



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES INGENIERÍA AGROPECUARIA

TEMA:

EFFECTO DE TRES FÓRMULAS NUTRICIONALES EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE PIMIENTO (*Capsicum annuum*), FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris*) y MAÍZ (*Zea mays*), EN EL SECTOR TANGUARÍN, IMBABURA.

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR:

MALLAMAS TITUAÑA MARCO ANTONIO

DIRECTOR

Ing. MIGUEL ALEJANDRO GÓMEZ CABEZAS, MSc.

IBARRA – ECUADOR

2020

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA EN AGROPECUARIA

**“EFECTO DE TRES FÓRMULAS NUTRICIONALES EN LA PRODUCCIÓN DE
PLÁNTULAS DE PIMIENTO (*Capsicum annum*), FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris*)
y MAÍZ (*Zea mays*), EN EL SECTOR TANGUARÍN, IMBABURA”.**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por el cual se autoriza a su
presentación como requisito parcial para obtener el Título de:

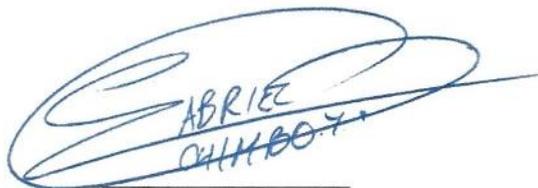
INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:



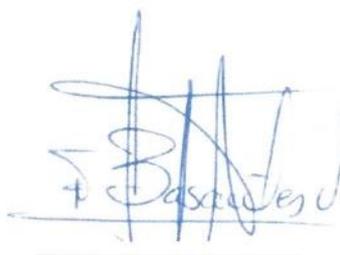
MSc. Miguel Gómez.

DIRECTOR



MSc. Gabriel Chimbo.

MIEMBRO TRIBUNAL



MSc. Fernando Basantes.

MIEMBRO TRIBUNAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN NRO. 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra-Ecuador

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte de manera digital para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA:	100378281-8
NOMBRES Y APELLIDOS:	Marco Antonio Mallamas Tituaña
DIRECCIÓN:	Abelardo Morán 4-86 y Lucio Tarquino Páez
EMAIL:	mamallamast@utm.edu.ec
TELEFONO FIJO Y MOVIL:	0968330042
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EFECTO DE TRES FÓRMULAS NUTRICIONALES EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE PIMIENTO (<i>Capsicum annuum</i>), FRÉJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i>) y MAÍZ (<i>Zea mays</i>), EN EL SECTOR TANGUARÍN, IMBABURA.
AUTOR:	Marco Antonio Mallamas Tituaña.
FECHA:	26 de Noviembre del 2020.
SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
DIRECTOR:	Ing. Miguel Gómez Msc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que a obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 26 días del mes de noviembre de 2020

EL AUTOR:

(Firma)

Nombre: Mallamas Tituaña Marco Antonio

MISIÓN INSTITUCIONAL: Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Marco Antonio Mallamas Tituaña, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 26 días del mes de noviembre de 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Miguel Gómez', enclosed within a large, loopy circular scribble.

.....

Ing. Miguel Gómez MSc.

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 26 días del mes de noviembre de 2020

MALLAMAS TITUAÑA MARCO ANTONIO: "EFECTO DE TRES FÓRMULAS NUTRICIONALES EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE PIMIENTO (*Capsicum annuum*), FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris*) y MAÍZ (*Zea mays*), EN EL SECTOR TANGUARÍN, IMBABURA". /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 26 días del mes de noviembre. 143 páginas.

DIRECTOR: Ing. MIGUEL ALEJANDRO GÓMEZ CABEZAS. MSc

El objetivo principal de la presente investigación fue:

Evaluar el efecto de tres fórmulas nutricionales en el desarrollo de plántulas de fréjol, maíz y pimiento.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Evaluar el efecto de las fórmulas nutricionales en la germinación y crecimiento de plántulas de fréjol, maíz y pimiento.
- Determinar la concentración de nutrientes en las plántulas de fréjol, maíz, pimiento.



.....
Ing. MIGUEL ALEJANDRO GÓMEZ CABEZAS. MSc

Director de trabajo de grado



.....
Mallamas Tituaña Marco Antonio

Autor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por ser el eje principal de mi existencia y permitirme alcanzar un logro más en mi vida. A mis padres, hermanos y familiares cercanos que me han acompañado a lo largo de mi vida estudiantil, aportando los valores morales como: el respeto, puntualidad, perseverancia, la voluntad, la humildad y también de su apoyo continuo para no rendirme y culminar mis proyectos a pesar de los obstáculos que la vida nos puede presentar. A mi hijo, que me ha dado todo su amor y con quien día a día hemos compartido risas y locuras, siendo aquella persona que a pesar de su corta edad siempre me da las fuerzas para seguir adelante. A la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, a la carrera de Ingeniera Agropecuaria, la cual me ha permitido culminar mis estudios superiores.

A mis profesores guías, mi director Ing. Miguel Gómez, Msc, por su preocupación y apoyo continuo en la realización de la presente investigación, y por motivarme a seguir desarrollándome como profesional, mis asesores Ing. Gabriel Chimbo, MSc, e Ing.

Fernando Basantes, MSc quienes aportaron con sus conocimientos técnicos para el desarrollo de este trabajo. Además, agradezco a la empresa AGROS “Agroservicios del Ecuador” e IFG “Innovaciones agropecuarias” por darme todas las guías y recursos necesarios para poder iniciar y culminar con este proyecto. Por último y de manera especial agradezco a Dayana Villavicencio, por darme la oportunidad de ser padre, por ser más que una amiga incondicional y también mi guía a lo largo de la carrera.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a las personas que hacen parte de mi vida, mis padres: Marcos Mallamas y Lucía Tituaña, quienes me han apoyado de manera continua, son mi ejemplo a seguir de perseverancia y constancia, mis padres son mis héroes, aquellos que me dieron la oportunidad de seguir estudiando. A mis queridos hermanos Richard, Gabriela, Andrés quienes son mis mejores amigos, mis consejeros, mi motivación, los cuales siempre permanecen a mi lado en momentos buenos y malos sacándome una sonrisa. A mi tía Margarita Mallamas por ser un apoyo incondicional en toda mi vida. A mi hijo Daniel Mallamas por ser la motivación que día a día me pone de pie. Este trabajo va dedicado para ustedes, por demostrarme que todo se puede lograr con constancia y amor en lo que se hace.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	20
1. INTRODUCCIÓN	22
1.1 Antecedentes	22
1.2 Problema de investigación	24
1.3 Justificación	25
1.4 Objetivos	28
1.4.1 Objetivo general	28
1.4.2 Objetivos específicos	28
1.5 Hipótesis	28
2. MARCO TEÓRICO	29
2.1 Cultivo de fréjol en Ecuador	29
2.2 Cultivo de maíz en el Ecuador	29
2.3 Cultivo de pimiento en Ecuador	30
2.4 Semillas.....	31
2.4.1 <i>Semillas monocotiledóneas</i>	31
2.4.2 <i>Semillas dicotiledóneas</i>	32
2.4.3 <i>Germinación de las semillas</i>	34
2.4.4 <i>Procesos de germinación</i>	34
2.5 Reservas nutricionales de la semilla	35
2.6 Nutrientes esenciales para las plantas	35
2.6.1 <i>Nutrientes activadores de crecimiento</i>	36
2.6.2 <i>Nutrientes en relación con el vigor de las plantas</i>	37
2.8 Sustratos inertes	40
3. MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1 Caracterización del área de estudio.....	42
3.1.1 <i>Ubicación</i>	42
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS	43
3.2.1 <i>Materiales de campo</i>	43
3.2.2 <i>Materiales de laboratorio</i>	43
3.2.3 <i>Equipos</i>	44
3.2.4 <i>Insumos</i>	44

3.3	Metodología	44
3.3.1	<i>Factores en estudio</i>	45
3.3.2	<i>Tratamientos</i>	48
3.3.3	<i>Diseño experimental</i>	49
3.3.4	Características de la unidad experimental	49
3.3.6	<i>Variables</i>	51
3.4	Manejo específico del experimento	56
3.4.1	<i>Obtención de semillas para la investigación</i>	56
3.4.2	<i>Preparación de las fórmulas nutricionales</i>	57
3.4.3	<i>Colocación del sustrato en las bandejas</i>	57
3.4.4	<i>Colocación de las semillas en las bandejas</i>	58
3.4.5	<i>Distribución de bandejas en el invernadero</i>	59
3.4.6	<i>Aplicación de las fórmulas en estudio</i>	59
3.4.7	<i>Evaluaciones</i>	60
CAPÍTULO IV		61
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
4.1	Días a la emergencia	61
4.2	Diámetro de tallo	66
4.3	Altura de plántula.....	72
4.4	Contenido de clorofila	80
4.5	Área foliar	86
4.6	Peso seco.....	90
4.6.1	Peso seco raíz.....	90
4.6.2	Peso seco del tallo	96
4.6.3	Peso seco en hojas	101
4.7	Peso seco total de la plántula	107
4.8	Análisis foliar.....	111
4.8.1	Análisis foliar cultivo de fréjol.....	111
4.8.2	Análisis foliar cultivo de maíz.....	114
4.8.3	Análisis foliar del cultivo de pimiento	117
CAPÍTULO V		122

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	122
5.1 Conclusiones	122
5.2 Recomendaciones.....	123
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
ANEXOS.....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la semilla monocotiledónea.	32
Figura 2. Partes de la semilla dicotiledónea.	33
Figura 3. Procesos de germinación.....	35
Figura 4. Mapa de ubicación.	42
Figura 5. Ensayos preliminares de dosificación de fórmulas nutricionales en semillas de fréjol. a) Germinación de semillas de fréjol. b) Crecimiento de la plántula de fréjol con la dosificación experimentada. c) Crecimiento de la plántula de maíz con la dosificación experimentada.....	44
Figura 6. Presencia de quemazón de semillas de fréjol en ensayos preliminares. a) Dosis de 20 g/l. b) Dosis de 20 g/l en la segunda repetición.....	45
Figura 7. Evaluación de la variable días a la emergencia en plántulas provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales. a) Plántulas de fréjol, maíz. b) Plántulas de pimiento.	51
Figura 8. Evaluación de la variable diámetro de tallo en plántulas provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales. a) Medición a plántulas de maíz. b) Medición a plántulas de fréjol. c) Medición a plántulas de pimiento.....	52
Figura 9. Evaluación de la variable altura en plántulas provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales. a) Evaluación de plántulas maíz. b) Evaluación de plántulas fréjol. c) Evaluación de plántulas pimiento.	53
Figura 10. Evaluación de la variable contenido de clorofila en plántulas provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales. a) Evaluación de plántulas de fréjol. b) Evaluación de plántulas de maíz. c) Evaluación de plántulas de pimiento.	53
Figura 11. Evaluación de la variable materia seca en plántulas provenientes de semillas de fréjol, maíz y pimiento tratadas con diferentes fórmulas nutricionales. a) Pesaje de los diferentes órganos de la plántula. b) Separación de muestras en bolsas de papel. c) Colocación de muestras en el horno secador.....	54
Figura 12. Evaluación de la variable área foliar en plántulas de fréjol, maíz y pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales. a) Colocación de la parte aérea de las plántulas. b) Obtención de datos numéricos.	55

Figura 13. Toma de muestras para análisis foliar de plántulas de fréjol, maíz y pimiento, provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales. a) Colocación de 50 g de peso foliar de cada cultivo en bolsas de papel. b) Rotulado de las submuestras.	56
Figura 14. Semillas utilizadas en la presente investigación. a) Semillas certificadas de fréjol (rojo del valle). b) Semillas certificadas de maíz (INIAP 101 suave). c) Semillas híbridas de pimiento (nathalie).	57
Figura 15. Fórmulas nutricionales. a) Formulación en polvo. b) Fórmulas mezcladas con agua destilada.	57
Figura 16. Aplicación de sustrato. a) Descompactación del sustrato. b) Colocación del sustrato en cada bandeja.	58
Figura 17. Colocación de semillas en las bandejas de germinación. a) Semillas de maíz.	58
Figura 18. Aplicación de fórmulas nutricionales. a) Aplicación de fórmulas nutricionales en cada bandeja de cada cultivo. b) Recubrimiento del espacio donde se encontraban las bandejas de estudio.	59
Figura 19. Inicio de evaluaciones.	60
Figura 20. Diámetro de tallo en relación al factor fórmula en plántulas de fréjol proveniente de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	67
Figura 21. Diámetro de tallo en relación al factor días después de la siembra en plántulas de fréjol proveniente de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	68
Figura 22. Diámetro de tallo en plántulas de maíz proveniente de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	69
Figura 23. Diámetro de tallo en plántulas de pimiento en relación a los días después de la aplicación de las fórmulas experimentadas.	70
Figura 24. Diámetro de tallo en plántulas de pimiento en relación a las fórmulas experimentadas.	71
Figura 25. Altura de plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	73
Figura 26. Altura de plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	74

Figura 27. Altura de plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales en relación al factor días después de la siembra.	75
Figura 28. Altura de planta en el cultivo de pimiento en relación a los días después de la siembra.	76
Figura 29. Contenido de clorofila en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	81
Figura 30. Contenido de clorofila en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	82
Figura 31. Contenido de clorofila en el cultivo de pimiento en relación a las fórmulas experimentadas.	83
Figura 32. Área foliar en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	86
Figura 33. Área foliar en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	87
Figura 34. Área foliar en el cultivo de pimiento en relación a los días después de la siembra.	88
Figura 35. Peso seco de raíz en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	91
Figura 36. Peso seco de raíz en plántulas de maíz proveniente de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	92
Figura 37. Peso seco de raíz en el cultivo de pimiento a los 58 DDS.	93
Figura 38. Peso seco de tallo en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	97
Figura 39. Peso seco de tallo en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	98
Figura 40. Peso seco de tallo en el cultivo de pimiento a los 58 DDS.	99
Figura 41 . Peso seco de hojas en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	101
Figura 42. Peso seco de hoja en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	102
Figura 43. Peso seco de hojas en el cultivo de pimiento.	103

Figura 44. Peso seco total de plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	108
Figura 45. Peso seco total de plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	109
Figura 46. Peso seco total de plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación política y geográfica del área de estudio.....	43
Tabla 2. Descripción de porcentajes utilizados de los diferentes elementos en las fórmulas nutricionales.	46
Tabla 3. Descripción de la concentración en porcentaje peso volumen y partes por millón de las diferentes fórmulas con su respectiva dosis en el cultivo de fréjol.	46
Tabla 4. Descripción de la concentración en porcentaje peso volumen y partes por millón de las diferentes fórmulas con su respectiva dosis en el cultivo de maíz.....	47
Tabla 5. Descripción de la concentración en porcentaje peso volumen y partes por millón de las diferentes fórmulas con su respectiva dosis en el cultivo de pimiento.	47
Tabla 6. Descripción de las fórmulas y cultivos de la investigación.....	48
Tabla 7. Esquema del diseño estadístico en los cultivos de fréjol y maíz.....	50
Tabla 8. Esquema del diseño estadístico para el cultivo de pimiento.	51
Tabla 9. Análisis de varianza para la variable días a la emergencia en plántulas de fréjol.	61
Tabla 10. Prueba de medias para la variable días a la emergencia en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.....	61
Tabla 11. Análisis de varianza en la variable días a la emergencia en plántulas de maíz.	62
Tabla 12. Prueba de medias en la variable días a la emergencia en plántulas de maíz. .	62
Tabla 13. Análisis de varianza para la variable días a la emergencia en plántulas de pimiento.....	62
Tabla 14. Prueba de medias para la variable días a la emergencia en plántulas de pimiento	63
Tabla 15. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales	66
Tabla 16. Análisis de varianza en la variable diámetro de tallo en plántulas de maíz. ..	68
Tabla 17. Análisis de varianza en la variable diámetro de tallo en plántulas de pimiento.	69
Tabla 18. Análisis de varianza en la variable altura de plántula en los cultivos de fréjol.	72

Tabla 19. Análisis de varianza en la variable altura de plántula en el cultivo de maíz. .	74
Tabla 20. Análisis de varianza en la variable altura de plántula en el cultivo de pimiento.	75
Tabla 21. Análisis de varianza en la variable contenido de clorofila en el cultivo de pimiento.....	82
Tabla 22. Análisis estadístico de la variable peso seco total de la plántula en el cultivo de pimiento.....	109
Tabla 23. Análisis foliar de plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.....	112
Tabla 24. Análisis foliar de plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.....	115
Tabla 25. Análisis foliar de plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.....	118

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Diseño de la unidad experimental del efecto de tres fórmulas nutricionales en la producción de plántulas de fréjol, maíz, pimiento, en el sector de Tanguarín.	131
Anexo 2. Días a la emergencia en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.....	131
Anexo 3. Daño físico en la semilla por contacto de la fórmula uno. a) Semilla de fréjol. b) Semilla de maíz.	132
Anexo 4. Prueba de medias para la variable diámetro de tallo en relación al factor fórmulas en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	132
Anexo 5. Prueba de medias para la variable diámetro de tallo en relación al factor días después de la siembra en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	132
Anexo 6. Prueba de medias en la variable de diámetro de tallo en relación a los días después de la siembra en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	132
Anexo 7. Prueba de medias en la variable diámetro de tallo en relación al factor días después de la siembra en plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	133
Anexo 8. Prueba de medias en la variable de diámetro de tallo en relación al factor fórmula en plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	133
Anexo 9. Prueba de medias en la variable altura de plántula en relación al actor días después de la siembra en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	133
Anexo 10. Prueba de medias en la variable altura de plántula en relación al factor fórmulas en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	134
Anexo 11. Prueba de medias en la variable altura de plántula en relación al factor días después de la siembra en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	134
Anexo 12. Prueba de medias en la variable altura de plántula en relación a la interacción de los factores días después de la siembra y fórmula en plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	134

Anexo 13. Prueba de medias en la variable de contenido de clorofila en relación al factor fórmula en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	135
Anexo 14. Prueba de medias en la variable contenido de clorofila en relación al factor fórmulas en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	135
Anexo 15. Prueba de medias en la variable contenido de clorofila en relación al factor fórmulas plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	136
Anexo 16. Prueba de medias en la variable área foliar en relación al factor fórmulas en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	136
Anexo 17. Prueba de medias en la variable área foliar en relación al factor fórmulas en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	136
Anexo 18. Prueba de medias en la variable área foliar en relación al factor fórmula en plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	136
Anexo 19. Prueba de medias en la variable peso seco de raíz en relación al factor fórmulas en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	137
Anexo 20. Prueba de medias en la variable peso seco de raíz en relación al factor fórmula en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	137
Anexo 21. Prueba de medias en la variable peso seco de raíz en relación a las fórmulas experimentadas en plántulas de pimiento a los 58 días después de la siembra, provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	137
Anexo 22. Prueba de medias en la variable peso seco de tallo en relación al factor fórmula en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	137
Anexo 23. Prueba de medias en la variable peso seco de tallo en relación al factor fórmula en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	138
Anexo 24. Prueba de medias en la variable peso seco de tallo a los 58 días después de la siembra en relación al factor fórmula en plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	138

Anexo 25. Prueba de medias en la variable peso seco de hojas en relación al factor fórmula en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	138
Anexo 26. Prueba de medias en la variable peso seco de hojas en relación al factor fórmula en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	138
Anexo 27. Prueba de medias en la variable peso seco de hojas a los 58 días después de la siembra en relación al factor fórmula en plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	139
Anexo 28. Prueba de medias en la variable peso seco total en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	139
Anexo 29. Prueba de medias en la variable peso seco total en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	139
Anexo 30. Prueba de medias en la variable peso seco total en relación a la interacción de días después de la siembra y fórmula en plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	139
Anexo 31. Rangos de suficiencia o tolerancia de nutrientes para plantas de fréjol.	140
Anexo 32. Rangos de suficiencia o tolerancia de nutrientes para plantas de maíz.	141
Anexo 33. Rangos de suficiencia o tolerancia de nutrientes para plantas de pimiento.	141
Anexo 34. Prueba de medias de distintas variables evaluadas en semillas fréjol, maíz y pimiento tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.	142
Anexo 35. Efecto de las fórmulas dos y tres en plántulas de fréjol. a) Efecto de la fórmula dos. b) Efecto de la fórmula tres.	142
Anexo 36. Efecto de las fórmulas dos y tres en plántulas de maíz. a) Efecto de la fórmula dos. b) Efecto de la fórmula tres.	142
Anexo 37. Efecto de la fórmula uno en plántulas de fréjol y maíz. a) Plántulas de fréjol. b) Plántulas de maíz.	143

EFFECTO DE TRES FÓRMULAS NUTRICIONALES EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE PIMIENTO (*Capsicum annuum*), FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris*) y MAÍZ (*Zea mays*), EN EL SECTOR TANGUARÍN, IMBABURA.

Autor: Mallamas Tituaña Marco Antonio

Universidad Técnica del Norte

Correo: mamallamast@utn.edu.ec

RESUMEN

La nutrición mineral es esencial para el desenvolvimiento óptimo de los cultivos, independientemente del medio en el que se encuentren. La aplicación de nutrientes genera efectos positivos en todas las etapas de desarrollo, pudiendo apreciarse este efecto desde etapas tempranas como la germinación; en tal virtud la dotación adecuada de nutrientes es fundamental en las semillas. En la presente investigación se evaluó el efecto de tres fórmulas nutricionales, con la inclusión de un testigo (agua destilada), en el crecimiento y concentración foliar de nutrientes de plántulas de fréjol, maíz y pimiento. Para esto se aplicó un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas. El método de aplicación de las fórmulas nutricionales fue a través de osmoprimación con diferentes diluciones para cada cultivo. Las variables evaluadas fueron: días a la emergencia, altura de plántula, diámetro de tallo, concentración de clorofila, pesos secos por órgano y total; y concentración foliar de nutrientes. Con respecto a las variables de crecimiento, la fórmula dos presentó promedios iguales o mejores que el resto de tratamientos, a excepción de la variable peso seco de raíz, donde el tratamiento testigo tuvo promedios superiores en los cultivos fréjol y maíz. Por otro lado, en el cultivo de pimiento, la fórmula tres fue la que tuvo promedios iguales o superiores en relación al resto de tratamientos. Adicionalmente, las concentraciones de nutrientes en el tejido foliar fueron alteradas por los diferentes tratamientos en cada cultivo. Aunque la fórmula dos haya tenido mejores resultados para los cultivos de fréjol y maíz, se observó que las concentraciones de varios elementos en el tejido foliar estuvieron fuera de los rangos normales establecidos para ambos cultivos. Resultados similares fueron observados para la fórmula tres en el cultivo de pimiento.

Palabras clave: Fórmulas nutricionales, semillas, plántulas, días a la emergencia, concentraciones.

EFFECT OF THREE NUTRITIONAL FORMULAS ON THE PRODUCTION OF PEPPER SEEDLINGS (*Capsicum annuum*), BEANS (*Phaseolus vulgaris*) and CORN (*Zea mays*), IN THE TANGUARÍN SECTOR, IMBABURA.

Author: Mallamas Tituaña Marco Antonio

North Technical University

Mail: mamallamast@utn.edu.ec

SUMMARY

Mineral nutrition is essential for the optimal crop performance, regardless of the environment in which they are found. The application of nutrients generates positive effects in all the stages of development, which can be appreciated since germination. In this context, endowing nutrients to seeds should be a fundamental practice. In this research, the effect of three nutritional formulas, with the inclusion of a control (distilled water) over the growth and foliar concentration of nutrients of bean, corn and bell pepper seedlings was evaluated. For this purpose, a complete randomized block design with divided plots was applied. The method of application of the nutritional formulas was through seed priming, using different dilutions for each crop. The evaluated variables were: days to emergence, height of seedling, diameter of stem, concentration of chlorophyll, organ and total dry weights; and, foliar concentration of nutrients. Regarding the growth variables, formula two presented better or similar averages in relation to the remaining treatments, with an exception for root dry weight, where the control treatment had higher averages for bean and corn seedlings. On the other hand, for bell pepper cultivation, the formula three was the one that had superior or similar averages compared to the rest of treatments. Additionally, the concentrations of nutrients in the foliar tissue were altered by the different treatments for each cultivation. Although formula two had better results for bean and corn crops, it was observed that the concentrations of several elements in the foliar tissue were out of the normal ranges established for both crops. Similar results were observed for formula three in the bell pepper crop.

Keywords: Nutritional formulas, seeds, seedlings, days to emergence, concentrations

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la sierra del Ecuador el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes, debido a la superficie sembrada y al papel que cumple en la seguridad y soberanía alimentaria, al ser un componente básico de la dieta de la población rural y urbana. La superficie sembrada en el año 2016 fue del 32.68% del total de la superficie nacional, dando una producción de 1 091 toneladas (Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC], 2016).

Por otro lado, el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) se ha convertido, en una de las hortalizas de mayor expansión a nivel mundial, lo que resalta la importancia del pimiento en la alimentación de millones de personas en el mundo. En Ecuador, en el año 2003, se sembraron 1 145 hectáreas de pimiento como cultivo solo y asociado, de las cuales 1 070 hectáreas fueron cosechadas, y se obtuvo una producción de 5 517 toneladas de pimiento, de las cuales fueron vendidas solo 5 413 toneladas (Censo Nacional Agropecuario, 2000).

En el grupo de las leguminosas, Torres Navarrete et al., (2013) indican que la importancia económica, nutricional y social del cultivo de fréjol para los agricultores de bajos recursos, radica en los ingresos financieros que provee la venta de la producción, así como la contribución a la seguridad alimentaria de la población de estas zonas y adicionalmente a la creciente demanda. La producción mundial de fréjol tierno, entre el año 2000 al 2012, presentó un incremento de 110%, pasando de 9.8 millones de toneladas producidas en el año 2000 a 20.7 millones de toneladas en el 2012.

Los tres cultivos antes mencionados son reproducidos utilizando métodos sexuales de propagación. Este tipo de propagación se realiza utilizando semillas, las cuales tienen reservas energéticas que son: grasas, carbohidratos, proteínas y minerales; estos elementos sostienen a la futura planta durante sus primeras etapas de vida (García Rivera, 2015).

Durante todo el desarrollo de las semillas, existe una serie de materiales nutricionales de reserva en los cotiledones y el endospermo, que tienen la misión de alimentar a la plántula hasta que ésta adquiera competencia fotosintética y se convierta en un organismo autótrofo. Dependiendo de las semillas, estas sustancias pueden variar en cantidad y disponibilidad (Mantilla, 2008).

Si bien es cierto los macro elementos primarios: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y también secundarios como: calcio (Ca), azufre (S), magnesio (Mg), son indispensables para que nuestras plantas crezcan y cumplan su ciclo con vigorosidad; también, hay que tener presente que los micro elementos son de suma importancia y esenciales, en especial para las primeras etapas de la planta, como Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Boro (B), Zinc (Zn) (Kyrkby y Romheld, 2008).

En los sistemas de propagación que se realizan a las semillas, en el sustrato o a su vez en contacto directo de las semillas, se puede realizar la incorporación de nutrientes, ésta se la puede hacer mediante soluciones o fórmulas nutritivas, las que pueden ser desarrolladas con requerimientos específicos de los diferentes cultivos o también con la experiencia del técnico de campo (Beltrano y Gimenez, 2015). La fertilización antes de la siembra se conoce como Base Dressing, dicho método aporta al sustrato que se va a utilizar, una cantidad óptima de nutrientes antes de la siembra o durante la misma (Sela, 2020).

Las fuentes de fertilizantes aplicadas al sustrato aumentan la oferta de nutrientes y dotando de una opción para evitar que estos materiales de propagación inicien los procesos de germinación o crecimiento con deficiencias (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura [FAO], 2002).

Son numerosas las investigaciones de técnicas para mejorar la germinación y emergencia de las semillas. Cortez-Baheza et al., (2011) mencionan que, un método de tratamiento a la semilla que ha sido satisfactorio en incrementar el vigor en la germinación de la semilla y emergencia de la plántula es el osmoacondicionamiento o pre germinación en el que se utilizan sustancias solas o combinadas es una alternativa para disminuir esta problemática ya que el tipo y monto de las pérdidas ocasionadas por emergencia des uniforme varía de

acuerdo con la especie, el vigor de la semilla, su manejo, el medio ambiente y la combinación de ellas.

El osmoacondicionamiento consiste en permitir que la semilla absorba agua muy lentamente activando el metabolismo de germinación, hasta alcanzar un punto de equilibrio de humedad, evitándose la captación adicional de agua; con ello, se mejora la calidad fisiológica de la semilla, sin llegar a producirse situaciones de anoxia o fermentaciones. Logrando reducir el tiempo de germinación, sincronizar la germinación, y mejorar el porcentaje de germinación (López Medina y Gil Rivero, 2017).

El acondicionamiento osmótico es una técnica especial para semillas. Gimenez Sampaio et al., (1993) mencionan que este método denominado (Osmoprimación) constituye una de las técnicas más importantes puestas a prueba, esta consiste en realizar una hidratación de las semillas en condiciones controladas, exponiéndolas para ello a una solución acuosa con un potencial osmótico conocido para evitar daños físicos en las semillas.

1.2 Problema de investigación

Una mala germinación puede darse en semillas que tengan buena o mala procedencia, ya que se desconoce el contenido de reservas nutricionales que tienen (Mantilla, 2008). Es importante mencionar que si las semillas no tienen un buen balance y manejo nutritivo antes de ser puestas a germinar, posteriormente generarán plántulas con deficiencias de los diferentes elementos (Pérez García y Pita Villamil, 2004).

Además de la buena nutrición también tenemos las épocas específicas de aplicación, mientras que el agricultor no conozca la clase de nutrientes necesarios en épocas tempranas de la planta, y la cantidad, no se pueden esperar buenos resultados en plantas adultas; además, es imprescindible considerar la nutrición de la semilla para el éxito, ya que, las semillas son el punto de partida para la producción y es necesario que tengan una buena respuesta en las condiciones de siembra para obtener plántulas vigorosas y así alcanzar el máximo rendimiento (Valladares, 2010).

Sin dudas, el vigor de las semillas está afectado por el estrés que sufre desde la madurez fisiológica hasta la cosecha, incluyendo todos los procesos que se cumplen para que estas semillas cumplan los estándares de calidad física antes de proceder a la siembra, lo cual reduce los porcentajes de reserva que contienen las semillas y esto resulta en bajos niveles de germinación, deficiencias de elementos y desarrollo inadecuado de la planta (Pérez García y Pita Villamil, 2004).

En nuestro país, las semillas comunes o certificadas de fréjol, maíz y pimiento no tienen una garantía de poseer una cantidad de nutrientes óptima, lo cual podría generar disminución en rendimientos. Se calcula que un porcentaje, entre el 5 al 10% de los productores afrontan problemas por la baja cantidad de reservas nutricionales en las semillas, lo cual termina en bajo poder germinativo y en consecuencia una pérdida económica (Gregalio, 2016).

1.3 Justificación

Uno de los principales insumos para la producción de alimentos es la semilla, ya que, con ella se podrá generar alimento para una población determinada. Esto se debe a que, las reservas de nutrientes de la semilla representan un factor clave que afecta en gran medida la germinación, emergencia, uniformidad de plántulas en el campo y finalmente en el rendimiento. Los efectos positivos de una mayor y balanceada cantidad de nutrientes de reserva en la semilla se ven reflejados en el vigor de los cultivos en el campo (FAO, 2016).

El contacto de semillas con soluciones nutritivas permite que alcancen rápidamente el mismo nivel de humedad y disponibilidad de nutrientes y así activar el aparato metabólico relacionado con el proceso pre-germinativo (Doria, 2010). Los nutrientes empiezan a acumularse rápidamente en los embriones después de pocas horas del contacto, es así que se utiliza la solución nutritiva de Steiner (N: 300; P:80; K:250; Ca: 300; Mg:75; S:100; Fe:4.0; Mn:1.0; B:0.5; Cu:0.5; Zn:0.5 ppm, mg.L⁻¹) en el momento de la siembra de semillas de pimiento (entre otras), saturando el sustrato, y así se obtiene una breve germinación y crecimientos de las plántulas (Valencia, 2016).

La finalidad de aplicar una balanceada nutrición en la semilla es dar un acceso fácil a los nutrientes y evitar la ausencia de los mismos. Colocar una cantidad de fertilizante en lugares accesibles para la semilla o plántula, tiene el objetivo de mejorar el desarrollo de las mismas, ya que, la radícula y posteriormente las raíces podrán absorber con más facilidad estos nutrientes (Baumer, 1996).

Zoppolo et al., (2008) mencionan que las plántulas que están germinando generalmente reciben todos los nutrientes de los cotiledones, sin embargo, esta cantidad de nutrientes varía entre semillas.

Es necesario mencionar que una buena y balanceada nutrición en las diferentes fases iniciales de las semillas como son germinación y emergencia conllevará a tener buenas plantas en producción, las mismas que proveerán de una buena alimentación y nutrición para los seres humanos, ya que, dependemos principalmente de los nutrientes minerales, carbohidratos, vitaminas, proteínas y grasas contenidos en los alimentos de origen animal y vegetal (Morocho Yambay y Reinoso Brito, 2017).

En un estudio realizado con semillas de tomate riñón que estuvieron en contacto con productos químicos: Ácido giberélico a dosis de 1.0 g/L de agua, Calcidef [Carbonato de calcio 0.30 gr, Lactato gluconato de calcio 2.940 g, Equivalente a 500 mg de calcio ionizable] a dosis de 1.0 g/L de agua, y tres productos (Báryta carbónica, Calcárea carbónica, y la combinación de Sulphur + Sílice + Calcárea carbónica 30c) en dosis de 1.0 ml/L de agua, más un testigo (semilla embebida en agua), se tuvo resultados que indican que el contacto de las semillas con agua o con productos químicos antes de la siembra favorece de alguna manera la actividad enzimática de la semilla, dando como resultado mayores porcentajes de germinación y mayor velocidad de emergencia, tomando en cuenta que la cantidad y concentración del producto a utilizarse es de suma importancia para no generar efectos fitotóxicos en las semillas (Hernández Rodríguez, 2006).

En ensayos para mejorar la germinación de semillas de pimiento se utilizó el método de osmoprimación. Gimenez Sampaio et al., (1993) comentan que los tratamientos con

sustancias (cloruro sódico, fosfato disódico, fosfato mono potásico y dipotásico, nitrato de amonio, nitrato cálcico, nitrato de aluminio, nitrato de cobalto, nitrato sódico, sulfato magnésico) muestran resultados donde se confirman las ventajas a través de este método, mejorando la velocidad de germinación, además, dichas semillas alcanzaron su máxima germinación (85%) tan solo cinco días después de la siembra, mientras que el testigo absoluto demoró 12 días para alcanzar resultados similares.

Es por eso que la presente investigación trata de identificar una cantidad adecuada y balanceada de nutrientes que puedan dar una ayuda extra a la emergencia y crecimiento, sin producir daños físicos a las semillas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de tres fórmulas nutricionales en el desarrollo de plántulas de fréjol, maíz y pimienta.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de las fórmulas nutricionales en la germinación y crecimiento de plántulas de fréjol, maíz y pimienta.
- Determinar la concentración de nutrientes en las plántulas de fréjol, maíz, pimienta.

1.5 Hipótesis

- **Ho:** Las diferentes fórmulas experimentales no tendrán efecto en la germinación y crecimiento de plántula de fréjol, maíz, pimienta.
- **Ha:** Al menos una de las fórmulas experimentales generará resultados diferentes en la germinación y crecimiento de semillas fréjol, maíz, pimienta.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Cultivo de fréjol en Ecuador

El fréjol es una leguminosa perteneciente a la familia Fabaceae, originario del continente americano. Es un alimento rico en proteína y fibra, por lo que cumple un papel importante en la dieta de la población latinoamericana y su consumo puede ser en tierno o seco. En Ecuador y en algunos países, especialmente Andinos, se lo cosecha en dos tipos de estados: en tierno y en seco; siendo el primero, el estado en que más se cosecha con un 61% de producción (FAO, 2002).

En la región sierra ecuatoriana, las leguminosas son componentes de los sistemas de producción, ya que, son cultivadas en asociación, intercaladas, en monocultivos o en rotación con otros cultivos; por tal motivo juegan un papel muy importante en el manejo sostenible de la agricultura y la alimentación, generando empleo, alimento e ingresos económicos a pequeños, medianos y grandes agricultores, que tratan de satisfacer la demanda interna y externa. Este producto es componente principal en la dieta alimenticia de la población y participa con el 57% de la oferta mundial de leguminosas (Yépez Gudiño, 2011).

El fréjol presenta dos hábitos de crecimiento: determinado e indeterminado. El tipo determinado, es el denominado arbustivo, se caracteriza por que la planta es más pequeña, erecta, muy ramificada y el tallo principal termina en una inflorescencia. El tipo indeterminado llamado voluble tiene la capacidad de enrollarse en un soporte y presenta varias inflorescencias en el tallo principal. El tipo de fréjol voluble, de porte bajo, puede tener de 15 a 20 nudos, y en condiciones favorables, el fréjol voluble puede continuar creciendo por largo tiempo (Basantés Morales, 2015).

2.2 Cultivo de maíz en el Ecuador

El maíz suave es una planta perteneciente a la familia Poaceae, originaria del continente americano. Se lo consume desgranado o aún adherido a la mazorca; además, es utilizado

en ensaladas, guisos, entre otros. Este producto cumple un importante papel como componente básico en la dieta de la población latinoamericana. En Ecuador y en algunos países, especialmente Andinos, se lo cosecha en dos tipos de estados: en choclo tierno (72%) y en grano seco. La producción mundial de maíz suave choclo, entre el año 2000 al 2012, registró un crecimiento de 2.84%, puesto que pasó de 9.49 a 9.76 millones de toneladas al 2012, esto denota una tendencia positiva durante este periodo de tiempo, con una tasa de crecimiento anual de 0.26% (FAO, 2002).

La gran importancia cultural del maíz, así como el valor social y económico que representa, hace que el gobierno actual lo haya considerado como uno de los puntos de principal atención en el sector agrícola, interviniendo en su producción y comercialización, con el fin de cubrir la demanda local que es indispensable para solventar las necesidades de producción en la cadena productiva y de esa manera buscar la soberanía alimentaria (Baca, 2016).

2.3 Cultivo de pimiento en Ecuador

En nuestro país el cultivo de pimiento se vuelve cada vez más popular, sin embargo la falta de investigación y desarrollo tecnológico en esta área, hace que su producción no tenga el óptimo rendimiento como en otros países, teniendo por ejemplo específico Chile, que es uno de los países a nivel mundial con la mayor productividad dentro de este rubro alcanzando 33.92 toneladas (t) por hectárea (ha) (FAO, 2002).

Dentro de nuestro país uno de los problemas por los cuales los rendimientos del pimiento son bajos comparados con países vecinos, se debe entre otros factores a: limitados estudios sobre variedades o híbridos existentes en el mercado; la tecnología empleada no es la adecuada; los costos de producción son elevados y la falta de asesoría técnica para los agricultores. Debido a esto, Ecuador tiene rendimientos de producción de 3.57 t/ ha, mientras que Perú alcanza 8.09 t/ ha, Colombia 11.8 t/ ha y Chile un rendimiento sobresaliente de 33.9 t/ha (Cobo Jaramillo, 2002).

2.4 Semillas

La semilla es la parte más importante de las plantas, ya que, se constituye en material para su propagación. Gold et al., (2004) afirman que la semilla es la parte del fruto que contiene el embrión de una futura planta, esta parte se encuentra protegida por una testa y deriva de los tegumentos del primordio seminal.

La formación, dispersión y germinación de semillas, son eventos fundamentales en el ciclo de vida de las plantas gimnospermas y angiospermas. La propagación sexual de las plantas se da por medio de las semillas, las cuales tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie (Suárez y Melgarejo, 2010).

2.4.1 *Semillas monocotiledóneas*

El embrión de las semillas monocotiledóneas solo posee un cotiledón y está separado del embrión en posición aparentemente terminal y con vaina envolviendo el punto vegetativo. Generalmente germinará y dará cabida a una raíz principal, sustituida por numerosas raíces caulógenas denominadas horroizas secundarias (Courtis, 2013).

2.4.1.1 *Partes de semillas monocotiledóneas*

Las partes de las semillas monocotiledóneas se diferencian de las dicotiledóneas en algunos aspectos. Fontúrbel et al., (2007) menciona las partes de las semillas monocotiledóneas (Figura 1).

- **Endospermo:** Tejido nutricional desde donde el embrión obtendrá recursos para crecer.
- **Cotiledón:** Es un tejido de reserva, desde la cual el embrión absorberá recursos para desarrollarse mientras forma las hojas verdaderas.
- **Coleóptilo:** Membrana o cubierta dura que protege el tallo mientras este emerge a la superficie del suelo.

- **Meristemo apical del vástago:** Conjunto de células altamente activas que darán origen al tallo.
- **Meristemo apical de la raíz:** Conjunto de células altamente activas que darán origen a la raíz.

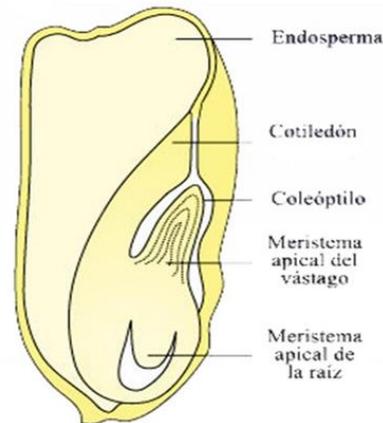


Figura 1. Partes de la semilla monocotiledónea.

Fuente: Fontúrbel et al., (2007)

2.4.2 Semillas dicotiledóneas

G. I. Díaz et al., (2015) afirman que son semillas que poseen dos cotiledones u hojas iniciales, opuestas entre sí y en posición lateral, salvo raras excepciones, las raíces son de tipo axonomorfo, con una raíz principal o eje persistente de la cual brotan un sin número de raíces secundarias.

2.4.2.1 Partes de semillas dicotiledóneas

En el caso de las semillas dicotiledóneas se conoce seis partes fundamentales las cuales ayudan a que dicha semilla pueda cumplir su ciclo de vida. Fontúrbel et al., (2007) plantea las partes de las semillas dicotiledóneas (Figura 2).

- **Embrión:** Es el resultado de la fecundación del óvulo por el polen, es una planta potencial, en miniatura, pero a la vez el nuevo individuo, en estado inmaduro hasta

llegar a estar en condiciones óptimas para su germinación, antes de ellos se protege de las partes que constituyen la semilla.

- **Plúmula o Gémula:** Es el rudimento del tallo que se formará luego de germinar la semilla.
- **Cubierta seminal:** Puede denominarse Testa o Pericarpio, es la estructura que envuelve y protege el embrión del exterior.
- **Cotiledones:** Es un tejido de reserva, desde la cual el embrión absorberá recursos para desarrollarse mientras forma las hojas verdaderas, en el caso de las dicotiledóneas puede ser las primeras dos hojas falsas de la planta, que se les llama hojas cotiledóneas.
- **Meristemo apical del tallo:** Conjunto de células altamente activas que darán origen al tallo.
- **Meristemo apical de la raíz:** Conjunto de células altamente activas que darán origen a la raíz.

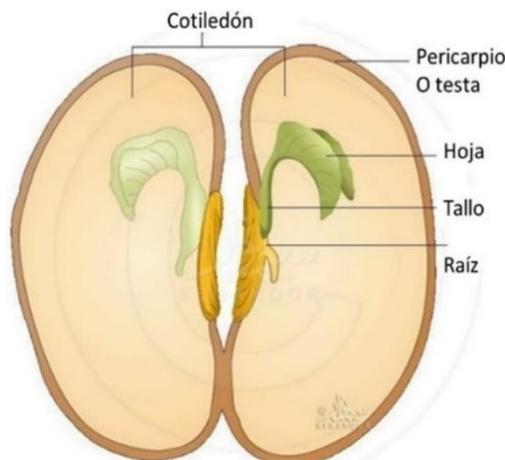


Figura 2. Partes de la semilla dicotiledónea.

Fuente: Fontúrbel et al., (2007)

2.4.3 Germinación de las semillas

El proceso de germinación está influenciado tanto por factores internos como externos. Dentro de los factores internos están la viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia, algunos de los factores externos que regulan el proceso de germinación son la disponibilidad de agua, temperatura a la que se exponga (Suárez y Melgarejo, 2010).

2.4.4 Procesos de germinación

Los diferentes procesos que tiene que cumplir la semilla vienen de la mano con factores ambientales. Torres et al., (2018) mencionan los procesos de germinación (Figura 3).

- El primer proceso que debe ocurrir es la "imbibición del agua". la semilla necesita absorber agua para dar comienzo a los distintos procesos fisiológicos en su interior.
- El siguiente factor es la temperatura para la activación enzimática, estas son las responsables de producir todas las reacciones químicas dentro de la semilla, produciendo la activación del proceso de respiración.
- El factor final que necesita la semilla para germinar es el oxígeno, es el responsable de que se pueda realizar la respiración y comience a funcionar la maquinaria biológica de la semilla, que necesita energía proveniente de la respiración, esto produce una división y elongación celular de las células que componen las zonas meristemáticas del embrión, la zona apical y radicular, que al germinar darán paso al tallo y la raíz respectivamente.
- La digestión y translocación se realiza a partir de los lugares de reserva donde se almacenan grasas, proteínas y carbohidratos, estos a su vez son digeridos en sustancias más simples para poder ser traslocados a los puntos de crecimiento del eje embrionario.

- El desarrollo de la plántula resulta de la división celular. A medida que avanza la germinación, pronto se vuelven evidentes las estructuras de la plántula.



Figura 3. Procesos de germinación

Fuente: Fontúrbel et al., (2007)

2.5 Reservas nutricionales de la semilla

Los materiales de reserva son una fuente de energía y alimentación que se utilizarán en el eje embrionario una vez que inicie el proceso de germinación. Mejías et al., (2018) mencionan que estos materiales de reserva se ubican en cotiledones en el caso de semillas dicotiledóneas y en el endospermo en el caso de monocotiledóneas. El endospermo es un tejido de reserva que proporciona nutrientes al embrión y a las primeras fases del desarrollo de la planta.

2.6 Nutrientes esenciales para las plantas

Existen un número determinado de macro y micro nutrientes que la semilla y posteriormente la planta necesita para cumplir sus procesos biológicos. Así, las plantas necesitan numerosos nutrientes para crecer, estar sanas, realizar la fotosíntesis, y cumplir todo su ciclo de vida. Sin embargo, no requiere de todos los nutrientes en la misma proporción (Rodríguez y Flóres, 2004)

Las plantas en sus etapas iniciales necesitan una serie de 16 elementos químicos incluyendo el H, O, C, que son esenciales para vivir y desarrollarse. Entonces, la planta obtiene sus nutrientes del suelo y a través del agua que absorben por las raíces. De estos podemos mencionar que los macronutrientes son necesarios en grandes cantidades: N, P, K, Ca, Mg, S. Los micronutrientes que se requieren en concentraciones muy bajas: Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B, Cl (Rodríguez y Flóres, 2004).

2.6.1 Nutrientes activadores de crecimiento

En todos los nutrientes que la planta necesita para poder cumplir su ciclo de vida se encuentran inmersos nutrientes que son o que cumplen la función de activadores de crecimiento y también la función de incentivar la producción y crecimiento de raíces, lo cual ayudará a que la planta tenga más recursos para poder crecer con fuerza y producir en cantidad (Kyrkby y Romheld, 2008).

2.6.1.1 Zinc (Zn)

El elemento funciona principalmente como catión divalente en metal o enzimas. Por otro parte, entre algunas de sus funciones más destacadas podemos mencionar que ayuda a estabilizar los ribosomas, activa la enzima fructosa-6-fosfato lo que permite el metabolismo de la fotosíntesis (Kyrkby y Romheld, 2008).

Si bien se conoce al Zn como un micro elemento, su rol fisiológico es crítico en diversos procesos dentro de las plantas. Así, el zinc es necesario para la producción de triptófano que es un aminoácido esencial, precursor del ácido indol butírico (IBA) que es una hormona de crecimiento vegetal. El Zn es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, pero se convierte en un elemento tóxico cuando se encuentra en exceso (Amezcuá y Lara, 2017).

El Zn es importante para el desarrollo y la función de los reguladores del crecimiento, por ejemplo, en la auxina, que influyen en la elongación del entrenudo. También está

involucrado en el desarrollo de cloroplastos y, por lo tanto, es importante para la fotosíntesis (Stoller Academy, 2019).

Podemos atribuir al zinc efectos positivos en procesos biológicos de las plantas y seres humanos. Panomwan et al., (2013) mencionan que el Zn además de ser esencial para las plantas, también es un nutriente mineral esencial para los seres humanos. Se estima que 1/3 de la población mundial se ve afectada por la deficiencia de Zn que se asocia con una baja ingesta dietética.

2.6.1.2 Hierro (Fe)

El Fe ayuda al desarrollo de semillas germinadas para que sigan cumpliendo su ciclo con normalidad. Bertolini et al., (2014) mencionan que los quelatos de hierro promueven el desarrollo *in vitro* de *Protocormos rossioGlossum* y así ayudó a investigadores a conservar esta especie amenazada de extinción.

La presencia de Fe, en etapas tempranas tiene que ser en una concentración adecuada ya que un exceso puede producir toxicidad. (Taoufik et al., 2016) evaluaron el efecto de los metales en las especies de trigo y fréjol utilizando el método de germinación de semillas y el crecimiento temprano de plántulas de estas especies en presencia de varios niveles (10, 50, 100, 250, 500, 750 y 1000 mg / L) de cadmio (Cd), Fe y Zn. Los resultados obtenidos fueron que la inhibición en la germinación y el crecimiento dependía de la concentración utilizada. Por otro lado, los resultados más favorables fueron para los metales Fe y Zn a concentraciones medias, observándose menor inhibición de crecimiento.

2.6.2 Nutrientes en relación con el vigor de las plantas

2.6.2.1 Boro (B)

Después de la germinación, el B ayuda a las raíces de las plantas a crecer y a evitar deformaciones importantes en las plantas. La falta de este nutriente trae como

consecuencia la falta de coloración de las plantas provocando la muerte de los llamados meristemas, también las plantas dejan de producir flores, por lo que la planta termina paulatinamente muriendo, por otro lado se analiza que la ausencia de este microelemento da poca resistencia a las infecciones, bichos y plagas ya que la planta carece de inmunidad a estos factores (Kyrkby y Romheld, 2008).

Siendo el B un microelemento, no deja de ser tan importante como los demás ya que se le atribuye ciertas responsabilidades dentro de la planta. Se le relaciona con la división y crecimiento celular, germinación, regulación hormonal, también está comprobado que las raíces jóvenes lo absorben con mayor intensidad que las más viejas. En cuanto a la influencia de este nutriente sobre el metabolismo de ácidos nucleicos, se ha demostrado que su deficiencia interrumpe el desarrollo y maduración de las células (Alarcón, 2001).

Por otra parte, el B es un microelemento de suma importancia en niveles medios, ya que es muy susceptible a producir toxicidad en niveles altos. Montgomery (1951) explica que en un estudio realizado en plantas de trébol a partir de semillas que se cultivaron en seis concentraciones diferentes de B, el crecimiento vegetativo óptimo se presentó en sustratos que contenían 0.1 a 0.25 ppm, y se observó toxicidad en semillas cultivadas en concentraciones de 2.5 y 5.0 ppm. Esto nos indica que este nutriente influencia el crecimiento vegetativo de las plantas en sus primeras etapas.

Es por eso que el boro es necesario en etapas tempranas ya que será absorbido de mejor manera por las raíces jóvenes, que por el contrario cuando el cultivo este en edad avanzada este microelemento no será de mayor aporte (Alarcón, 2001).

2.6.2.2 *Calcio (Ca)*

El Ca es uno más de los elementos importantes, Monge et al., (1994) mencionan que es responsable de mantener unidas las paredes celulares de las plantas. Dussán et al., (2016) comentan que, en la presencia de una deficiencia de Ca, los tejidos nuevos tales como: las puntas de las raíces, las hojas jóvenes y las puntas de los brotes a menudo presentan un crecimiento distorsionado debido a la formación incorrecta de la pared celular, el

calcio también se utiliza para activar ciertas enzimas y enviar señales que coordinan ciertas actividades celulares.

Además está involucrado en el crecimiento de las raíces y también se conoce que es un elemento constituyente del tejido celular de las membranas (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura [FAO], 1992).

Para la compartición de la célula, la distribución del nutriente se da según la cantidad de iones Ca_2 absorbidos por la raíz. Díaz et al., (2007) afirman que cuando hay una buena absorción, la mayor proporción está en la lámina media, seguido por las membranas, los orgánulos y por último el citosol. Si bien es cierto, que los requerimientos de calcio para monocotiledóneas son muy inferiores a los de dicotiledóneas. A pesar de que el Ca es absorbido en grandes cantidades y su contenido en los tejidos vegetales.

2.6.2.3 *Manganeso (Mn)*

La presencia de Mn en las semillas es de suma importancia para que posteriormente la planta crezca con vigorosidad. Marcar y Graham (1986) mencionan que en estudios realizados en cámaras de crecimiento, el contenido de este nutriente en semillas influyó en el crecimiento de plántulas de dos cultivares de trigo. La semilla se obtuvo de diferentes sitios de campo (dando un rango de contenido de manganeso de 0.1 a 6.4 μg en semilla). La aplicación de manganeso (Mn) en las semillas aumentó en gran medida el contenido de manganeso en las plántulas, sin embargo, solo alrededor del 15-20% de este manganeso adicional se recuperó en las plántulas después de 26 días de crecimiento. También se tuvo diferencias en su tamaño con un aumento del 20% sobre el testigo.

2.7 Método de Osmoprimación

El acondicionamiento osmótico (osmoprimación) se ha reportado como un método eficaz para mejorar la calidad fisiológica de la semilla a través de la uniformidad y porcentaje de germinación. El método consiste en la inmersión de la semilla en una solución de

concentración determinada por un período dado; hidratada la semilla, se activa su metabolismo en forma controlada, de tal manera que la germinación ocurre (Bradford, 1986).

Marín Sánchez et al., (2007) Mencionan que con este tratamiento (osmoprimación) es posible lograr un buen control sobre la hidratación de la semilla en la segunda fase de la imbibición, en la que varios procesos metabólicos son activados, pero sin llegar a la emergencia de la radícula. Con esta técnica se logra, entre otras cosas, rapidez, sincronización e incremento en la tasa de germinación.

2.8 Sustratos inertes

Estos sustratos inertes son asépticos y no conllevan ningún tipo de bacteria o microbio, en algunas producciones se instalan plantas que crecen en un sustrato inerte y estéril como lana de roca, bolas de arcilla, fibra de coco, turba. Bonachela et al., (2008) comentan que dichos sustratos no contienen elementos nutritivos y necesitan un aporte permanente y evolutivo de nutrientes en el agua de riego.

Uno de estos sustratos es la turba, su grado de descomposición, la variación entre climas locales y el agua determinan su calidad y su valor como componente de sustratos; por ello Bárbaro et al., (2011) afirman que la turba se caracteriza por ser una masa ligera y esponjosa fácil de manipular, la cual permite que los cultivos cuenten con las condiciones adecuadas para su desarrollo, cualidad que ayuda a obtener mayores rendimientos a la hora de cultivar y al mismo tiempo cuida del medio ambiente.

Las turbas poco descompuestas tienen una estructura que posee una excelente porosidad, proporcionando gran aireación a las raíces. Además, está libre de gérmenes y semillas de malas hierbas y es bastante ligera, como prácticamente no contiene ningún elemento nutritivo para uso de las plantas, puede ser abonada según las soluciones tipo que se han producido, sin necesidad de efectuar un análisis previo antes de la siembra del cultivo a utilizarse (Miranda, 2013).

La turba “Kekkilä profesional” es un sustrato para semillero hortícola, ya sea por semilla o esqueje. Kekkilä se elabora a partir de una selección de las mejores turbas pardas, proporcionando una calidad al producto. El producto procede de un cribado fino, está limado y contiene 10% Perlita. Como aditivos contiene: Carbonato cálcico (Ca, Mg), agente humectante, pH [pasta saturada (extracto) 5.5], CE [Pasta saturada (extracto) 2.3 mS/cm] (San Alfonso, 2020).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Caracterización del área de estudio

El estudio se realizó en el invernadero perteneciente a una producción de plántulas que se encuentra ubicado en la ciudad de Ibarra en la parroquia de San Antonio, sector de Tanguarín (Figura 4).

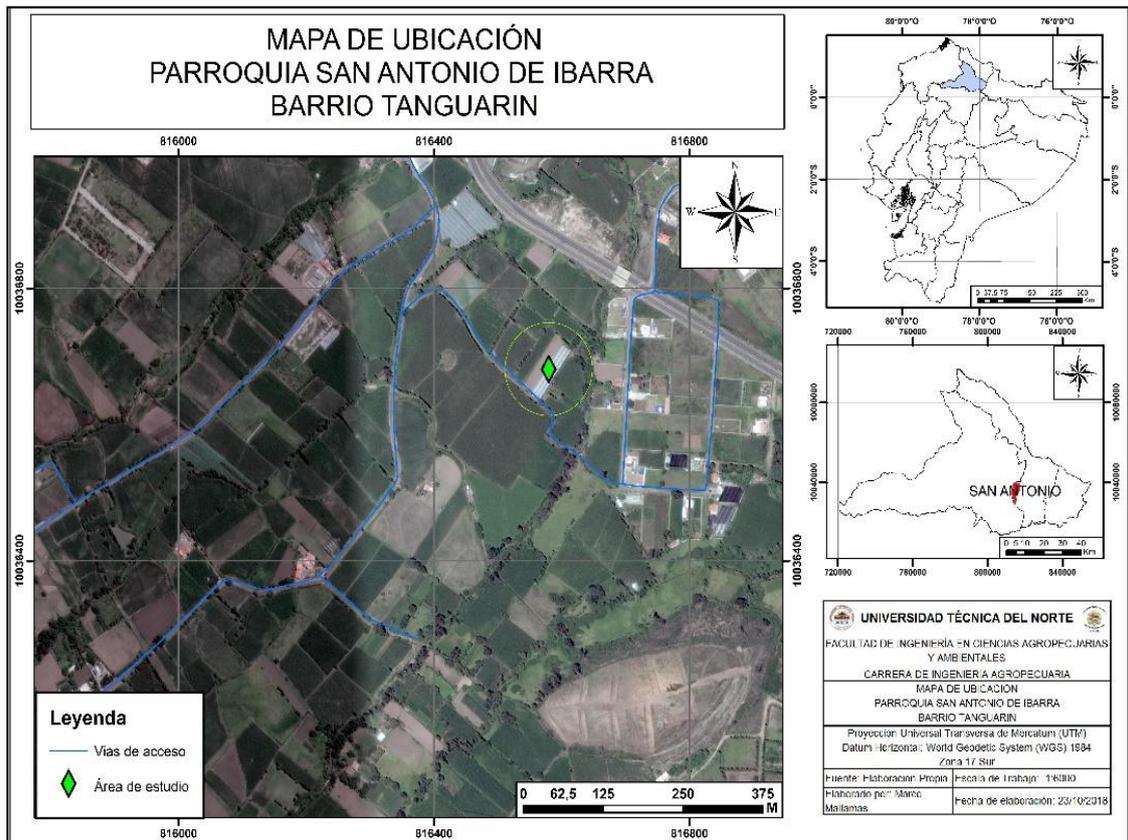


Figura 4. Mapa de ubicación.

Fuente: (Instituto Geográfico Militar [IGM], 2020)

3.1.1 Ubicación

La ubicación política y geográfica se puede observar en la Tabla 1. Esta información fue obtenida de una fuente confiable que menciona ciertos aspectos de importancia.

Tabla 1
Ubicación política y geográfica del área de estudio.

Ubicación	Localidad
Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	San Antonio de Ibarra
Lugar	Proveplant
Altitud	2220 m.s.n.m
Longitud	78°10' 09" Oeste
Latitud	00° 20' 08" Norte

Fuente: (Áviles, 2000).

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 *Materiales de campo*

- Bandejas de germinación de 20 cavidades (para semillas de fréjol y maíz)
- Bandejas de germinación de 200 cavidades (para semillas de pimiento)
- Libreta de campo
- Metro/cinta métrica
- Soportes de bandejas
- Medidor de clorofila

3.2.2 *Materiales de laboratorio*

- Balanza
- Vasos de precipitación
- Recipientes plásticos
- Guantes
- Horno secador
- Medidor foliar

3.2.3 Equipos

- Computadora
- Cámara fotográfica

3.2.4 Insumos

- Productos / fórmulas nutricionales
- Semilla de fréjol (Rojo del valle)
- Semilla de maíz (Iniap 101-suave)
- Semilla de pimiento (Natalie)
- Turba (sustrato inerte)

3.3 Metodología

En ensayos preliminares para determinar el efecto del contacto de fórmulas nutricionales en las semillas de fréjol, maíz y pimiento (Figura 5), se obtuvo como resultado una dosificación para cada cultivo.



Figura 5. Ensayos preliminares de dosificación de fórmulas nutricionales en semillas de fréjol. a) Germinación de semillas de fréjol. b) Crecimiento de la plántula de fréjol con la dosificación experimentada. c) Crecimiento de la plántula de maíz con la dosificación experimentada.

En estos ensayos solamente se evaluaron variables en relación a la germinación y emergencia. Al inicio de los ensayos preliminares se utilizaron dosis bajas, que fueron incrementando según el efecto que presentaba la semilla, es decir, en el caso del fréjol se utilizaron 5 g/L, pero al observar que las semillas no presentaron ningún efecto dañino se incrementó la dosis a 10 g/L y posteriormente a 20 g/L, en esta última se observó una quemazón en la semilla (Figura 6), concluyendo que la dosis de 20 g/L fue muy alta, de la misma manera se experimentaron con los cultivos de maíz y pimiento.

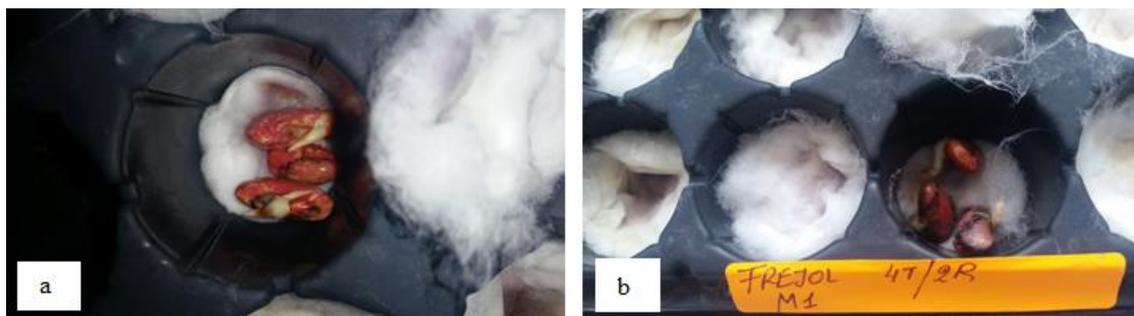


Figura 6. Presencia de quemazón de semillas de fréjol en ensayos preliminares. a) Dosis de 20 g/L. b) Dosis de 20 g/L en la segunda repetición.

3.3.1 Factores en estudio

FA: Fórmulas nutricionales

Los porcentajes de los elementos utilizados en cada fórmula para los cultivos de fréjol, maíz y pimiento (Tabla 2) se pueden apreciar a continuación, recalando que cada cultivo posee su propia dosis (fréjol= 15 g/L; maíz= 45 g/L; pimiento= 5g/L). Cada uno de los cultivos tienen diferente relación de porcentaje (peso/volumen), es decir, el cultivo de fréjol posee una relación de 1.48% (p/v); maíz: 4.40% (p/v) y pimiento: 0.49% (p/v). Esta relación se obtuvo de la división de cada una de las dosis para el volumen total de agua utilizada y multiplicado por 100.

El testigo (FO) de la investigación no fue expuesto a ninguna fórmula nutricional, solo se utilizó agua destilada.

Tabla 2

Descripción de porcentajes utilizados de los diferentes elementos en las fórmulas nutricionales.

NUTRIENTE	CONTENIDO (%)			
	F1	F2	F3	(FO) TESTIGO
N	9.5	9.5	9.5	-
P	5.2	5.2	5.2	-
K	8.1	8.1	8.1	-
Ca	13.7	13.7	13.7	-
Zn	0.4	0.25	0.12	-
B	1	0.09	0.04	-
Fe	0.7	0.35	0.7	-
Mn	0.67	0.34	0.67	-
Mo	0.01	0.01	0.01	-
Cu	0.12	0.12	0.12	-
Mg	0.01	0.01	0.01	-

Por otro lado, se puede observar el porcentaje de la relación (p/v) y ppm utilizados de las diferentes fórmulas en cada cultivo: fréjol (Tabla 3), maíz (Tabla 4) y pimiento (Tabla 5).

Tabla 3

Descripción de la concentración en porcentaje peso volumen y partes por millón de las diferentes fórmulas con su respectiva dosis en el cultivo de fréjol.

Nutriente	Fórmula 1		Fórmula 2		Fórmula 3	
	% (P/V)	ppm (P/V)	% (P/V)	ppm (P/V)	% (P/V)	ppm (P/V)
N	0.1415	1414.6	0.1415	1414.6	0.1415	1414.6
P	0.0774	774.3	0.0774	774.3	0.0774	774.3
K	0.1206	1206.2	0.1206	1206.2	0.1206	1206.2
Ca	0.2040	2040.0	0.2040	2040.0	0.2040	2040.0
Zn	0.0060	59.6	0.0037	37.2	0.0018	17.9
B	0.0149	148.9	0.0013	13.4	0.0006	6.0
Fe	0.0104	104.2	0.0052	52.1	0.0104	104.2
Mn	0.0100	99.8	0.0051	50.6	0.0100	99.8
Mo	0.0001	1.5	0.0001	1.5	0.0001	1.5
Cu	0.0018	17.9	0.0018	17.9	0.0018	17.9
Mg	0.0001	1.5	0.0001	1.5	0.0001	1.5

Tabla 4

Descripción de la concentración en porcentaje peso volumen y partes por millón de las diferentes fórmulas con su respectiva dosis en el cultivo de maíz.

Nutriente	Fórmula 1		Fórmula 2		Fórmula 3	
	% (P/V)	ppm (P/V)	% (P/V)	ppm (P/V)	% (P/V)	ppm (P/V)
N	0.4183	4183.0	0.4183	4183.0	0.4183	4183.0
P	0.2290	2289.6	0.2290	2289.6	0.2290	2289.6
K	0.3567	3566.5	0.3567	3566.5	0.3567	3566.5
Ca	0.6032	6032.3	0.6032	6032.3	0.6032	6032.3
Zn	0.0176	176.1	0.0110	110.1	0.0053	52.8
B	0.0440	440.3	0.0040	39.6	0.0018	17.6
Fe	0.0308	308.2	0.0154	154.1	0.0308	308.2
Mn	0.0295	295.0	0.0150	149.7	0.0295	295.0
Mo	0.0004	4.4	0.0004	4.4	0.0004	4.4
Cu	0.0053	52.8	0.0053	52.8	0.0053	52.8
Mg	0.0004	4.4	0.0004	4.4	0.0004	4.4

Tabla 5

Descripción de la concentración en porcentaje peso volumen y partes por millón de las diferentes fórmulas con su respectiva dosis en el cultivo de pimienta.

Nutriente	Fórmula 1		Fórmula 2		Fórmula 3	
	% (P/V)	ppm (P/V)	% (P/V)	ppm (P/V)	% (P/V)	ppm (P/V)
N	0.0474	473.8	0.0474	473.8	0.0474	473.8
P	0.0259	259.4	0.0259	259.4	0.0259	259.4
K	0.0404	404.0	0.0404	404.0	0.0404	404.0
Ca	0.0683	683.3	0.0683	683.3	0.0683	683.3
Zn	0.0020	20.0	0.0012	12.5	0.0006	6.0
B	0.0050	49.9	0.0004	4.5	0.0002	2.0
Fe	0.0035	34.9	0.0017	17.5	0.0035	34.9
Mn	0.0033	33.4	0.0017	17.0	0.0033	33.4
Mo	0.0000	0.5	0.0000	0.5	0.0000	0.5
Cu	0.0006	6.0	0.0006	6.0	0.0006	6.0
Mg	0.0000	0.5	0.0000	0.5	0.0000	0.5

FB: Cultivo

Cultivo 1: Fréjol

Cultivo 2: Maíz

Cultivo 3: Pimiento

Fc: Tiempo

Días transcurridos después de la siembra, 20 días en los cultivos de fréjol y maíz. En el cultivo de pimiento fueron 58 días después de la siembra. Estos tiempos fueron considerados al ser los más aptos para el trasplante, en donde, las plántulas están bien formadas y expandidas.

3.3.2 *Tratamientos*

Los tratamientos son el resultado de la interacción entre los factores (Tabla 6).

Tabla 6
Descripción de las fórmulas y cultivos de la investigación.

Tratamiento	Código	Detalle
T1	F1C1	15 g de fórmula uno en 1 L de agua destilada aplicada a 20 semillas de fréjol
T2	F2C1	15 g de fórmula dos en 1 L de agua destilada aplicada a 20 semillas de fréjol
T3	F3C1	15 g de fórmula tres en 1 L de agua destilada aplicada a 20 semillas de fréjol
T4	T1C1	Testigo (solo con agua destilada)
T5	F1C2	45 g de fórmula uno en 1 L de agua destilada aplicada a 20 semillas de maíz
T6	F2C2	45 g de fórmula dos en 1 L de agua destilada aplicada a 20 semillas de maíz
T7	F3C2	45 g de fórmula tres en 1 L de agua destilada aplicada a 20 semillas de maíz
T8	T2C2	Testigo (solo con agua destilada)
T9	F1C3	5 g de fórmula uno en 1 L de agua destilada aplicada a 200 semillas de pimiento

T10	F2C3	5 g de fórmula dos en 1 L de agua destilada aplicada a 200 semillas de pimienta
T11	F3C3	5 g de fórmula tres en 1 L de agua destilada aplicada a 200 semillas de pimienta
T12	T3C3	Testigo (solo con agua destilada)

3.3.3 Diseño experimental

La investigación se realizó con un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas (Anexo 1).

3.3.3.1 Características del área experimental

- Parcelas principales: Cultivos
- Subparcelas: Fórmulas nutricionales
- Distancia entre bandejas: 10 cm
- Número de unidades experimentales: 36
- Área del experimento: 58.05 m²

3.3.4 Características de la unidad experimental

3.3.4.1 Características de las bandejas para fréjol y maíz

- Número de bandejas por unidad experimental: 2
- Número de cavidades: 20
- Medida superior de la celda: 6.2 x 6.2 cm
- Medida inferior de la celda: 4.8 x 4.8 cm
- Altura de la bandeja: 6.3 cm
- Volumen de la cavidad: 190 cm³
- Material/color: Poli estireno/Negro

3.3.4.2 Características de las bandejas para pimiento

- Número de bandejas por unidad experimental: 1
- Número de cavidades: 200
- Altura de la bandeja: 4.5 cm
- Volumen de la cavidad: 11 cm³
- Material/color: poli estireno/negro

3.3.5 Análisis estadístico

El diseño estadístico utilizado para los cultivos de fréjol y maíz se aprecia en la Tabla 7. El factor “bloques” está presente en los análisis de varianza de forma aleatoria. El factor “fórmula” está presente en todas las variables en estudio. El factor “tiempo” se refiere a los días que transcurrieron después de la siembra. En los cultivos de fréjol y maíz el factor tiempo se utilizó en las variables: días después de la siembra, diámetro de tallo y altura de plántula.

Tabla 7
Esquema del diseño estadístico en los cultivos de fréjol y maíz.

Fuentes de variación	Cálculo (GL)	Grados de libertad (GL)
Bloque	(B-1)	2
Fórmula	(F-1)	3
(Bloque) (Fórmula)	(B) (F)	6
Tiempo	(T-1)	1
(Bloque) (Tiempo)	(B) (T)	2
(Fórmula) (Tiempo)	(F) (T)	3
Error		6
Total	[(B)(F)(T)]-1	23

Para el cultivo de pimiento se utilizó el esquema estadístico (Tabla 8) donde se aprecia que el factor tiempo (días después de la siembra) se utilizó para todas las variables en estudio.

Tabla 8
Esquema del diseño estadístico para el cultivo de pimiento.

Fuentes de variación	Cálculo (GL)	Grados de libertad (GL)
Bloques	(B-1)	2
Fórmula	(F-1)	3
(Bloque) (Fórmula)	(B) (F)	6
Tiempo	(T- 1)	9
(Bloque) (Tiempo)	(B) (T)	18
(Fórmula) (Tiempo)	(F) (T)	27
Error		54
Total	[(B)(F)(T)]-1	119

3.3.6 Variables

Las variables fueron consideradas para etapas iniciales de los cultivos, es decir, hasta la fase de plántula.

3.3.6.1 Días a la emergencia

Se consideró como plántula emergida aquella cuyas hojas cotiledonarias pudieron apreciarse en la superficie del sustrato. Se tomó como referencia el día que el 50 % de las semillas emergieron. Se contabilizaron los días desde la siembra hasta que las hojas cotiledonarias aparecieron (Figura 7).



Figura 7. Evaluación de la variable días a la emergencia en plántulas provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales. a) Plántulas de fréjol, maíz. b) Plántulas de pimiento.

3.3.6.2 Diámetro de tallo

Se midió el diámetro de tallo al 50% de plántulas (nueve plántulas) de cada tratamiento escogidas al azar y evitando el efecto borde en cada cultivo, esta variable se evaluó a los 15 y 20 días después de la siembra (DDS) en el caso de fréjol y maíz, el pimiento fue evaluado a partir de los 35 días después de la siembra (Figura 8).



Figura 8. Evaluación de la variable diámetro de tallo en plántulas provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales. a) Medición a plántulas de maíz. b) Medición a plántulas de fréjol. c) Medición a plántulas de pimiento.

3.3.6.3 Altura de plántula

Se evaluó la altura al 50% de plántulas de cada tratamiento, escogidas al azar y las cuales no se encontraban en el efecto borde (nueve plántulas) en cada cultivo. Esta variable se evaluó a los 15 y 20 DDS en el caso de fréjol y maíz. El pimiento fue evaluado a partir de los 35 días después de la siembra (Figura 9).



Figura 9. Evaluación de la variable altura en plántulas provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales. a) Evaluación de plántulas maíz. b) Evaluación de plántulas fréjol. c) Evaluación de plántulas pimienta.

3.3.6.4 Contenido de clorofila

Se consiguió utilizando un dispositivo medidor de clorofila (MC-100 chlorophyll concentration meter). Estuvo calibrado para medir la concentración de clorofila en hojas con unidades de $\mu\text{ mol/m}^2$. Esta variable fue tomada en hojas jóvenes totalmente expandidas. Las mediciones fueron realizadas en nueve plantas de cada tratamiento en los cultivos de fréjol y maíz. (Figura 10).

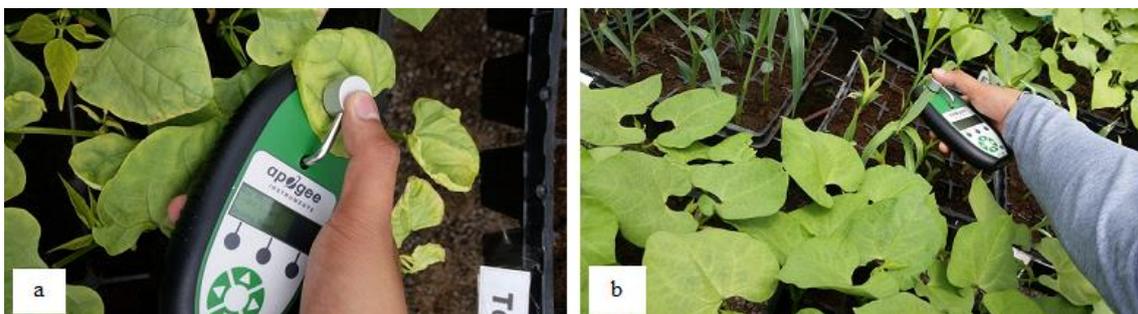


Figura 10. Evaluación de la variable contenido de clorofila en plántulas provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales. a) Evaluación de plántulas de fréjol. b) Evaluación de plántulas de maíz.

3.3.6.5 Materia seca

Esta labor se la realizó en las instalaciones de la granja Experimental “La Pradera”. Silva et al., (2015) mencionan que un método eficaz es colocar a las plantas en una estufa a 105° C por un tiempo aproximado de 24 horas, hasta que la materia seca de la planta sea constante en los diferentes órganos. Para el cultivo de pimiento se utilizaron un total de tres plántulas por tratamiento para evaluarlas a partir de los 35 días después de la siembra hasta los 58 días después de la siembra. Las plántulas fueron separadas de las bandejas y se limpió el exceso de sustrato de sus raíces.

Posteriormente las plántulas fueron disecadas y sus órganos (raíz, tallo, hojas) se pesaron por separado y se registraron los datos de materia fresca. Una vez que fueron expuestas al horno secador se tomaron los datos de materia seca. En el caso de fréjol y maíz se utilizaron cuatro plántulas por tratamiento, donde se siguieron los mismos pasos mencionados anteriormente para obtener los datos de materia seca. Para estas dos últimas especies, esta medición se la realizó al final de la investigación, es decir, a los 20 días después de la siembra (Figura 11).



Figura 11. Evaluación de la variable materia seca en plántulas provenientes de semillas de fréjol, maíz y pimiento tratadas con diferentes fórmulas nutricionales. a) Pesaje de los diferentes órganos de la plántula. b) Separación de muestras en bolsas de papel. c) Colocación de muestras en el horno secador.

3.3.6.6 Área foliar

Se midió el área foliar con la máquina “LI-3100C Área Meter”, se encuentra en las instalaciones de la Granja Experimental “La Pradera”. En el caso de pimiento se ocuparon las mismas plantas que fueron utilizadas para la evaluación de la variable materia seca; se limpió el área foliar y se separaron las hojas del tallo para ser colocadas en el medidor de área foliar. Para los cultivos de maíz y fréjol se utilizaron dos plántulas y se tomó en cuenta la misma metodología. Esta evaluación se realizó cuando las plántulas estuvieron bien formadas con sus hojas verdaderas expandidas, es decir, para el caso de maíz y fréjol se realizó a los 20 días después de la siembra, en el caso de pimiento se realizó a partir de los 35 días después de la siembra (Figura 12).

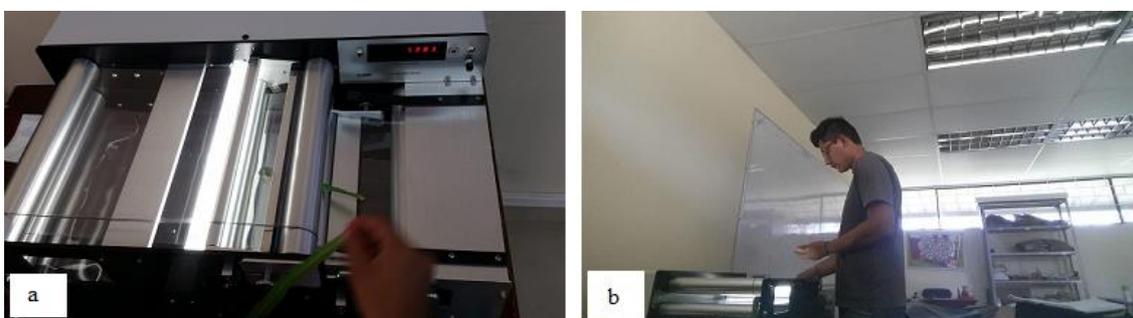


Figura 12. Evaluación de la variable área foliar en plántulas de fréjol, maíz y pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales. a) Colocación de la parte aérea de las plántulas. b) Obtención de datos numéricos.

3.3.6.7 Contenido de nutrientes en tejido foliar

Se realizó un análisis de contenido de nutrientes en el tejido foliar. Se obtuvo submuestras de cada unidad experimental (UE) con un promedio de 50 g por tratamiento. Estas submuestras fueron tomadas de plántulas que no ejercen el efecto borde de las bandejas, y se recolectaron cuando las plántulas tuvieron hojas jóvenes bien desarrolladas, las cuales fueron enviadas al laboratorio Agrobiolab (Figura 13).

En la presente variable no hubo un análisis estadístico ya que al momento de la toma de muestras no hubo repeticiones, sin embargo, el análisis foliar se lo realizó a los 20 días

después de la siembra en el caso de fréjol y maíz, para el cultivo de pimientos las muestras se tomaron a los 58 días después de la siembra.

Cabe recalcar que en cada cultivo existen rangos bajos, suficientes y altos para poder interpretar el análisis foliar, en este caso, el laboratorio pertinente menciona que las metodologías que permiten el diagnóstico del estado nutricional de los suelos y de las plantas se han venido realizando con el intercambio de muestras dentro de la Red Nacional de Laboratorios (RELASE), el Laboratorio Agroservice International de USA y el Laboratorio WEPAL de Holanda para mantener valores de Z-score dentro de los rangos aceptables internacionalmente como parámetro estadístico, además de mencionar al IFA (International Fertilizer Industry Association) para relacionar los resultados obtenidos con los rangos establecidos por diferentes autores (Padilla, 2016).



Figura 13. Toma de muestras para análisis foliar de plántulas de fréjol, maíz y pimiento, provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales. a) Colocación de 50 g de peso foliar de cada cultivo en bolsas de papel. b) Rotulado de las submuestras.

3.4 Manejo específico del experimento

Para lograr el avance de este experimento se realizaron las siguientes actividades:

3.4.1 Obtención de semillas para la investigación

Las semillas que se utilizaron en esta investigación fueron certificadas. En el caso de fréjol y del maíz, se obtuvieron en la estación experimental Santa Catalina - INIAP. Por otro lado, las semillas de pimiento, variedad Nathalie (híbrida), fueron obtenidas a través de los proveedores autorizados (Figura 14).



Figura 14. Semillas utilizadas en la presente investigación. a) Semillas certificadas de fréjol (Rojo del valle). b) Semillas certificadas de maíz (Iniap 101 suave). c) Semillas híbridas de pimiento (Nathalie).

3.4.2 Preparación de las fórmulas nutricionales

La preparación de las fórmulas para el estudio se realizó en laboratorio, donde se utilizaron las diferentes materias primas. Las diferentes fórmulas fueron sólidos mojables para poder disolverlas en agua (destilada) con las diferentes dosificaciones de acuerdo a cada cultivo (Figura 15).

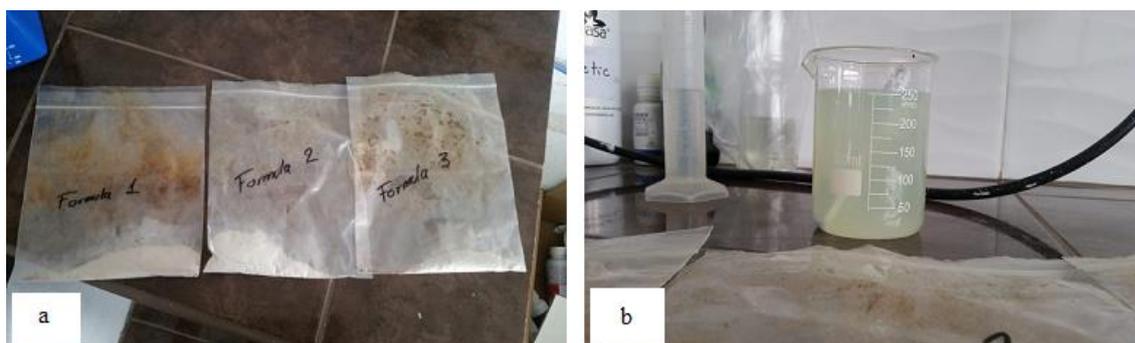


Figura 15. Fórmulas nutricionales. a) Formulación en polvo. b) Fórmulas mezcladas con agua destilada.

3.4.3 Colocación del sustrato en las bandejas

El sustrato que se utilizó para esta investigación fue la turba, ya que es un sustrato que mantiene humedad y así se disminuyó las frecuencias de riego, previamente se humedeció con agua destilada. La turba fue colocada en cada bandeja (Figura 16). Se utilizaron 120 g para cada hoyo de las bandejas para fréjol y maíz, 70 g para cada hoyo de las bandejas de pimiento.



Figura 16. Aplicación de sustrato. a) Descompactación del sustrato. b) Colocación del sustrato en cada bandeja.

3.4.4 Colocación de las semillas en las bandejas

Las semillas que se utilizaron para la investigación fueron previamente seleccionadas, observando que no tengan daños físicos. Se realizó una prueba de viabilidad de semillas, la cual consistió en colocar las semillas en un recipiente con agua, y las semillas que flotaron fueron descartadas. Para cada uno de los orificios de las bandejas se utilizó una semilla de cada cultivo (Figura 17).



Figura 17. Colocación de semillas en las bandejas de germinación.

3.4.5 Distribución de bandejas en el invernadero

Las bandejas donde se sembraron las diferentes semillas se colocaron en un espacio adecuado dentro del invernadero, para que tengan la misma cantidad de luz y no tengan factores que puedan alterar el crecimiento de las semillas (Anexo 1).

3.4.6 Aplicación de las fórmulas en estudio

Se colocaron las fórmulas en estudio en cada orificio de las bandejas para asegurar su contacto con la semilla. Para fréjol se utilizó una dosis de 15 g, para maíz se utilizó 45 g y para pimiento se utilizó 5 g de las fórmulas nutricionales. Estas cantidades fueron disueltas en un litro de agua destilada. Un litro de las fórmulas preparadas fue depositado en 20 semillas de fréjol, otro litro en 20 semillas de maíz y un litro de fórmula en 200 semillas de pimiento. Estas dosis fueron previamente experimentadas para evitar que las semillas puedan tener algún síntoma de quemazón al ser expuestas a las fórmulas. Cabe recalcar que al testigo absoluto no se aplicó ninguna fórmula nutricional. Posteriormente de aplicación de las fórmulas en estudio, se procedió a cubrir la semilla con más turba.

Para humedecer nuevamente todos los tratamientos se utilizó únicamente agua destilada, con una cantidad de 50 ml aproximadamente por cada hoyo en el cultivo de fréjol y maíz. Para pimiento se utilizó una cantidad de 10 ml dependiendo el estado de crecimiento y necesidad de la plántula, pero humedeciendo todos los tratamientos por igual (Figura 18).



Figura 18. Aplicación de fórmulas nutricionales. a) Aplicación de fórmulas nutricionales en cada bandeja de cada cultivo. b) Recubrimiento del espacio donde se encontraban las bandejas de estudio.

3.4.7 Evaluaciones

Las evaluaciones se las realizó desde el momento de la emergencia hasta la primera etapa de desarrollo; es decir, hasta que las características visuales de tamaño, color y número de hojas sean las adecuadas para el trasplante de los diferentes cultivos. Se tomaron fechas máximas de 20 días después de la siembra en fréjol y maíz, el pimiento hasta los 58 días después de la siembra (Figura 19).

Las evaluaciones en el cultivo de pimiento se realizaron de forma conjunta, es decir, se hicieron 10 evaluaciones cada tres días donde se tomaron tres plántulas de cada tratamiento, se retiró el exceso de sustrato y se midió: diámetro de tallo, altura de plántula, contenido de clorofila, área foliar, pesos frescos y secos.



Figura 19. Inicio de evaluaciones.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Días a la emergencia

El resultado del análisis estadístico para el cultivo de fréjol (Tabla 9) indica que el factor fórmula muestra diferencias significativas.

Tabla 9

Análisis de varianza para la variable días a la emergencia en plántulas de fréjol.

Fuentes de variación	GL FV	GL E.ex	F	p
Fórmula	3	6	16.00	0.0029

En los resultados obtenidos (Tabla 10), se puede observar que la fórmula uno provocó que las semillas de fréjol demoraran más días en emerger del sustrato, aproximadamente un 26.6% más de tiempo que los otros tratamientos; por otro lado, las fórmulas cero (testigo), fórmula dos y fórmula tres tuvieron el mismo efecto en esta variable con un promedio de cinco días a la emergencia. Se muestran las diferencias para la variable días a la emergencia en plántulas de fréjol (Anexo 2).

Tabla 10

Prueba de medias para la variable días a la emergencia en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	Días a la emergencia	Rangos
1	6.33	A
2	5.00	B
3	5.00	B
0	5.00	B

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

Por otro lado, en la Tabla 11 se observan los análisis estadísticos para el cultivo de maíz, indicando que no existen diferencias significativas para el factor fórmula.

Tabla 11*Análisis de varianza en la variable días a la emergencia en plántulas de maíz.*

Fuentes de variación	GL FV	GL E.ex	F	p
Fórmula	3	6	1.00	0.4547

En el cultivo de maíz también se observa que las fórmulas cero (testigo), fórmula uno, fórmula dos y fórmula tres, tuvieron un comportamiento similar en sus resultados, con un promedio de cinco días a la emergencia (Tabla 12), sin embargo, numéricamente, la fórmula uno tiene un promedio que sobresale con un 6.6% más que los demás tratamientos, indicando que demoró un poco más en emerger.

Tabla 12*Prueba de medias en la variable días a la emergencia en plántulas de maíz.*

Fórmula	Días a la emergencia	Rangos
0	5.00	A
1	5.33	A
2	5.00	A
3	5.00	A

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

Por otro lado, se observan los resultados estadísticos para el cultivo de pimiento (Tabla 13), indicando que no existe diferencias significativas para el factor fórmula.

Tabla 13*Análisis de varianza para la variable días a la emergencia en plántulas de pimiento.*

Fuentes de variación	GLFV	GL E.ex	F	p
Fórmula	3	6	3.00	0.1170

Todas las fórmulas tienen el mismo rango estadístico, es decir, actúan de igual manera en las plántulas de pimiento. Se pueden apreciar los promedios que poseen cada una de las fórmulas (Tabla 14).

Tabla 14

Prueba de medias para la variable días a la emergencia en plántulas de pimiento.

Fórmula	Días a la emergencia	Rangos
0	13.33	A
1	14.33	A
2	13.33	A
3	13.33	A

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

Se puede observar que los resultados solo tuvieron diferencia significativa en el cultivo de fréjol, mostrando un retraso a la emergencia en la fórmula uno. Para el resto de cultivos también se puede ver una ligera tendencia a aumentar los días a la emergencia al aplicar la fórmula uno, aunque esta no es significativa.

Se han realizado estudios que confirman que, si la aplicación de nutrientes se efectúa de tal manera que el mismo queda en contacto con la semilla sembrada, se pueden producir efectos no deseados, desde el retardo de la germinación, hasta la muerte de la semilla, o en otros casos, cuando ésta logra transformarse en plántula, existe deformaciones (Doria, 2010).

Ventimiglia y Carta (2006) mencionan que en el cultivo de soja se probaron fertilizantes como: una mezcla física (N: 3; P₂O₅: 38; S: 5; Ca: 7.5%); superfosfato triple de calcio (N: 0; P₂O₅: 46; S: 0; Ca: 14%); fosfato monoamónico (N: 11; P₂O₅: 52; S: 0; Ca: 0%); fosfato di amónico (N: 18; P₂O₅: 46; S: 0; Ca: 0%) en dosis de 30, 60 y 90 kg/ha. Se aprecia que los fertilizantes amoniacales (fosfato mono y di amónico) fueron los que presentaron mayor efecto fitotóxico para todas las dosis evaluadas, alcanzando para el fosfato di amónico a la dosis de 90 kg / ha, una mortalidad del 55% de plantas respecto al testigo. Considerando cada dosis en particular, siempre la mezcla y el superfosfato presentaron menos fitotoxicidad que las formulaciones amoniacales, no diferenciándose estadísticamente entre sí. Esto tipo de efectos negativos depende mucho de la composición de los nutrientes que se utilice, además de la dosis que se emplee.

Como se mencionó anteriormente, para el presente experimento se realizaron pruebas previas para identificar una dosis que evite este efecto negativo en las semillas, sin embargo, las variables analizadas en estas pruebas fueron únicamente de germinación, concluyendo que el efecto de estas fórmulas en el crecimiento de la plántula en sí, era incierto.

Además, Ferraris et al., (2015) mencionan que en estudios realizados con la aplicación de fertilizantes en la línea de siembra junto con la semilla de maíz, se observó que es una práctica riesgosa que puede afectar la implantación de los cultivos, retrasando la emergencia. Sin embargo, los buenos resultados se observan siempre y cuando la aplicación de fertilizantes haya sido dosificada y elaborada con una buena y adecuada composición de macro y microelementos. Es por eso que se indagó previamente una dosis para cada semilla en la presente investigación, recalando que, esta solo consistió en observar si la germinación tenía un buen porcentaje con la aplicación de las fórmulas. También se menciona que la presencia de sales minerales puede llegar a retrasar en una mínima cantidad de tiempo la emergencia.

En un estudio donde se utilizaron fertilizantes para observar el comportamiento en las primeras fases de la semilla, se menciona que en relación al efecto salino que se genera con la presencia de sales en el sustrato, suelo o a su vez en contacto directo con las semillas; el perjuicio del fertilizante puede deberse a una elevada concentración de sales, esto puede provocar daños a las plántulas, produciéndose retrasos o fallos en la emergencia del cultivo (Openshaw, 1970). Además, con el uso de concentraciones altas de nutrientes, la toxicidad puede presentarse, ya que, esta es la expresión fenológica de una afección metabólica en las plantas por factores físico- químicos, bióticos o abióticos, que se pueden expresar en las semillas o distintos órganos en la planta (Moreno, 2019).

La apariencia de las semillas tratadas con la fórmula uno en los cultivos de fréjol y maíz en el presente estudio se asemejan al tener un tipo de daño a causa de la fórmula, además de un retraso a su emergencia y estado físico de la plántula (Anexo 3), a pesar de haber

realizado pruebas previas es necesario mencionar que las condiciones de cada uno de los experimentos fueron diferentes, al ser realizados en laboratorio y al aire libre.

En términos generales de un experimento realizado donde se embebió semillas de tomate riñón con soluciones nutritivas, se observó que el tiempo medio de emergencia no tuvo una diferencia significativa en relación a los tratamientos y el testigo, ya que se aplicaron soluciones de (KNO_3) , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, (KH_2PO_4) en concentraciones de (1, 10, 100, 1000, 10000 ppm) donde, entre menos fue la concentración, la emergencia fue normal en relación con el testigo en el cual se utilizó agua destilada, pero entre más aumentaba la dosis, la emergencia se retrasaba (Montesdeoca, 2018). Lo que podría indicar que el uso de estas soluciones en dosis bajas no provoca una variación en el tiempo medio de germinación y también en los tiempos de emergencia de las semillas.

Como se había mencionado, en el presente estudio, la fórmula uno posee mayor cantidad de ciertos nutrientes (Zn, Fe, B, Mn) que los demás tratamientos, y esto se puede relacionar al retraso de los días a la emergencia en los cultivos de fréjol y maíz. También se deduce que esta fórmula causó toxicidad a las semillas y por ello se evidenció un mal crecimiento.

En un estudio realizado en semillas de (*Triticum aestivum* L.) Hassan et al., (2019) mencionan que hubo tratamientos que fueron sometidos a osmoprimación (método que consiste en remojar las semillas antes de la siembra), donde el remojo se realizó durante 12 horas en solución aireada manteniendo la relación semilla - solución 1: 5, entre otros tratamientos. Las semillas no tratadas se tomaron como testigo (tratamiento uno), el tratamiento dos fue la aplicación foliar a (0.75 M Zinc), para los tratamientos con osmoprimación se utilizaron soluciones aireadas de (0.1 M Zn) tratamiento tres y (0.01 M Zn) tratamiento cuatro, usando una fuente de sulfato de zinc ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), el tratamiento cinco fue el recubrimiento de semillas con (250 mg Zn / kg semilla) y el tratamiento seis (500 mg Zn / kg semilla).

Los resultados obtenidos en la variable tiempo medio de emergencia indican que el tratamiento tres (método de osmoprimación a 0.1 M Zn) sobresale con sus promedios, sin

embargo, comparte rangos con el testigo y tratamiento cuatro (9.4, 9.3 y 9.2 días) respectivamente. En comparación con el presente experimento en el cultivo de maíz se recalca que las fórmulas en experimentación tuvieron una ligera variación de Zn y tuvieron promedios iguales al testigo (cinco días a la emergencia). Se puede también mencionar que las proporciones entre nutrientes en las formulaciones y la concentración de las mismas, no afectan a todos los cultivos por igual, es decir, los cultivos tienen una reacción diferente ante las fórmulas en estudio.

Es así que, en la presente investigación, el cultivo de fréjol fue el que presentó un mayor efecto negativo en esta variable (fórmula uno). Adicionalmente, en el fréjol la cantidad de sales ocupadas ya no podría ser incrementada, pero, en el caso del maíz y pimiento se podría incrementar la concentración hasta establecer niveles de toxicidad, encontrando un efecto negativo similar a lo que ocurrió en el fréjol, ya que, el maíz y pimiento presentaron ser más resistentes al contacto con fórmulas nutricionales.

4.2 Diámetro de tallo

El ANOVA en el cultivo de fréjol (Tabla 15) muestra que no hay diferencias significativas en la interacción de DDS y fórmula. Por otro lado, para el factor fórmula hay diferencias significativas independientemente del factor DDS. También, existen diferencias significativas para el factor (DDS) independientemente del factor fórmula.

Tabla 15

Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fuentes de variación	GLFV	GL E.ex	F	p
DDS	1	158	23.01	<0.0001
Fórmula	3	158	5.86	0.0008
DDS: Fórmula	3	158	1.51	0.2141

En la Figura 20, los resultados de la fórmula dos y fórmula tres son similares al testigo, ya que comparten rangos estadísticos.

Además, la fórmula uno obtuvo los promedios más bajos con un 8.84% menos que el testigo. También, la fórmula dos tiene una diferencia de 1.73% con respecto al testigo. Además, entre las fórmulas en estudio, la fórmula dos es la que sobresale con mejores promedios con una diferencia de 10.4% con la fórmula uno y de 3.1% con la fórmula tres. Dichos promedios se pueden observar en el Anexo 4.

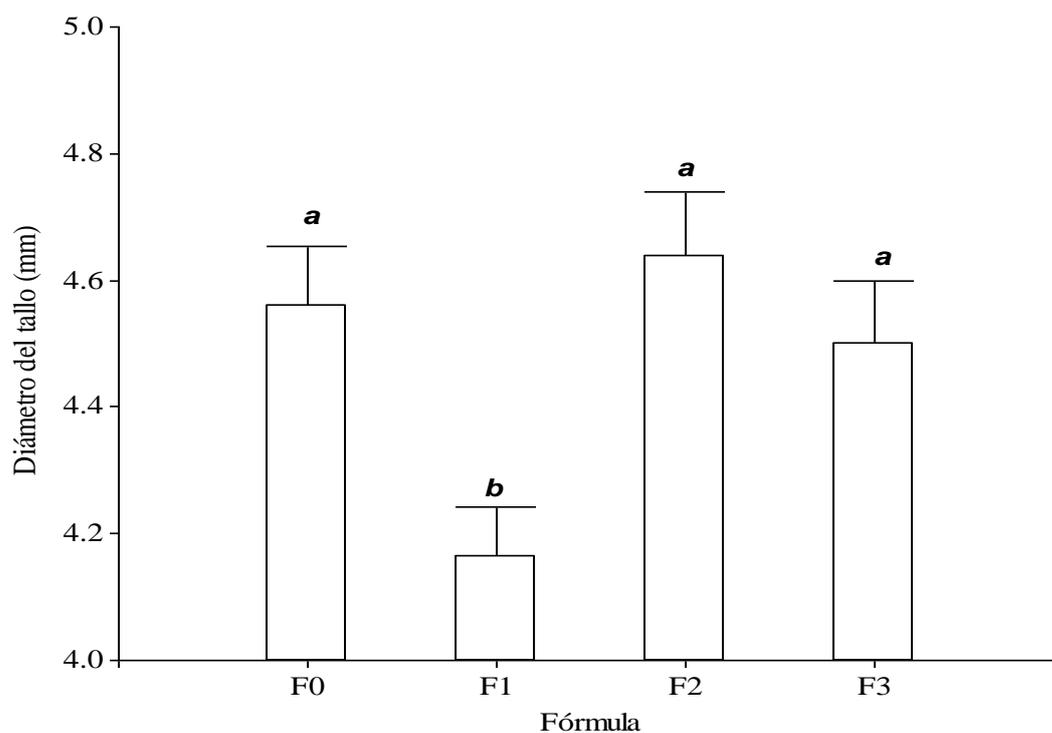


Figura 20. Diámetro de tallo en relación al factor fórmula en plántulas de fréjol proveniente de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

También, en la Figura 21 se puede observar los resultados para el factor DDS, donde se aprecia que los promedios más altos se encuentran a los 20 DDS, con una diferencia del 9.61% en comparación de los 15 DDS (Anexo 5).

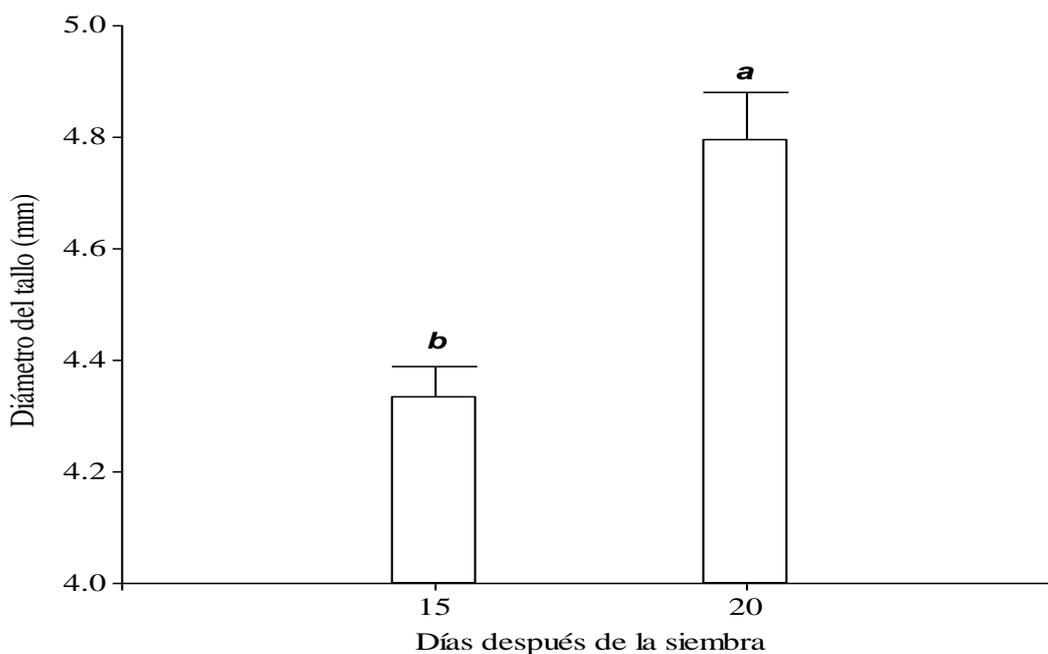


Figura 21. Diámetro de tallo en relación al factor días después de la siembra en plántulas de fréjol proveniente de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Por otro lado, en la Tabla 16 se puede observar el análisis estadístico para el cultivo de maíz en donde se interpreta que hay una interacción de DDS y fórmula.

Tabla 16

Análisis de varianza en la variable diámetro de tallo en plántulas de maíz.

Fuentes de variación	GLFV	GL E.ex	F	p
DDS	1	158	76.90	<0.0001
Fórmula	3	158	12.05	<0.0001
DDS: Fórmula	3	158	8.57	<0.0001

En la Figura 22 se puede observar el comportamiento del cultivo de maíz, donde, a los 15 DDS las fórmulas uno, dos y tres tienen una diferencia con el testigo de 1.5, 4.74, 12.99% respectivamente. Además, la fórmula tres presentó los diámetros más altos, superando a las fórmulas uno y dos con 11.7 y 8.66% respectivamente.

A los 20 DDS, las plántulas de semillas tratadas con la fórmula uno, tuvieron el menor diámetro con un 10.13% de diferencia en relación con el testigo; mientras que, las

plántulas de semillas tratadas con las fórmulas dos y tres alcanzaron el mayor diámetro con una diferencia de 25.43 y 24.97% respectivamente, con relación al testigo.

La fórmula uno comparte rangos estadísticos en los dos tiempos de mediciones (Anexo 6). El diámetro del tallo aumentó, sin excepción, para todas las formulaciones, mostrando los siguientes incrementos en porcentaje: 16.95, 6.21, 34.98, 28.38% para F0, F1, F2 y F3, respectivamente.

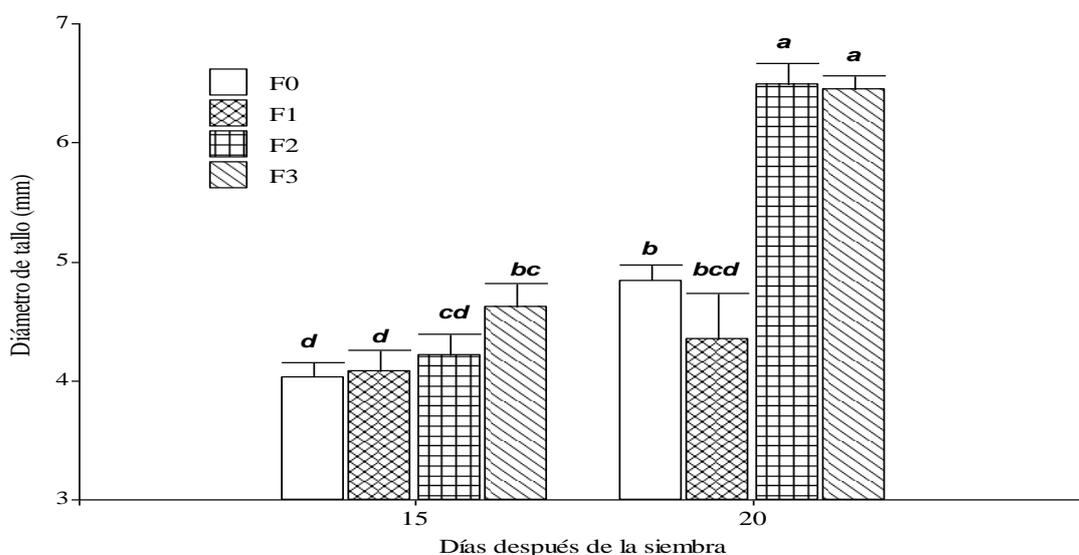


Figura 22. Diámetro de tallo en plántulas de maíz proveniente de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

En la Tabla 17 se puede observar el análisis estadístico para el cultivo de pimiento en el que no hay una interacción de DDS y fórmula. Por otro lado, para el factor fórmula tienen diferencias significativas independientemente del factor DDS. También, los niveles del factor DDS presentan diferencias significativas independientemente del factor fórmula.

Tabla 17
Análisis de varianza en la variable diámetro de tallo en plántulas de pimiento.

Fuentes de variación	GLFV	GL E.ex	F	p
DDS	8	280	31.07	<0.0001
Fórmula	3	280	93.13	<0.0001
DDS: Fórmula	24	280	1.31	0.1539

En la Figura 23 se puede observar los resultados con relación a los DDS, en los que hay un crecimiento lineal en el diámetro de tallo de las plántulas de pimiento, que se evidencia desde el día 31 al 55 después de la siembra, donde tienen pequeñas diferencias que señalan este crecimiento. El día 55 después de la siembra posee el promedio más alto y a partir de este día el crecimiento de las plántulas se detiene. Los promedios obtenidos en todos los días evaluados se aprecian en el Anexo 7.

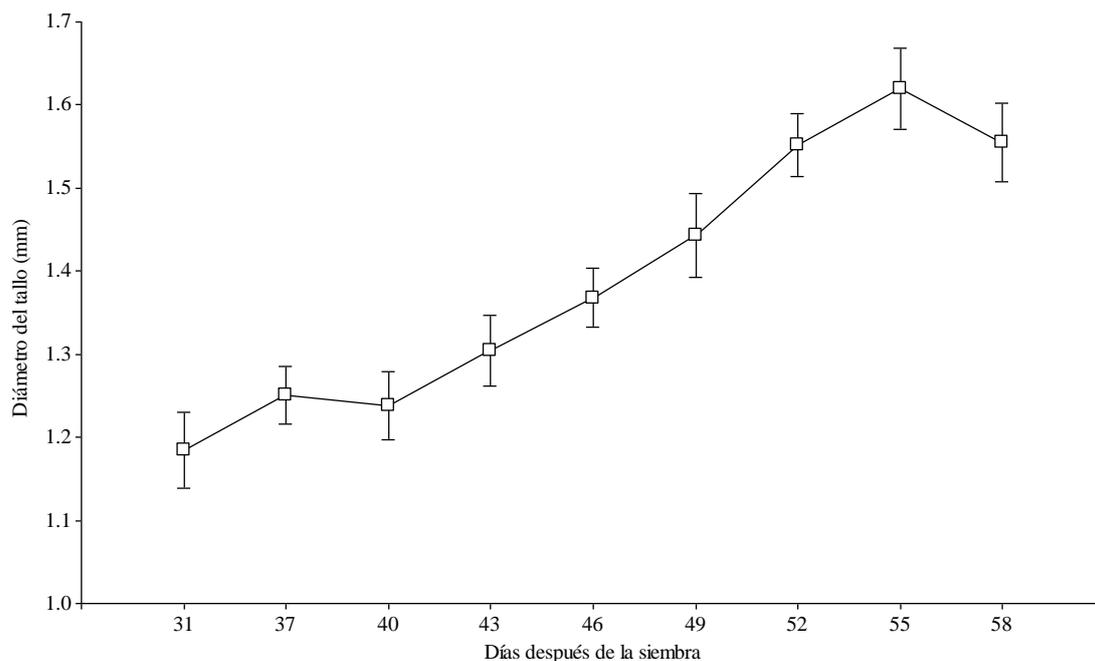


Figura 23. Diámetro de tallo en plántulas de pimiento en relación a los días después de la aplicación de las fórmulas experimentadas.

A su vez, en la Figura 24, se observan los resultados en relación a las fórmulas experimentadas. La fórmula uno comparte rangos estadísticos con la fórmula dos y fórmula tres, sin embargo, estas dos últimas fórmulas mencionadas son diferentes entre sí. Además, los promedios de diámetro obtenidos para las fórmulas uno, dos y tres fueron superiores al promedio de diámetro presentado por el testigo por 27.52, 25 y 28.95%, respectivamente.

Al comparar las tres soluciones, se tiene que con la fórmula tres, el promedio de diámetro fue mayor por 1.98 y 5.27% en relación con los promedios de diámetro obtenidos por

plántulas provenientes de semillas tratadas con las fórmulas uno y dos. La formulación uno presentó un promedio de diámetro superior en 3.36% al encontrado para formulación dos (Anexo 8).

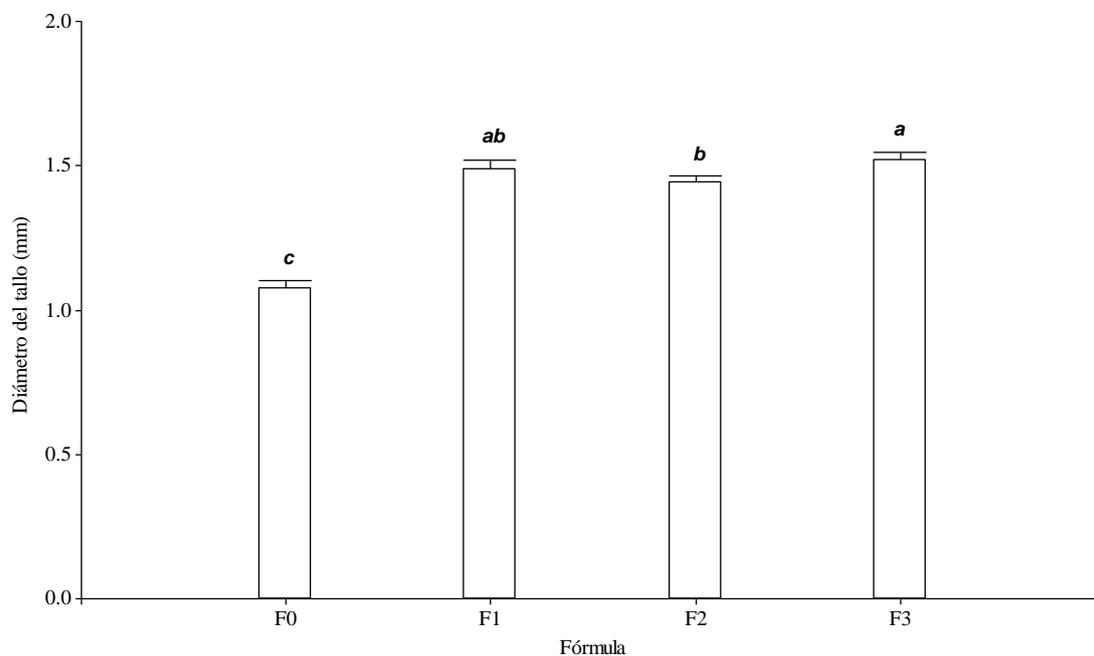


Figura 24. Diámetro de tallo en plántulas de pimienta en relación con las fórmulas experimentadas.

La cantidad de fórmula nutricional al aplicar, es de suma importancia ya que los resultados pueden variar según la misma. Cruz et al., (2012) mencionan que el efecto de la concentración de soluciones nutricionales en variables agronómicas de tomate riñón presentaron promedios en la variable diámetro de tallo donde hubo un incremento en su valor con la aplicación de la solución nutritiva al 50%, pero cuando se utilizó la concentración al 100% sólo incrementó altura de planta, área foliar, al igual que peso seco de hojas.

Entonces, se puede deducir que la concentración de cualquier fórmula o solución nutricional es primordial para tener un balance en el desarrollo en la plántula en sus etapas de crecimiento y esto es lo que se observa en el presente experimento en relación a la fórmula dos y tres, ya que, poseen promedios superiores al testigo en la variable de diámetro de tallo y así mismo en otras variables agronómicas.

También, Sánchez et al., (2009) mencionan que en un estudio para determinar el desarrollo del diámetro del tallo en jitomate se obtuvo muestreos semanales y posteriormente se determinaron los promedios del diámetro de tallo para cada tratamiento, los cuales fueron: la cama uno (testigo, se utilizó solo agua) fue de 0.54 cm; la cama dos (solución de Steiner al 100%, $\text{NO}_3^- = 12$; $\text{K} = 7$; $\text{Ca} = 4.5$; $\text{H}_3\text{PO}_4 = 1$; $\text{Mg} = 2$; $\text{SO}_4 = 3.5$ mmoles/l) de 0.84 cm, la cama tres (solución nutritiva comercial, 13-40-13 NPK en cantidades de 2 g / l) de 0.84 cm, donde se determinó que las fórmulas nutricionales en este estudio favorecieron el crecimiento del diámetro de tallo con un 35.72% en comparación al testigo donde se utilizó agua potable.

Estos resultados se pueden comparar con los obtenidos en el presente estudio en las plántulas de los tres cultivos utilizados, ya que, también se obtuvo un diámetro de tallo superior con las fórmulas nutricionales, donde, las fórmulas dos y tres superaron al testigo con un porcentaje similar en cada uno de los cultivos experimentados. También se menciona que la fórmula uno no hizo notar este buen efecto en los cultivos de fréjol y maíz, al tener en su composición una concentración alta de microelementos (Fe, B, Mn, Zn) en comparación a las otras fórmulas.

4.3 Altura de plántula

Los resultados estadísticos para el cultivo de fréjol se pueden observar en la Tabla 18, donde existe una interacción entre DDS y fórmula.

Tabla 18

Análisis de varianza en la variable altura de plántula en los cultivos de fréjol.

Fuentes de variación	GLFV	GL E.ex	F	p
DDS	1	158	168.27	<0.0001
Fórmula	3	158	99	<0.0001
DDS: Fórmula	3	158	2.72	0.0461

En la Figura 25 se puede observar que en el factor DDS, el cultivo de fréjol mostró promedios más altos en las fórmulas dos y tres, con una diferencia en relación al testigo de 11.85 y 11.61% respectivamente, recalcando que ambas fórmulas poseen rangos

estadísticos similares; esto a los 15 DDS. Por otra parte, a los 20 DDS las fórmulas dos y tres tienen un comportamiento similar al observado a los 15 DDS, pues comparten nuevamente rangos estadísticos y sobresalen en los promedios con relación al testigo con una diferencia de 15.17 y 9.62% respectivamente.

También se puede interpretar que la fórmula uno no tuvo buenos resultados en las plántulas considerando que su altura fue un 31.8% menor con relación al testigo a los 15 DDS y un 31.1% menor en relación con el testigo a los 20 DDS. Por otro lado, se puede observar que, para todas las formulaciones, incluyendo al testigo, la altura de planta incrementa con el pasar de los días, es así, que la fórmula cero aumentó 25.97%, la fórmula uno 24.62%, fórmula dos 28.76% y fórmula tres 24.31 %, esto en relación a los 15 y 20 DDS (Anexo 9).

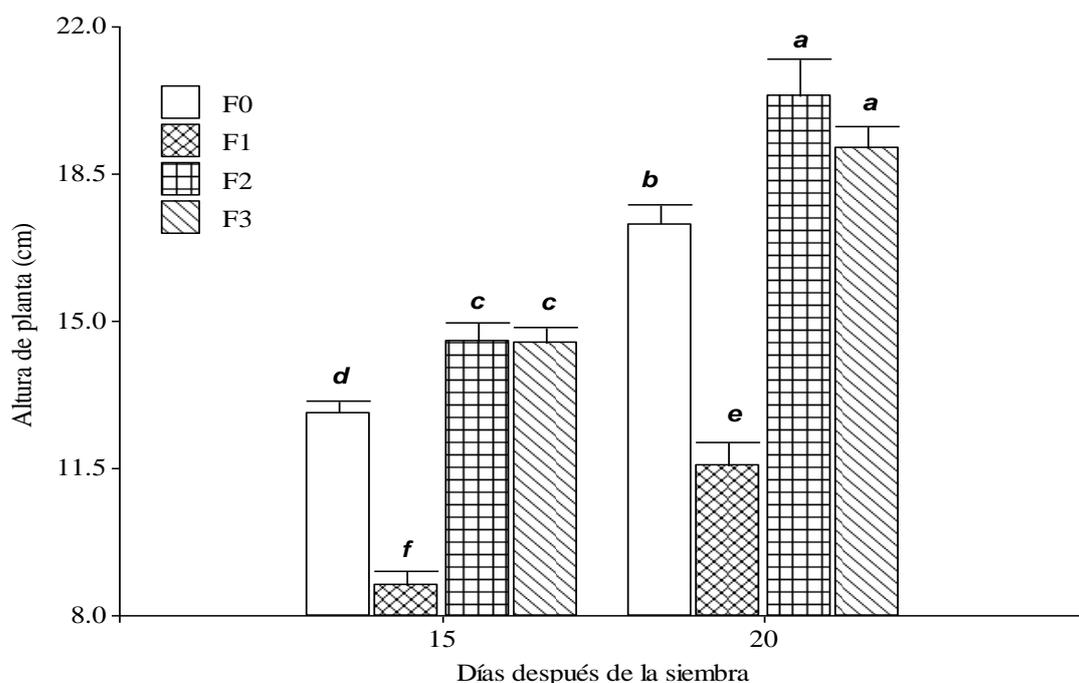


Figura 25. Altura de plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

En los resultados estadísticos para el cultivo de maíz (Tabla 19) se puede observar que existen diferencias significativas para el factor fórmula independientemente del factor

DDS. También, se observan diferencias significativas para el factor DDS, independientemente del factor fórmula.

Tabla 19

Análisis de varianza en la variable altura de plántula en el cultivo de maíz.

Fuentes de variación	GLFV	GL E.ex	F	p
DDS	1	158	33.17	<0.0001
Fórmula	3	158	78.80	<0.0001
DDS: Fórmula	3	158	0.57	0.6362

En el cultivo de maíz, el testigo comparte rangos estadísticos con las fórmulas dos y tres, sin embargo, la fórmula dos es la que sobresale a los demás tratamientos con una diferencia de 5.73% con relación al testigo. Las fórmulas uno y tres poseen promedios por debajo a los del testigo con un 56.2 y 6.6% respectivamente (Figura 26). Además, se puede interpretar que la fórmula dos superó en altura a la fórmula uno y tres en un porcentaje de 57.89 y 11.94% respectivamente. También se puede contemplar los promedios que poseen cada una de las fórmulas en las plántulas de maíz (Anexo 10).

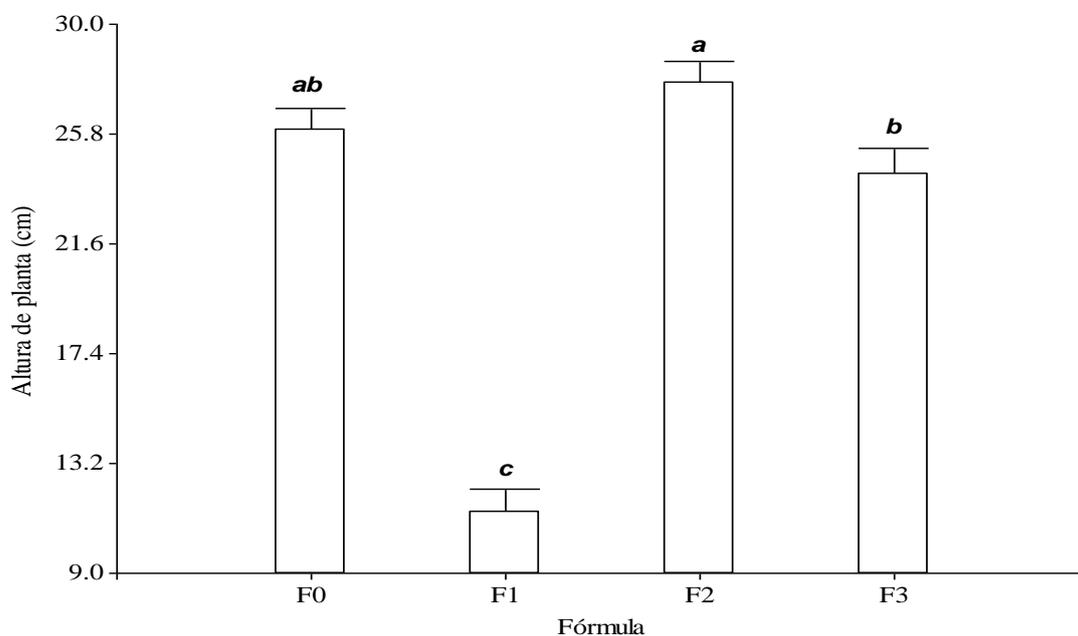


Figura 26. Altura de plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

También, en la Figura 27 se observan los resultados obtenidos para el factor DDS, donde se aprecia una mayor altura de plántula a los 20 DDS con una diferencia de 7.15% en comparación a los 15 DDS, esto es normal ya que a mayor tiempo la plántula tendrá la tendencia a tener un mayor tamaño (Anexo 11).

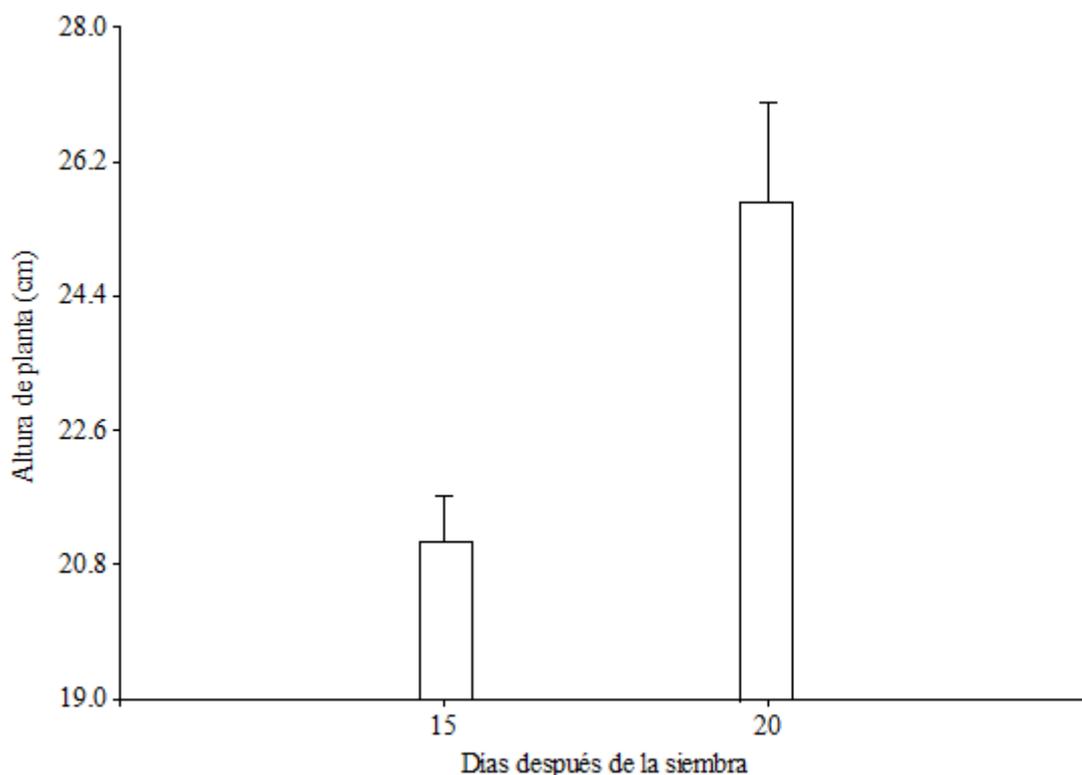


Figura 27. Altura de plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales en relación al factor días después de la siembra.

Para el cultivo de pimiento (Tabla 20) se puede observar que existe una interacción entre DDS y fórmula.

Tabla 20

Análisis de varianza en la variable altura de plántula en el cultivo de pimiento.

Fuentes de variación	GLFV	GL E.ex	F	p
DDS	8	280	97.28	<0.0001
Fórmula	3	280	187.16	<0.0001
DDS: Fórmula	24	280	7.73	<0.0001

En la Figura 28 se pueden observar los resultados obtenidos en el cultivo de pimiento donde se muestra que hay un crecimiento similar en las fórmulas uno, dos y tres con diferencias en relación con el testigo de 56.26, 52.83 y 63.7% respectivamente. sin embargo, en el transcurso de los días 37 al 40, la fórmula dos detiene su crecimiento, pero del día 40 en adelante este continua. A partir de los 52 DDS, la fórmula dos va deteniendo su crecimiento. Por otro lado, la fórmula tres sobresalió un 17.02 y 23.05% respecto a las fórmulas uno y dos. La fórmula cero (testigo) tiene un crecimiento muy bajo, inferior al resto de tratamientos, a partir del día 52 se puede observar un leve crecimiento. En el Anexo 12 se puede apreciar los promedios para el cultivo de pimiento.

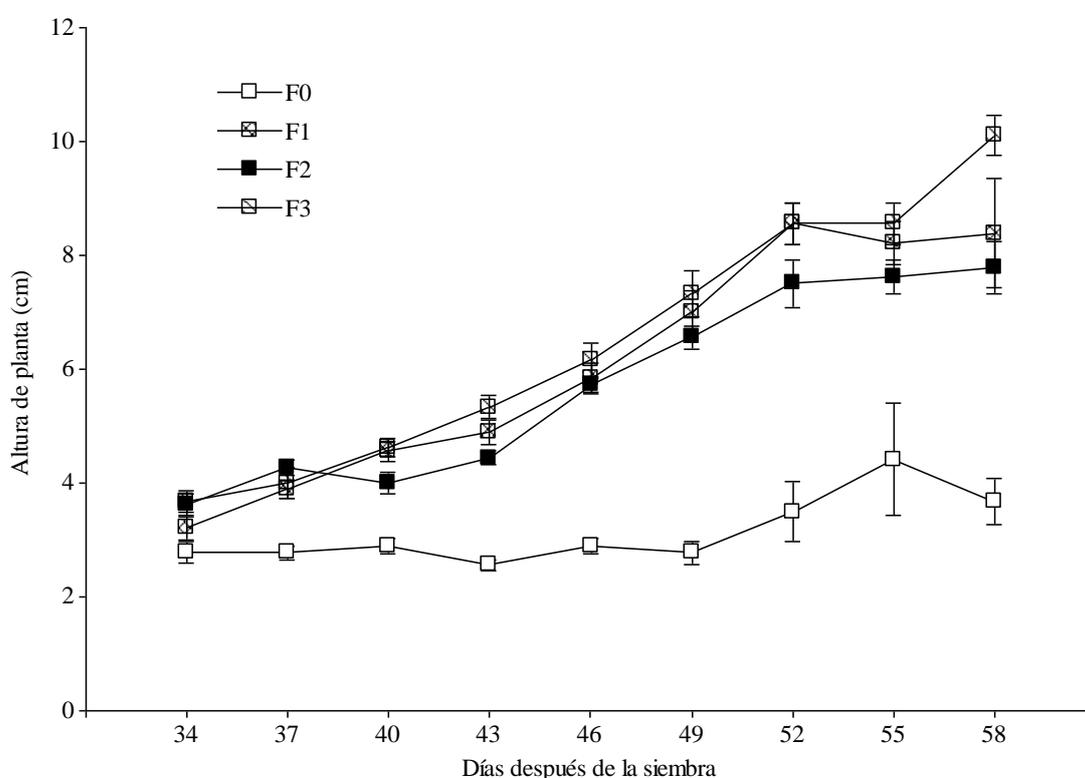


Figura 28. Altura de planta en el cultivo de pimiento en relación a los días después de la siembra.

Como se puede observar en los resultados anteriores la presencia de la fórmula dos tiene un efecto positivo, pero también se observa un efecto negativo con la fórmula. En el caso del cultivo de fréjol y maíz, la fórmula uno tuvo un efecto no deseado mostrando plántulas pequeñas, cloróticas y sin vigor debido a la alta concentración de microelementos (Zn, B, Fe, Mn). Cuando el nivel de nutriente en planta está por debajo de ese rango

probablemente ocurre deficiencia del mismo, mientras que si está por encima probablemente ocurre intoxicación (Barbazán, 1998).

En estudios realizados para mejorar la calidad del tomate Cherry con soluciones nutricionales, los resultados hacen mención a que los valores de altura de planta entre otras variables de crecimiento fueron mayores del 3 a 5% con la solución nutritiva de Steiner ($\text{NO}_3= 60$; $\text{H}_2\text{PO}_4=5$; $\text{SO}_4=35$; $\text{K}=35$; $\text{Ca}=45$; $\text{Mg}= 20$; $\text{NH}_4= 0 \text{ mol m}^{-3}$) en relación al testigo; en cambio el área foliar, biomasa fresca y seca de la parte aérea, los valores fueron superiores con la solución nutritiva de Castellanos entre 12 a 38% en relación al testigo y a la solución nutritiva de Steiner, dado que en la solución nutritiva de Castellanos el suministro de H_2PO_4 , SO_4^{2-} y K^+ fue mayor en un 33, 18 y 18%, respectivamente, con respecto a la solución de Steiner; además la solución nutritiva de Castellanos incluyó NH_4^+ como fuente de N (Luna, 2017).

Es así que la concentración e inclusión de diferentes elementos que pueden componer las distintas fórmulas nutricionales tienen un efecto diferente en el momento de su empleo, ya que, en el presente estudio existe la inclusión de macro elementos en niveles iguales, pero, la presencia de los microelementos en diferentes concentraciones hacen que cada una de las fórmulas causen efectos distintos (Gutiérrez, 2002). Es así que, la fórmula dos sobresalió en sus promedios en los cultivos de fréjol y maíz con 15.17 y 5.73% respectivamente, en relación al testigo. La fórmula tres fue la que sobresalió en promedios en la variable altura de plántula con una diferencia del 63.41% en relación con el testigo en el cultivo de pimiento.

En estudios para identificar el efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu.) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají (*Capsicum frutescens* L.) por medio de la aplicación de soluciones nutritivas se procedió a plantear los tratamientos: T0 (solución nutritiva completa); T1 (solución nutritiva carente de Hierro); T2 (solución nutritiva carente de boro); T3 (solución nutritiva carente de manganeso); T4 (solución nutritiva carente de molibdeno); T5 (solución nutritiva carente de zinc); T6 (solución nutritiva carente de cobre) ; determinando que hasta el final del experimento (60 días), el T0 presentó mejor respuesta, debido a que contenía todos los nutrientes esenciales

siendo favorable para el cultivo obteniendo un promedio de 36.80 cm y el T2 que obtuvo menor incremento de altura de planta con un promedio de 1.51 cm correspondiente al 95.1% de diferencia, dando muestra que el boro es muy importante en el crecimiento de la plántula (Marina, 2013).

En comparación con nuestro experimento se puede deducir que, en el cultivo de pimiento los resultados de la fórmula tres a los 58 DDS obtuvieron un promedio de 10.11 cm y la fórmula cero (testigo) un promedio de 3.70 cm correspondiente al 63.5% de diferencia, teniendo en cuenta que la fórmula tres posee una concentración baja de boro en relación a los demás tratamientos pero tiene un buen balance de los demás macro y micronutrientes, es así, que retomamos la idea de que un buen balance de nutrientes en conjunto con un buen método de aplicación, promueven al desarrollo y crecimiento de la plántula.

También, se puede notar que en el caso del fréjol las fórmulas dos y tres son mejores que el testigo. En maíz, la F2 es mejor que F3, pero ambas son mejores que el testigo. Además, para ambos cultivos, la F1 dio malos resultados con relación al testigo. Para el caso del pimiento es distinto, pues al parecer la F3 da mejores resultados para esta variable.

En un estudio realizado para identificar la influencia del crecimiento de plántulas con tratamiento químicos en cultivos de sorgo, maíz, y algodón. Díaz et al., (2019) mencionan que se planteó los tratamientos: T1: semilla tratada con Cruiser-Maxx® (formulado a base de thiametoxam (200 mL/50 kg de semilla) + fludioxonil y metalaxil-M (100 mL/100 kg de semilla); T2: combinación de microelementos Fe (47%) (500 g/100 kg de semilla) y Zn (62%) (200 g/20 kg de semilla) “Wolf Trax DDP® (Fe + Zn)”; T3: Combinación de T1 + T2; T4: testigo absoluto. Los resultados obtenidos indicaron que no tuvieron impacto significativo para las variables: altura de plántula, entre otras variables.

Los resultados del cultivo de maíz no tuvieron diferencia entre los tratamientos, ya que, se obtuvo promedios a los 50 DDS, donde el T1= 195.2 cm; T2= 194.3 cm; T3= 195.5 cm; testigo= 195.6 cm. Se interpreta que no hubo influencia de estos tratamientos en

altura de plántula, sobre todo comparando el T2 y T3 con el testigo, ya que, en estos tratamientos se tuvo la presencia de microelementos en contacto con la semilla.

Se puede comparar los resultados anteriores con los resultados del presente estudio en el cultivo de maíz, ya que, las fórmulas experimentadas tuvieron diferencia significativa entre ellas dando mayor altura de plántula en la fórmula dos (28.83 cm) promedios obtenidos a los 20 DDS, teniendo en cuenta también hubo cambio en la concentración de elementos como el Zn, Fe, entre otros microelementos, además, la presencia de un exceso de algunos microelementos en la composición de la fórmula uno generó un mal crecimiento obteniendo una altura final de 11.91 cm. Lo mismo se puede mencionar en el cultivo de fréjol, sin embargo, en el cultivo de pimiento la fórmula que más sobresalió con respecto al testigo fue la F3 con 28.95% de diferencia.

En un experimento para determinar el efecto de remojar las semillas de maíz en cuatro soluciones de micronutrientes y un testigo sin aplicación: T1= Fe (1 000 ppm como FeSO_4); T2= Fe + Mn (1000 ppm de Fe como FeSO_4 + 500 ppm de Mn como MnSO_4); T3= Fe + Mn + Zn (1000 ppm Fe como FeSO_4 + 500 ppm Mn como MnSO_4 + 100 ppm Zn como ZnSO_4); T4= Fe + Mn + Zn + Cu (1000 ppm Fe como FeSO_4 + 500 ppm Mn como MnSO_4 + 100 ppm Zn como ZnSO_4 + 50 ppm Cu como CuSO_4) y T5 =testigo, bajo tres programas de riego (100, 85 y 70% de la evapotranspiración del cultivo). Ahmed y Zayed (2014) mencionan que los resultados indicaron que existen influencias significativas en los niveles de riego, remojando las semillas en la solución de algunos micronutrientes y su interacción con la altura de la planta entre otras variables. Los datos ilustrados declararon la interacción sobre la altura de la planta, donde aumentó los promedios de dicha variable en 11.36, 11.60, 12.07 y 11.87% en comparación con el testigo.

En comparación con las plántulas de maíz y fréjol de la presente investigación, se recalca que en las composiciones de las fórmulas utilizadas varían en la concentración de Fe (104.2 ppm para la fórmula uno; 52.1 ppm fórmula dos; 104.2 ppm fórmula tres), Mn (99.8 ppm fórmula uno; 50.6 ppm fórmula dos; 99.8 ppm fórmula tres), Zn (59.6 ppm fórmula uno; 37.2 ppm fórmula dos; 17.9 ppm fórmula tres) y también se tiene diferencia

en los resultados de la fórmula dos en comparación con el testigo, aumentando un 5.73% en la altura de las plántulas en el caso de maíz y un 15.17% en el cultivo fréjol.

La misma ventaja sobre el testigo se observa en el cultivo de pimiento con la fórmula tres, ,sin embargo, se recalca que el exceso de concentraciones de estos elementos también puede producir un daño en la altura de plántula además de provocar que la misma sea más susceptible a ciertas enfermedades (Probelte, 2019). Así como se evidenció en la fórmula uno para los cultivos de fréjol y maíz del presente estudio.

4.4 Contenido de clorofila

Al realizarse el análisis estadístico en las plántulas de fréjol, se puede interpretar que existe una diferencia significativa en el factor fórmula ($F=16.32$; $GL=3,114$; $p= <0.0001$).

En el cultivo de fréjol, las fórmulas cero (testigo) y fórmula dos tienen el mismo rango estadístico, es decir, que actúan de forma igual, pero la fórmula dos tiene una diferencia de 3.08% respecto al testigo.

Además, la fórmula uno posee un rango diferente relacionando a que tuvo un 20.4% menos de cantidad de clorofila en comparación con el testigo. También, la fórmula tres actúa de forma intermedia con una diferencia de 6.78% con respecto al testigo. Por otro lado, la fórmula dos sobresalió un 22.85 y 9.65% con respecto a las fórmulas uno y tres (Figura 29).

Cabe recalcar que la fórmula uno es la que menos efecto presentó en las plántulas de fréjol (Anexo 13).

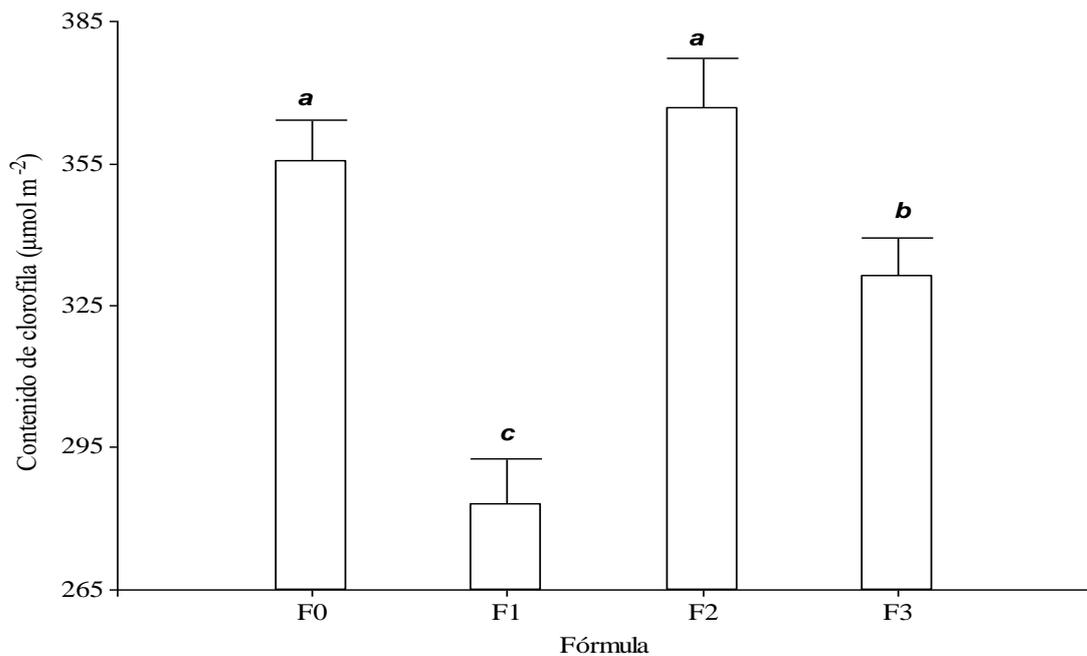


Figura 29. Contenido de clorofila en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Por otro lado, al realizarse el análisis estadístico en las plántulas de maíz, se puede analizar que existe una diferencia significativa en el factor fórmula ($F=28.19$; $GL=3,114$; $p < 0.0001$).

En la Figura 30 se observa que el cultivo de maíz tiene un comportamiento similar con las fórmulas dos y tres con una diferencia en sus promedios de 23.24 y 23.35% respecto al testigo. Por otro lado, la fórmula uno sigue teniendo un efecto negativo en este cultivo, teniendo una diferencia negativa de 31.16% en comparación con el testigo. También, la fórmula dos tuvo una diferencia con las fórmulas uno y tres de 47.16 y 1.15% respectivamente (Anexo 14).

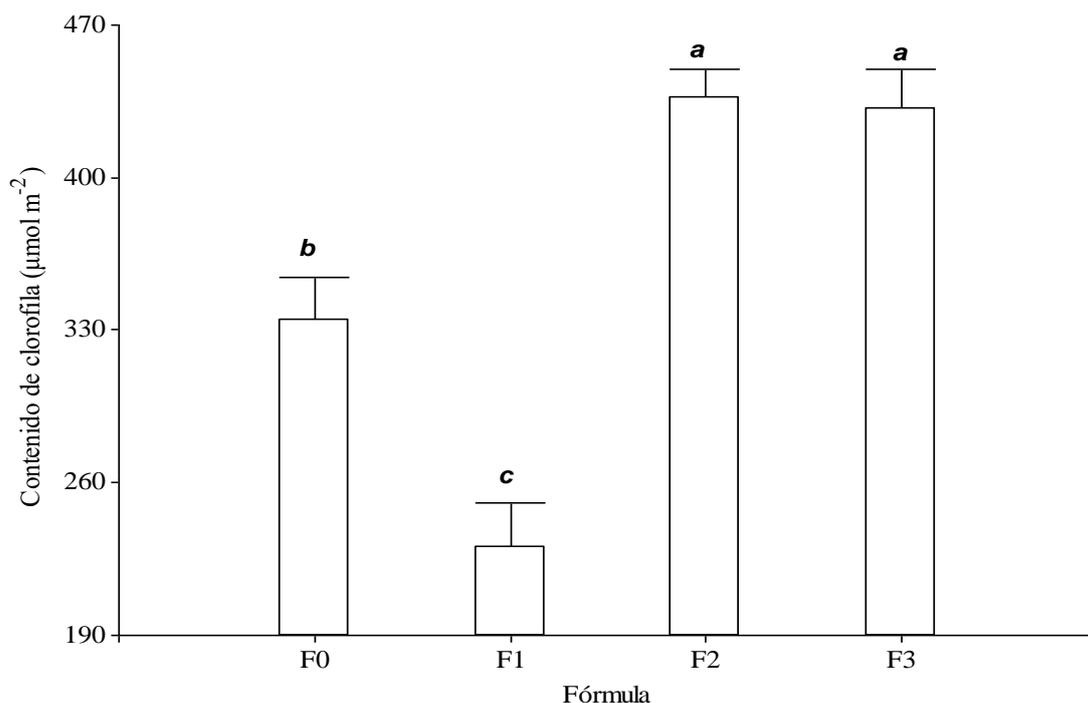


Figura 30. Contenido de clorofila en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

En los resultados del análisis estadístico para el cultivo de pimiento (Tabla 21) se puede apreciar que existe una interacción entre DDS y fórmula sin diferencia significativa. También, se puede apreciar que el factor fórmula tiene una diferencia significativa independientemente del DDS. Además, el factor DDS no tiene una diferencia significativa independientemente al factor fórmula.

Tabla 21

Análisis de varianza en la variable contenido de clorofila en el cultivo de pimiento.

Fuentes de variación	GLFV	GL E.ex	F	p
DDS	9	312	1.06	0.3894
fórmula	3	312	92.93	<0.0001
DDS: fórmula	27	312	1.05	0.4000

Todas las fórmulas tienen rangos estadísticos diferentes, es decir, actúan de diferente manera. Las fórmulas uno, dos y tres tienen una diferencia de 59.46, 53.10 y 65.3% con respecto al testigo (Figura 31). La fórmula tres es la que sobresalió a los demás

tratamientos, con una diferencia con respecto a las fórmulas uno y dos de 14.4 y 26.01% (Anexo15).

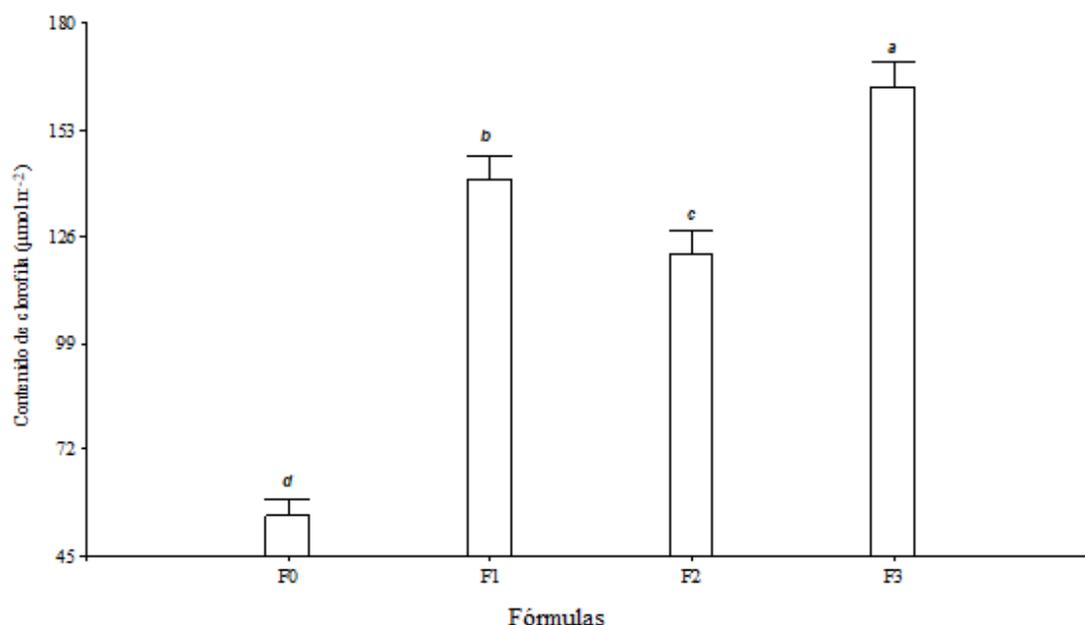


Figura 31. Contenido de clorofila en el cultivo de pimienta en relación a las fórmulas experimentadas.

Como se observa en los resultados anteriores, la aplicación de la fórmula uno no es la más conveniente en los cultivos de fréjol y maíz, sin embargo, en el cultivo de pimienta no se observa ese daño en su totalidad. Esto da a entender que las diferentes composiciones y concentraciones de elementos Zn, Fe, Mn, B van a dar como resultado un diferente contenido de clorofila en las plántulas evaluadas, siempre y cuando la cantidad suministrada sea la óptima para no tener problemas de saturación y bloqueo de otros nutrientes (Probelte, 2019).

En un estudio realizado en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) para observar los efectos de la nutrición con Mn, se experimentó sobre actividades enzimáticas de superóxido dismutasa de Mn, Fe y CuZn (SOD, EC 1.15.1.1), donde se probaron utilizando un sistema de bioensayo que consistía en un cultivo de nutrientes tamponado con quelante con Mn, actividades establecidas en pMn (-log actividad de Mn²⁺) de 6.6, 7.6, 8.6 y 9.6. Shenker et al., (2003) mencionan que la concentración de clorofila en las hojas fue determinada periódicamente por un medidor de clorofila no destructivo, y los

resultados fueron que la concentración de clorofila en plantas cultivadas en pMn 8.6 y 7.6 permaneció relativamente constante en el rango de 0.9 a 1.1 mg m g⁻¹ FM, sin embargo, el contenido de clorofila disminuyó gradualmente en plantas cultivadas en pMn 9.6 y 6.6, su promedio fue de 0.43 y 0.45 m g g⁻¹ FM, respectivamente, estos resultados fueron tomados 26 días después que las plantas fueran expuestas a los niveles de Mn. Por lo tanto, la concentración de clorofila indicó el nivel óptimo de Mn que debe estar en el rango de pMn 7.6 a 8.6.

Podemos comparar estos resultados con los obtenidos en el presente estudio ya que en el cultivo de maíz y pimiento la fórmula tres presentó más contenido de clorofila con una diferencia de 22.35 y 65.29% respectivamente, esto en relación al testigo. Además, teniendo en cuenta que la fórmula tres tiene en su concentración una cantidad igual de Mn en comparación con la fórmula uno, pero más alta que la fórmula dos. Es así que, podemos mencionar que la buena cantidad y concentración de Mn aplicado, ayuda a las reacciones donde interviene como: síntesis de clorofila, la asimilación de nitrato, la formación de riboflavina, ácido ascórbico y caroteno (Peñaranda, 2019).

En un estudio realizado para identificar la influencia de crecimiento de plántulas con tratamiento químicos en cultivos de sorgo, maíz, y algodón. Díaz et al., (2019) mencionan que se plantearon los tratamientos: T1: semilla tratada con Cruiser-Maxx® (formulado a base de thiametoxam (200 mL/50 kg de semilla) + fludioxonil y metalaxil-M (100 mL/100 kg de semilla); T2: combinación de microelementos Fe (47 %) (500 g/100 kg de semilla) y Zn (62%) (200 g/20 kg de semilla) “Wolf Trax DDP® (Fe + Zn)”); T3: Combinación de T1 + T2; T4: testigo absoluto. Los resultados obtenidos indicaron que no tuvieron impacto significativo para las variables: índice de clorofila (SPAD), entre otras variables.

Los resultados del cultivo de maíz no tuvieron mucha diferencia entre los tratamientos ya que se obtuvo para el T1= 35.5; T2= 35.9; T3=36.1; testigo= 36.0 unidades (SPAD), donde se interpreta que no hubo influencia de estos tratamientos en el índice de clorofila.

Comparando con los resultados del cultivo de maíz del presente estudio, se recalca que las fórmulas experimentadas tuvieron diferencia significativa entre ellas y sobre todo con el testigo, indicando que la fórmula tres obtuvo mayor promedio (431.49 μ mol de clorofila por m^2) a pesar de tener iguales concentraciones de Zn y Fe con la fórmula uno. Así mismo, la fórmula uno generó un daño notorio en el color de las hojas y con ello el contenido de clorofila. En el caso del pimiento, las concentraciones aplicadas fueron bajas en comparación con los cultivos de fréjol y maíz, es así, que no se tuvo ese daño notorio en el follaje.

En un experimento donde se utilizaron quince tratamientos, Salem y Nazer, (2012) mencionan que se usaron cinco combinaciones de micronutrientes: no fertilizado, Zn, Mn, Fe, combinación (Zn + Mn + Fe), así como tres métodos de aplicación: pulverización foliar, remojo de grano y recubrimiento de grano en el cultivo de maíz, recalcando que los elementos Zn, Mn y Fe estaban en forma de EDTA (ácido etilendiaminotetraacético). Los compuestos EDTA de los elementos mencionados anteriormente se utilizaron mediante soluciones que contenían 85 mg de nutrientes / L. Los microelementos se aplicaron como spray foliar después de 40 días desde la siembra; la solución de pulverización fue de 950 L / ha; y el remojo de granos de maíz en la misma solución de microelementos durante 12 horas, después se secaron al aire durante tres horas antes de plantar. La inmersión, aunque fue ligeramente superior al recubrimiento, no fue estadísticamente significativa. No hubo interacción significativa entre la fertilización y el método de aplicación.

Esto indica en los resultados para la variable contenido de clorofila que el patrón de respuesta al tratamiento de fertilización no se vio afectado por el método de aplicación, sin embargo, para el factor tratamientos se ve promedio más altos en la combinación de Fe+ Mn+ B (51.0) y más bajos en el tratamiento no fertilizado (45.4) chlorophyll SPAD-units, es decir, un 10.99% de diferencia. Para el factor método se indica que el remojo de semillas tiene un comportamiento intermedio en relación a los dos métodos restantes.

Comparando estos resultados con los del presente estudio recalcamos que la fórmula dos y fórmula tres obtuvieron promedios más altos que el testigo con una diferencia de 23.3

y 22.4% respectivamente, en el cultivo de maíz. Para el caso de frejol, la fórmula dos tuvo una diferencia de 3.08% con respecto al testigo y en el cultivo de pimiento los mejores promedios se obtuvieron en las fórmulas uno y tres con una diferencia de 59.46 y 65.27% respecto al testigo.

Cabe recalcar que en dichas fórmulas la variación de elementos Zn, B, Fe, Mn está presente y cada fórmula actúa de diferente manera en cada cultivo. Adicionalmente, se puede mencionar que el contenido de clorofila decrece cuando la concentración de B aumenta (Rodríguez y Flórez, 2004).

4.5 Área foliar

En los resultados del análisis estadístico para el cultivo de fréjol se puede apreciar que existen diferencias significativas para el factor fórmula (F: 15.88; GL=3,42; $p < 0.0001$).

Se observa que la fórmula dos presentó una mayor cantidad de área foliar, con relación a todos los tratamientos (Figura 32), teniendo una diferencia de 35.54% en relación al testigo y 59.37% de diferencia en relación a la fórmula uno que fue la que menor cantidad de área foliar presentó. Se puede observar los promedios para cada uno de los tratamientos en el Anexo 16.

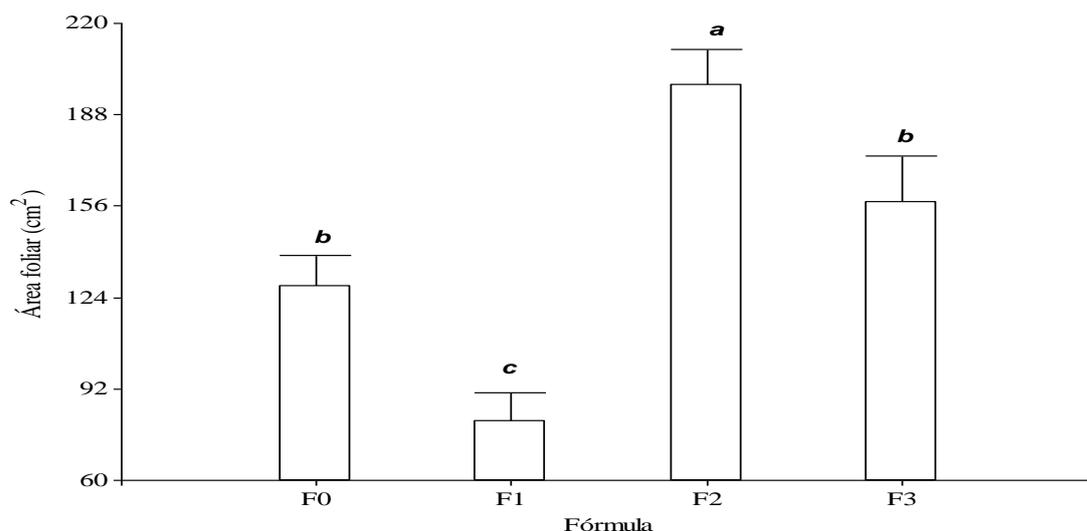


Figura 32. Área foliar en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

También, se puede interpretar el análisis de varianza de la variable área foliar en plántulas de maíz, donde indica que existen diferencias significativas en el factor fórmula (F: 40.13; GL=3,42; $p < 0.0001$).

La fórmula cero (testigo), fórmula dos y tres tienen rangos estadísticos iguales, es decir, actúan de la misma manera, sin embargo, tiene una diferencia en sus promedios (Figura 33). Las fórmulas dos y tres superan al testigo con un 13.82 y 15.59% respectivamente.

Por otro lado, la fórmula uno tiene el mismo efecto negativo, es decir, posee una diferencia de 66.84% menos con relación al testigo. Además, la fórmula tres tiene una diferencia con las fórmulas uno y dos de 72.01 y 2.06% respectivamente. En el Anexo 17 se puede apreciar los promedios en esta variable para el cultivo de maíz.

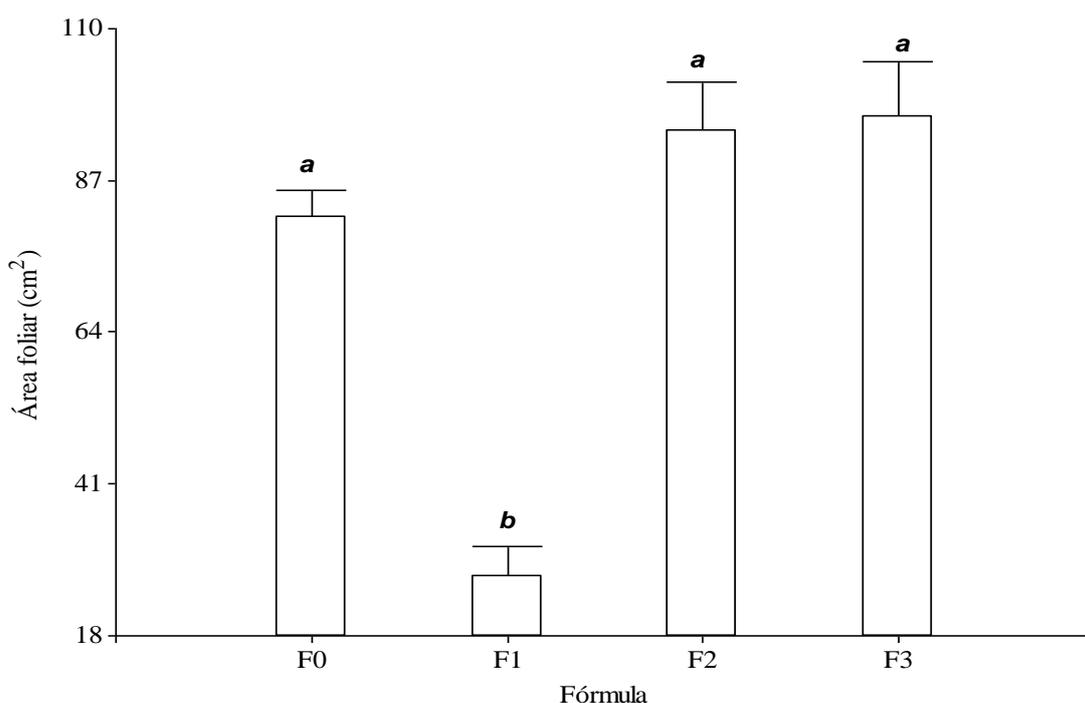


Figura 33. Área foliar en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

En el análisis estadístico que se realizó al cultivo de pimiento a los 58 DDS se deduce que hay diferencia significativa en el factor fórmula (F: 35.77; GL=3,27; $p < 0.0001$).

En la Figura 34 se observa los resultados del cultivo de pimiento, donde, las fórmulas uno y tres tienen rangos estadísticos iguales, es decir, actúan de la misma manera. Las fórmulas uno, dos y tres tienen diferencias con respecto al testigo de 78.66, 72.17 y 80.16%.

Además, la fórmula tres que fue la que sobresalió en promedios ante los demás tratamientos, tiene una diferencia con las fórmulas uno y dos de 7.04 y 28.72% respectivamente (Anexo 18).

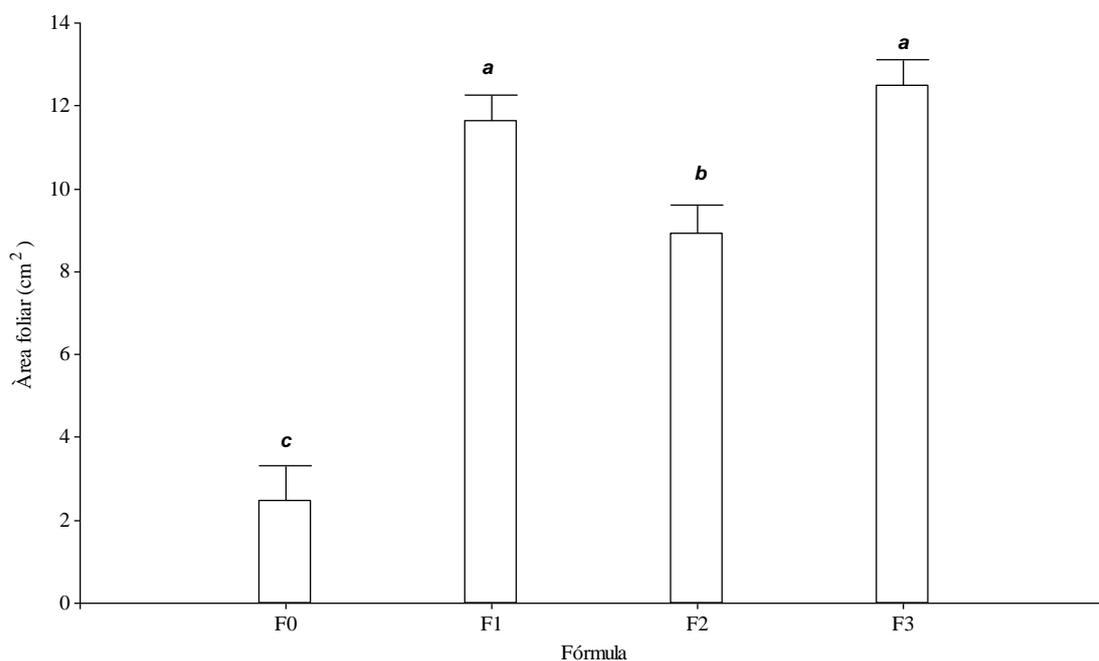


Figura 34. Área foliar en el cultivo de pimiento en relación a los días después de la siembra.

Martínez–Corral et al., (2009) comentan que la aplicación de fórmulas o soluciones nutricionales al inicio del ciclo de vida de la planta puede favorecer en algunos aspectos posteriores del crecimiento de la misma, como se aprecia en los resultados anteriores. Es así, que las fórmulas dos y tres tuvieron una diferencia en la cantidad de área foliar producida por los tres cultivos en experimentación, sin embargo, también se observó que la fórmula uno que tiene alto contenido de ciertos elementos en su composición, no es la más conveniente en los cultivos de fréjol y maíz, sin embargo, en el cultivo de pimiento

no se observó este daño que presentaron los cultivos mencionados anteriormente, ya que, la dosis aplicada fue menor en relación con los otros cultivos.

Como se puede observar la fórmula uno tiene un efecto no deseado en los cultivos de fréjol y maíz, ya que ésta provoca un bajo crecimiento del área foliar, sin embargo, este efecto negativo no se observó en el pimiento.

Es así que Betancourt et al., (2008) mencionan que las plantas realizan ajustes metabólicos y crean condiciones de resistencia frente a posibles factores de estrés; al realizar estos ajustes, las plantas emplean todos los elementos necesarios para su crecimiento para desarrollar metabolitos que le permitan generar potenciales osmóticos mayores al medio en el cual se encuentran inmersos; disminuyendo, por tanto, su crecimiento.

Además, mencionan un estudio realizado con plantas de fréjol, donde se encontró una disminución progresiva en el área foliar conforme incrementaba la concentración de NaCl. Los resultados de área foliar entre el testigo (0 mM NaCl) y el tratamiento 4, que presentó más salinidad (90 mM NaCl) fue de 1 713.4 y 683.2 cm²/planta respectivamente, es decir una diferencia de 60.13% donde el testigo obtuvo los promedios más altos.

Comparando con los resultados del presente estudio se da una contrariedad, ya que, el testigo donde no se utilizó sales minerales presentó una menor área foliar que el resto de tratamientos donde sí se utilizó minerales, con una diferencia de 35.6%, la fórmula dos obtuvo los promedios más altos en el cultivo de fréjol. Cabe recalcar que la presencia de cualquier nutriente o sal mineral dará un resultado diferente, sin embargo, el objetivo más importante es poder aportar una fuente útil a la semilla y a la plántula y es lo que se está logrando con las fórmulas nutricionales en experimentación.

En estudios realizados para determinar la respuesta morfológica del fréjol a la aplicación de diferentes fuentes de B, Eghmad et al., (1997) mencionan que los tratamientos fueron: T1: N, P, K, Fe más Ubor 15 (15.2% de B); T2: Testigo corregido con N, P, K más quelato de Fe y sin B; T3: N, P, K, Fe más Mezcla de Boronatrocalcita + ácido bórico (16.35%

de B); T4: N, P, K, Fe más borate 48 (14.8 % de B); T5: Testigo Absoluto; T6: N, P, K, Fe más Ácido Bórico (17.5% de B), se analizó la variable de área foliar y se observaron diferencias significativas al nivel del 1 % en los estados evaluados. El aumento del área foliar está relacionado con el número y tamaño de las hojas. En el T4 se manifestó mayor número y tamaño de hojas, algo similar ocurrió con T3, el testigo presentó comportamiento normal, pero por debajo de los rangos de los demás tratamientos.

En comparación con el presente estudio se deduce que, con la presencia de B en medidas adecuadas se puede obtener una mayor cantidad de área foliar, ya que, en la fórmula dos que obtuvo los promedios más altos de área foliar tiene en su composición niveles medios de este nutriente y la fórmula tres que obtuvo promedios debajo de la fórmula dos tiene en su composición una baja cantidad B.

4.6 Peso seco

4.6.1 Peso seco raíz

En los resultados del análisis de varianza en los cultivos de fréjol que se observa que existe una diferencia significativa en el factor fórmula (F: 13.57; GL=3,42; $p < 0.0001$).

En la Figura 35 se puede observar los resultados del peso seco de la raíz del cultivo de fréjol donde se observa que las fórmulas nutricionales uno, dos y tres poseen promedios por debajo al testigo con diferencias 67.86, 28.58 y 46.49% respectivamente.

Además, la fórmula dos obtuvo promedios más altos en relación a las fórmulas uno y tres con diferencias de 55 y 25% respectivamente (Anexo 19).

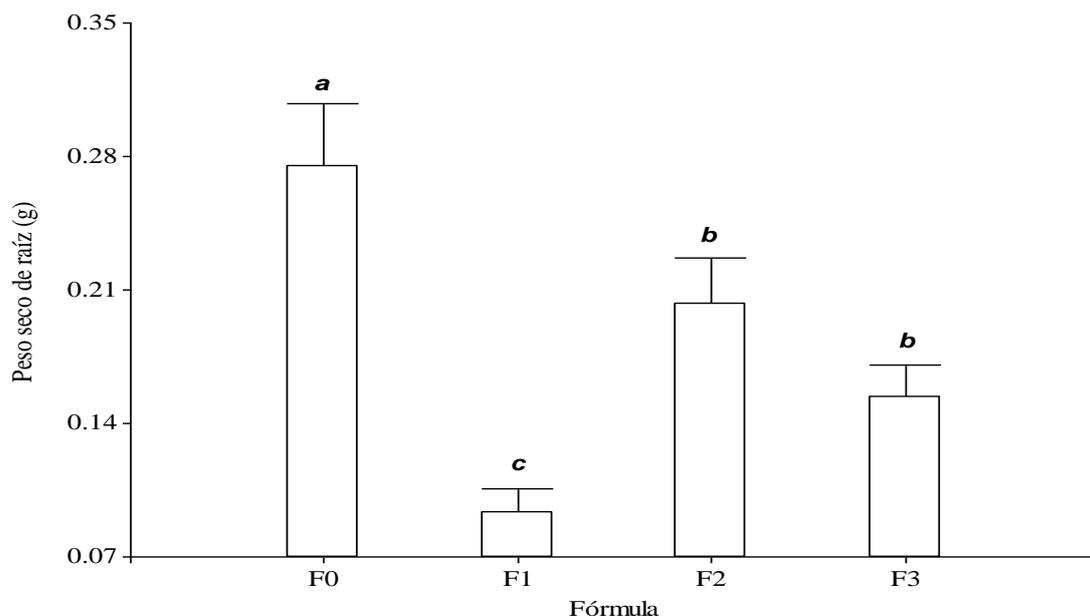


Figura 35. Peso seco de raíz en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Por otro lado, se puede apreciar el análisis de varianza para el cultivo de maíz en donde indica que hay diferencias significativas en el factor fórmula (F: 15.97; GL=3,42; $p < 0.0001$).

En la Figura 36 se puede observar los resultados del peso seco de la raíz del cultivo de maíz donde se observa que las fórmulas nutricionales uno, dos y tres poseen promedios por debajo al testigo con diferencias 54.35, 28.27 y 26.09% respectivamente.

Además, la fórmula tres obtuvo promedios más altos en relación a las fórmulas uno y dos con diferencias de 38.26 y 2.95% respectivamente (Anexo 20).

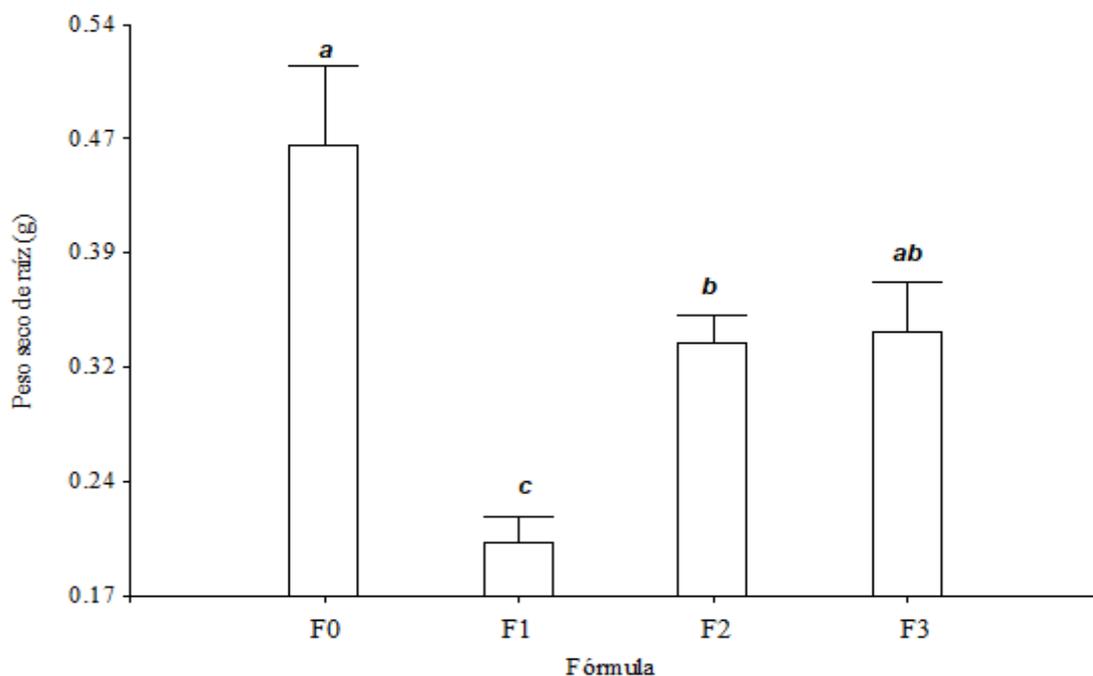


Figura 36. Peso seco de raíz en plántulas de maíz proveniente de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Los resultados del análisis estadístico en el cultivo de pimiento a los 58 DDS indican que hay diferencias significativas en el factor fórmula ($F: 7.33; GL=3,27; p < 0.0001$).

En la Figura 37 se observa el día 58 DDS donde el testigo no tiene un peso seco aceptable en comparación con las fórmulas en estudio, es así que, se puede contemplar que el peso seco de raíz tiene el mismo rango estadístico para las fórmulas uno, dos y tres, que poseen diferencias con el testigo de 66.67, 50 y 66.67% respectivamente. Además, la fórmula tres tiene diferencias con la fórmula dos de 33.34% y con la fórmula uno no tiene diferencias, es decir, poseen los promedios similares. En el Anexo 21 se puede mirar la prueba de medias en la variable de peso seco en el cultivo de pimiento.

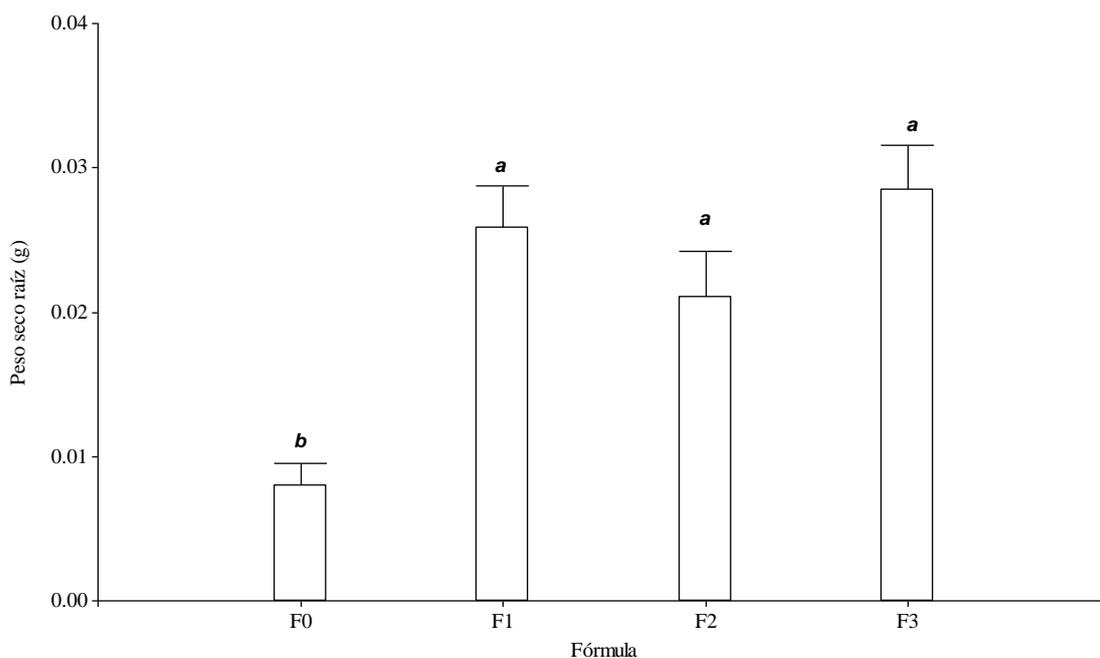


Figura 37. Peso seco de raíz en el cultivo de pimiento a los 58 DDS.

Como se aprecia en los resultados anteriores, la variable de peso seco de raíz no tuvo buenos resultados en los cultivos de fréjol y maíz, ya que, el testigo fue el que más peso de raíz obtuvo. Esto puede ser producido por las concentraciones de nutrientes de cada fórmula, además, Martínez-Gutiérrez et al., (2012) mencionan que factores como la oxigenación inadecuada de la solución nutritiva afecta la absorción de nutrientes y de agua, con efectos negativos en el desarrollo de los cultivos. Sin embargo, en el cultivo de pimiento se puede observar lo contrario.

En experimentos realizados para observar el efecto de N, P, K, Ca y Mg en etapas iniciales de crecimiento de Chile (*Capsicum annum*), se plantearon los tratamientos en mg: T1 (Urea= 0.176, Nitrato de Potasio= 1.59, Sulfato Monoamónico= 1.37, Nitrato de Calcio= 1.88, Sulfato de Magnesio= 1.12) T2 (Urea= 1.95, Nitrato de Potasio= 1.95, Sulfato Monoamónico= 3.17, Nitrato de Calcio= 0.0, Sulfato de Magnesio= 0.0); T3 (Urea= 2.54, Nitrato de Potasio= 3.17, Sulfato Monoamónico= 2.75, Nitrato de Calcio= 1.88, Sulfato de Magnesio= 1.12); T4*(Urea= 3.98, Nitrato de Potasio= 4.76, Sulfato Monoamónico= 4.12, Nitrato de Calcio= 0.0, Sulfato de Magnesio= 0.0); T5 (Urea= 3.57, Nitrato de Potasio= 6.35, Sulfato Monoamónico= 4.12, Nitrato de Calcio= 0.0, Sulfato de

Magnesio= 0.0); T6 (Urea= 5.21, Nitrato de Potasio= 9.52, Sulfato Monoamónico= 4.12, Nitrato de Calcio= 1.88, Sulfato de Magnesio= 1.12); T7 (Urea= 7.07, Nitrato de Potasio= 9.52, Sulfato Monoamónico= 5.49, Nitrato de Calcio= 0.0, Sulfato de Magnesio= 0.0); T8 (Urea= 7.80, Nitrato de Potasio= 12.7, Sulfato Monoamónico= 5.49, Nitrato de Calcio= 0.0, Sulfato de Magnesio= 0.0); T9 (Urea= 9.20, Nitrato de Potasio= 9.51, Sulfato Monoamónico= 6.87, Nitrato de Calcio= 1.88, Sulfato de Magnesio= 1.12); donde se obtuvieron resultados para la variable peso seco de raíz indicando que el tratamiento 6, mostró un mayor peso seco (0.27 g), que en porcentaje representa el doble de peso en comparación con el testigo, pero sin diferencias significativas con los demás tratamientos (Mata, 2004).

En comparación con el presente experimento se puede apreciar que la fórmula tres en el cultivo de pimiento tuvo promedios a los 58 DDS de 0.03 g en comparación al testigo que obtuvo promedios de 0.01 correspondientes al 66.67% menos que dicha fórmula, cabe mencionar que es posible que algunos elementos ayuden al crecimiento radicular, sin embargo, una buena interacción de macros y micros puede generar un crecimiento mejor de la misma (Redagrícola, 2017).

En un estudio realizado para identificar la influencia de crecimiento de plántulas con tratamiento químicos en cultivos de sorgo, maíz, y algodón. Díaz et al., (2019) mencionan que se planteó los tratamientos: T1 [(semilla tratada con Cruiser-Maxx®, formulado a base de thiametoxam (200 mL/50 kg de semilla) + fludioxonil y metalaxil-M (100 mL/100 kg de semilla)]; T2 combinación de Fe (47 %) (500 g/100 kg de semilla) y Zn (62 %) (200 g/20 kg de semilla), Wolf Trax DDP® (Fe + Zn); T3 [T1 + T2 (C-M-Fe + Zn)]; y T4 (testigo absoluto), los resultados obtenidos indicaron que no tuvieron impacto significativo para las variables: biomasa seca de raíz, entre otras variables. Los resultados del cultivo de maíz no tuvieron mucha diferencia entre los tratamientos ya que se obtuvo para el T1= 4.2 g; T2= 4.3 g; T3= 4.2 g; testigo= 4.3 g obtenidos de 24 muestras, donde se interpreta que no hubo influencia de estos tratamientos el peso seco de raíz.

Se puede comparar los resultados anteriores con los resultados del presente estudio en el cultivo de maíz, ya que las fórmulas experimentadas tuvieron diferencia significativa

entre ellas ya que hay un cambio en la composición de Zn, Fe entre otros microelementos, pero no hubo diferencias con el testigo, dando mayor peso seco de raíz en el testigo (0.46 g), además, la composición de la fórmula uno generó un mal crecimiento de la raíz obteniendo un peso seco final de 0.34 g.

En el experimento donde se establecieron pruebas de contenedores con semillas para sorgo de grano. Raykov et al., (2011) mencionan que las semillas se remojaron durante 24 horas en soluciones de agua con una concentración de 20 mg/lit de las siguientes sustancias: $ZnSO_4$, $MnSO_4$, H_3BO_3 , $CuSO_4$, $MgSO_4$ y control con agua. Después de lo cual se plantaron 50 semillas a la misma profundidad en contenedores de vegetación con tierra del campo, las plantas crecieron hasta la fase de 4-5 hojas. Después de recoger las plantas de prueba, se midió el peso de la biomasa seca de raíz entre otras variables. Los pesos de raíces secas de todas las plantas de prueba tratadas con microelementos tienen valores menores que las plantas de control; $ZnSO_4$ (0,038 g), $MnSO_4$ (0,045 g), H_3BO_3 (0,059 g), $CuSO_4$ (0,047 g), $MgSO_4$ (0,042 g) y control con agua (0,067 g) de una planta.

En comparación con nuestro experimento, las plántulas de maíz tuvieron resultados similares en donde el testigo obtuvo pesos secos de raíz mayores que los demás tratamientos; fórmula cero (testigo) (0.46), fórmula uno (0.21), fórmula dos (0.33), fórmula tres (0,34) g / cuatro plántulas, relacionando a que el contacto de los nutrientes con las raíces no facilita el crecimiento de las mismas, sin embargo, en los dos experimentos mencionados se obtuvieron mejores pesos de materia seca en los tratamientos donde se utilizó los nutrientes para las variables de pesos secos de tallo y hojas.

En estudios realizados en donde se utilizaron los cultivares de trigo Klein Guerrero (ciclo largo) y Super Yield 300 (ciclo corto) con una densidad de siembra de 250 semillas viables m^2 de trigo donde a cada cultivar se le realizaron tres tratamientos a la semilla y a cada combinación de tratamientos (cultivar por tratamiento a la semilla) le correspondió una unidad experimental compuesta por cuatro surcos de 5m de longitud con un distanciamiento entre surcos de 20 cm, todo enmarcado en un diseño en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones.

Previo a la siembra, se procedió a incorporar los dos tratamientos a la semilla a base de distintos productos; T1 producto comercial a 5 cc / kg semilla (8% Zn, 3% S y 0,5% P); T2 producto experimental a 1 cc / kg semilla (3% N, 8% P, 3,5% Zn 0,5% Mg, 2% S, 15% Fosfito de zinc, 56 ppm AIB, 56 ppm Gib y 100 ppm cit) y T0 (testigo) donde no se aplicó ningún producto. La semilla fue agitada dentro de un envase durante unos minutos hasta lograr una distribución homogénea del producto. Posteriormente se dejó orear el material y se utilizó la cantidad necesaria para sembrar el ensayo (Costa, 2017).

En los resultados para la variable biomasa seca de raíz se observó que el T1 que en su composición tenía una cantidad alta de zinc comparada con el T2, obtuvo mejores resultados con un promedio de 0.10 g correspondiente a un 60% más que el testigo, este peso que se obtuvo de una muestra de plántulas de un metro cuadrado. El T2 que en su composición tuvo un nivel de zinc bajo también sus promedios de biomasa seca aérea fueron bajos en comparación al T1, pero superior al testigo, con un peso de 0.06 g correspondiente a un 33.34% más que el testigo.

Comparando estos resultados con los obtenidos en el presente estudio podemos deducir que la concentración de las fórmulas no tuvieron significancia en el peso seco de raíz de plántulas de maíz ya que el testigo obtuvo más peso que las fórmulas en experimentación 0.46 g es decir una diferencia del 54.4% en comparación con la fórmula uno que tuvo el menor peso, sin embargo, estos resultados solo se observan en el peso seco de raíz, ya que en los demás órganos de la planta las fórmulas experimentadas sobrepasan en peso al testigo.

4.6.2 Peso seco del tallo

En los resultados del análisis de varianza en el cultivo de fréjol se puede observar que hay una diferencia significativa en el factor fórmula (F: 30.42; GL=3,42; p= <0.0001).

En la Figura 38 se puede observar los resultados del peso seco del tallo en el cultivo de fréjol donde los promedios más altos pertenecen a la fórmula dos ya que posee una diferencia con el testigo de 25.93%. Además, se puede contemplar que las fórmulas uno

y tres están por debajo al testigo con una diferencia de 40 y 5% respectivamente. También, se recalca que la fórmula dos superó en promedios a las fórmulas uno y tres con diferencias de 55.56 y 29.63% respectivamente (Anexo 22).

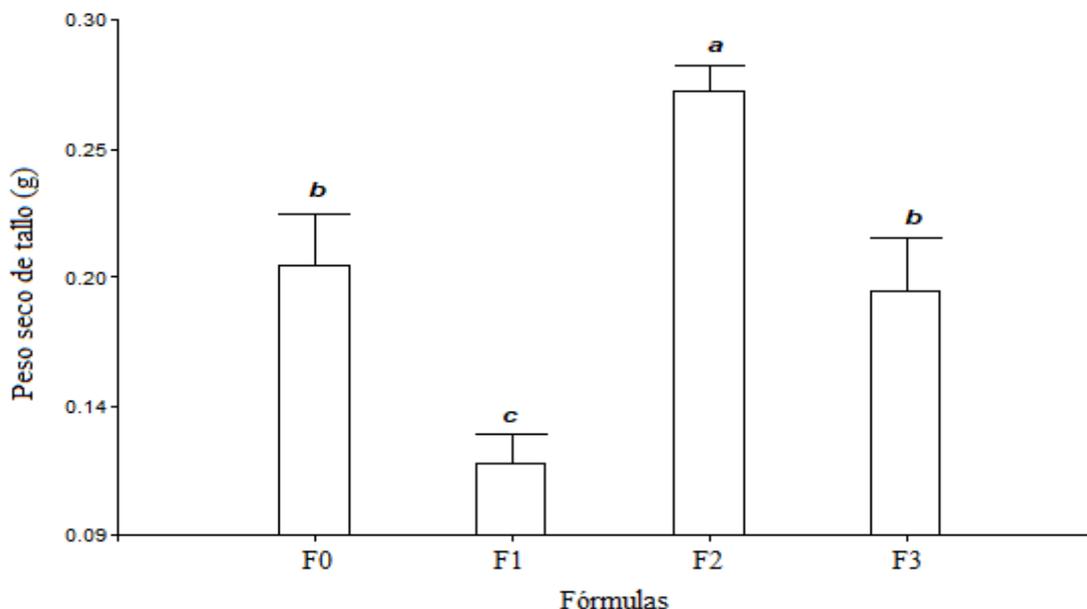


Figura 38. Peso seco de tallo en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Por otro lado, en el ANOVA en plántulas de maíz se puede observar que hay una diferencia significativa en el factor fórmula ($F: 30.42; GL=3,42; p < 0.0001$).

Además, en la Figura 39 también se observa los resultados en el cultivo de maíz donde la fórmula dos y fórmula tres poseen los mismos rangos, es decir, actúan de la misma manera con una diferencia respecto al testigo de 45 y 35.40%. La fórmula uno tiene promedios por debajo a los del testigo con una diferencia de 45.46%. Además, la fórmula dos tiene promedios más altos con respecto a la fórmula uno y tres con una diferencia de 70 y 15%. En el Anexo 23 se puede observar la prueba de medias que se obtuvo en esta variable en los cultivos de maíz.

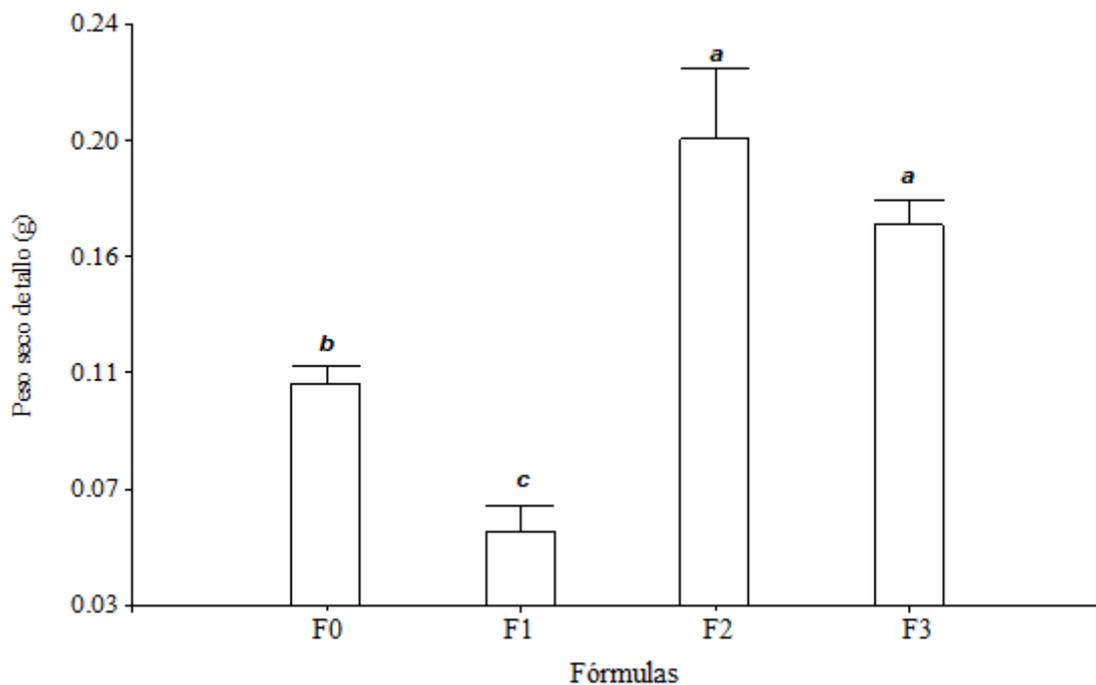


Figura 39. Peso seco de tallo en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

En los resultados del análisis estadístico en el cultivo de pimiento se puede observar una diferencia significativa en el factor fórmula ($F: 20.46; GL=3,27; p= <0.0001$).

En la Figura 40 analizando el día 58 DDS se observa que las fórmulas uno, dos y tres tienen promedios sobre el testigo con diferencias de 76.93, 72.73, 85% respectivamente.

Además, la fórmula tres sobresale con promedios por encima de las fórmulas uno y dos con diferencias de 35 y 45% respectivamente. Se aprecia como el testigo no tiene un peso seco aceptable en comparación con las fórmulas en estudio. En el Anexo 24 se observa los promedios obtenidos.

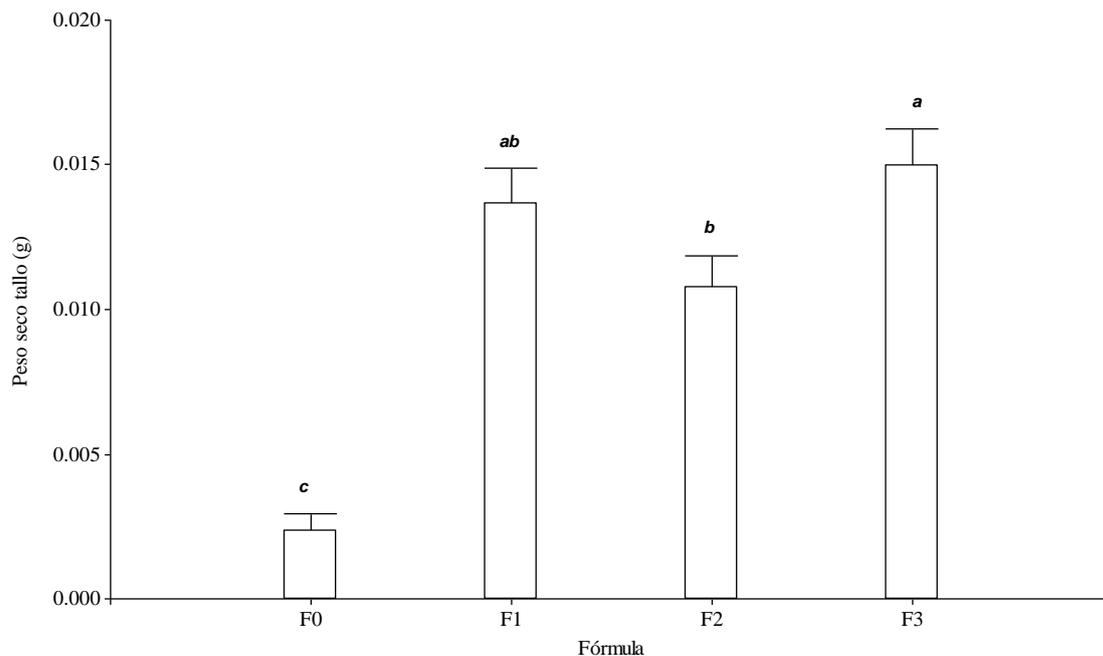


Figura 40. Peso seco de tallo en el cultivo de pimiento a los 58 DDS.

Como se aprecia en los resultados anteriores, la aplicación de fórmulas nutricionales al inicio del ciclo de vida de la plántula en la variable de peso seco de tallo tuvo buenos resultados en todos los cultivos utilizados en este experimento, se pudo determinar que la fórmula dos y fórmula tres tuvieron los mejores resultados con promedios más altos, por lo contrario, la fórmula uno no tuvo resultados halagadores ya que sus promedios se encuentran por debajo del testigo sobre todo en los cultivos de fréjol y maíz.

En ensayos donde se utilizaron semillas de *Capsicum annuum* L, para determinar los requerimientos nutricionales de dicho cultivo, utilizando como sustrato arena de río previamente esterilizada y para el riego se utilizó solución nutritiva con las concentraciones correspondientes a cada tratamiento. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 16 tratamientos y 4 repeticiones, realizando 5 muestreos escalonados a los 20, 40, 70, 100 y 140 días después del trasplante, las plántulas fueron trasplantadas 20 días después de la siembra.

Los tratamientos fueron en (mmol / L): Tratamiento 1= Completa: N=15; P=1.0; K=6.03; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 2= N alto: N=22.5; P=1.0; K=6.03; Ca=5.0;

Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 3= N medio: N=5.6; P=1.0; K=6.03; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 4=N bajo N=1.4; P=1; K=6.03; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 5= P alto N=15; P=1.5; K=6.03; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 6= P medio N=15; P=0.3; K=6.03; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 7= P bajo N=15; P=0.09; K=6.03; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 8= K alto N=15; P=1.0; K=9.0; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 9= K medio N=15; P=1.0; K=2.24; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 10= K bajo N=15; P=1.0; K=0.56; Ca= 5.0; Mg= 4.0; S=4.0; Tratamiento 11= Ca alto N=15; P=1.0; K=6.03; Ca=7.5; Mg= 4.0; S= 4.0; Tratamiento 12= Ca medio N=15; P= 1.0; K= 6.03; Ca= 1.87; Mg= 4.0; S=4.0; Tratamiento 13= Ca bajo N=15; P=1.0; K= 6.03; Ca=0.46; Mg=4.0; S= 4.0; Tratamiento 14= Mg alto N=15; P=1.0; K=6.03; Ca=5.0; Mg=6.0; S=4.0; Tratamiento 15= Mg medio N=15; P=1.0; K=6.03; Ca=5.0; Mg=1.5; S=4.0; Tratamiento 16= Mg bajo N=15; P=1.0; K=6.03; Ca=5.0; Mg=0.37; S=4.0.

Los resultados que se obtuvieron en la variable de biomasa seca en tallo, fueron que la producción de biomasa seca presento mayores valores cuando la concentración de la solución nutritiva fue completa para el N (15 mM), P (1 mM), K (6.03 mM), Mg (4.0 mM), el Ca (5.0 mM), con valores de (0.0366 g) en el peso seco de tallo (Martínez, 2015).

En comparación con nuestro experimento se determina que la aplicación de fórmulas nutricionales (dos y tres) ayudaron a las plántulas de pimiento a obtener un mayor peso seco de tallo con promedios de 0.015 g en la fórmula tres, en la fórmula uno con 0.013 g, en la fórmula dos con medias de 0.010 g, y la fórmula 0 (testigo) con promedios por debajo del 0.005 g teniendo en cuenta que esta evaluación se realizó a los 58 días después de la siembra.

Además, podemos mencionar que la presencia de microelementos ayudó a que estos pesos fueran mayores, independientemente de cada elemento. Martínez–Corral et al., (2009) comentan que la mejor acción en el crecimiento de la planta se observa en la agrupación de todos los macros y micros con una buena concentración. Es posible que la fórmula uno no generó un buen peso seco en los cultivos de fréjol y maíz por su dosificación en el momento de la aplicación.

4.6.3 Peso seco en hojas

En los resultados del análisis de varianza en plántulas de fréjol, se observa que hay una diferencia significativa en el factor fórmula (F: 14.42; GL=3,42; p= <0.0001).

En la Figura 41 se puede apreciar que en plántulas de fréjol las fórmulas dos y tres sobrepasan en promedios al testigo con una diferencia de 34.7 y 15.79%. También, se observa que la fórmula uno tiene promedios por debajo a los del testigo con una diferencia de 34.38%. Por otro lado, la fórmula dos tuvo una diferencia con la fórmula uno y tres de 57.15 y 22.45% respectivamente. Estos promedios se pueden observar en la Anexo 25.

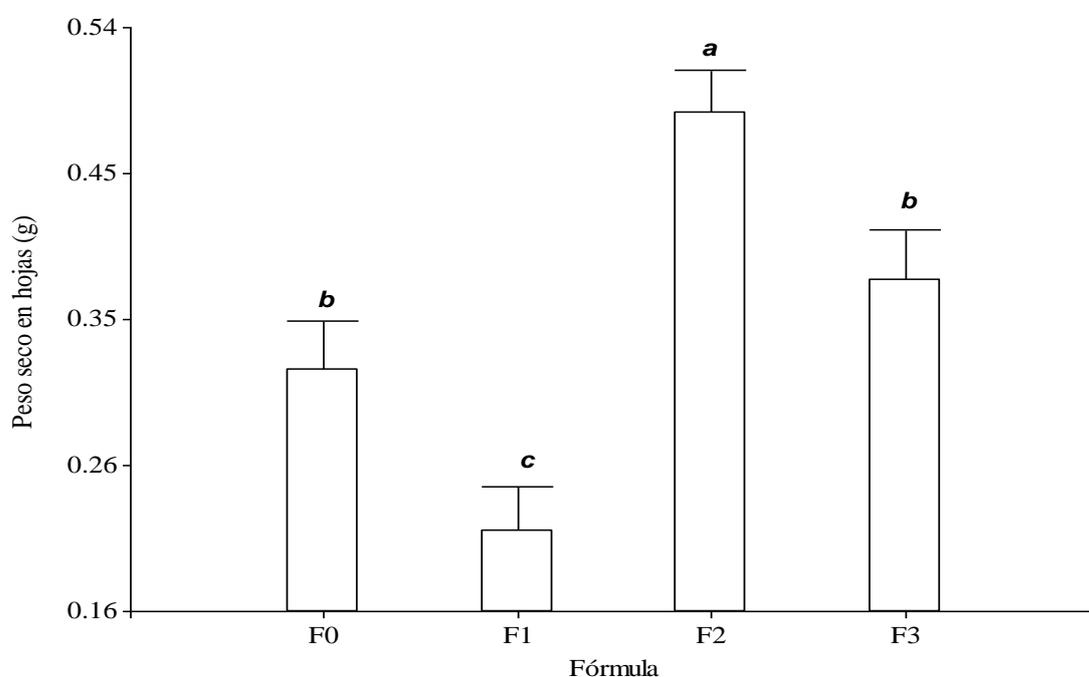


Figura 41 . Peso seco de hojas en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Por otro lado, en los resultados del análisis de varianza en plántulas de maíz se observa que hay una diferencia significativa en el factor fórmula (F: 27.19; GL=3,42; p= <0.0001).

También, en la Figura 42 se observa los resultados para el cultivo de maíz donde la fórmula dos y tres tienen diferencias con el testigo de 24.14 y 18.52%. También, se observa que la fórmula uno tiene promedios por debajo a los del testigo con una diferencia de 59.10%. Por otro lado, la fórmula dos sobresale con sus promedios y tiene una diferencia con la fórmula uno y tres de 68.97 y 6.9% En el Anexo 26 se puede interpretar la prueba de medias que tiene cada fórmula.

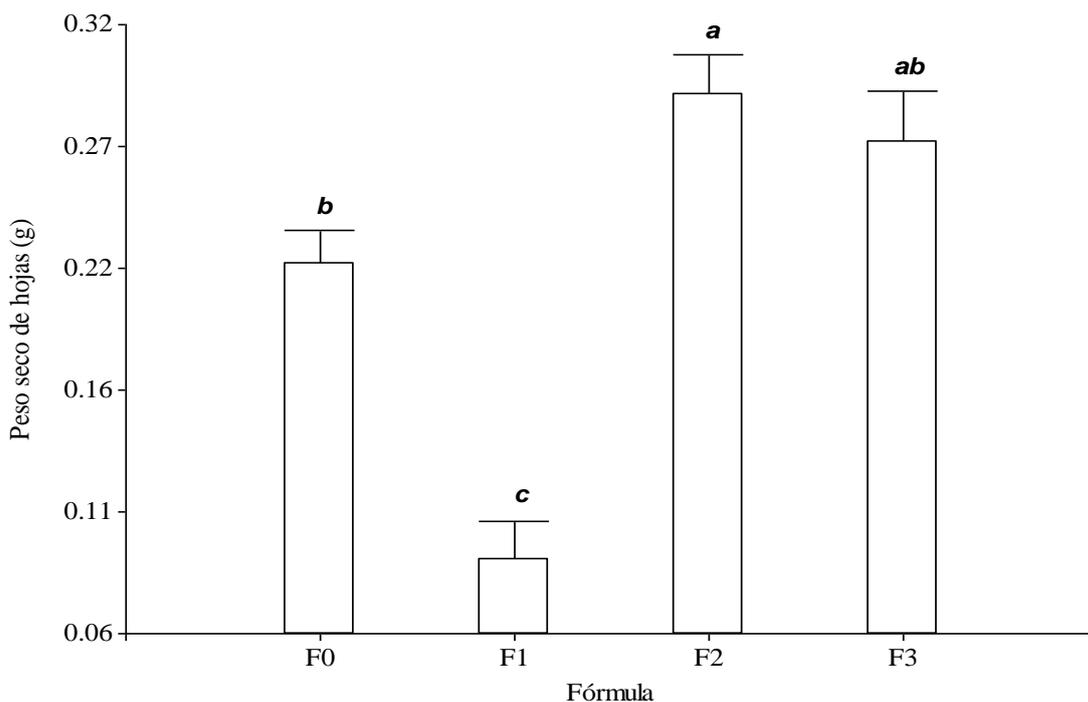


Figura 42. Peso seco de hoja en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

En los resultados del análisis estadístico en el cultivo de pimiento, se puede observar que hay una diferencia significativa en el factor fórmula ($F: 27.97; GL=3,27; p= <0.0001$).

En esta Figura 43 se puede contemplar que a los 58 DDS, las fórmulas uno, dos y tres tuvieron promedios sobre los del testigo con una diferencia de 86.37, 83.34 y 88% respectivamente. Por otro lado, la fórmula tres sobresalió a la fórmula uno y dos con diferencias de 12 y 18% En el Anexo 27 se puede observar los promedios obtenidos.

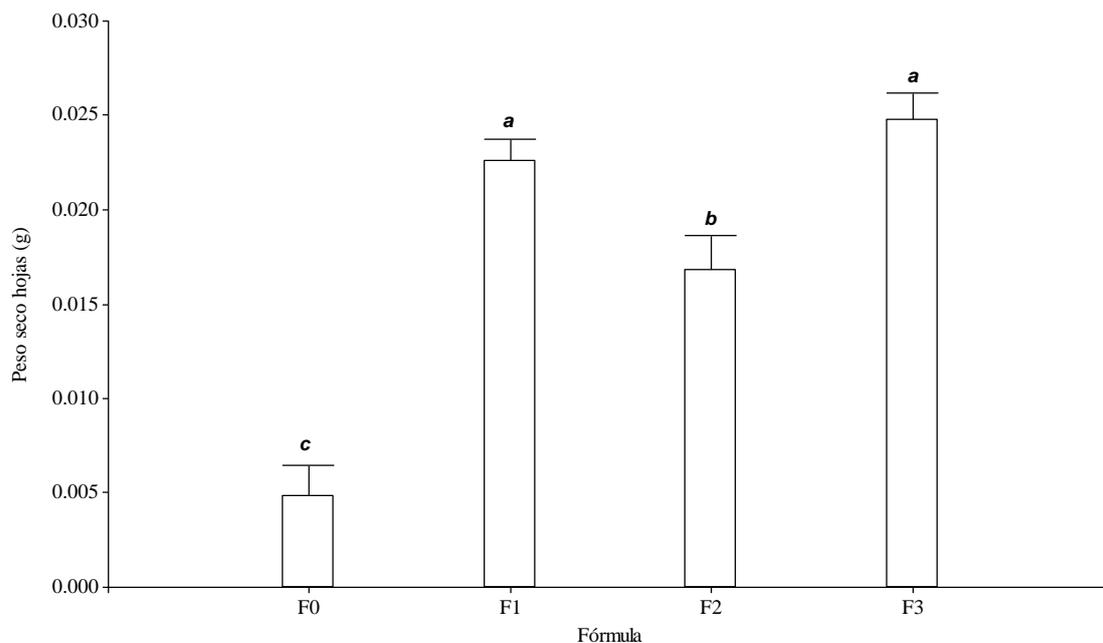


Figura 43. Peso seco de hojas en el cultivo de pimiento.

Como se aprecia en los resultados anteriores, la aplicación de fórmulas nutricionales al inicio del ciclo de vida de la planta en la variable de peso seco de hojas tuvo buenos resultados en todos los cultivos utilizados en este experimento, se pudo determinar que la fórmula dos y fórmula tres tuvieron los mejores resultados con medias aritméticas más altas, por lo contrario la fórmula uno no tuvo resultados halagadores ya que sus medias se encuentran por debajo del testigo, esto puede ser resultado a que la fórmula uno posee en su composición una cantidad alta de elementos en comparación a las otra fórmulas.

En experimentos realizados para evaluar el tratamiento a semillas de maíz con micronutrientes y observar el aumento el rendimiento de grano Dourado et al., (2015) propusieron lo siguiente, los tratamientos consistieron en aplicaciones de macro y micronutrientes en el momento de la siembra del maíz, los cuales fueron: 1) Testigo: semillas sólido (TS) con 3% de P_2O_5 , 2% K_2O , 0.17% Cu, 2.8% Mn y 6.2% Zn a una dosis de 100 g ha^{-1} ; 2) TS a una dosis de 150 g ha^{-1} ; 3) TS a una dosis de 200 g ha^{-1} ; 4) semillas líquido (TL) con 2 % de P_2O_5 , 1.5% de K_2O , 0,07 % de Cu, 1.2% de Mn y 2.7% de Zn a una dosis de 400 mL ha^{-1} ; 5) TL, dosis de 500 ml ha^{-1} , TL a una dosis de 600 mL ha^{-1} ; 6) regulador del crecimiento vegetal que tiene citoquinina + indol-butilo + ácido giberélico, posee clase toxicológica II, 0.09 g L^{-1} citoquinina $0.05 \text{ g de alcohol L}^{-1}$ indol-

butilo y 0.05 g L⁻¹ de ácido giberélico, en una dosis de 500 mL ha⁻¹ ; 7) un formulado NPK (08-28-16) 300 kg ha⁻¹.

A los 27 y 59 días después de la emergencia del maíz se recogió la parte aérea de tres plantas al azar en cada parcela. Estas fracciones de plantas fueron secadas en estufa a 70 °C durante 72 horas o hasta masa constante, para su posterior pesaje y la determinación de la materia seca de la parte aérea. La materia seca de la parte aérea (MSPA) del maíz a los 27 días después de la emergencia, generalmente, aumenta para todos los tratamientos aplicados con relación al control, se destaca la aplicación del tratamiento de semillas líquido (TL) en dosis de 500 (40.68 g ha⁻¹) y 600 mL ha⁻¹ (42.20 g ha⁻¹) con un peso de 40.7g pl⁻¹ y 42.2 g pl⁻¹ respectivamente.

En general, los resultados de MSPA fueron influenciados positivamente con la aplicación de los productos a través de los tratamientos de semillas. En comparación con la presente investigación en el cultivo de maíz, se deduce que la composición de macros y microelementos de la fórmula dos ayudó a generar más parte aérea y por ende más peso seco del mismo con una diferencia de 24.14 % con respecto al testigo

En ensayos donde se utilizaron semillas de ají, *Capsicum annuum* L, para determinar los requerimientos nutricionales de dicho cultivo, utilizando como sustrato arena de río previamente esterilizada y para el riego se utilizó solución nutritiva con las concentraciones correspondientes a cada tratamiento. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 16 tratamientos y 4 repeticiones, realizando 5 muestreos escalonados a los 20, 40, 70, 100 y 140 días después del trasplante, las plántulas fueron trasplantadas 20 días después de la siembra.

Los tratamientos fueron en (mmol / L): Tratamiento 1= Completa: N=15; P=1.0; K=6.03; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 2= N alto: N=22.5; P=1.0; K=6.03; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 3= N medio: N=5.6; P=1.0; K=6.03; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 4=N bajo N=1.4; P=1; K=6.03; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 5= P alto N=15; P=1.5; K=6.03; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 6= P medio N=15; P=0.3; K=6.03; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 7= P bajo N=15; P=0.09; K=6.03;

Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 8= K alto N=15; P=1.0; K=9.0; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 9= K medio N=15; P=1.0; K=2.24; Ca=5.0; Mg=4.0; S=4.0; Tratamiento 10= K bajo N=15; P=1.0; K=0.56; Ca= 5.0; Mg= 4.0; S=4.0; Tratamiento 11= Ca alto N=15; P=1.0; K=6.03; Ca=7.5; Mg= 4.0; S= 4.0; Tratamiento 12= Ca medio N=15; P= 1.0; K= 6.03; Ca= 1.87; Mg= 4.0; S=4,0; Tratamiento 13= Ca bajo N=15; P=1,0; K= 6.03; Ca=0.46; Mg=4.0; S= 4.0; Tratamiento 14= Mg alto N=15; P=1.0; K=6.03; Ca=5.0; Mg=6.0; S=4.0; Tratamiento 15= Mg medio N=15; P=1.0; K=6.03; Ca=5.0; Mg=1.5; S=4.0; Tratamiento 16= Mg bajo N=15; P=1.0; K=6.03; Ca=5.0; Mg=0.37; S=4.0; los resultados que se obtuvieron en la variable de biomasa seco en hojas, fueron que la producción de biomasa seca presentó mayores valores cuando la concentración de la solución nutritiva fue Ca medio, es decir, el N (15 mM) y P (1 mM), K (6,03 mM) y Mg (4,0 mM) y Ca (1,87 mM), obteniendo valores en el peso seco de hojas de 0.16300 g, en comparación al T7 que obtuvo el menor peso de hojas (Martínez, 2015).

En comparación el presente experimento se determina que la aplicación de fórmulas nutricionales (uno y tres) ayudaron a las plántulas de pimiento a obtener un mayor peso seco de hojas con promedios de 0.004 g en la fórmula tres, en la fórmula uno con 0.002 g, en la fórmula dos y la fórmula cero (testigo) con promedios por debajo de 0.001 g teniendo en cuenta que esta evaluación se realizó a los 58 días después de la siembra en el cultivo de pimiento. Cabe recalcar que la presencia de macros y micros de las fórmulas nutricionales dieron resultados halagadores en todos los cultivos, sin embargo, estos resultados dependen mucho de la concentración de cada uno de los nutrientes.

En un estudio realizado para identificar la influencia de crecimiento de plántulas con tratamiento químicos en cultivos de sorgo, maíz, y algodón. Díaz et al., (2019) mencionan que se planteó los tratamientos: T1 [(semilla tratada con Cruiser-Maxx®, formulado a base de thiametoxam (200 mL/50 kg de semilla) + fludioxonil y metalaxil-M (100 mL/100 kg de semilla)]; T2 combinación de Fe (47%) (500 g/100 kg de semilla) y Zn (62%) (200 g/20 kg de semilla), Wolf Trax DDP® (Fe + Zn); T3 [T1 + T2 (C-M-Fe + Zn)]; y T4 (testigo absoluto), los resultados obtenidos indicaron que no tuvieron impacto significativo para las variables: biomasa seca de hojas, entre otras variables. Los

resultados del cultivo de maíz no tuvieron mucha diferencia entre los tratamientos ya que se obtuvo para el T1= 3.9 g; T2= 3.8 g; T3= 3.9 g; testigo= 3.9 g obtenidos de 24 muestras, donde se interpreta que no hubo influencia de estos tratamientos en el peso seco de hojas.

Se puede comparar los resultados anteriores con los resultados del presente estudio en el cultivo de maíz, ya que, las fórmulas experimentadas existe una variación de la composición de Zn, Fe y si hubo diferencias significativas entre ellas, dando mayor peso seco de hojas en la fórmula dos (0.29 g) con una diferencia de 24.14% más que el testigo, además, la presencia de un exceso en la composición de la fórmula uno generó un mal crecimiento de las hojas obteniendo un peso seco final de 0.09 g, dando una diferencia de 59.1% menos que el testigo, recordando que los elementos en concentración alta son Zn, B, Fe, Mn.

En estudios realizados en donde se utilizaron los cultivares Klein Guerrero (ciclo largo) y Super Yield 300 (ciclo corto) con una densidad de siembra de 250 semillas viables m² de trigo donde a cada cultivar se le realizaron tres tratamientos a la semilla y a cada combinación de tratamientos (cultivar x tratamiento a la semilla) le correspondió una unidad experimental compuesta por cuatro surcos de 5 m de longitud con un distanciamiento entre surcos de 20 cm, todo enmarcado en un diseño en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones.

Previo a la siembra, se procedió a incorporar los dos tratamientos a la semilla a base de distintos productos; T1 producto comercial a 5 cc/kg semilla (8% Zn, 3% S y 0.5% P); T2 producto experimental a 1 cc/kg semilla (3% N, 8% P, 3.5% Zn, 0.5% Mg, 2% S, 15% Fosfito de zinc, 56 ppm AIB, 56ppm Gib y 100ppm cit) y T0 (testigo) no se aplicó ningún producto. La semilla fue agitada dentro de un envase durante unos minutos hasta lograr una distribución homogénea del producto. Posteriormente se dejó orear el material y se utilizó la cantidad necesaria para sembrar el ensayo (Costa, 2017).

En los resultados para la variable biomasa seca aérea se observó que el T1 que en su composición tenía una cantidad alta de zinc comparada con el T2, obtuvo mejores resultados con un promedio de 0.10 g correspondiente a un 60% más que el testigo, este

peso que se obtuvo de una muestra de plántulas de un metro cuadrado. El T2 que en su composición tuvo un nivel de zinc bajo también sus promedios de biomasa seca aérea fueron bajos en comparación al T1, pero superior al testigo, con un peso de 0.06 g correspondiente a un 33.34% más que el testigo.

Comparando con los resultados del peso seco de hojas en el cultivo de maíz del presente estudio, se deduce que también una concentración alta en Zn de la fórmula dos provocó que su peso seco aéreo fuera mayor que los demás tratamientos, con un promedio en cuatro muestras de 0.29 g correspondientes a un 24.14% más que el testigo. Además, mencionando que el Zn es un microelemento fundamental y participa también en el metabolismo de hormonas al regular el nivel de auxinas a través de la síntesis del aminoácido triptófano (Amezcuca y Lara, 2017).

4.7 Peso seco total de la plántula

En los resultados del análisis de varianza en plántulas de fréjol, se observa que hay diferencias significativas en el factor fórmula (F: 15.87; GL=3,42; $p < 0.0001$).

En la Figura 44 se aprecia que la fórmula dos tiene una diferencia de 17.71% con respecto al testigo. Además, las fórmulas uno y tres tienen promedios por debajo a los del testigo con una diferencia de 45.57 y 40.28% respectivamente.

Por otro lado, la fórmula dos supera en promedios con una diferencia de 55.21 y 40.28% con respecto a las fórmulas un y tres (Anexo 28).

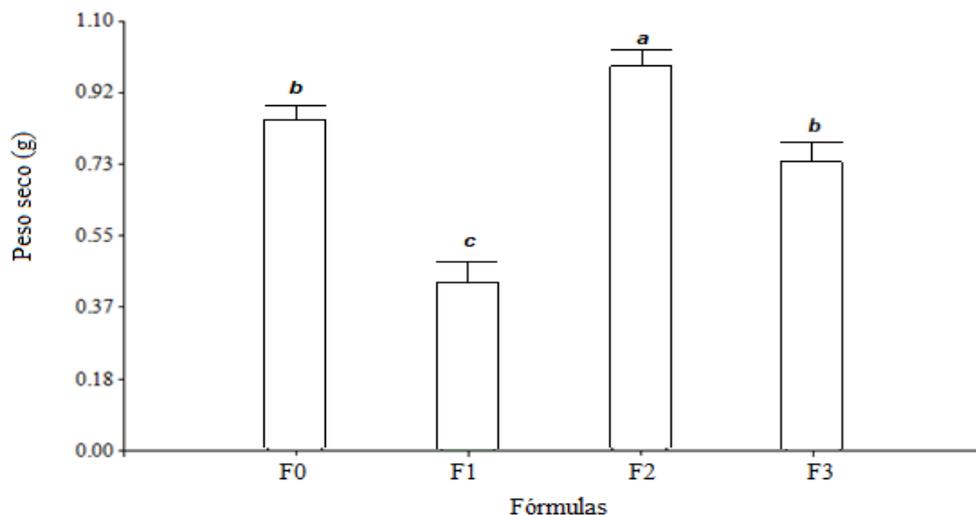


Figura 44. Peso seco total de plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Por otro lado, en los resultados del análisis de varianza en plántulas de maíz, se observa que hay una interacción entre los factores DDS y fórmula ($F: 28.75$; $GL=3,42$; $p < 0.0001$).

En la Figura 45 se aprecia que la fórmula dos tiene una diferencia de 3.66% con respecto al testigo. Además, las fórmulas uno y tres tienen promedios por debajo a los del testigo con una diferencia de 55.70 y 4.88% respectivamente.

Por otro lado, la fórmula dos supera en promedios con una diferencia de 57.32 y 4.88% con respecto a las fórmulas un y tres (Anexo 29).

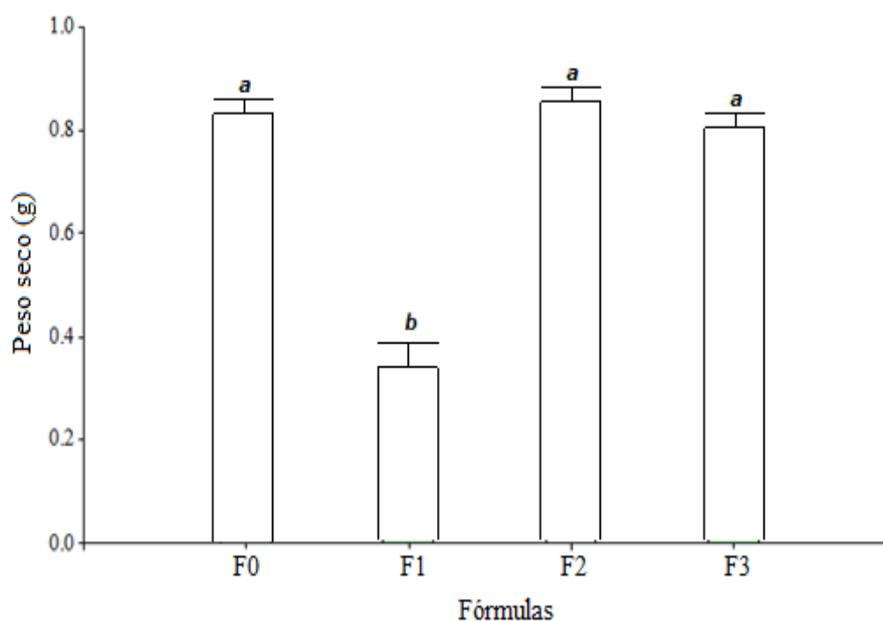


Figura 45. Peso seco total de plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

En los resultados del análisis de varianza en plántulas de pimiento (Tabla 22), se observa que hay una interacción entre los factores DDS y fórmula.

Tabla 22

Análisis estadístico de la variable peso seco total de la plántula en el cultivo de pimiento.

Fuentes de variación	GLFV	GL E.Ex	F	p
DDS	5	190	33.98	<0.0001
Fórmula	3	190	19.47	<0.0001
DDS: Fórmula	15	190	19.47	<0.0001

En la Figura 46 se puede apreciar que las plántulas de pimiento van teniendo un crecimiento exponencial en todas las fórmulas experimentadas, sin embargo, en el día 49 DDS se aprecia que la fórmula uno y la fórmula dos actúan de igual manera con una mínima diferencia en sus promedios, además la fórmula tres está por encima de las fórmulas antes mencionadas con una diferencia de 22.23%.

También, la fórmula cero (testigo) es la que obtuvo menor valor en su promedio, con un 88.9% menos en comparación de la fórmula tres que fue el mejor tratamiento, se aprecia

que la fórmula cero (testigo) no tiene una tendencia de crecimiento con el tiempo. Estos promedios se pueden observar en el Anexo 30.

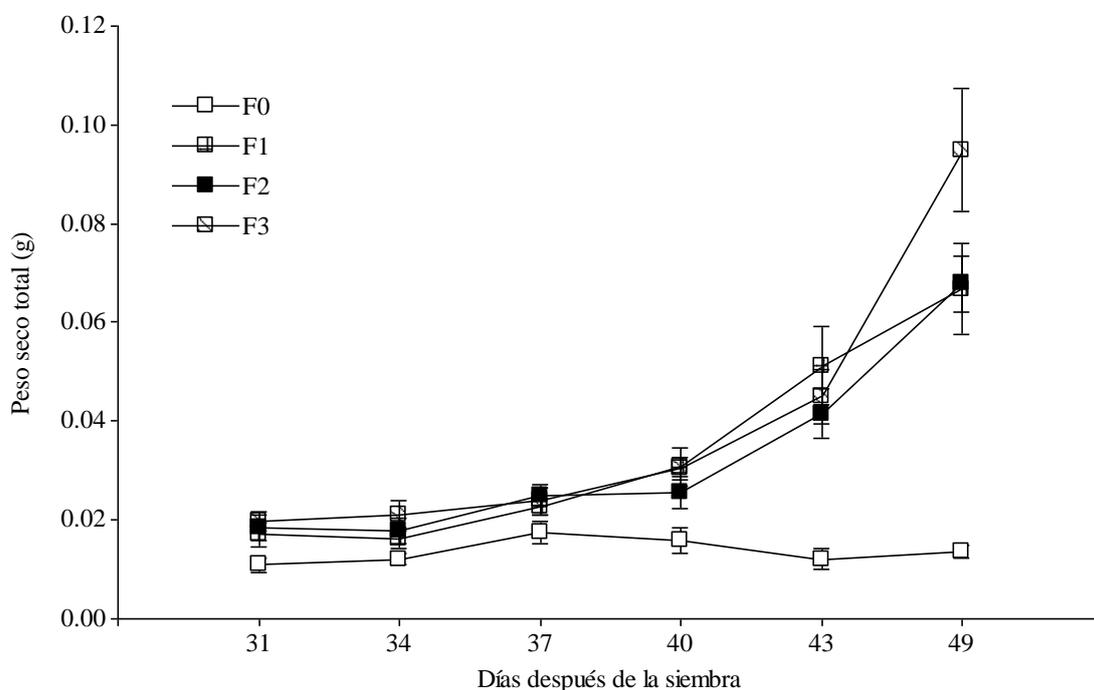


Figura 46. Peso seco total de plántulas de pimienta provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Como se puede apreciar en los resultados anteriores, la presencia de las fórmulas nutricionales tiene un buen efecto en el crecimiento de la plántula de pimienta, fréjol y maíz, y por ende en su peso seco. Observamos que la fórmula dos es la que más sobresale en los cultivos de fréjol y maíz, así mismo, en los dos cultivos mencionados, la fórmula uno tuvo un efecto negativo en el peso seco. Por otro lado, la fórmula tres fue la que más sobresalió en el cultivo de pimienta comparándola con el testigo, donde no se utilizó ninguna fórmula. Se observa además que la fórmula uno no tiene ese efecto negativo en el cultivo de pimienta.

En estudios realizados para observar el efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara, Magdaleno et al., (2006) mencionan que se evaluó la solución nutritiva universal Steiner: $[NKNO_3, Ca(NO_3)_2 = 550; H_3PO_4 = 27; KNO_3, K_2$

$\text{SO}_4= 514$; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2= 634$; $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}= 122$; $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}= 10$; $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2 \text{O}= 0.5$; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}= 0.45$; $\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}= 1.23$; $\text{Na}_2 \text{B}_4 \text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2 \text{O}= 0.29 \text{ mg.litro}^{-1}$]; al 25, 50, 75 y 100 % de concentración; además de un tratamiento en que semanalmente se varió la concentración aplicada: 25% de siete a 13 días después de siembra (DDS), 50% de 14 a 20 DDS y 75 % de 21 a 28 DDS; así como una solución preparada con el fertilizante comercial Triple 18 ultra soluble al 100% de concentración (equivalente a 1.0 g de fertilizante por litro de agua) y otro tratamiento donde semanalmente se varió la concentración de Triple 18 de forma similar al tratamiento adicional con la solución de Steiner descrita anteriormente; además se incluyó un testigo sin solución nutritiva en el que sólo se aplicó agua. Los ocho tratamientos fueron evaluados bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, donde la unidad experimental consistió en una charola, con una planta por cavidad.

Los resultados obtenidos respecto a la variable peso seco fueron que la solución Steiner en concentraciones al 50% fue la que presentó medias aritméticas más altas (3.68 g) superando al testigo en un 54.65%. Comparando con nuestro experimento se observa que hay similitud de resultados comparando nuestra fórmula 3 que tiene en su composición los macro y microelementos pertinentes, sobresalió un 89% en relación al testigo donde no se usó ninguna fórmula nutricional.

4.8 Análisis foliar

4.8.1 Análisis foliar cultivo de fréjol

Los resultados del análisis foliar en el cultivo de fréjol (Tabla 23) fueron producto de un muestreo de 50 g de peso fresco de hojas y que posteriormente se obtendría su peso seco y finalmente los resultados del análisis foliar. Los niveles críticos y los valores para la calificación de rangos bajos, medios y altos han sido ajustados por Agrobiolab, en base a las respuestas de los diferentes cultivos a las aplicaciones y los fertilizantes recomendados por el departamento técnico en las diferentes zonas de Ecuador (Padilla, 2016).

Tabla 23

Análisis foliar de plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

FRÉJOL								
NUTRIENTES	Rango				Fórmulas			
	< Bajo	Suficiente	Alto >		F0	F1	F2	F3
N (%)	5.5	5.5 – 7	7		4.17	5.38	5.04	5.02
P (%)	0.45	0.5 – 3	3		0.28	0.36	0.35	0.34
K (%)	2.3	2.3 – 4	4		0.81	4.63	3.28	3.90
Ca (%)	1.2	1.2 – 2.5	2.5		3.13	4.00	4.10	4.03
Mg (%)	0.7	0.7 – 0.9	0.9		0.75	0.66	0.75	0.69
Zn (ppm)	46	46 – 60	60		28.70	69.10	52.00	50.50
Cu (ppm)	25	25 – 40	40		9.90	9.90	10.70	10.90
Fe (ppm)	180	180 – 250	250		140.30	366.60	276.20	337.00
Mn (ppm)	65	65 – 125	125		51.50	49.10	50.50	58.80
B (ppm)	40	40 – 70	70		35.01	398.70	96.34	68.46

Se puede interpretar que la presencia de un exceso o una cantidad baja de ciertos microelementos (B, Zn, Mn, Fe) que fueron los que cambiaron en las diferentes fórmulas nutricionales de esta investigación, pueden provocar que otros nutrientes sean fácilmente asimilados o bloqueados por la planta (Ibañez, 2007). El antagonismo o sinergia de los microelementos puede ser evidente en un análisis foliar, ya que, la planta no absorberá la cantidad de nutrientes a la que se le ha expuesto, si no, que los absorberá con relación a los nutrientes que la planta tenga a su disposición, necesitando así, una buena fuente y una buena relación catiónica de los elementos (Pacheco, 2019).

Es así que, en la fórmula uno se observa que los microelementos (Zn, Fe, Mn, B) están en una cantidad alta en comparación con la fórmula dos y de igual manera con la fórmula tres a excepción de los elementos (Zn, B) (Tabla 3).

En los resultados del análisis foliar para la fórmula uno (Tabla 23), se tiene que los elementos K, Ca, Zn, Fe, B se encuentran con una concentración alta, es decir, están por encima del rango suficiente establecido por Agrobiolab. Además, también hubo elementos que presentaron deficiencias, es decir, se encuentran por debajo de sus rangos suficientes P, Cu, Mn, N, Mg. Es evidente que no hay una concordancia en los resultados obtenidos, ya que, de acuerdo con las proporciones utilizadas en la fórmula uno, no hay

relación a los resultados que se muestran. El contenido de nutrientes en la planta se lo puede determinar en peso seco, por lo tanto, cualquier condición que afecta el peso en seco de la muestra recogida afecta a su composición de nutrientes (Pole, 2020).

Además, en la fórmula dos se tiene la variación de microelementos indicando una concentración baja de Zn, Fe, Mn, B en comparación a la fórmula uno y tres, excepto el Zn, B en esta última fórmula que se encuentra en un nivel alto (Tabla 3).

Los resultados obtenidos para la fórmula dos (Tabla 23) recalcan que se tiene una concentración alta de K; Ca, Fe, B, Zn en relación con sus rangos suficientes. Por otro lado, los elementos N, P, Cu, Mn presentaron deficiencias al mantenerse por debajo del rango suficiente. Además, hubo un elemento que se mantuvo normal en los resultados de este muestreo (Mg) cayendo dentro de su rango suficiente establecido por Agrobiolab.

Tomando de referencia los resultados obtenidos esta fórmula también podemos mencionar que no hay concordancia entre lo aplicado y lo obtenido en los resultados, ya que, las concentraciones de macro nutrientes entre las fórmulas uno, dos y tres son iguales, sin embargo, los resultados del análisis muestran variación de estos sin ninguna relación. Correndo y García (2012) mencionan que estos análisis pueden dar una idea del contenido de nutrientes, pero no poseen la precisión característica de un análisis total de la planta. El análisis vegetal es una herramienta sumamente eficiente para evaluar la nutrición del cultivo ya que el contenido de nutrientes en planta es un valor que resulta de la interacción entre el cultivo, el ambiente y el manejo.

Por otro lado, en la fórmula tres se tiene la variación de microelementos como Zn, B con una concentración baja en relación con la fórmula uno y dos. También, el Fe, Mn se mantuvo igual que la fórmula uno, pero a su vez alto con relación a la fórmula dos (Tabla 3).

Los resultados obtenidos para la fórmula tres (Tabla 23) recalcan que las concentraciones de los elementos a continuación mencionados se mantuvieron altos, es decir, fuera del rango suficiente K, Ca, Fe, B. Los elementos P, Cu se mantuvieron con concentraciones

por debajo de sus rangos suficientes, presentando deficiencias, además, hubo elementos que se mantuvieron normales en los resultados de este muestreo N, Mg, Zn, Mn según los rangos suficientes establecidos por Agrobiolab.

También, se puede mencionar que la fórmula cero (testigo) que no tuvo contacto con ninguna fórmula nutricional, presentó una variación en la concentración de nutrientes, indicando que en ciertos elementos había una cantidad alta en relación con los rangos suficientes y así mismo una cantidad baja de otros. Cabe recalcar que hay diferentes entidades y autores que tienen sus propios rangos descriptivos, sin embargo, estos solo varían entre sí por mínimas cantidades, esto puede ser por las diferentes experiencias obtenidas al trabajar con la aplicación de nutrientes y el posterior análisis foliar. Los análisis foliares o de tejidos vegetales son el complemento indispensable a los análisis de suelo o sustrato, ambos son necesarios para lograr un buen diagnóstico (Múnera, 2012).

Actualmente, con la posibilidad de suministrar nutrientes a través de sistemas de irrigación y otros métodos, los análisis de tejidos vegetales han venido adquiriendo una importancia cada vez mayor.

En el Anexo 31 se puede apreciar rangos de tolerancia de nutrientes que varían en una mínima cantidad con los trabajados en el presente estudio.

4.8.2 Análisis foliar cultivo de maíz

Los resultados del análisis foliar en el cultivo de maíz (Tabla 24) fueron producto de un muestreo de 50 g de peso fresco de hojas y que posteriormente se obtendría su peso seco y finalmente los resultados del análisis foliar. Los niveles críticos y los valores para la calificación de rangos bajos, suficientes y altos también fueron ajustados por Agrobiolab, en base a las respuestas de los diferentes cultivos a las aplicaciones y los fertilizantes recomendados por el departamento técnico en las diferentes zonas de Ecuador (Padilla, 2016).

Tabla 24

Análisis foliar de plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

MAÍZ								
NUTRIENTES	Rango				Fórmulas			
	< Bajo	Suficiente	Alto >	F0	F1	F2	F3	
N (%)	3	3 – 3.5	3.5	4.27	5.30	4.74	4.53	
P (%)	0.25	0.25 – 0.3	0.3	0.32	0.34	0.34	0.34	
K (%)	1.9	1.9 – 2.02	2.02	0.98	4.29	4.21	4.09	
Ca (%)	0.4	0.4 – 0.5	0.5	1.38	0.88	1.14	1.13	
Mg (%)	0.25	0.25 – 0.4	0.4	0.85	0.34	0.29	0.29	
Zn (ppm)	20	20 – 30	30	106.80	120.80	131.00	84.40	
Cu (ppm)	15	15 – 20	20	6.40	15.60	19.80	16.20	
Fe (ppm)	25	25 – 120	120	189.60	183.60	166.80	214.00	
Mn (ppm)	15	15 – 20	20	101.70	76.20	80.80	122.80	
B (ppm)	10	10 – 30	30	22.30	474.60	84.26	60.72	

Se puede interpretar que una variación de ciertos microelementos como fueron el B, Zn, Mn, Fe, en las diferentes fórmulas nutricionales utilizadas, puede dar como resultado que otros nutrientes sean fácilmente asimilados o bloqueados por la planta. Como se había menciona anteriormente el antagonismo o sinergia de los microelementos puede ser evidente en un análisis foliar, ya que, la planta no absorberá la cantidad de nutrientes a la que se le ha puesto en contacto, sino que, los absorberá con relación a la presencia catiónica de los nutrientes que la planta tenga contacto (Pacheco, 2019). Es así que, el Zn, B, Fe son nutrientes antagonistas de Fe, K, P y a su vez, el K hace sinergia con los nutrientes Mn, Fe, por lo que se especula la variación del contenido de nutrientes en cada uno de los cultivos en experimentación (Herogra, 2017).

Es así como en la fórmula uno se observa que los microelementos (Zn, Fe, Mn, B) están en una cantidad alta en comparación con la fórmula dos y de igual manera con la fórmula tres a excepción de los elementos (Zn, B) (Tabla 4).

En los resultados del análisis foliar (Tabla 24) se observa que la mayoría de los elementos N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn, B se encuentran con una concentración alta en relación con el rango suficiente utilizado por Agrobiolab. Además, hubo un elemento que se mantuvo normal (Cu) con sus rangos suficientes.

Hay que tener en cuenta que una concentración foliar insuficiente no siempre significa que el contenido de nutrientes aplicados a la planta sea bajo, ya que, muchos factores pueden afectar su absorción, del mismo modo que una concentración foliar adecuada no significa necesariamente un crecimiento óptimo (Torri, 2005). Esto se pudo observar en todas fórmulas del presente estudio, ya que, cada una de ellas tiene una concentración un tanto similar, sin embargo, todas tuvieron un efecto diferente en los cultivos y en los análisis foliares. Además, el contenido de nutrientes en la planta está expresado como peso en seco, por lo tanto, cualquier condición que afecta el peso en seco de la muestra recogida afectará a su composición de nutrientes (Pole, 2020).

Además, en la fórmula dos se tiene la variación de microelementos indicando una concentración baja de Zn, Fe, Mn, B en comparación a la fórmula uno y tres, excepto el Zn, B en esta última fórmula que se encuentra en un nivel alto (Tabla 4).

Los resultados obtenidos (Tabla 24) recalcan que todos los elementos N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, B tuvieron concentraciones mayores a su rango suficiente, según los rangos establecidos por Agrobiolab.

Hay nutrientes que tienen mejor movilidad en la planta, pero esta movilidad también depende de las concentraciones de los mismos, además, influye en la evidencia de signos de deficiencia nutricional en las hojas. Los nutrientes móviles en las plantas incluyen los macronutrientes primarios N, K y los nutrientes inmóviles en las plantas son macronutrientes secundarios como calcio, magnesio y la mayoría de los micronutrientes (Verdoliva, 2020).

Una deficiencia, exceso o bloqueo de nutrientes inmóviles se observa en el amarillamiento de nuevas hojas como se evidenció en la fórmula uno, mientras que una deficiencia de nutrientes móviles se puede ver en el amarillamiento de las hojas viejas. Además, Correndo y García (2012) mencionan que los análisis foliares pueden dar una idea del contenido de nutrientes, pero no poseen la precisión característica de un análisis total de planta. El análisis vegetal es una herramienta sumamente eficiente para

evaluar la nutrición del cultivo ya que el contenido de nutrientes en planta es un valor que resulta de la interacción entre el cultivo, el ambiente y el manejo.

Por otro lado, en la fórmula tres se tiene la variación de microelementos como Zn, B con una concentración baja en relación a la fórmula uno y dos. También, el Fe, Mn se mantuvo igual que la fórmula uno, pero a su vez alto con relación a la fórmula dos (Tabla 4).

Los resultados obtenidos en el análisis foliar para la fórmula tres (Tabla 24) recalcan que todos los elementos se mantuvieron altos en sus concentraciones, según los rangos suficientes establecidos por Agrobiolab.

Además, se puede mencionar que la fórmula cero (testigo) la cual no tuvo contacto con ninguna fórmula nutricional también presentó una variación en la concentración de nutrientes, indicando que en ciertos elementos había una alta cantidad en relación a los rangos normales y así mismo una cantidad baja de otros. Conforme avanzan los conocimientos sobre nutrición de la planta y sus requisitos nutrimentales en las diferentes etapas de crecimiento, el análisis foliar se ha convertido en una herramienta muy útil para lograr altos rendimientos.

La determinación del estado nutricional de una planta, o del flujo de nutrientes hacia la parte aérea durante la etapa de crecimiento, requiere de la determinación precisa en el laboratorio de los 11 elementos esenciales más importantes para el desarrollo de las plantas (Aldana, 2011). En el Anexo 32 se puede apreciar rangos de tolerancia de nutrientes que varían en una mínima cantidad con los trabajados en el presente estudio.

4.8.3 Análisis foliar del cultivo de pimiento

Los resultados del análisis foliar en el cultivo de pimiento (Tabla 25) fueron producto de un muestreo de 50 g de peso fresco de hojas que posteriormente obtendrían su peso seco y finalmente los resultados del análisis foliar. Los niveles críticos y los valores para la calificación de rangos bajos, suficientes y altos han sido ajustados por Agrobiolab, en base a las respuestas de los diferentes cultivos a las aplicaciones y los fertilizantes

recomendados por el departamento técnico en las diferentes zonas de Ecuador (Padilla, 2016).

Tabla 25

Análisis foliar de plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

PIMIENTO								
NUTRIENTES	Rango				Fórmulas			
	< Bajo	Suficiente	Alto >		F0	F1	F2	F3
N (%)	3	3 – 6	6		2.43	1.84	1.82	1.79
P (%)	0.2	0.2 – 0.4	0.4		0.33	0.29	0.29	0.31
K (%)	0.99	0.99 – 3	3		1.31	1.89	1.40	1.56
Ca (%)	0.99	0.99 – 1.5	1.5		1.84	1.39	1.38	1.39
Mg (%)	0.29	0.29 – 0.75	0.75		0.83	0.45	0.44	0.40
Zn (ppm)	20	20 – 50	50		454.50	311.00	338.50	319.50
Cu (ppm)	10	10 – 20	20		2.70	3.50	2.60	2.60
Fe (ppm)	60	60 – 150	150		95.40	56.00	57.00	54.90
Mn (ppm)	50	50 – 300	300		34.20	14.80	15.50	13.20
B (ppm)	30	30 – 100	100		44.07	158.99	35.82	85.02

En la fórmula uno se observa que los microelementos (Zn, Fe, Mn, B) están en una cantidad alta en comparación con la fórmula dos y de igual manera con la fórmula tres a excepción de los elementos (Zn, B) (Tabla 5).

En los resultados del análisis foliar se observa que algunos elementos se encuentran en un nivel alto en relación con el rango suficiente utilizado por Agrobiolab Ca, Zn, B. Por otro lado, los elementos N, Cu, Mn se mantuvieron con una concentración baja, mostrando deficiencias en el tejido. Además, los elementos P, K, Mg, Fe se mantuvieron en los rangos normales, según los utilizados por Agrobiolab (Tabla 25).

Además, en la fórmula dos se tiene la variación de microelementos indicando una concentración baja de Zn, Fe, Mn, B en comparación a la fórmula uno y tres, excepto el Zn, B en esta última fórmula que se encuentra en un nivel alto (Tabla 5).

Los resultados obtenidos (Tabla 25) recalcan que la concentración de los elementos K, Ca, Zn; B se mantuvieron con rangos altos. Además, los elementos N, Cu, Mn,

presentaron deficiencias, por otro lado, los elementos P, Mg, Fe se mantuvieron normales con rangos suficientes, según los establecidos por Agrobiolab.

Hay nutrientes que tienen mejor movilidad en la planta, pero esta movilidad también depende de las concentraciones de los mismos, además, influye en la evidencia de signos de deficiencia nutricional en las hojas. Una deficiencia, exceso o bloqueo de nutrientes inmóviles se observa en el amarillamiento de nuevas hojas como se evidencio en la fórmula uno, mientras que una deficiencia de nutrientes móviles se puede ver en el amarillamiento de las hojas viejas (Verdoliva, 2020).

Además, Correndo y García (2012) mencionan que los análisis foliares pueden dar una idea del contenido de nutrientes, pero no poseen la precisión característica de un análisis de planta. El análisis vegetal es una herramienta sumamente eficiente para evaluar la nutrición del cultivo ya que el contenido de nutrientes en planta es un valor que resulta de la interacción entre el cultivo, el ambiente y el manejo.

Por otro lado, en la fórmula tres se tiene la variación de microelementos como Zn, B con una concentración baja en relación a la fórmula uno y dos. También, el Fe, Mn se mantuvo igual que la fórmula uno, pero a su vez alto con relación a la fórmula dos (Tabla 5).

Los resultados obtenidos (Tabla 25) recalcan que la concentración de los elementos K, Ca, Mg, Zn, B se mantuvieron en un nivel alto. Además, los elementos N, Ca, Mn se mantuvieron en rangos bajos. También el P, Fe, se mantuvieron en un rango normal según los establecidos por Agrobiolab.

Además, se puede mencionar que la fórmula cero (testigo) que no tuvo contacto con ninguna fórmula nutricional también presento una variación en la concentración de nutrientes, indicando que en ciertos elementos había una alta cantidad en relación a los rangos normales y así mismo una cantidad baja de otros. Actualmente, con la posibilidad de suministrar nutrientes a través de varios métodos, los análisis de tejidos vegetales han venido adquiriendo una importancia cada vez mayor. En el Anexo 33 se puede apreciar

rangos de tolerancia de nutrientes que varían en una mínima cantidad con los trabajados en el presente estudio.

En general, se puede observar una tendencia en los cultivos de fréjol y maíz con la fórmula uno, donde, en todas las variables presentan los promedios más bajos, incluso con el testigo, asumiendo que las concentraciones de esta fórmula están altas en los elementos Zn, Fe, Mn, B lo que provocó una toxicidad y un mal crecimiento de estos cultivos. Sin embargo, en el cultivo de pimiento este efecto no fue muy notorio, ya que, la dosificación de este cultivo es la más baja en relación a los demás, entonces, la concentración final de la fórmula no fue muy alta.

Por otro lado, el efecto de las fórmulas dos y tres fue similar, recalcando que tienen promedios buenos en comparación a los demás tratamientos, cabe recalcar que la concentración de la fórmula dos es más baja en todos los microelementos (Zn, Fe, Mn, B) en comparación a la fórmula uno.

La fórmula tres también tiene concentración más baja en relación a la fórmula uno excepto en los elementos (Fe, Mn) donde sus concentraciones son iguales a la fórmula uno, deduciendo así que, la reducción de estas concentraciones hizo que las plántulas tuvieran mejores resultados con la aplicación de las fórmulas dos y tres. Se puede analizar esta tendencia en todas las variables en estudio (Anexo 34).

La presencia de un exceso de Zn tiene como resultado un menor tamaño en las hojas, clorosis en las hojas más nuevas, hojas con puntas necrosadas, retraso en el crecimiento de la planta y/o crecimiento radicular reducido (Futurcrop, 2020), esto es lo que se pudo observar en las plántulas de fréjol y maíz provenientes de semillas tratadas con la fórmula uno. Por otro lado, la fórmula dos y tres al no tener una concentración alta de Zn no presentó este efecto negativo en los cultivos de fréjol (Anexo 35) y maíz (Anexo 36), recalcando que este efecto no solo se le atribuye al Zn, también los otros microelementos que tuvieron variación (B, Fe, Mn) debieron influenciar mucho para que el resultado de las plántulas de fréjol y maíz presentaran ese efecto negativo en su crecimiento (Anexo 37).

Es así que, podemos mencionar que algunos de los elementos esenciales sin los que las plantas no podrían realizar su ciclo de vida, en altas concentraciones pueden llegar a ser tóxicos, como es el caso de los micronutrientes (Fe, Mn, B, Zn). El caso del zinc puede provocar una reducción en el crecimiento de las raíces y la expansión de las hojas seguidas por clorosis como por ejemplo en el caso del cultivo de soja. En el caso del boro, algunos de los cultivos más sensibles a la toxicidad son el duraznero, las uvas, los frijoles y las especies semi-tolerantes como el maíz, tomate, cebada, alfalfa, tabaco y tomate. El manganeso en altas concentraciones también puede afectar el rendimiento de los cultivos, como el caso del maíz y el girasol, los síntomas son similares a los producidos por la toxicidad del hierro y puede inducir la deficiencia de otros nutrientes como el magnesio y el calcio (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2013).

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Las distintas fórmulas nutricionales no afectaron a la variable días a la emergencia, obteniéndose similares resultados al testigo en todos los cultivos estudiados.
- La fórmula dos tuvo un mejor desempeño en el crecimiento de plántulas de fréjol y maíz, mejorando los promedios obtenidos en las variables evaluadas posterior a los días a la emergencia. De igual forma, en las variables de crecimiento del cultivo de pimiento se observó un mejor desenvolvimiento con todas las fórmulas, teniendo la fórmula tres promedios superiores.
- El análisis foliar muestra que la concentración de la fórmula uno generó una saturación en los elementos B y Fe en los cultivos de fréjol y maíz teniendo rango muy por encima de su rango normal. Además, en el cultivo de maíz y pimiento las concentraciones de Zn también se alteraron, provocando una elevada concentración de estos nutrientes en el tejido foliar.
- A pesar que la fórmula dos tuvo mejor respuesta en los cultivos de fréjol y maíz, esta tiende a provocar que las concentraciones de Zn, Fe, Mn, B en el tejido foliar estén muy por encima de su rango normal, especialmente en el cultivo de maíz. Además, en el cultivo de pimiento, a pesar que los mejores promedios se observan en la fórmula tres, esta generó una variación en Zn, elevando su concentración por encima de su rango normal y dando concentraciones por debajo del rango normal en Mn.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar investigaciones con nuevos tiempos de contacto de las fórmulas nutricionales con las semillas.
- Incrementar las unidades experimentales para poder realizar más evaluaciones destructivas con respecto al crecimiento en el tiempo.
- Incluir más investigaciones con las mismas fórmulas nutricionales, pero con diferentes concentraciones, ya que, la conductividad eléctrica también puede afectar a estos cultivos.
- Comparar estas fórmulas nutricionales con otras ya investigadas como las fórmulas de Hoagland, Steiner.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, S. ., & Zayed, A. (2014). *Response of maize yield and yield components to soaking seeds in some micronutrients solutions under water stress conditions.*
- Alarcón, A. . (2001). *El boro como nutriente esencial.*
- Aldana, J. (2011). *Análisis Foliares.*
- Amezcuca, J., & Lara, M. (2017). El zinc en las plantas. *Comunicaciones Libres*, 68(3), 28–32.
- Áviles, E. (2000). *San Antonio de Ibarra.*
- Baca, L. (2016). *La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria.*
- Bábaro, L. ., Karlanian, M. ., Imhoff, S., & Morisigue, D. . (2011). Caracterización de la turba subtropical del departamento Islas del Ibcuy. *Agriscientia*, 18(2), 138–141.
- Barbazán, M. (1998). *Análisis de planta y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes.*
- Basantes Morales, E. R. (2015). *Manejo de cultivos andinos del Ecuador.*
- Baumer, R. (1996). *Aplicación localizada de fertilizantes en la siembra.*
- Beltrano, J., & Gimenez, D. (2015). *Cultivo en Hidroponía.*
- Bertolini, V., Damon, A., & Rojas, Á. (2014). *Quelato de hierro y agua de coco en la germinación in vitro de Rossioglossum grande (Orchidaceae).*
- Betancourt, L., Rodriguez, L., Gómez, R., & Bayuelo, J. (2008). Crecimiento y respuestas fisiológicas de Phaseolus spp. en condiciones de estrés salino. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 31(3), 2–5.
- Bonachela, S., Acuña, R., & Magán, J. (2008). *Sustratos inertes: Caracterización física Oxigenación de los sustratos.*
- Bradford, K. J. (1986). Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience: A Publication of the American Society for Horticultural Science*, 21(5), 1105–1112.
- Censo Nacional Agropecuario. (2000). *El Cultivo de pimiento.*
- Cobo Jaramillo, R. M. (2002). *Efecto de la fertilización a base de biol en la producción de pimiento(Capsicum annum L) híbrido Quetzal bajo condiciones de invernadero.*
- Correndo, A., & García, F. (2012). *Concentración de nutrientes en planta como herramienta de diagnóstico: Cultivos extensivos.*

- Cortez-Baheza, E., Rivera-Reyes, J., Andrio-Enriquez, E., Guevara-González, R., Guevara-Olvera, L., Cervantes-Ortiz, F., & Mendoza-Elos, M. (2011). Osmocondicionamiento de la semilla de chile ancho y su efecto en el vigor. *Universidad y Ciencia: Trópico Húmedo*, 27(3), 345–349.
- Costa, N. (2017). *Efecto del tratamiento a la semilla sobre el comportamiento agronómico en trigo (Triticum aestivum L.)*.
- Courtis, A. (2013). *Cátedra de Fisiología Vegetal Carreras : Profesorado y Licenciatura en*. 1–22.
- Cruz, E., Sandoval, M., Volke, V., Can, Á., & Sánchez, J. (2012). Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(7), 2–4.
- Díaz, Andrea, Cayón, G., & John, M. (2007). Metabolismo del calcio y su relación con la “mancha de madurez” del fruto de banano. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 281–284.
- Díaz, Arturo, Castillo, H., Ortiz, F., & Espinoza, M. (2019). Tratamiento químico combinado de semilla y su influencia en el crecimiento de plántulas de sorgo, maíz, soya y algodón. *Acta Universitaria*, 29(0), 2–5.
- Díaz, G. I., Suárez, J. H., Castillo, L. V., & Beltrán, V. (2015). *Dicotiledóneas y Monocotiledóneas*.
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales-La Habana*, 31(1), 1–6.
- Dourado, D., Newton, T., Pavinato, P., Nunes, U., & Escobar, O. (2015). El tratamiento de semillas de maíz con micronutrientes aumenta el rendimiento del grano. *Revista Caatinga*, 28(3), 86–92.
- Dussán, C. L., Villegas, D. A., & Miranda, D. (2016). Efecto de la deficiencia de N, P, K, Mg, Ca y B sobre la acumulación y distribución de la masa seca en plantas de guayaba (*Psidium guajava* L.) var. ICA Palmira II en fase de vivero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(1), 41–44.
- Eghmad, L., Medina, G., Buitrago, L., & Salazar, F. (1997). *Respuesta morfológica del frijol (Phaseolus vulgaris Var. Diacol Calima) a la aplicación edáfica de varias fuentes de Boro*.
- Ferraris, G. ., Couretot, L. ., & Magnone, G. (2015). *Fertilizantes en línea de siembra de*

- maíz: efectos sobre la implantación y el rendimiento.*
- Fontúrbel, F., Achá, D., & Mondaca, D. (2007). *Manual de introducción a la botánica.*
- Futurcrop. (2020). *Síntomas de las necesidades nutricionales de la plantas.*
- García Rivera, G. A. (2015). *Reporte de fitoblastismo.*
- Gimenez Sampaio, T., Norton Sampaio, V., Retamal Parra, N., & Durán, J. (1993). *Acondicionamiento osmótico de semillas.*
- Gold, K., León-Lobos, P., & Way, M. (2004). *Manuel de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo.* 110(62), 5–7.
- Gregalio, F. (2016). *El productor afronta la problemática de tener una semilla de mala calidad.*
- Gutiérrez, M. V. (2002). *Fertilización foliar: Principios y aplicaciones.* Asociación Costarricense de La Ciencia Del Suelo.
- Hassan, N., Irshad, S., Saddiq, M., & Bashid, S. (2019). Potential of zinc seed treatment in improving stand establishment, phenology, yield and grain biofortification of wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 42(14).
- Hernández Rodríguez, G. (2006). *Productos químicos y homeopáticos en semilla deteriorada de jitomate (Lycopersicon esculentum) para la recuperación de germinación y vigor.*
- Herogra. (2017). *Nutrición vegetal. Antagonismos y sinergias entre elementos nutritivos.*
- Ibañez, J. (2007). *Biodisponibilidad de los nutrientes por las plantas, pH del suelo y el complejo de cambio o absorbente.*
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2020). *Catálogo de datos del IGM del Ecuador.*
- Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). (2016). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua.*
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA]. (2013). *Cuando los nutrientes esenciales se vuelven tóxicos.*
- Kyrkby, H., & Romheld, V. (2008). Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. *Informaciones Agronómicas*, 68, 1–3.
- López Medina, S. E., & Gil Rivero, A. E. (2017). Efecto del acondicionamiento osmótico en la germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* (Feuillée ex Molina) Kuntze (Fabaceae) “taya.” *Arnaldoa*, 24(1).
- Luna, J. (2017). *Sustratos, soluciones nutritivas e intensidad de raleo en la producción y*

calidad de tomate cherry en hidroponía.

- Magdaleno, J. ., Peña, A., Castro, R., Castillo, A. ., Galvis, A., & Ramirez, F. (2006). Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2), 223–229.
- Mantilla, Á. (2008). *Desarrollo y germinación de semillas.*
- Marcar, N. ., & Graham, R. (1986). *Effect of seed manganese content on the growth of wheat (triticum aestivum) under manganese deficiency.*
- Marín Sánchez, J., Contreras Mejía, J. A., Hernández Livera, A., Carballo Carballo, A., & Peña Lomelí, A. (2007). Acondicionamiento osmótico de semillas de cebolla (*allium cepa* l.). *Agricultura Técnica En México*, 33(1), 1–5.
- Marina, J. (2013). *Efecto de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu.) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de Ají Chaparita (Capsicum frutescens L.).*
- Martínez-Gutiérrez, G. A., Ortiz-Hernández, Y. D., & López-Pozos, R. (2012). Oxigenación de la solución nutritiva recirculante y su efecto en tomate y lechuga. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(5), 1–4.
- Martínez–Corral, L., Martínez–Rubin de Celis, E., Flores–García, F. G., Preciado–Rangel, P., Zermeño–González, H., & Valdez–Cepeda, R. D. (2009). Programa de cómputo para el cálculo de soluciones nutritivas. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 15(2), 1–4.
- Martínez, A. (2015). *Requerimientos nutricionales del ají Capsicum annum L. y su relación con rendimiento bajo condiciones ambientales de Palmira, Valle del Cauca.*
- Mata, M. (2004). *Efecto de N, P, K, Ca y Mg en etapas iniciales de crecimiento de Calabaza (Cucurbita pepo), Chile (Capsicum annum), Melón (Cucumis melo) , Pepino (Cucumis sativus) y Sandía (Citrullus).*
- Mejías, M., Molis, P., & Pombal, M. (2018). *Órganos vegetales: semilla.*
- Miranda, G. (2013). *Evaluación de sustrato en base a turba en ambiente protegido, para producción de almácigo hortícola en invernadero, en el municipio de el alto.*
- Monge, E., Val, J., Sanz, M., Blanco, A., & Montañéz, L. (1994). El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. *Departamento de Nutrición Vegetal*, 21(3), 189–195.
- Montesdeoca, E. (2018). *Primado de semillas de tomate (Solanum lycopersicum) con*

soluciones nutritivas.

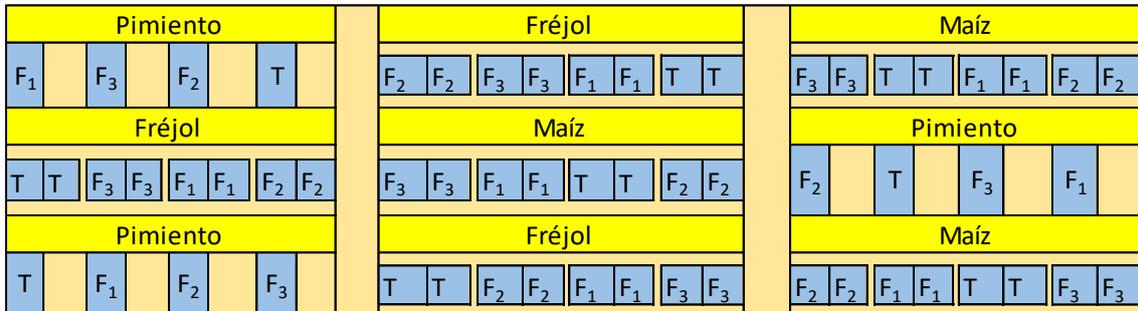
- Montgomery, F. . (1951). The effect of boron on the growth and seed production of alsike clover *trifolium hybridum* l. *Canadian Journal of Botany*, 29(6).
- Morocho Yambay, T. C., & Reinoso Brito, S. I. (2017). *Importancia del consumo de frutas y verduras en la alimentación humana.*
- Múnera, G. (2012). *Manual general de análisis de suelos y tejido vegetal.*
- Openshaw, M. D. (1970). *The effect of ammonia on germination and development of seedlings in soil.*
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura [FAO]. (1992). *Los fertilizantes y su uso.*
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura [FAO]. (2002). *Manual preparado por el Grupo de Cultivos Hortícolas.*
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura [FAO]. (2002). Nutrición humana en el mundo en desarrollo. *Alimentación y Nutrición*, 29, 20–27.
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura [FAO]. (2016). *Semillas.*
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura [FAO]. (2002). *Los fertilizantes y su uso.* <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- Pacheco, A. (2019). *Nutrición vegetal y soluciones nutritivas.*
- Padilla, W. (2016). *Métodos Químicos para el Análisis de Suelos y Foliare.*
- Panomwan, B., Cakmak, I., Rerkasem, B., & Chanakan, P.-U.-T. (2013). Effect of different foliar zinc application at different growth stages on seed zinc concentration and its impact on seedling vigor in rice. *Soil Science and Plant Nutrition*, 59(2), 2–5.
- Peñaranda, I. (2019). *Importancia del manganeso en plantas.*
- Pérez García, F., & Pita Villamil, J. M. (2004). *Viabilidad, Vigor, Longuevidad y conservación de semillas.*
- Pole, E. (2020). *Análisis foliar.* <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/plant-analysis/>
- Probelte. (2019). *¿Qué impacto tiene el exceso de fertilizantes para los cultivos?*
- Raykov, S., Andreeva, M., & Simeonova, M. (2011). *Influence of pre-sowing treatment of sorghum seed with microelements on the germination and growth of plants in the*

- initial stages of their development.*
- Redagícola. (2017). *Manejos y productos para potenciar el desarrollo radicular.*
- Rodríguez, M., & Flóres, V. (2004). *Elementos esenciales y beneficiosos. Ferti-Riego: Tecnologías Y Programación En Agroplasticultura.*
- Rodríguez, M., & Flóres, V. (2004). Elementos Esenciales Y Beneficiosos. *Ferti-Riego: Tecnologías Y Programación En Agroplasticultura*, 3, 25–36.
- Salem, H., & Nazer, E.-G. (2012). *Importance of Micronutrients and its Application Methods for Improving Maize (Zea mays L.) Yield Grown in Clayey Soil.*
- San Alfonso. (2020). *Semillería “San alfonso.”*
- Sánchez, G., Portillo-Manzano, E., Barrios-Díaz, J. M., Barrios-Díaz, B., Vázquez-Huerta, G., & Romero-Arenas, O. (2009). *Evaluación de dos soluciones nutritivas sobre el crecimiento vegetativo del jitomate Lycopersicum esculentum en microtúnel.*
- Sela, G. (2020). *Guía para una correcta fertilización antes de la siembra.*
- Shenker, M., Plessner, O., & Tel-or, E. (2003). *Manganese nutrition effects on tomato growth, chlorophyll concentration, and superoxide dismutase activity.*
- Silva C, P., Silva R., H., Garrido S., M., & Acevedo H., E. (2015). *Manual de estudio y ejercicios relacionados con el contenido de agua en el suelo y su uso por los cultivos.*
- Stoller Academy. (2019). *La función del Zinc como micronutriente esencial para todos los cultivos.*
- Suárez, D., & Melgarejo, L. M. (2010). *Biología y germinación de semillas.*
- Taoufik, E. R., Nouri, M., Bouda, S., & Haddioui, A. (2016). The Effect of Cd, Zn and Fe on Seed Germination and Early Seedling Growth of Wheat and Bean. *Ekológia (Bratislava)*, 35(3), 213–215.
- Torres, A., Cova, A., & Valera, D. (2018). Efecto del proceso de germinación de granos de Cajanuscajan en la composición nutricional, ácidos grasos, antioxidantes y bioaccesibilidad mineral. *Revista Chilena de Nutrición*, 45(4), 2–4.
- Torres Navarrete, E., Quispe Caiza, D., Sanchez Láñio, A., Reyes Bermeo, M., Gonzáles Osorio, B., Torres Navarrete, A., Cedenio Briones, A., & Haro Chong, A. (2013). Caracterización de la producción de frijól en la provincia de Cotopaxi- Ecuador: Caso Comuna Panyatug. *Ciencia y Tecnología*, 6(1), 23–25.
- Torri, S. (2005). *Análisis Foliar.*

- Valencia, Á. (2016). *Formulación y elaboración de soluciones nutritivas*.
- Valladares, C. (2010). *Requerimientos Nutricionales y Cálculo de Fertilizantes*.
- Ventimiglia, L., & Carta, H. (2006). *Soja: Efectos de los fertilizantes aplicados en la línea de siembra sobre el número de plantas y el rendimiento*.
- Verdoliva, S. (2020). *Absorción de nutrientes*.
- Yépez Gudiño, E. (2011). *Plan para la comercialización y exportación de fréjol producido en el sector del Valle del chota y Pimapiro hacia el mercado colombiano*.
- Zoppolo, R., Faroppa, S., Bellenda, B., & García, M. (2008). Alimentos en la huerta: Guía para la producción y consumo saludable. *Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología Del INIA, 1(58), 25–39*.

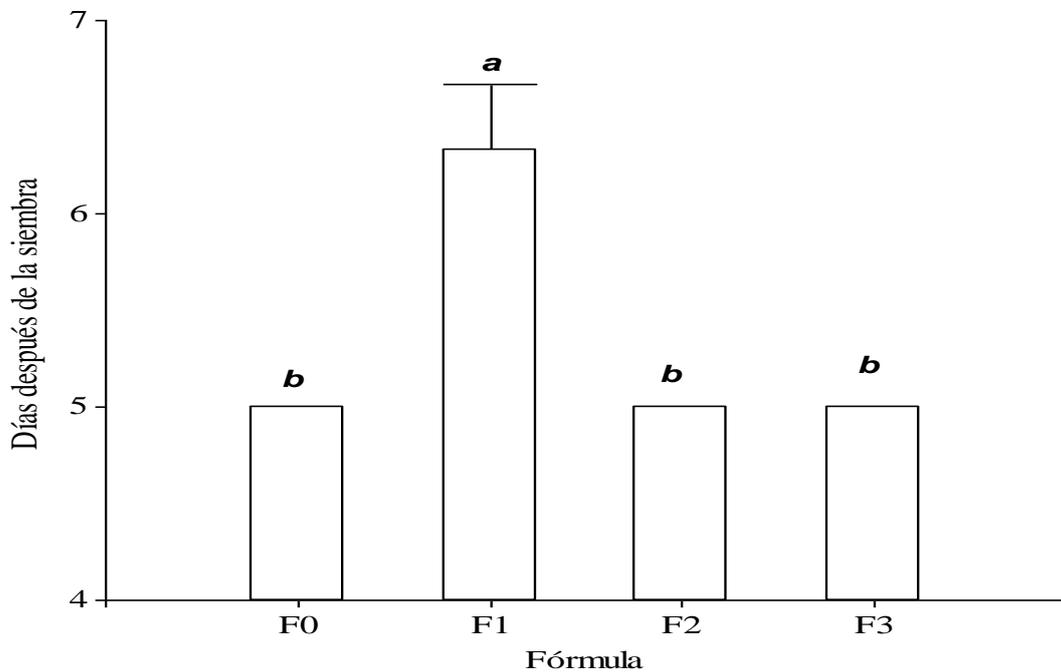
ANEXOS

Anexo 1. Diseño de la unidad experimental del efecto de tres fórmulas nutricionales en la producción de plántulas de fréjol, maíz, pimiento, en el sector de Tanguarín.



COLORES	INDICADORES
	Cultivos
	Bandejas
	Distancia entre bandejas

Anexo 2. Días a la emergencia en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.



Anexo 3. Daño físico en la semilla por contacto de la fórmula uno. a) Semilla de fréjol. b) Semilla de maíz.



Anexo 4. Prueba de medias para la variable diámetro de tallo en relación al factor fórmulas en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos	
0	4.56	\pm	0.09	A	
1	4.16	\pm	0.08	B	
2	4.64	\pm	0.1	A	
3	4.5	\pm	0.1	A	

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

Anexo 5. Prueba de medias para la variable diámetro de tallo en relación al factor días después de la siembra en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos	
20	4.79	\pm	0.1	A	
15	4.33	\pm	0.08	B	

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

Anexo 6. Prueba de medias en la variable de diámetro de tallo en relación a los días después de la siembra en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

DDS	Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos		
20	2	6.49	\pm	0.26	A		
20	3	6.45	\pm	0.28	A	B	
20	0	4.84	\pm	0.18	B		
15	3	4.62	\pm	0.17	B	C	
20	1	4.35	\pm	0.31	C		
15	2	4.22	\pm	0.16	C		
15	1	4.08	\pm	0.2	D		
15	0	4.02	\pm	0.11	D		

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

Anexo 7. Prueba de medias en la variable diámetro de tallo en relación al factor días después de la siembra en plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

DDS	\bar{x}	\pm	e.e	rangos						
55	1.62		0.05	A						
52	1.55		0.04	A						
58	1.55		0.05	A	B					
49	1.44		0.05		B	C				
46	1.37		0.04			C	D			
43	1.3		0.04				D	E		
37	1.25		0.04					E	F	
40	1.24		0.04					E	F	
31	1.18		0.05						F	

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

Anexo 8. Prueba de medias en la variable de diámetro de tallo en relación al factor fórmula en plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos						
3	1.52		0.03	A						
1	1.49		0.03	A	B					
2	1.44		0.03		B					
0	1.08		0.02						C	

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

Anexo 9. Prueba de medias en la variable altura de plántula en relación al actor días después de la siembra en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

DDS	Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos					
15	0	12.8	\pm	0.31	A					
15	1	8.73	\pm	0.34	A	B				
15	2	14.52	\pm	0.46		B				
15	3	14.48	\pm	0.36		B				
20	0	17.29	\pm	0.47		B				
20	1	11.58	\pm	0.55		B				
20	2	20.38	\pm	0.88		B			C	
20	3	19.13	\pm	0.52					C	

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

Anexo 10. Prueba de medias en la variable altura de plántula en relación al factor fórmulas en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

	\bar{x}	\pm	e.e	rangos	
2	28.83	\pm	1.51	A	
0	27.18	\pm	1.6	A	B
3	25.39	\pm	1.62		B
1	11.91	\pm	1.69		C

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

Anexo 11. Prueba de medias en la variable altura de plántula en relación al factor días después de la siembra en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

DDS	\bar{x}	\pm	e.e	rangos	
20	25.64	\pm	1.54	A	
15	21.02	\pm	1.43		B

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

Anexo 12. Prueba de medias en la variable altura de plántula en relación a la interacción de los factores días después de la siembra y fórmula en plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

DDS	Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos								
58	3	10.11	\pm	0.35	A								
55	3	8.56	\pm	0.37		B							
52	3	8.56	\pm	0.38		B							
52	1	8.56	\pm	0.38		B							
58	1	8.39	\pm	0.97		B	C						
55	1	8.22	\pm	0.37		B	C						
58	2	7.78	\pm	0.46		B	C	D					
55	2	7.61	\pm	0.3		B	C	D					
52	2	7.5	\pm	0.41		B	C	D					
49	3	7.32	\pm	0.41			C	D					
49	1	7	\pm	0.38				D					
49	2	6.56	\pm	0.21				D	E				
46	3	6.17	\pm	0.3					E	F			
46	1	5.83	\pm	0.26					E	F	G		
46	2	5.72	\pm	0.12						F	G		
43	3	5.33	\pm	0.2							G	H	
43	1	4.89	\pm	0.22								H	I
40	3	4.61	\pm	0.16								H	I

40	1	4.56	±	0.18	H	I			
55	0	4.42	±	0.98	H	I	J		
43	2	4.44	±	0.13		I	J		
37	2	4.27	±	0.14		I	J	K	
40	2	4	±	0.19		I	J	K	
37	3	3.99	±	0.27		I	J	K	
37	1	3.89	±	0.16		I	J	K	
58	0	3.67	±	0.4		I	J	K	L
34	3	3.67	±	0.19			J	K	L
34	2	3.61	±	0.2			J	K	L
52	0	3.5	±	0.51			J	K	L
34	1	3.22	±	0.22					L
46	0	2.89	±	0.14					L
40	0	2.89	±	0.14					L
49	0	2.78	±	0.21					L
37	0	2.78	±	0.12					L
34	0	2.78	±	0.19					L
43	0	2.56	±	0.1					L

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

Anexo 13. Prueba de medias en la variable de contenido de clorofila en relación al factor fórmula en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	±	e.e	rangos	
0	355.35	±	8.86	A	
2	366.63	±	10.74	A	
3	331.26	±	8.13		B
1	282.89	±	9.79		C

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

Anexo 14. Prueba de medias en la variable contenido de clorofila en relación al factor fórmulas en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	±	e.e	rangos	
2	436.47	±	13.38	A	
3	431.49	±	18.16	A	
0	335.06	±	19.27		B
1	230.67	±	20.46		C

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

Anexo 15. Prueba de medias en la variable contenido de clorofila en relación al factor fórmulas plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos		
3	164.1	\pm	9.4	A		
1	140.48	\pm	9.28		B	
2	121.43	\pm	9.23			C
0	56.96	\pm	4.81			D

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

Anexo 16. Prueba de medias en la variable área foliar en relación al factor fórmulas en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos		
2	198.63	\pm	12.05	A		
0	128.04	\pm	10.62		B	
3	157.48	\pm	16.3		B	
1	80.72	\pm	9.88			C

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

Anexo 17. Prueba de medias en la variable área foliar en relación al factor fórmulas en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos		
3	96.58	\pm	8.51	A		
2	94.6	\pm	7.27	A		
0	81.53	\pm	4.09		B	
1	27.04	\pm	4.42			C

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

Anexo 18. Prueba de medias en la variable área foliar en relación al factor fórmula en plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos		
3	12.5	\pm	0.66	A		
1	11.62	\pm	0.66	A		
2	8.91	\pm	0.66		B	
0	2.48	\pm	0.81			C

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

Anexo 19. Prueba de medias en la variable peso seco de raíz en relación al factor fórmulas en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos	
0	0.28	\pm	0.03	A	
2	0.2	\pm	0.02		B
3	0.15	\pm	0.02		B
1	0.09	\pm	0.01		C

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

Anexo 20. Prueba de medias en la variable peso seco de raíz en relación al factor fórmula en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos	
0	0.46	\pm	0.05	A	
3	0.34	\pm	0.03	A	B
2	0.33	\pm	0.02		B
1	0.21	\pm	0.02		C

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

Anexo 21. Prueba de medias en la variable peso seco de raíz en relación a las fórmulas experimentadas en plántulas de pimienta a los 58 días después de la siembra, provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos	
0	0.01	\pm	1.50E-03		B
1	0.03	\pm	2.80E-03	A	
2	0.02	\pm	3.20E-03	A	
3	0.03	\pm	3.10E-03	A	

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

Anexo 22. Prueba de medias en la variable peso seco de tallo en relación al factor fórmula en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos	
2	0.27	\pm	0.01	A	
0	0.2	\pm	0.02		B
3	0.19	\pm	0.02		B
1	0.12	\pm	0.01		C

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

Anexo 23. Prueba de medias en la variable peso seco de tallo en relación al factor fórmula en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos	
2	0.2	\pm	0.03	A	
3	0.17	\pm	0.01	A	
0	0.11	\pm	0.01		B
1	0.06	\pm	0.01		C

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

Anexo 24. Prueba de medias en la variable peso seco de tallo a los 58 días después de la siembra en relación al factor fórmula en plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos	
3	0.02	\pm	1.20E-03	A	
1	0.01	\pm	1.20E-03	A	B
2	0.01	\pm	1.10E-03		B
0	2.30E-03	\pm	6.10E-04		C

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

Anexo 25. Prueba de medias en la variable peso seco de hojas en relación al factor fórmula en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos	
2	0.49	\pm	0.03	A	
3	0.38	\pm	0.03		B
0	0.32	\pm	0.03		B
1	0.21	\pm	0.03		C

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

Anexo 26. Prueba de medias en la variable peso seco de hojas en relación al factor fórmula en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos	
2	0.29	\pm	0.02	A	
3	0.27	\pm	0.02		B
0	0.22	\pm	0.01		B
1	0.09	\pm	0.02		C

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

Anexo 27. Prueba de medias en la variable peso seco de hojas a los 58 días después de la siembra en relación al factor fórmula en plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos	
3	0.02	\pm	1.40E-03	A	
1	0.02	\pm	1.20E-03	A	
2	0.02	\pm	1.80E-03		B
0	4.80E-03	\pm	1.60E-03		B

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

Anexo 28. Prueba de medias en la variable peso seco total en plántulas de fréjol provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos	
2	0.96	\pm	0.04	A	
0	0.79	\pm	0.07		B
3	0.72	\pm	0.07		B
1	0.43	\pm	0.05		B

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

Anexo 29. Prueba de medias en la variable peso seco total en plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

Fórmula	\bar{x}	\pm	e.e	rangos	
2	0.82	\pm	0.04	A	
0	0.79	\pm	0.05	A	
3	0.78	\pm	0.04	A	
1	0.35	\pm	0.03		B

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

Anexo 30. Prueba de medias en la variable peso seco total en relación a la interacción de días después de la siembra y fórmula en plántulas de pimiento provenientes de semillas tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

DDS	Fórmula	Medias	E.E.	rangos	
49	3	0.09	0.01	A	
49	2	0.07	0.01		B
49	1	0.07	0.01		B
43	1	0.05	0.01	B	C
43	3	0.05	0.01		C
43	2	0.04	0.01		C D
40	1	0.03	3.00E-03		D E
40	3	0.03	3.00E-03		D E

40	2	0.03	3.00E-03	E
37	2	0.03	2.30E-03	E
37	3	0.02	2.30E-03	E
37	1	0.02	2.30E-03	E F
34	3	0.02	2.40E-03	E F
31	3	0.02	2.20E-03	E F
31	2	0.02	2.20E-03	E F
34	2	0.02	2.40E-03	E F
37	0	0.02	2.30E-03	E F
31	1	0.02	2.20E-03	E F
34	1	0.02	2.40E-03	E F G
40	0	0.02	3.00E-03	E F G
49	0	0.01	0.01	E F G
34	0	0.01	2.40E-03	F G
43	0	0.01	0.01	F G
31	0	0.01	2.20E-03	G

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

Anexo 31. Rangos de suficiencia o tolerancia de nutrientes para plantas de fréjol.

CULTIVO		N	S	P	K	Mg	Ca	Na	B	Zn	Mn	Fe	Cu	Al	Mo
		PORCENTAJE (%)								PARTES POR MILLON (ppm)					
Girasol	Desde	3.40	0.25	0.26	2.50	0.37	1.10	0.01	25	20	50	60	6	50	
	Hasta	4.00	0.35	0.35	3.20	0.90	1.50	0.02	40	35	100	200	10	100	
Tabaco	Desde	3.00	0.25	0.25	2.50	0.40	2.20	0.01	20	30	50	100	9	20	
	Hasta	5.00	0.80	0.60	5.00	0.80	4.00	0.10	40	50	200	250	30	200	
Trigo (alto rendimiento)	Desde	4.00	0.20	0.24	2.00	0.20	0.28	0.01	6	22	32	36	6	20	
	Hasta	5.00	0.30	0.36	3.00	0.30	0.42	0.03	10	34	48	54	10	300	
Hortalizas															
Espárragos	Desde	2.40	0.25	0.30	1.50	0.15	0.40	0.01	25	20	10	50	10	20	
	Hasta	3.80	0.50	0.75	2.40	0.50	1.00	0.10	75	60	180	300	50	200	
Frijol	Desde	3.60	0.25	0.30	2.00	0.35	1.00	0.01	25	35	50	50	8	20	
	Hasta	6.00	0.70	0.70	4.00	1.00	3.00	0.05	70	60	100	200	30	250	
Col de Bruselas	Desde	2.50	0.20	0.25	2.50	0.25	3.00	0.01	70	40	200	125	10	20	
	Hasta	5.00	0.50	0.50	3.50	0.40	5.00	0.10	100	80	500	200	25	150	
Apio	Desde	3.00	0.60	0.40	4.00	0.30	1.50	0.01	25	30	50	60	8	20	
	Hasta	4.80	1.20	0.80	6.00	0.50	4.00	0.25	50	80	150	200	20	300	
Pepino	Desde	3.50	0.30	0.30	2.50	0.60	1.25	0.01	25	30	50	50	10	20	
	Hasta	5.50	1.00	0.70	6.00	1.50	5.00	0.20	80	70	200	200	25	200	
Cultivos de cabeza	Desde	2.50	0.30	0.40	3.50	0.30	1.50	0.01	25	25	50	50	5	20	
	Hasta	4.50	1.50	1.00	5.00	0.50	2.50	0.10	50	45	100	200	10	200	
Cultivos de hoja	Desde	3.50	0.30	0.40	3.50	0.30	1.25	0.01	25	30	25	60	6	50	
	Hasta	6.00	0.75	1.00	8.00	1.00	2.50	0.20	50	50	40	200	20	150	
Melones	Desde	2.00	0.30	0.20	2.50	0.50	2.00	0.01	25	20	50	60	5	20	
	Hasta	6.00	1.00	0.80	5.00	1.00	3.50	0.20	75	80	100	120	20	150	
Chicharos	Desde	4.50	0.20	0.30	1.80	0.35	1.10	0.01	15	40	40	50	10	10	
	Hasta	6.00	0.60	0.60	2.50	0.80	1.80	0.20	45	80	70	150	30	80	
Pimiento	Desde	3.00	0.30	0.40	4.00	0.50	0.75	0.01	30	30	60	100	15	50	
	Hasta	6.00	0.60	0.80	6.50	1.00	2.50	0.50	75	60	200	250	50	200	

Guía de Análisis de la Planta (Rangos de Suficiencia de Nutrientes). (Parte 2/4)

Fuente: (Aldana, 2011)

Anexo 32. Rangos de suficiencia o tolerancia de nutrientes para plantas de maíz.

CULTIVO		N	S	P	K	Mg	Ca	Na	B	Zn	Mn	Fe	Cu	Al	Mo
		PORCENTAJE (%)								PARTES POR MILLON (ppm)					
Cultivos de campo															
Alfalfa/trébol	Desde	3.00	0.25	0.25	2.50	0.30	1.00	0.01	25	25	30	50	8	40	1.0
	Hasta	4.50	0.35	0.45	3.80	0.80	2.50	0.04	80	70	100	250	20	300	2.5
Canola (colza)	Desde	2.70	0.49	0.34	2.58	0.40	1.19	0.10	15	25	60	100	4	90	
	Hasta	3.20	0.55	0.40	3.20	0.50	1.40	0.30	20	45	110	200	12	150	
Maiz (floración)	Desde	2.80	0.20	0.25	1.80	0.20	0.30	0.01	6	25	30	50	6	20	
	Hasta	3.50	0.50	0.40	3.00	0.50	0.70	0.03	20	50	100	250	20	300	
Algodón	Desde	3.50	0.18	0.25	1.30	0.25	1.25	0.05	20	20	25	50	8	50	
	Hasta	4.75	0.60	0.50	1.90	0.75	3.50	0.15	80	50	200	250	20	125	
Lino	Desde	3.80	0.38	0.35	2.80	0.40	1.20	0.03	15	30	70	85	7	80	
	Hasta	4.40	0.45	0.40	3.50	0.40	1.40	0.03	20	35	120	175	12	150	
Pastos (forraje)	Desde	2.00	0.20	0.30	2.00	0.20	0.40	0.02	10	25	30	50	5	25	
	Hasta	3.00	0.50	0.60	4.00	0.40	0.80	0.15	20	60	200	300	20	250	
Menta	Desde	2.80	0.24	0.25	2.40	0.24	1.00	0.01	10	30	35	51	6	20	
	Hasta	4.20	0.36	0.37	3.60	0.36	1.80	0.05	30	50	80	350	20	300	
Cacahuete	Desde	2.50	0.20	0.25	1.75	0.30	1.50	0.02	20	20	50	50	8	50	
	Hasta	4.50	0.60	0.60	3.00	0.75	2.50	0.06	50	50	200	200	20	200	
Granos pequeños	Desde	2.20	0.20	0.30	1.80	0.20	0.25	0.01	8	20	30	35	6	20	
	Hasta	3.50	0.30	0.50	3.00	0.40	0.45	0.03	20	50	60	120	15	300	
Sorgo	Desde	2.50	0.20	0.30	1.70	0.20	0.30	0.01	6	25	30	50	6	20	
	Hasta	3.50	0.50	0.50	3.00	0.50	0.60	0.03	20	50	100	250	20	300	
Soya	Desde	4.00	0.25	0.25	1.75	0.25	0.50	0.01	25	25	35	50	8	50	
	Hasta	5.50	0.60	0.50	3.00	0.60	2.00	0.03	60	50	100	150	20	200	
Remolacha azucarera	Desde	3.00	0.30	0.30	3.50	0.50	0.60	0.01	30	30	40	80	10	50	
	Hasta	4.50	0.90	0.70	6.00	1.20	1.30	0.05	60	60	100	200	20	200	
Caña de azúcar	Desde	2.00	0.15	0.20	1.00	0.10	0.20	0.01	5	15	15	40	5	20	
	Hasta	3.00	0.50	0.35	1.20	0.45	0.60	0.10	40	100	200	200	50	200	

Guía de Análisis de la Planta (Rangos de Suficiencia de Nutrientes). (Parte 1/4)

Ac

Fuente: (Aldana, 2011)

Anexo 33. Rangos de suficiencia o tolerancia de nutrientes para plantas de pimiento.

CULTIVO		N	S	P	K	Mg	Ca	Na	B	Zn	Mn	Fe	Cu	Al	Mo
		PORCENTAJE (%)								PARTES POR MILLON (ppm)					
Girasol	Desde	3.40	0.25	0.26	2.50	0.37	1.10	0.01	25	20	50	60	6	50	
	Hasta	4.00	0.35	0.35	3.20	0.90	1.50	0.02	40	35	100	200	10	100	
Tabaco	Desde	3.00	0.25	0.25	2.50	0.40	2.20	0.01	20	30	50	100	9	20	
	Hasta	5.00	0.80	0.60	5.00	0.80	4.00	0.10	40	50	200	250	30	200	
Trigo (alto rendimiento)	Desde	4.00	0.20	0.24	2.00	0.20	0.28	0.01	6	22	32	36	6	20	
	Hasta	5.00	0.30	0.36	3.00	0.30	0.42	0.03	10	34	48	54	10	300	
Hortalizas															
Espárgagos	Desde	2.40	0.25	0.30	1.50	0.15	0.40	0.01	25	20	10	50	10	20	
	Hasta	3.80	0.50	0.75	2.40	0.50	1.00	0.10	75	60	180	300	50	200	
Frijol	Desde	3.60	0.25	0.30	2.00	0.35	1.00	0.01	25	35	50	50	8	20	
	Hasta	6.00	0.70	0.70	4.00	1.00	3.00	0.05	70	60	100	200	30	250	
Col de Bruselas	Desde	2.50	0.20	0.25	2.50	0.25	3.00	0.01	70	40	200	125	10	20	
	Hasta	5.00	0.50	0.50	3.50	0.40	5.00	0.10	100	80	500	200	25	150	
Apio	Desde	3.00	0.60	0.40	4.00	0.30	1.50	0.01	25	30	50	60	8	20	
	Hasta	4.80	1.20	0.80	6.00	0.50	4.00	0.25	50	80	150	200	20	300	
Pepino	Desde	3.50	0.30	0.30	2.50	0.60	1.25	0.01	25	30	50	50	10	20	
	Hasta	5.50	1.00	0.70	6.00	1.50	5.00	0.20	80	70	200	200	25	200	
Cultivos de cabeza	Desde	2.50	0.30	0.40	3.50	0.30	1.50	0.01	25	25	50	50	5	20	
	Hasta	4.50	1.50	1.00	5.00	0.50	2.50	0.10	50	45	100	200	10	200	
Cultivos de hoja	Desde	3.50	0.30	0.40	3.50	0.30	1.25	0.01	25	30	25	60	6	50	
	Hasta	6.00	0.75	1.00	8.00	1.00	2.50	0.20	50	50	40	200	20	150	
Melones	Desde	2.00	0.30	0.20	2.50	0.50	2.00	0.01	25	20	50	60	5	20	
	Hasta	6.00	1.00	0.80	5.00	1.00	3.50	0.20	75	80	100	120	20	150	
Chicharos	Desde	4.50	0.20	0.30	1.80	0.35	1.10	0.01	15	40	40	50	10	10	
	Hasta	6.00	0.60	0.60	2.50	0.80	1.80	0.20	45	80	70	150	30	80	
Pimiento	Desde	3.00	0.30	0.40	4.00	0.50	0.75	0.01	30	30	60	100	15	50	
	Hasta	6.00	0.60	0.80	6.50	1.00	2.50	0.50	75	60	200	250	50	200	

Guía de Análisis de la Planta (Rangos de Suficiencia de Nutrientes). (Parte 2/4)

Fuente: (Aldana, 2011)

Anexo 34. Prueba de medias de distintas variables evaluadas en semillas fréjol, maíz y pimiento tratadas con diferentes fórmulas nutricionales.

VARIABLES	FRÉJOL				MAÍZ				PIMIENTO			
	F0	F1	F2	F3	F0	F1	F2	F3	F0	F1	F2	F3
Diámetro de tallo	a	b	a	a	b	bcd	a	a	c	ab	b	a
Altura de planta	b	c	a	a	ab	c	a	b	d	b	c	a
Concentración de clorofila	a	c	a	b	b	c	a	a	d	b	c	a
Peso seco (raíz)	a	c	b	b	a	c	b	ab	b	a	a	a
Peso seco (tallo)	b	c	a	b	b	c	a	a	c	ab	b	a
Peso seco (hojas)	b	c	a	b	b	c	a	ab	c	a	b	a
Peso seco total	b	c	a	b	a	b	a	a	c	b	b	a
Días a la emergencia	b	a	b	b	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
Área foliar	b	c	a	b	a	b	a	a	c	a	b	a

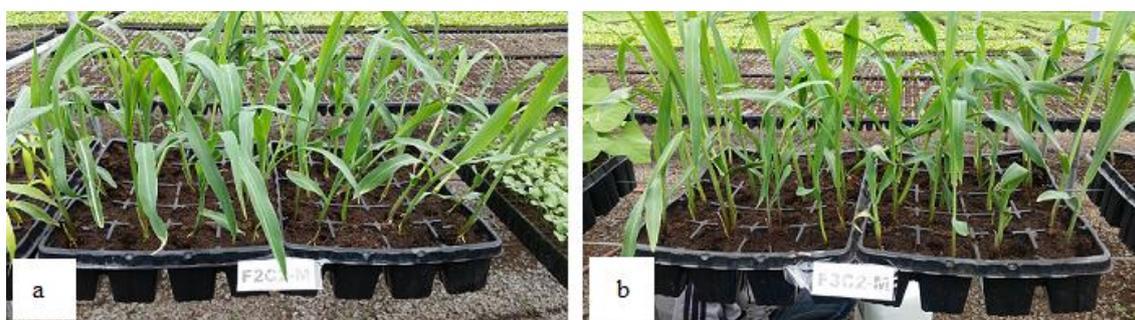
Nota 1: Letra “a” indica promedios superiores.

Nota 2: Los promedios deben ser comparados dentro de cada cultivo.

Anexo 35. Efecto de las fórmulas dos y tres en plántulas de fréjol. a) Efecto de la fórmula dos. b) Efecto de la fórmula tres.



Anexo 36. Efecto de las fórmulas dos y tres en plántulas de maíz. a) Efecto de la fórmula dos. b) Efecto de la fórmula tres.



Anexo 37. Efecto de la fórmula uno en plántulas de fréjol y maíz. a) Plántulas de fréjol. b) Plántulas de maíz.

