).

3.10.9.4. Altura de la planta (cm)

Para la medición de esta variable se tomó la parte vegetativa de las plantas anteriormente evaluadas en diámetro y longitud del tallo, partiendo de la base del tallo hasta el ápice de esta, con la ayuda de una cinta métrica para determinar la longitud respectiva (ver figura 27).

3.10.9.5. Rendimiento (Kg/Ha)

El rendimiento se obtuvo al finalizar el ciclo del cultivo, donde se tabularon todos los datos de cosecha obtenidos durante dicho periodo, expresándolo en Kg/Ha, para cada uno de los tratamientos en investigación (Ver figura 30).

3.11. Materiales y recursos

3.11.1. Ácido indolbutírico (IBA)

El producto utilizado fue el IBA, el cual es un regulador de crecimiento vegetal perteneciente a las auxinas. Es una hormona que actúa en los procesos de división y elongación celular (Aliaga, 2009). Dicho producto se encuentra en presentación de polvo soluble (SP), a una concentración del 98%.

3.11.2. Material vegetal

Se utilizó como material experimental el cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.) variedad Retana, la cual se caracteriza por ser una planta con hábito de crecimiento determinado, fruto tipo Roma o saladette, de color rojo intenso, maduración homogénea del fruto, con un tamaño de fruto de 80-100 gramos, y un ciclo de días a cosecha de 80-90 días después del trasplante.

3.11.3. Equipo de aplicación y medición

Para la aplicación y medición de cada una de las variables respuesta se utilizaron los siguientes materiales:

- 1 fumigadora manual de 16 litros
- 1 cinta métrica
- 1 vernier
- 1 balanza analítica
- 1 balanza de 5 Kg
- Boleta para toma de datos

3.12. Resultados y discusión de resultados

3.12.1. Peso radicular

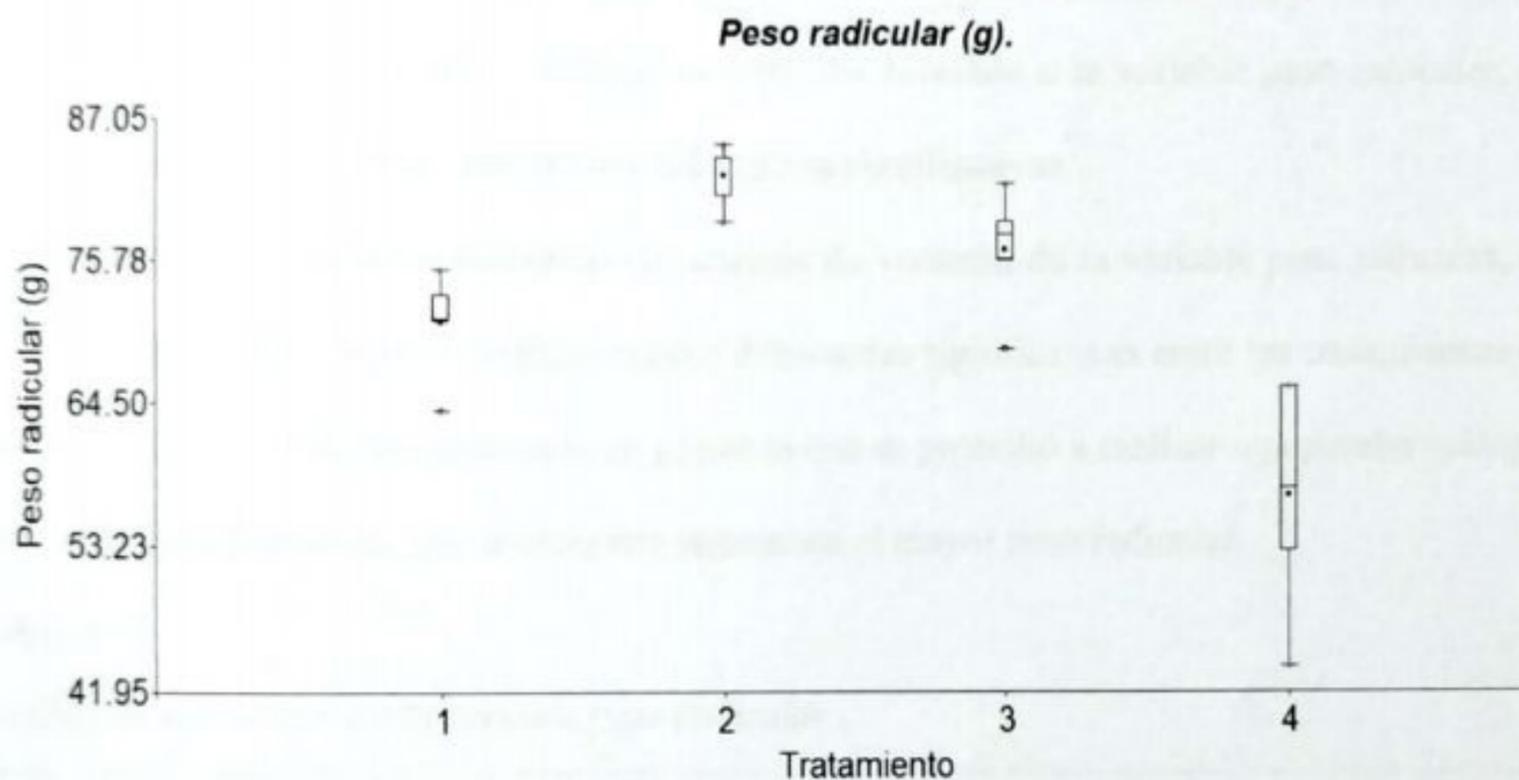
Para la medición de la variable peso radicular en gr, se tomaron las cuatro plantas presentes por tratamiento de cada repetición, obteniéndose el promedio por planta.

Como se muestra en la figura 20, la variable peso radicular se puede observar el comportamiento de los promedios en cada uno de los tratamientos. Demostrando que el tratamiento dos con 75 ppm de IBA 98% obtuvo 82.6 gr de peso, alcanzando el mayor incremento radicular, mientras el testigo absoluto logró 57.4 gr de peso, el cual es el valor de menor crecimiento, confrontando ambos hay un incremento en el peso radicular de 25.6 gr con la aplicación de IBA. Dichos resultados reflejan

un efecto similar a los valores obtenidos por (Cuesta 2014), quien realizó una evaluación del efecto de un biorregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plantines de tomate bajo condiciones protegidas en donde las plantas tratadas con la hormona IBA (0.12%), manifestaron mayor peso seco de raíz que el testigo en todo el ensayo.

Figura 20

Variable peso radicular (gr)



Nota: EL gráfico anterior demuestra los valores promedio de peso radicular alcanzados por cada tratamiento de los cuales el tratamiento dos representó el mayor peso alcanzado con un valor de 82.6 gr.

3.12.2. Análisis de varianza

En la tabla que se presenta a continuación se presentan las variables del análisis de varianza presentando un total de veinte unidades experimentales, dentro de las cuales la variable dependiente es el peso radicular de las plantas de tomate (*S. lycopersicum* L.), expresado en gr.

Respecto al valor del coeficiente de variación en dicha variable este se encuentra en un valor 8.37% demostrando que la información obtenida en el proyecto de investigación es confiable.

Tabla 6

Variables en el análisis de varianza.

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
Peso radicular	20	0.81	0.7	8.37

Nota: En la tabla 6 al realizar el análisis de varianza asociado a la variable peso radicular, se determinó que $p < 0.05$ por lo tanto no hay diferencias significativas.

De acuerdo con los datos obtenidos del análisis de varianza de la variable peso radicular, se determinó que con 95% de confianza, existen diferencias significativas entre los tratamientos en relación con el peso de raíz expresado en gr por lo que se procedió a realizar una prueba múltiple de medias para determinar que tratamiento representa el mayor peso radicular.

Tabla 7

Análisis de varianza para la variable peso radicular.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	1851.10	7	264.44	7.30	0.0015
Repeticiones	101.30	4	25.33	0.7	0.6072
Tratamientos	1749.80	3	583.27	16.10	0.0002
Error	434.	12	36.23		
Total	2285.8	19			

Nota: La tabla 7 representa para la variable tratamientos un $p < 0.05$ lo que nos indica que hay significancia estadística

En la tabla 8 se muestra que el tratamiento dos representa estadísticamente el valor con mayor peso radicular (82.4 gr), respecto a los demás tratamientos. En cuanto a los tratamientos uno y tres no presentaron diferencias significativas entre sí, indicando la similitud del efecto de estos tratamientos en el peso radicular. En cuanto al tratamiento 4 (testigo absoluto), se evidenció la alta diferencia estadística comparado con el resto de los tratamientos, lo cual nos indica que existe efecto de la hormona IBA en el desarrollo radicular de tomate (*S. lycopersicum* L.).

Tabla 8

Prueba de medias para peso radicular (gr)

Tratamiento	Medias	n	Literal
2	82.6	5	A
3	76.8	5	A B
1	70.8	5	B
4	57.4	5	C

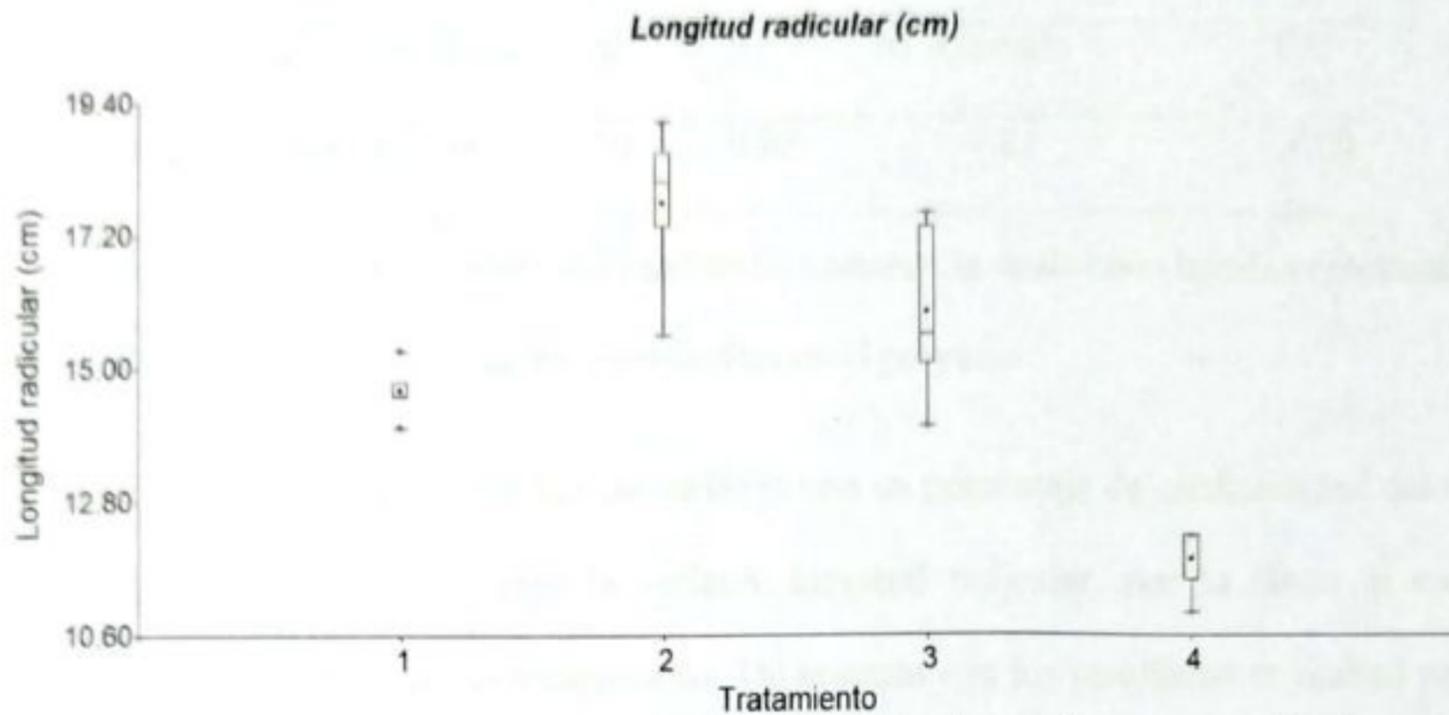
Nota: La tabla 8 nos muestra las medias de los distintos tratamientos, representadas en orden descendente (de mayor a menor peso radicular).

3.12.3. Longitud de raíces

Para la obtención de resultado de esta variable, se llevó a cabo la medición de la longitud del sistema radicular a partir de la base del tallo hasta el ápice radicular pivotante por planta, se tomaron las cuatro plantas presentes por tratamiento de cada repetición, obteniéndose el promedio por planta (Ver figura 21).

Figura 21

Longitud radicular (cm)



Nota: El gráfico representa el comportamiento de los valores promedio de longitud radicular obtenidos por cada tratamiento.

Como se observa en la figura 21, correspondiente a la variable de longitud radicular expresada en centímetros, presenta similitud en la tendencia de los datos en cada tratamiento con respecto a la variable de peso radicular. La utilización de IBA en tomate (*S. lycopersicum* L.), mejora la formación de raíces, observándose en la longitud radicular, demostrando que el tratamiento dos presenta la media con mayor longitud radicular con un valor de 17.65 cm, respecto a los tratamientos uno, tres y cuatro, los cuales presentaron las cifras de crecimiento 14.6 cm, 15.85 cm y 11.85 cm, respectivamente.

3.12.4. Análisis de varianza

En la tabla 9, análisis de varianza de la variable dependiente longitud radicular expresada en cm la cual reporta un coeficiente de variación del 7%, y determinó la confiabilidad de la información obtenida en la investigación.

Tabla 9

Variables del análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
Longitud radicular (cm)	20	0.88	0.81	7.00

Nota: la tabla 9 muestra las variables del análisis de varianza la cuales nos brindan resultados en base a las 20 unidades de investigación establecidas en el proyecto.

Se procedió a realizar el análisis de varianza con un porcentaje de confiabilidad del 95%, donde se observa el $p < 0.0001$, para la variable longitud radicular, por lo tanto, si existen diferencias significativas entre los tratamientos. De acuerdo con los resultados se realizó prueba múltiple de medias, para determinar cuál es mejor tratamiento respecto al crecimiento longitudinal de la raíz en cm.

Tabla 10

Análisis de varianza para la variable longitud radicular (cm).

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	95.49	7	13.5	12.28	0.0001
Repeticiones	5.36	4	1.34	1.22	0.3538
Tratamientos	89.13	3	29.71	27.02	<0.0001
Error	13.19	12	1.10		
Total	107.68	19			

Nota: La tabla anterior muestra que $p < 0.05$ el cual indica que existen diferencias estadísticas altamente significativas.

En la tabla 11, se muestran las medias en orden descendente respecto a su valor a la longitud radicular en centímetros, clasificando al tratamiento dos como el más efectivo para el desarrollo longitudinal de la raíz. Dicho tratamiento presentó un incremento de 1.8 cm, 3.05 cm y 5.8 cm en comparación con los tratamientos tres, uno y cuatro respectivamente, demostrando ser el tratamiento dos con el mayor incremento longitudinal en raíces. Lo cual según Del Valle (2001), representa una relación directa con su evaluación en los efectos de los ácidos acetilsalicílico (ASA), e indolbutírico (IBA), en el enraizamiento in vitro y rendimiento de tomate determinaron que durante el periodo de enraizado los brotes mostraron diferencias significativas en relación con la precocidad de aparición de raíces y grado de desarrollo utilizando dichos biorreguladores de crecimiento. Mientras que Novak & Maskova (1979), obtuvieron el enraizado in vitro de brotes adventicios de tomate variedad money maker establecidos en un medio sin reguladores del crecimiento y esta respuesta de enraizado fue interpretada como resultado de la presencia endógena en los tejidos del tallo, de altos niveles de auxinas. Por lo tanto, Del valle (2001), demostró que la presencia de IBA en el medio de cultivo redujo el tiempo de enraizado, mientras que la presencia de ASA provocó retardo en el enraizado y en desarrollo de la parte aérea de la planta.

Tabla 11

Prueba de medias para la variable longitud de raíz (cm).

Tratamiento	Medias	n	Literal
2	17.65	5	A
3	15.85	5	A B
1	14.60	5	B
4	11.85	5	C

Nota: La tabla anterior nos muestra las medias obtenidas por cada tratamiento y de igual forma establece las agrupaciones literarias obtenidas a través del programa infostat las cuales nos ayudan a determinar la posición de cada tratamiento.

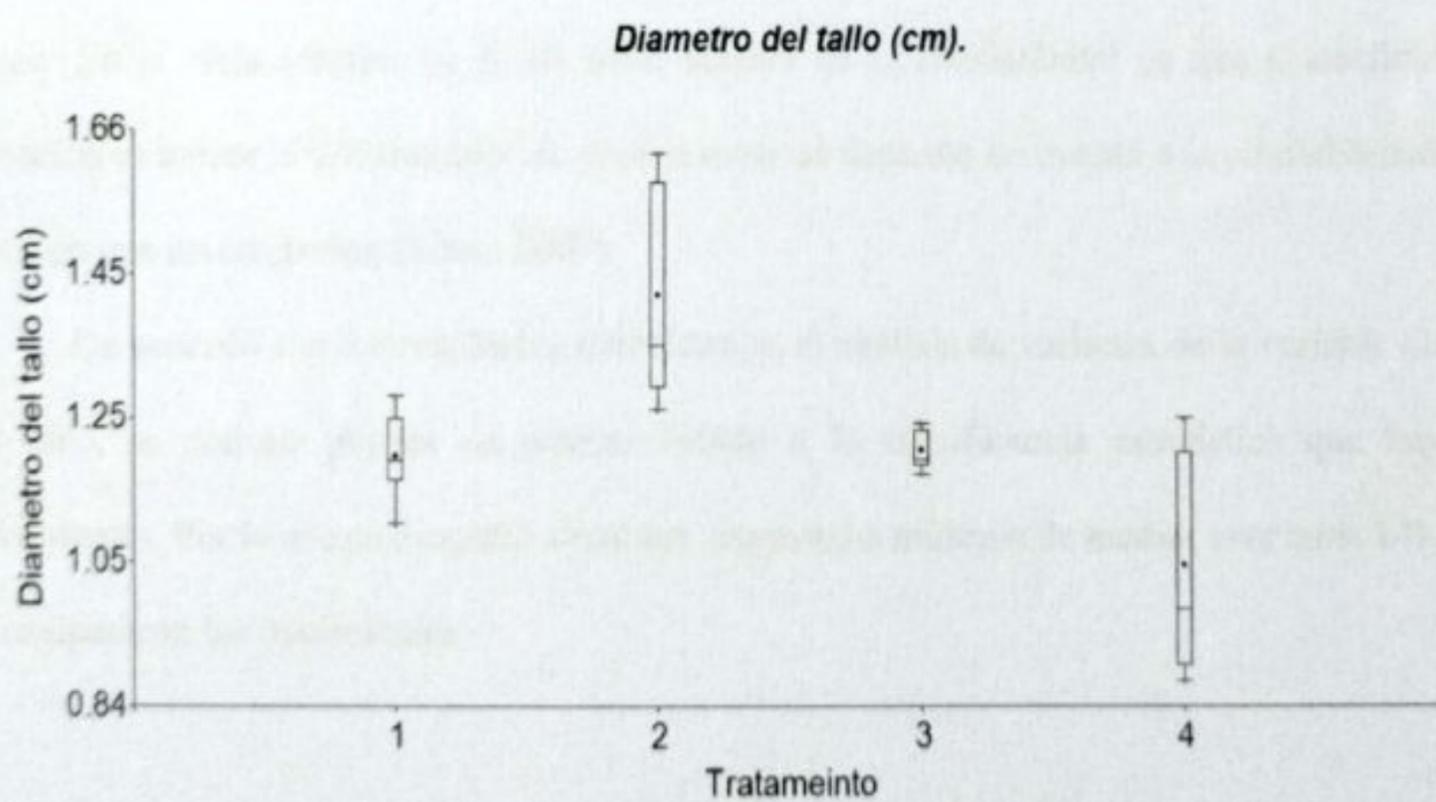
3.12.5. Diámetro de tallo

La variable respuesta diámetro del tallo fue obtenida mediante del promedio de las cuatro plantas expresada en cm.

En la figura 22 se muestran los resultados obtenidos en la variable diámetro del tallo se observa el efecto del IBA, en la formación de raíces, como el caso del testigo absoluto reporta el valor inferior respecto a los demás tratamientos siendo de 1.04 cm de diámetro, posicionándolo a 0.38 cm por debajo del tratamiento dos con 1.42 cm que es el mayor diámetro. Mientras los tratamientos uno y tres ambos obtuvieron el mismo valor de 1.2 cm de diámetro.

Figura 22

Diámetro del tallo (cm)



Nota: La figura 22 muestra como el tratamiento dos obtuvo en mayor crecimiento en longitud radicular en comparación con los demás tratamientos.

3.12.6. Análisis de varianza

En la tabla 12, análisis de varianza de la variable del diámetro del tallo reporta un coeficiente de variación de 10.11%, el cual indica la confiabilidad de la información.

Según el análisis de varianza realizado con los resultados de la variable diámetro del tallo, se determinó que existen diferencias significativas con un p-valor de 0.0034 el cual se encuentra por debajo de 0.05, el cual indica que existen diferencias significativas con el nivel de confianza al 95%.

Tabla 12:

Variables del análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
Diámetro (cm)	20	0.71	0.54	10.11

Nota: En la tabla anterior se puede tener certeza de la confiabilidad ya que el coeficiente de variación es menor al 20% establecido para la toma de decisión en cuanto a la confiabilidad de los datos en una investigación (Sitún, 2007).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de varianza de la variable diámetro del tallo, se realizó prueba de medias debido a la significancia estadística que hay entre tratamientos. Por lo que se procedió a realizar una prueba múltiple de medias (ver tabla 14), donde se compararon los tratamientos.

Tabla 13

Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo (cm).

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	0.44	7	0.06	4.14	0.0153
Repeticiones	0.07	4	0.02	1.24	0.3446
Tratamientos	0.36	3	0.12	8.01	0.0034
Error	0.18	12	0.02		
Total	0.62	19			

Nota: La tabla 13 describe los valores obtenidos en el análisis de varianza con los cuales se determinaron diferencias significativas para los tratamientos $p < 0.05$.

Según la tabla 14, donde se denotan los valores obtenidos de la prueba múltiple de medias de Tukey 5% para la variable diámetro del tallo, se observa que los valores de cada tratamiento varían desde el testigo absoluto con 1.04 cm hasta el tratamiento dos con 1.42 cm, siendo el tratamiento dos el de mayor crecimiento de diámetro de tallo, respecto a los demás tratamientos. Mientras los tratamientos tres y uno reportan el mismo tamaño en el desarrollo del diámetro del tallo.

Tabla 14

Prueba de medias para la variable diámetro del tallo (cm).

Tratamiento	Medias	n	Literal
2	1.42	5	A
3	1.20	5	A B
1	1.20	5	A B
4	1.04	5	B

Nota: En la tabla 14 podemos apreciar las agrupaciones literarias por tratamiento.

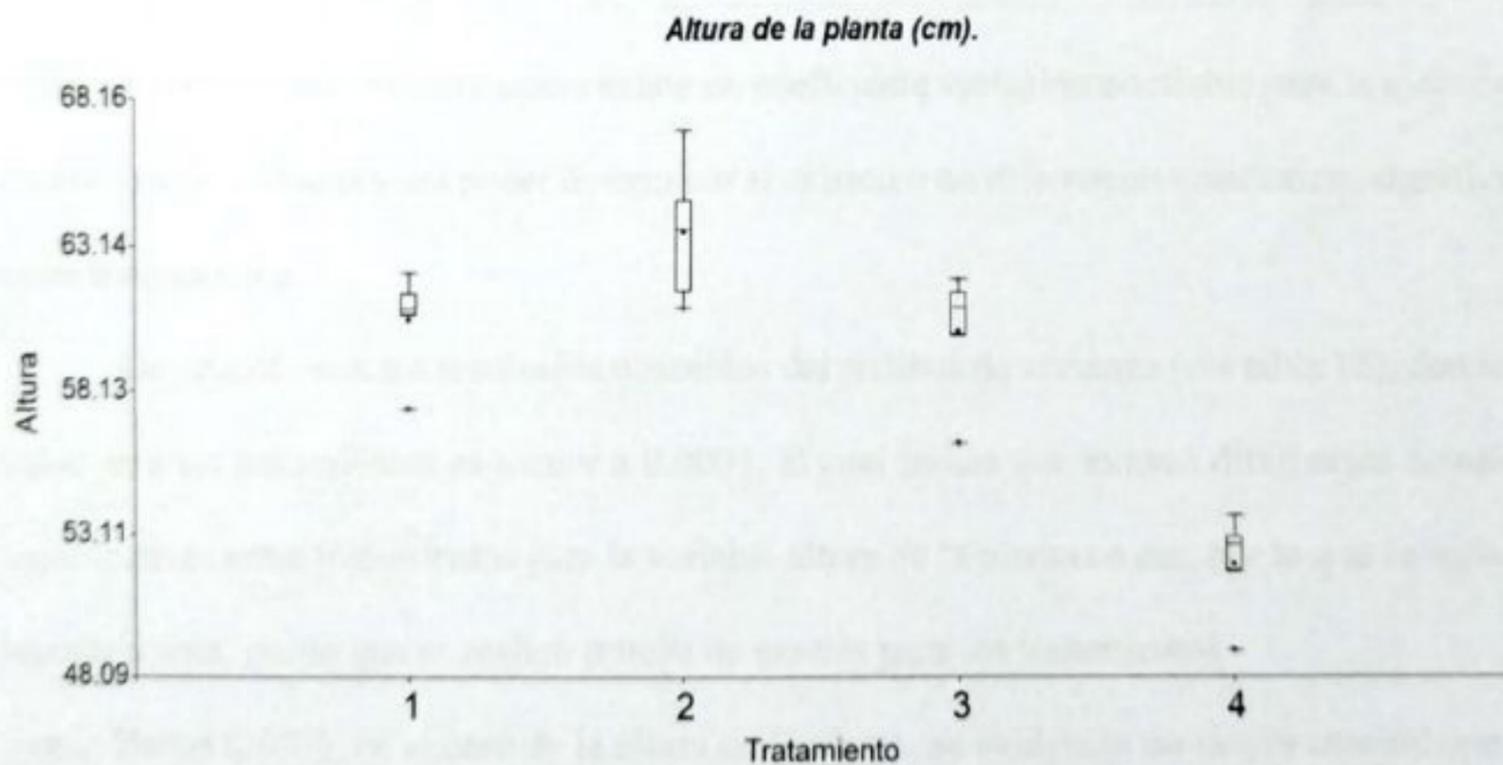
3.12.7. Altura de la planta

Para la medición de la variable altura en cm de la planta se promediaron las plantas por tratamiento.

Según la figura 23, se muestra el comportamiento de los distintos tratamientos respecto a la variable altura de la planta en cm, donde se puede observar que el tratamiento dos presenta una altura promedio de 63.65 cm posicionándose como el mejor tratamiento con efecto del IBA, mientras que los tratamientos uno y tres presenta similitud en cuanto a los valores de altura, con valores de 60.6 cm y 60.15 cm respectivamente. Por otra parte, el testigo absoluto reportó 52.05 cm de altura siendo el de menor desarrollo de la planta.

Figura 23

Altura de la planta (cm)



Nota: En la figura 23 podemos apreciar el comportamiento del crecimiento en altura de las plantas, comparando los distintos tratamientos evaluados durante la investigación. Demostrando

que la dosis de 75 ppm (Tratamiento 2), resulta ser la dosis efectiva respecto a los demás tratamientos.

3.12.8. Análisis de varianza

Se realizó el análisis de varianza para altura de planta con 95% de confianza, el cual determinó un coeficiente de variación de 3.59%, este en un valor aceptable, por estar debajo del límite establecido al 20% (Sitún, 2007).

Tabla 15

Variables del análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
Diámetro (cm)	20	0.88	0.81	3.59

Nota: La tabla 15 nos muestra como existe un coeficiente variación confiable para la ejecución de un análisis de varianza y así poder determinar si existen o no diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de varianza (ver tabla 16), donde el p-valor para los tratamientos es menor a 0.0001, el cual indica que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la variable altura de la planta en cm, por lo que se rechaza la hipótesis nula, por lo que se realizó prueba de medias para los tratamientos

Según Baños (2009), en el caso de la altura de la planta, se evidencia un mayor crecimiento a los 35 días de la aplicación del producto, donde se obtienen los mayores valores de elongación del tallo con el IBA a una concentración de 100ppm lo cual mostró una diferencia sustancial con la dosis de 50ppm.

Según la tabla 16, al desarrollar el análisis de varianza correspondiente a la variable altura de la planta en cm, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 16

Análisis de varianza para la variable altura de la planta (cm).

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	388.77	7	55.54	12.33	0.0001
Repeticiones	19.98	4	5.00	1.11	0.3967
Tratamientos	368.78	3	122.93	27.30	<0.0001
Error	54.04	12	4.50		
Total	442.81	19			

Nota: En la tabla anterior se demuestra que con un $p < 0.0001$ el factor tratamiento en la variable altura presenta diferencias estadísticas altamente significativas.

En base a los resultados obtenidos de la prueba múltiple de medias de Tukey con 5% para la variable altura de la planta en cm, se observa que los tratamientos dos, tres y uno presentan respuesta a la evaluación de IBA, en contraste con el testigo absoluto. Por lo tanto, se infiere que los tratamientos con IBA son estadísticamente iguales, con lo cual se demostró que hay efecto de IBA en sus diferentes dosis de aplicación.

Tabla 17

Prueba de medias para altura de la planta (cm).

Tratamiento	Medias	n	Literal
2	63.65	5	A
3	60.60	5	A
1	60.15	5	A
4	52.05	5	B

Nota: En la tabla podemos apreciar como los tratamientos 2,3 y 1 se encuentran agrupados dentro del mismo grupo literal por lo que los resultados obtenidos estadísticamente son similares, sin embargo, el tratamiento 2 presento la media de mayor altura en el crecimiento de la planta.

3.12.9. Rendimiento en kilogramos por hectárea

El rendimiento Kg/Ha, se obtuvo sumando cada una de la producción por parcela y posteriormente se promediando por cada tratamiento, tuvo una duración de 120 días después del trasplante, y fue hasta que finalizó el ciclo productivo del cultivo.

En base a los resultados obtenidos se procedió a realizar un análisis de varianza en donde se determinó que con 2.62% de coeficiente de variación existían diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 18

Variables del análisis de varianza

Variable	N	R2	R2 Ajustado	CV
Rendimiento Kg/Ha	20	0.69	0.51	2.62

Nota: En la tabla 18, el análisis de varianza de la variable rendimiento reporta un coeficiente de variación del 2.62%, determinando la confiabilidad de la información obtenida en la investigación.

En base al análisis de varianza con un 95% de confiabilidad realizado para la variable rendimiento se determinó que existen diferencias significativas entre tratamientos, debido a que el p-valor de los tratamientos es de 0.0033, esto nos confirma dichas diferencias, debido a que el p-valor es menos a 0.05. Por lo que se rechaza la hipótesis nula, realizando la prueba múltiple de medias Tukey con 5%, para los tratamientos evaluados para encontrar el mejor rendimiento.

Tabla 19

Análisis de varianza para la variable rendimiento Kg/Ha

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	125258743.50	7	17894106.21	3.78	0.0213
Repeticiones	11031808.70	4	2757952.18	0.58	0.6813
Tratamientos	114226934.80	3	38075644.93	8.04	0.0033
Error	56816913.70	12	4734742.81		
Total	182075657.20	19			

Nota: Al desarrollar el análisis de varianza correspondiente se determinó que el valor calculado $p < 0.05$ existen diferencias significativas entre tratamientos para la variable rendimiento

En la tabla 20, se presentan los resultados de la prueba múltiple de medias de Tukey con 5%, para el rendimiento del cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.), se observa que el tratamiento dos (75 ppm IBA), muestra diferencias estadísticas de los demás tratamientos evaluados, determinando que es el mejor tratamiento con 85,998.00 Kg/Ha, por otra parte el testigo represento 79,771.20 K/Ha siendo el menor rendimiento del cultivo, demostrando que hay efecto de la aplicación del IBA, al incrementar el rendimiento en 6,226.8 Kg/Ha.

Tabla 20

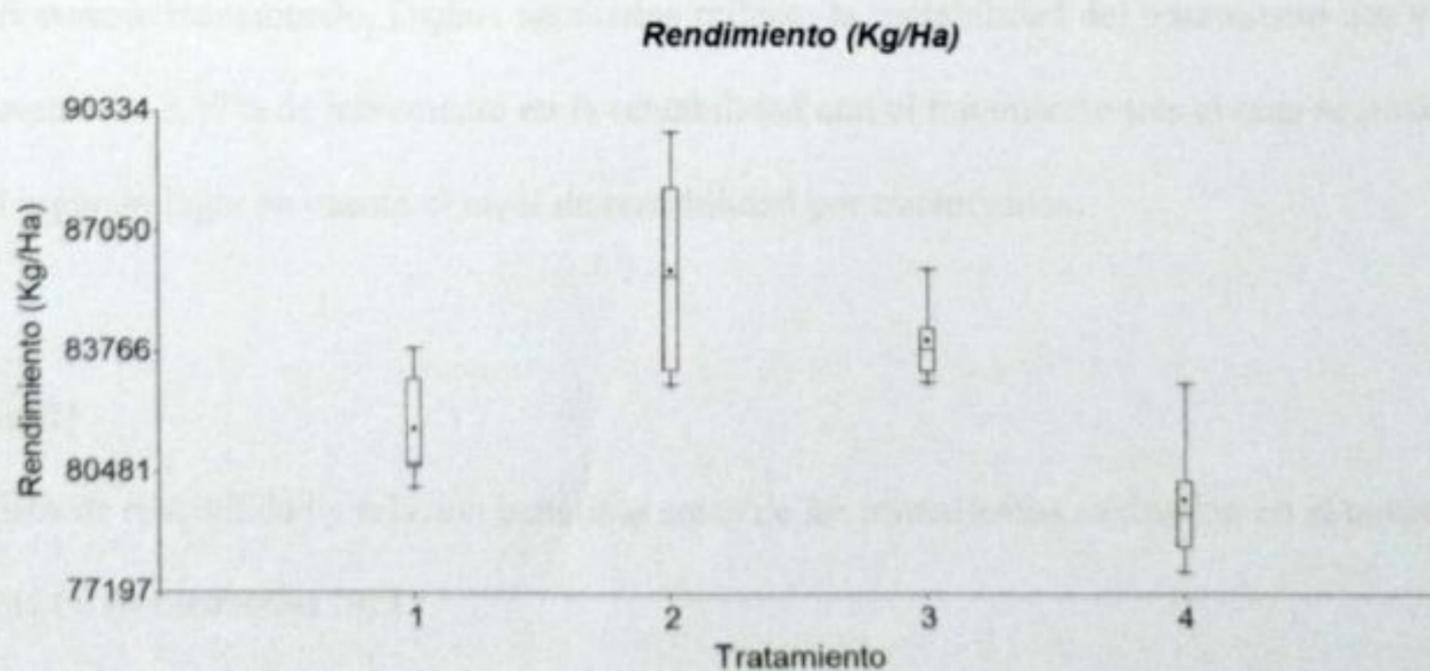
Prueba de medias para Rendimiento Kg/Ha

Tratamiento	Medias	n	Literal
2	85998.00	5	A
3	84323.80	5	A B
1	81699.80	5	B C
4	79771.20	5	C

Nota: En la tabla anterior se muestran las medias de mayor a menor en relación con el rendimiento del cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.).

Figura 24

Rendimiento en Kg/Ha de los distintos tratamientos



Nota: En la figura 24, podemos apreciar los niveles de rendimiento alcanzados por cada uno de los tratamientos evaluados en la investigación, dichos resultados reflejaron la eficacia del tratamiento dos en el aumento de los rendimientos del cultivo.

3.12.10. Análisis económico

De acuerdo con resultados obtenidos en el análisis económico el tratamiento dos presentó la mayor rentabilidad en base al resultado en la tasa marginal de retorno con 98.87% en comparación con los demás tratamientos evaluados, indicando en la relación beneficio costo, que por cada quetzal invertido en el proyecto se obtuvieron 0.99 quetzales de ganancia. Dicho resultado representa relación directa con los resultados obtenidos en la variable rendimiento en los cuales el tratamiento dos obtuvo el mayor rendimiento en Kg/Ha respecto a los demás tratamientos, lo cual nos indica que el tratamiento dos representa la mayor rentabilidad dentro de los tratamientos evaluados.

En cuanto a los tratamientos uno, tres y testigo absoluto presentaron una rentabilidad de 88.72%, 95.00%, 84.47% respectivamente. Demostrando que al igual que el tratamiento dos son rentables, sin embargo, representan una menor utilidad en comparación al tratamiento anteriormente mencionado. Dichos resultados reflejan la rentabilidad del tratamiento dos ya que representó un 3.87% de incremento en la rentabilidad con el tratamiento tres el cual se posicionó en el segundo lugar en cuanto al nivel de rentabilidad por tratamientos.

Tabla 21

Análisis de rentabilidad y relación beneficio costo de los tratamientos evaluados, en el cultivo de tomate (*S. lycopersicum* Mill.)

Tratamiento	Descripción	TMR (Rentabilidad)	Beneficio/Costo
1	50 ppm de IBA (98%)	88.72	1.89
2	75 ppm de IBA (98%)	98.87	1.99
3	100 ppm de IBA (98%)	95.00	1.95
4	Testigo absoluto	84.47	1.84

Nota: En la tabla anterior observamos los valores de la tasa marginal de retorno los cuales nos indican las ganancias obtenidas por cada quetzal invertido.

Conclusiones

- Se determinó que con la aplicación de IBA 98% al 75 ppm se obtiene el mejor desarrollo radicular y vegetativo del cultivo del tomate (*S. lycopersicum* L.), al obtener 82.50 gr de peso radicular, 17.65 cm de longitud radicular, altura de planta de 63.65 cm y diámetro 1.42 cm, comparado con los tratamientos de 50 ppm, 100 ppm y el testigo absoluto.
- Se estableció que con la aplicación de IBA 98% al 75 ppm al cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.), se obtuvo un rendimiento 85,998 Kg/Ha, incrementó en un 7.24%, 5% y 1.95% en el rendimiento con respecto al testigo absoluto, 50 ppm y 100 ppm, respectivamente.

3.13. Recomendaciones

- Se recomienda evaluar el uso de hormona IBA a menor dosis 60 ppm, comparándolo con el mejor tratamiento según los resultados de esta investigación con 75 ppm.
- Realizar comparación del efecto de la aplicación exógena de hormona IBA con diversos planes de manejo nutricional en el cultivo de tomate (*S. lycopersicum*).
- Es necesaria la implementación de planes nutricionales en base a los resultados de un análisis de suelo, previo al establecimiento del cultivo con el fin de asegurar el suministro

3	100 ppm de IBA (98%)	95.00	1.95
4	Testigo absoluto	84.47	1.84

Nota: En la tabla anterior observamos los valores de la tasa marginal de retorno los cuales nos indican las ganancias obtenidas por cada quetzal invertido.

3.13. Conclusiones

- Se determinó que con la aplicación de IBA 98% al 75 ppm se obtiene el mejor desarrollo radicular y vegetativo del cultivo del tomate (*S. lycopersicum* L.), al obtener 82.50 gr de peso radicular, 17.65 cm de longitud radicular, altura de planta de 63.65 cm y diámetro 1.42 cm, comparado con los tratamientos de 50 ppm, 100 ppm y el testigo absoluto.
- Se estableció que con la aplicación de IBA 98% al 75 ppm al cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.) se obtuvo un rendimiento 85,998 Kg/Ha, incrementó en un 7.24%, 5% y 1.95% en el rendimiento con respecto al testigo absoluto, 50 ppm y 100 ppm, respectivamente.

3.14. Recomendaciones

- Se recomienda evaluar el uso de hormona IBA a menor dosis 60 ppm, comparándolo con el mejor tratamiento según los resultados de esta investigación con 75 ppm.
- Realizar comparación del efecto de la aplicación exógena de hormona IBA con diversos planes de manejo nutricional en el cultivo de tomate (*S. lycopersicum*).
- Es necesaria la implementación de planes nutricionales en base a los resultados de un análisis de suelo, previo al establecimiento del cultivo con el fin de asegurar el suministro adecuado de nutrientes a las plantas y de esta forma lograr integrar el uso de hormona IBA para aprovechar su eficiencia en el desarrollo radicular y productivo de la planta.



- Se recomienda para investigaciones futuras realizar una comparación del efecto de hormona IBA con un testigo relativo que presenta diferente concentración de su ingrediente activo.

3.15. Bibliografía

- Agrologica. (2019). *Agrologica*. Obtenido de Autodiagnostico de plagas: <http://blog.agrologica.es/deficiencias-y-excesos-nutricionales-en-cultivo-tomate-sintomas-y-correccion-fertilizantes-nitrogeno-fosforo-potasio-magnesio-calcio-azufre-hierro-zinc-manganeso-boro-molibdeno-cloro/>
- Aliaga (2009). *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ*. Recuperado el 2009, de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2567/Aliaga%20Perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alvarez, E. (2018). *CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA*. Obtenido de Cultivo de tomate: http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Centa_Tomate%202019.pdf
- Avalos, C. (Abril de 2013). PRODUCCIÓN DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) DE CRECIMIENTO INDETERMINADO EN. *Universidad Rafael Landívar*. Guatemala, Guatemala.
- Baños, H. L., Alemán, J., Martínez, M., Ravelo, J., Surís, M., Miranda, I., & Rodríguez, H. (2009). Efecto de bioestimulantes sobre la germinación y el crecimiento de *Murraya paniculata* L. *Cultivos Tropicales*, 30(1), 00-00.



Buono, S. (11 de Octubre de 2012). Enfermedades del tomate. *Instituto Nacional de Tecnología*

Agropecuaria. Mexico, Mexico.

Cabrera, F. A. V. (2004). *Producción de hortalizas de clima cálido*. Univ. Nacional de Colombia.

CANNA. (2019). Reguladores del crecimiento vegetal. *CANNA*.

Carravedo Fantova, M., & Galarreta Gomez, J. I. (Marzo de 2005). *VARIEDADES AUTÓCTONAS. Banco de Germoplasmas*. Zaragoza, España.

CAMARGO C., P. R.; MELINSKY S., C.; ANDRADE P., M.; MAZZA R., J. L. ROSSI, G. 2009.

Agroquímicos de Controle Hormonal, Fosfitos e Potencial de Aplicação dos Aminoácidos na Agricultura Tropical. Piracicaba. Serie Produtor Rural. Universidad de São Paulo-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-Divisão de Biblioteca e Documentação. São Paulo, Brasil.

83p.

HYPERLINK

"<http://www2.esalq.usp.br/biblioteca/PUBLICACAO/Serie%20Produtor%20Rural%20Especial%20-%20Agroquimicos%20de%20Controle%20Hormonal/>"

\t

"_blank"

<http://www2.esalq.usp.br/biblioteca/PUBLICACAO/Serie%20Produtor%20Rural%20Especial%20-%20Agroquimicos%20de%20Controle%20Hormonal/>

Cuesta, G., & Mondaca, E. (2014). Efecto de un biorregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plantines de tomate. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 20(2), 215-222

Del Valle, J. R. E., Castañeda, G. C., Garcia, P. S., Mendoza, M. D. L. N. R., & del Carmen

Mendoza, M. EFECTOS DE LOS ÁCIDOS ACETILSALICÍCO E INDOLBUTÍRICO EN EL ENRAIZAMIENTO IN VITRO Y RENDIMIENTO DE TOMATE (LVCOPERSICON ESCULENTUM MILL.) *Revista Fitotecnia Mexicana*, enero-junio, año/vol. 24, número 001 Sociedad Mexicana de Fitogenética, AC.



DIPLAN-MAGA. (2016). *El agro en cifras*. Obtenido de Comercio del tomate:

<https://www.maga.gob.gt/download/El%20agro16.pdf>

Earth, G. (2020). *Us dept of state Geographer*. San Rafael las Flores, Santa Rosa, Guatemala.

Earth, G. (2020). *Us dept of state Geographer*. *San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala*.

Enriquez, J. C. (2001). Efectos de los ácidos acetilsalicílico e indolbutírico en el enraizamiento in vitro de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) . *Revista fitotécnica Mexicana*, 71-78.

Erandy, R. (9 de Octubre de 2015). Clasificación de estructuras para la agricultura protegida.

Hortalizas. Recuperado el 25 de Abril de 2019, de

[https://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/clasificacion-de-estructuras-para-la-](https://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/clasificacion-de-estructuras-para-la-agricultura-protegida/)

[agricultura-protegida/](https://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/clasificacion-de-estructuras-para-la-agricultura-protegida/)

Escobar , H., & Lee, R. (2009). Manual de producción de tomate bajo invernadero . *Universidad de Bogota* . Bogota , Colombia .

FASAGUA. (2015). Parcelas de cultivos. *Nuestro campo*, 39.

Flores, C. (11 de Octubre de 2012). Guía Enfermedades de tomate . *Ediciones INTA* . Mexico , Mexico .

Fornaris , G. (Junio de 2007). Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate1. *Estacion Experimental Agrícola* . Puerto Rico , Puerto Rico.

Fornaris, P. G. (13 de Abril de 2019). *Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate*.

Obtenido de Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate:



<http://136.145.11.14/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/TOMATE-Caracter%C3%ADsticas-de-la-Planta-v2007.pdf>

Franquesa, M. (17 de Agosto de 2016). Conoce bien lo relevante de la oruga del tomate. *Agroptima blog*. Recuperado el 16 de Junio de 2019, de <https://www.agroptima.com/es/blog/conoce-bien-lo-relevante-de-la-oruga-del-tomate/>

Guerrero Ruiz , J. C., & Romo López, I. (30 de Octubre de 2013). Control del nemátodo de los nódulos en tomate. *Hortalizas*. Recuperado el 16 de Junio de 2019, de <https://www.hortalizas.com/cultivos/tomates/control-del-nematodo-de-los-nodulos-en-tomate/>

Giorgini, S. (11 de Octubre de 2012). Enfermedades del Tomate . *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria* . Mexico , Mexico .

Godoy, A. (2016). Importancia del fósforo por las plantas. *Grupo SACSA*.

Gomez , R., & Hernandez , L. (Noviembre de 2011). Enfermedades fungosas y bacterianas del cultivo de tomate en el estado de Nayarit. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias* . Mexico , Mexico .

Google Earth. (2020). Mapa mundial. San Rafael Las Flores, Santa Rosa Guatemala, Centro América.

Graciela, C., & Eduardo, M. (Agosto de 2014). Efecto de un biorregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plantines de tomate. *Revista Chapingo. Serie horticultura*. Recuperado el 5 de Abril de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2014000200007



- Haifa. (2020). *Recomendaciones nutricionales para tomate*. Obtenido de <https://www.haifa.com/group.com/es/recomendaciones-nutricionales-para-tomate>
- HERNANDEZ, J. L. (Diciembre de 2004). *ciqa*. Recuperado el 18 de Abril de 2019, de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/456/1/Jose%20Luis%20Aldana%20Hernandez.pdf>
- Infoagro. (11 de Abril de 2019). *Cultivo de tomate*. Obtenido de Cultivo de tomate: <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>
- Infoagro. (11 de Abril de 2019). *Infoagro*. Obtenido de Infoagro : http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_i_.asp
- Ing. Isauro, S., & Ing. Eddie, M. (Marzo de 2015). FASAGUA . (A. Garcia, Ed.) *Nuestro Campo* . Recuperado el 10 de Abril de 2019, de https://issuu.com/wogc/docs/revista_fasagua_42
- Insivumeh. (2019). Obtenido de Datos climaticos anuales: <http://www.inisivumeh.gob.gt>
- Jordan, M., & Casaretto, J. (2006). *Hormonas y reguladores del crecimiento*. Universidad de la Serena. Recuperado el 24 de Abril de 2019, de <http://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Auxinasgiberelinasycitocininas.pdf>
- Koppert. (2020). *Plagas del cultivo de tomate*. Obtenido de Minador del tomate (Lyriomiza brioniae): <https://www.koppert.es/retos/minadores-de-hoja/minador-del-tomate/>
- Kovalchuk, S., & Gardener, M. (2006). El Tomate, sus Datos e Historia. *Extensión Cooperativa de Texas del Condado de Harris*.



- López Marín, L. M. (2016). MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE TOMATE. *Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en. San Jose, Costa Rica .*
- MAGA. (Octubre de 2002). Mapa de zonas de vida de Holdrige Republica de Guatemala. Guatemala. Recuperado el 09 de Marzo de 2019, de Ministerio de Agricultura Ganaderia y Alimentacion: <https://www.maga.gob.gt/mapas/>
- MAGA. (2008). *Ministerio de Agricultura Ganaderia y Alimentacion*. Obtenido de Cultivo tomate.
- MAGA. (2016). Aspectos productivos del tomate. *El agro en cifras*, 69.
- MAGA. (2019). Obtenido de Ministerio de Agricultura Ganaderia y -alimentación. Zonas de vida: <https://www.maga.gob.gt/mapas/>
- Novák, F. and I. MAskova. 1979. Apical shoot tip culture of tomato, *Scientia Horticultre* 10: 337-344
- Perez, Arias, F. A. (Marzo de 2015). Evaluacion De Tipo De Cubierta Para Macrotunel En Produccion De Chile Pimiento; Monjas, Jalapa . *Universidad Rafael Landivar . Guatemala, Guatemala.*
- Perez, Garcia , F. (2008). Fungus gnat: Insecto plaga en ornamentales . *inifap* .
- Perez, J., & Hurtado , G. (Febrero de 2013). Cultivo de Tomate. *Centro Nacional de Tecnologia Agropecuaria y Forestal*. San Salvador, El Salvador.



- PEREZ, W. A. (11 de Abril de 2019). *EVALUACIÓN DE TRES CULTIVARES DE TOMATE DE CRECIMIENTO INDETERMINADO*,. Obtenido de EVALUACIÓN DE TRES CULTIVARES DE TOMATE DE CRECIMIENTO INDETERMINADO,; <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2017/06/09/Aldana-Walfred.pdf>
- Plagas y enfermedades del tomate. (s.f.). *El Huerto Urbano.net*. Recuperado el 21 de Abril de 2019, de <https://www.elhuertourbano.net/plagas/plagas-y-enfermedades-del-tomate/>
- Range, E. (2009). *Universidad del Valle de Guatemala*. Recuperado el 25 de Abril de 2019, de http://altiplano.uvg.edu.gt/proyectos/cdr/practicas/2009/Agricultura-Protegida/agricultura-protegida_tecnicosIMPRENTA.pdf
- Range, I. E. (Noviembre de 2009). *Universidad del Valle de Guatemala*. Recuperado el 25 de Abril de 2019, de http://altiplano.uvg.edu.gt/proyectos/cdr/practicas/2009/Agricultura-Protegida/agricultura-protegida_tecnicosIMPRENTA.pdf
- Recinos. (2015). *Evaluacion de frecuencias de aplicacion de Trichoderma harzianum sobre el desarrollo radicular en tomate*. Guatemala.
- Rivera Cisneros , M. (Marzo de 2014). *EVALUACIÓN DE CUATRO PRODUCTOS PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE LA*. *Universidad Rafael Landivar*. Guatemala, Guatemala.
- Rodriguez , V. (2019). *Manual de Plagas*. *Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Mexico*.
- Rodriguez, V. (Agosto de 2009). *Manual de Plagas y Enfermedades en Jitomate* . Mexico , Mexico
- Salas, C. (2016). *Plagas del tomate Pulgones* . *INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS INIA INTIHUASI*, 2.



Silva, R., & Alvarez, Z. (2003). *Estrategias de control de la roya del cafeto con la aplicación de un fungicida protector y sistémico en patrocínio minas Brasil*. Recuperado el 06 de Abril de 2019, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002192X2003000400005&lng=es&tlng=es

Sitún, M. (2007). *Investigación Agrícola*. Bárcena, Villa Nueva, Guatemala: ENCA.

SYNGENTA. (2020). *Plagas del cultivo de tomate*. Obtenido de Trips en tomate: <https://www.syngenta.es/cultivos/tomate/plagas/trips>

Thimann K. 1977. *Hormone action in the whole life of plants*. Amherst: University of Massachusetts Press.

Torres, A. (2017). *Inia*. Recuperado el 17 de Abril de 2019, de Manual del cultivo de tomate al aire libre: <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/11%20Manual%20Tomate%20Aire%20Libre.pdf>

Trujillo Vasquez , M. A. (Diciembre de 2013). *Evaluación técnica y financiera del cultivo de tomate (Lycopersicum)*. UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO. Mexico , Mexico .

Zambrano, A. P. (2009). Agrosavia. *Cultivo de tomate en invernadero* (Primera Edición ed., pág. 56). Recuperado el 19 de ABRIL de 2019, de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2196/43989_55756.pdf?sequence=1&isAllowed

quence=1&isAllowed

3.16. Anexos

Figura 25:

Establecimiento de la parcela de investigación.



Figura 26

Medición de diámetro de tallo



Figura 27

Medición de altura de la planta.



Figura 28

Medición de la longitud radicular



Figura 29

Pesaje de raíces



Figura 30

Cosecha

