



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE GIBERELINAS EN LA PRODUCCIÓN DE FRÉJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.) VAR. INIAP 430 PORTILLA, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL “LA PRADERA”.

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria

Autora:

ERLINDA JANETH BONILLA ANDRADE

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

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE GIBERELINAS EN LA PRODUCCIÓN DE FRÉJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.) VAR. INIAP 430 PORTILLA, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL “LA PRADERA”.

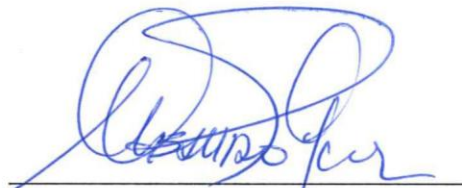
Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Miguel Gómez. MSc.

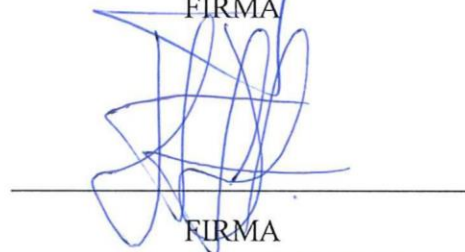
DIRECTOR



FIRMA

Biol. Renato Oquendo. MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Gabriel Chimbo. MSc.

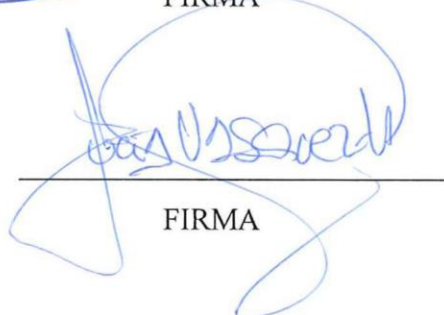
MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Lucía Vásquez. MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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 de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	1003789490	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	BONILLA ANDRADE ERLINDA JANETH	
DIRECCIÓN:		Cotacachi-San José- Calle Albuja Galindo y Esmeraldas	
EMAIL:		Janethboni22@gmail.com	
TELÉFONO FIJO:	255-4296	TELÉFONO MÓVIL:	0993438392

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE GIBERELINAS EN LA PRODUCCIÓN DE FRÉJOL ARBUSTIVO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) VAR. INIAP 430 PORTILLA, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL “LA PRADERA”.
AUTOR (ES):	BONILLA ANDRADE ERLINDA JANETH
FECHA: DD/MM/AAAA	20 de febrero de 2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas. MSc.

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 20 días del mes de febrero de 2020

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Bonilla Andrade Erlinda Janeth

ACEPTACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló sin violar derechos de autores terceros, por lo tanto, es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes de febrero de 2020

A handwritten signature in blue ink, reading "Janeth Bonilla", written over a horizontal line.

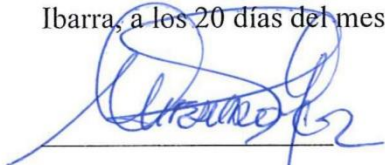
Firma

Bonilla Andrade Erlinda Janeth

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Srta. Bonilla Andrade Erlinda Janeth, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 20 días del mes de febrero de 2020



Ing. Miguel Gómez. MSc.
DIRECTOR DE TESIS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Bonilla Andrade Erlinda Janeth, con cédula de identidad Nro. 1003789490, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE GIBERELINAS EN LA PRODUCCIÓN DE FRÉJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.) VAR. INIAP 430 PORTILLA, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL “LA PRADERA”.**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Agropecuario en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 20 días del mes de febrero de 2020



Firma

Bonilla Andrade Erlinda Janeth

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 20 días del mes de febrero del 2020

BONILLA ANDRADE ERLINDA JANETH: "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE GIBERELINAS EN LA PRODUCCIÓN DE FRÉJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.) VAR. INIAP 430 PORTILLA, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL "LA PRADERA". /Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 20 días del mes de febrero del 2020. 124 páginas.

DIRECTOR: Ing. MIGUEL ALEJANDRO GÓMEZ CABEZAS. MSc

El objetivo principal de la presente investigación fue:

Evaluar la eficiencia de giberelinas en la producción fréjol VAR. INIAP 430 Portilla (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Granja Experimental la Pradera.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Determinar la dosis y la época de aplicación de giberelinas que incremente la producción de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.)
- Evaluar las características fenológicas y morfológicas del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo la aplicación de giberelinas.
- Establecer la relación Beneficio/Costo de la aplicación de las giberelinas en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).


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

Director de Trabajo de Grado


.....
Bonilla Andrade Erlinda Janeth

Autora

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por permitirme lograr uno de mis proyectos de vida. A mis padres y hermanos, quienes me han acompañado a lo largo de la vida estudiantil, dándome los valores morales a seguir como: el respeto, la puntualidad, perseverancia, la voluntad, la humildad y el altruismo y su apoyo continuo para no rendirme y conseguir mis metas a pasar de los obstáculos que la vida nos puede presentar.

A mi hermana menor Abigail, quien es como mi hija, que me ha dado todo su amor cariño, con quien día a día hemos compartido risas y locuras, 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 Biól. Renato Oquendo, MSc, Ing. Lucía Vásquez, MSc, y Ing. Gabriel Chimbo, MSc, quienes aportaron con sus conocimientos técnicos para el desarrollo de este trabajo. También a la Ing. Julia Prado, PhD, quien, de manera continua, me ha inspirado en seguir involucrándome en la investigación científica.

Por ultimo y de manera especial agradezco a Tamia Santillán, por ser más que una amiga, también mi maestra a lo largo de la carrera, a mis preciados amigos, Celiana, Dorival, Angelica, Guillermo, Sairi, Lidia, Guadalupe y Fernanda, quienes me han brindado su amistad, alegría y ayuda académicamente.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a aquellas personas que amo con todo mi corazón, mis padres María Andrade y Alfonso Bonilla, quienes me han apoyado de manera incondicional, 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 Nadia, Danny, Mickaela y Abigail, son mis mejores amigos, mis consejeros, mi motivación, los cuales siempre permanecen a mi lado en momentos buenos y malos sacándome una sonrisa.

Cultivar sin el uso excesivo de químicos nos puede ayudar a reducir las enfermedades, en Honor a mi Tía Carmen Bonilla, quien me enseñó que el cáncer o cualquier otro tipo de adversidad no debe impedir realizar nuestros sueños.

Este trabajo va dedicado para ustedes, por demostrarme que todo se puede lograr con constancia y amor en lo que se hace.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	v
RESUMEN.....	vii
CAPITULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Problema de investigación.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Cultivo de fréjol.....	5
2.1.1. Clasificación taxonómica del fréjol.....	5
2.1.2. Descripción botánica.....	5
2.1.3. Fases de desarrollo del fréjol.....	6
2.1.4. Descripción de las etapas fenológicas.....	5
2.1.4.1 Etapa de germinación (V0).....	8
2.1.4.2 Etapa de emergencia (V1).....	8
2.1.4.3 Etapa de la aparición de las hojas primarias (V2).....	8
2.1.4.4 Etapa de la aparición de la primera hoja trifoliada (V3).....	9
2.1.4.5 Etapa de la tercera hoja trifoliada (V4).....	9
2.1.4.6 Etapa de prefloración (R5).....	9
2.1.4.7 Etapa de floración (R6).....	9
2.1.4.8 Etapa de formación de las vainas (R7).....	9
2.1.4.9 Etapa de llenado de vainas (R8).....	9

2.1.4.9 Etapa de maduración (R9).....	9
2.1.5. Origen de la variedad en investigación.....	9
2.1.5.1 Características importantes de la variedad INIAP 430 Portilla.....	10
2.1.6. Aspectos agronómicos del cultivo.....	10
2.1.6.1 Altitud y temperatura.....	10
2.1.6.2 Requerimientos hídricos.....	11
2.1.6.3 Suelo.....	11
2.1.6.4 Preparación del suelo.....	11
2.1.6.5 Distancia de siembra.....	11
2.1.7. Enfermedades presentes en el fréjol.....	11
2.1.8. Plagas presentes en el fréjol.....	12
2.2 Respuestas de las giberelinas a las hormonas.....	13
2.3 Fitorreguladores.....	13
2.3.1. Giberelinas (AGs).....	13
2.3.1.1 Síntesis de las giberelinas.....	14
2.3.1.2 Efectos fisiológicas de las giberelinas.....	14
2.3.1.3 Mecanismos fisiológicas de crecimiento inducido por giberelinas.....	14
2.3.1.4 Aplicaciones comerciales de giberelinas.....	15
2.3.1.5 Relación de las giberelinas con otras hormonas.....	16
2.4 Fisiología del cultivo.....	17
2.4.1. Carga de floema.....	17
2.5 Marco legal.....	17
CAPÍTULO III.....	19
3. MARCO METODOLÓGICO.....	19
3.1 Descripción del área de estudio.....	19
3.1.1. Ubicación geográfica.....	19
3.1.2. Características climáticas.....	19
3.2 Materiales y métodos.....	19
3.2.1. Materiales: equipos, insumos y herramientas.....	19
3.2.2 Métodos.....	20
3.2.2.1 Tratamientos.....	20

3.2.2.2	Diseño experimental.....	21
3.2.2.3	Características del experimento.....	22
3.2.2.4	Análisis estadístico.....	22
3.2.2.5	Variables a evaluarse.....	23
	• Características fenológicas y morfológicas.....	23
a)	Días a la floración.....	23
b)	Días a la madurez fisiológica.....	23
c)	Días a la cosecha en seco.....	24
d)	Altura de la planta.....	24
e)	Diámetro del tallo.....	24
f)	Número de flores.....	25
g)	Área foliar.....	25
h)	Clorofila.....	25
	• Características de producción.....	26
i)	Largo de la vaina.....	26
j)	Ancho de la vaina.....	27
k)	Largo de la semilla.....	27
l)	Ancho de las semillas.....	27
m)	Número de vainas por planta.....	27
n)	Número de granos por vaina.....	27
o)	Peso de 100 semillas.....	28
p)	Rendimiento en vaina.....	28
r)	Rendimiento en semilla.....	28
s)	Incidencia de lorito verde.	29
	• Análisis beneficio costo.....	29
3.2.2.6	Manejo del experimento.....	29
	• Preparación de la solución madre de giberelinas.....	29
	• Establecimiento del experimento.....	30
	• Delimitación del terreno.....	30
	• Muestreo y análisis de suelo.....	30
	• Labores culturales.....	30

CAPÍTULO IV.....	34
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1 Características fenológicas y morfológicas.....	34
4.1.1. Días a la floración.....	34
4.1.2. Días a la madurez fisiológica.....	36
4.1.3. Días a la cosecha en seco.....	38
4.1.4. Altura de la planta.....	39
4.1.5. Diámetro del tallo.....	41
4.1.6. Número de flores.....	43
4.1.7. Área foliar.....	45
4.1.8. Clorofila.....	48
4.1 Características de producción.....	53
4.2.1. Largo de la vaina.....	53
4.2.2. Ancho de la vaina.....	55
4.2.3. Largo de la semilla.....	56
4.2.4. Ancho de la semilla.....	57
4.2.5. Número de vainas por planta.....	58
4.2.6. Número de granos por vaina.....	60
4.2.7. Peso de 100 semillas.....	61
4.2.8. Rendimiento en vainas.....	63
4.2.9. Rendimiento en semilla.....	64
4.2.10. Incidencia de lorito verde.....	66
4.1 Beneficio costo.....	67
CAPÍTULO V.....	71
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
5.1 Conclusiones.....	71
5.2 Recomendaciones.....	73
ANEXO.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escala de desarrollo de una planta de fréjol.....	7
Figura 2. Duración de las etapas de desarrollo de fréjol (V0 a R9) de cuatro variedades con cuatro hábitos de crecimiento.....	7
Figura 3. Ubicación del área de estudio.....	19
Figura 4. Madurez fisiológica.....	24
Figura 5. Diámetro del tallo.....	24
Figura 6. Determinación del área foliar. a) Área foliar. b) Medidor de área foliar.....	25
Figura 7. Medición de clorofila.....	25
Figura 8. Ancho de la vaina.....	26
Figura 9. Ancho de la semilla.....	26
Figura 10. Largo de la semilla.....	27
Figura 11. Vainas de fréjol.....	27
Figura 12. Semillas de fréjol.....	28
Figura 13. Peso de 100 semillas.....	28
Figura 14. Rendimiento semilla.....	29
Figura 15. a) Peso de giberelina. b) Adición de las giberelinas. c) Aforación de 100 ml de agua con giberelina. d) Solución madre de giberelina.....	30
Figura 16. Fertilización del área experimental.....	31
Figura 17. Riego de las parcelas.....	31
Figura 18. Aplicación de giberelinas.....	32
Figura 19. Control fitosanitario.....	32
Figura 20. Cosecha en seco.....	32
Figura 21. Días a la floración del cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), con la aplicación de giberelinas en distintas etapas fenológicas, (Fisher,0.05) (n= 90).....	35
Figura 22. Días a la madurez fisiológica en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), con la aplicación de diferentes dosis de giberelinas, en distintas etapas fenológicas, (Fisher,0.05) (n= 90).....	37
Figura 23. Días a la cosecha en seco en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), bajo la aplicación de distintas dosis de giberelinas y etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 30).....	39

Figura 24. Altura de la planta (cm) en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo la aplicación de distintas dosis de giberelinas y etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 300).....	40
Figura 25. Diámetro del tallo del fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo la aplicación de distintas dosis de giberelinas en diferentes etapas fenológicas (Fisher,0.05) (n= 180).....	42
Figura 26. Número de flores por planta en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas, en diferentes etapas fenológica (Fisher,0.05) (n= 600).....	45
Figura 27. Área foliar en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en distintas etapas fenológicas del cultivo. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 360).....	46
Figura 28. Área foliar con la aplicación de distintas dosis de giberelinas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 360).....	47
Figura 27. Contenido de clorofila [$\mu\text{mol m}^{-2}$] en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas y diferentes etapas fenológicas (Fisher,0.05) (n= 3600).....	51
Figura 30. Largo de la vaina (cm) en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 1500).....	54
Figura 31. Ancho de la vaina (cm) en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), con la aplicación de distintas dosis, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 1500).....	55
Figura 32. Largo de la semilla (cm) en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 82).....	56
Figura 33. Ancho de la semilla (cm) n el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), con la aplicación de diferentes dosis de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 82).....	58
Figura 34. Número de vainas por planta en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas en distintas etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 300).....	59
Figura 35. Número de semillas por vaina en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L), con la aplicación de distintas dosis giberelinas, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 88).....	59
Figura 36. Peso de 100 semillas (g) en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 63).....	62

Figura 37. Peso de vainas a la cosecha en seco (g), en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 30).....64

Figura 38. Rendimiento en semilla (g) en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 30).....66

Figura 39. Porcentaje de incidencia de lorito verde en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 300).....67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructura de la planta de fréjol.....	6
Tabla 2. Características de la variedad de fréjol INIAP 430 Portilla.....	10
Tabla 3. Equipos, insumos y herramientas.....	20
Tabla 4. Tratamientos en estudio, dosis y descripción.....	21
Tabla 5. Esquema del análisis de varianza (ADEVA) de un diseño de bloques completos al azar.....	22
Tabla 6. Esquema del análisis de varianza (ADEVA) de un diseño de bloques completos al azar de los factores días y tratamientos.....	22
Tabla 7. Esquema del análisis de varianza (ADEVA) de un diseño de bloques completos al azar de los factores etapa de evaluación y tratamientos.....	23
Tabla 8. ADEVA de días a la floración en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), con la aplicación de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas.....	34
Tabla 9 . ADEVA de días a la madurez fisiológica en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L), con la aplicación de giberelinas en diferentes etapas fenológicas.....	37
Tabla 10. ADEVA del diámetro del tallo en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L), bajo la aplicación de giberelinas en distintas etapas fenológicas.....	41
Tabla 11. ADEVA del número de flores en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L), con la aplicación de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas.....	44
Tabla 12. ADEVA del área foliar en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), con la aplicación de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas.....	46
Tabla 13. ADEVA de la concentración de clorofila en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L), con la aplicación de giberelinas en diferentes etapas fenológicas.....	48
Tabla 14. Costos fijos de la producción de una hectárea de fréjol.....	68
Tabla 15. Costos que varían en la producción de una hectárea de fréjol.....	69
Tabla 16. Análisis económico del cultivo de fréjol.....	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Diseño de la unidad experimental de la Evaluación de la eficiencia de giberelinas en la producción de fréjol arbustivo (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) VAR. INIAP 430 Portilla, en la Granja Experimental “La Pradera.....	84
Anexo 2. Resultado del análisis de suelo.....	85
Anexo 3. Fertilización química y orgánica en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> . L.).....	86
Anexo 4. Medias y errores estándares de la interacción Días*Tratamiento en la variable días a la floración.....	86
Anexo 5. Medias y errores estándares de la interacción Días*Tratamiento para la variable días a la madurez fisiológica.....	88
Anexo 6. Medias y errores estándares para tratamiento, para la variable día a la cosecha en seco.....	88
Anexo 7. Medias y errores estándares para tratamiento, de la variable altura de la planta.....	90
Anexo 8. Medias y errores estándares para tratamiento y etapa de evaluación del diámetro del tallo.....	90
Anexo 9. Medias y errores estándares para Días*Tratamiento, para la variable número de flores.....	92
Anexo 10. Medias y errores estándares para etapa de evaluación de la variable área foliar.....	93
Anexo 11. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable área foliar.....	93
Anexo 12. Medias y errores estándares de la interacción Etapa de evaluación*Tratamiento, para la variable contenido de clorofila.....	94
Anexo 13. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable largo de la vaina.....	96
Anexo 14. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable ancho de la vaina.....	97
Anexo 15. Medias y errores estándares para tratamiento, de la variable largo de la semilla.....	97
Anexo 16. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable ancho de la semilla.....	98
Anexo 17. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable número de vainas por planta.....	99

Anexo 18. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable número de granos por vaina.....	99
Anexo 19. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable rendimiento en vaina.....	100
Anexo 20. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable rendimiento en semilla.....	101
Anexo 21. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable peso de 100 semillas.....	101
Anexo 22. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable incidencia de lorito verde.....	102

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE GIBERELINAS EN LA PRODUCCIÓN DE FRÉJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.) VAR. INIAP 430 PORTILLA, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL “LA PRADERA”.

Autor: Bonilla Janeth
Universidad Técnica del Norte
Correo: ejbonilla@utn.edu.ec

RESUMEN

La giberelina es una fitohormona que tiene efectos fisiológicos como, la elongación celular y del tallo, inducción y producción de flores y fruto, por lo cual es una alternativa para mejorar los sistemas de producción de fréjol. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de giberelinas en la producción de fréjol. Se realizó un diseño de bloques completos al azar con 10 tratamientos resultantes de la interacción entre dosis de giberelinas (50, 100 y 500 ppm) y etapas fenológicas (V3, R5, R8), más un testigo. Las aplicaciones en etapas iniciales permitieron acortar los días a la floración, sin embargo, estas alargaron las etapas de madurez fisiológica y cosecha en seco. En cuanto a morfología, estos mismos tratamientos permitieron obtener plantas de mayor altura, pero de menor diámetro, área foliar y contenido de clorofila. Adicionalmente, estos tratamientos redujeron la producción. Las aplicaciones de 100 y 500 ppm realizadas en la etapa de llenado de vaina, no tuvieron influencia en las siguientes variables: largo y ancho de la vaina, granos por vaina y peso de 100 semillas. No obstante, con mencionadas aplicaciones se obtuvo un mayor número de vainas por planta, lo que se tradujo en un mayor rendimiento, tanto en vaina como, en grano en seco, con énfasis en el tratamiento T9. Éste último tratamiento permitió obtener una mayor relación beneficio costo, con una diferencia de 0.39 USD., en relación con el testigo.

Palabras clave: fitohormonas, morfología, fenología, rendimiento, relación beneficio-costo.

EVALUATION OF EFFICIENCY OF GIBBERELINES IN PRODUCTION OF ARBUSTIVE BEANS (*Phaseolus vulgaris L.*) VAR. INIAP 430 PORTILLA, IN THE EXPERIMENTAL FARM "LA PRADERA".

Author: Bonilla Janeth

Universidad Técnica del Norte

Email: ejbonilla@utn.edu.ec

ABSTRACT

Gibberellin is a phytohormone that possess physiological effects such as cell and stem elongation, flowering and fruiting induction, this is why it is an alternative to improve bean production systems. The purpose of this research was to evaluate the efficiency of gibberellins in bean production. A complete randomized block design was used. Ten treatments, resulting from the interaction of gibberellin doses (50, 100 and 500 ppm) and phenological stages (V3, R5, R8) and one control, were evaluated. Applications in early stages allowed to shorten the days to flowering. However, the same treatments lengthen the stages of physiological maturity and dry harvest. Regarding to morphology, the applications in early stages allowed to obtain plants of greater height, accompanied with smaller diameters, leaf area and chlorophyll content. Additionally, the same treatments reduced the production. Doses of 100 and 500 ppm in the pod filling stage had no influence on the following variables: pod length and width, grains per pod and weight of 100 seeds. Nevertheless, with the above-mentioned treatments, a greater number of pods per plant was obtained. Highlighting treatment T9, it resulted in a higher yield (dry weight of pods and grain per experimental unit). Finally, treatment T9 allowed to obtain a greater benefit cost relationship, with a difference of 0.39 USD., in relation the control.

Keywords: phytohormones, morphology, phenology, yield, benefit- cost.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa de grano de consumo directo humano de más importancia; para la población ecuatoriana es la fuente principal de proteína y carbohidratos; en la región Sierra esta leguminosa forma parte de los sistemas de producción y es un medio de ingreso tanto para pequeños como medianos productores (Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones [CORPEI], 2009).

A nivel nacional en el año 2017, la superficie de producción del fréjol seco se incrementó un 13% con respecto al año 2016, sin embargo, aún se sigue importando 157.20 t, 78% de fréjol común y un 14% de fréjol negro, principalmente de Perú, Argentina, Bélgica, España, Estados Unidos y Holanda; de manera contraria, el rendimiento de fréjol tierno disminuyó un 19% en comparación con el año 2016 (Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA], 2017).

Torres et al., (2013) mencionan que los bajos rendimientos de fréjol se deben a enfermedades y plagas foliares, así como a estrés abiótico y biótico; otros factores que afectan la producción de fréjol, y por ende la economía de los productores, son los siguientes: 55% por un clima desfavorable, un 18% por el alto costo de la mano de obra y un 9% por la falta de mano de obra (Banco Central del Ecuador, [BCE], 2016).

Por lo que la agricultura moderna busca alternativas con el fin de mejorar la producción de fréjol, una de ellas es el uso de fitoregladores o reguladores de crecimiento que son sustancias sintéticas u hormonales naturales que en pequeñas concentraciones alteran los procesos fisiológicos de las plantas, en sus diversos estadios, incrementando el crecimiento de la planta y el rendimiento (Mora, 2005).

La giberelina es un fitoreglador que juega un papel importante en el desarrollo de la planta durante cada etapa fenológica, que incluyen la modulación de la germinación de las semillas, el crecimiento del tallo, la expansión foliar, la elongación de la raíz, estimulación de la floración, mejora el rendimiento, calidad del fruto y regula algunos procesos metabólicos (Aguilar, Melgajero, y Romero, 2010; Pal, Kumar y Singh, 2016; Honda et al., 2016).

En fréjol “Carioca” sembrado en vasos de cerámica, 13 días después de la siembra aplicaron dosis de 0, 50, 500 y 1000 ppm de ácido giberélico; como resultados, las dosis de 50 y 500 ppm permitieron incrementar en un 20% el peso en seco total de las plantas en relación con las otras dosis; además, influenciaron en el alargamiento de los tallos y el número de flores, sin embargo, no hubo efecto en el rendimiento (Castro y Bergebían, 1973).

En otro estudio realizado por Castro et al. (1990), en plantas de fréjol 'Carioca', aplicaron giberelinas a una concentración de 50 ppm al mes de la siembra. Los resultados mostraron una tendencia a presentar mayores alturas a los 7 y 21 días después de la pulverización de giberelinas; a su vez, observaron también que la aplicación de giberelinas aumentó el número de formación de hojas y no hubo un efecto en la productividad en el número de vainas.

Así mismo, en fréjol francés se realizaron aplicaciones de giberelinas a la siembra en concentraciones de 100 y 200 ppm; la aplicación de 200 ppm ácido giberélico (AG₃), influyó en: altura de planta con 34.53 cm en comparación con la dosis de 100 ppm que fue de 31.86 cm; con la variable extensión de la planta se obtuvo 31.46 cm y con la aplicación de 100 ppm fue de 29.00 cm; un número de hojas por planta de 15 y con dosis de 100 ppm fue 14.40; el número de ramas fue 7.66 y con la aplicación de 100 ppm fue de 7.40 (Rathod, Gore, y Bothikar , 2015).

En la investigación antes mencionada, la dosis de 100 ppm presentó respuestas positivas a variables como: producción vaina verde de 19.50 cm y con la dosis de 200 ppm fue de 19.08 cm; produjo un número de vainas verdes de 44.57 y la aplicación de 200 ppm fue de 37.78; el rendimiento por planta fue de 0.140 kg en comparación con la aplicación de 200 ppm solo fue 0.090 kg ; el rendimiento por hectárea con la aplicación de 100 ppm fue de 119.70 kg, en comparación con la aplicación de 200 ppm que fue de 77.18 kg (Rathod, et al., 2015).

En el estudio realizado por Alvin (1960), se colocaron en semilleros plantas de dos semanas de fréjol rojo y se obtuvo que al aplicar en aerosol 50 ppm de ácido giberélico, la tasa de asimilación neta del follaje aumentó un 17%, es decir, un 0.041g / dm²/ días en comparación con el testigo que obtuvo 0.035 g / dm²/ días; la tasa de crecimiento relativo también tuvo un aumento en un 17.4 %, es decir, 0.108g / día en comparación al que no tuvo tratamiento que fue de 0.092 g / día ; la altura de la planta aumentó un 141.3 % con un tamaño de 75.3 cm en comparación del testigo que obtuvo y 31.2 cm y el área foliar fue de 3.88 dm² en comparación con el testigo que fue de 3.37 dm², además el peso en seco de las hojas aumentó un 17.3% en comparación con el testigo.

Singh, John, Rout y Patra (2015), al aplicar 200 ppm de GA₃ en guisante observaron que influye en las siguientes variables: la altura de la planta con 41 cm, en comparación con el testigo que fue de 20.4 cm ;número de hojas con 36.6/planta y el testigo de 6.1/planta, número de ramas de 36.6/ planta y sin tratamiento de 26.5; número de flores/planta a los 50 días con 8.2 mientras que el testigo presentó 6.6 flores/planta; número de vainas con 14.7/planta y sin tratamiento un número de 11.6/planta; número de semillas con 8.5/vaina y sin tratamiento de 7.5/vaina; longitud de la vaina con 8.8 cm y el testigo de 7.9 cm y peso de 100 semilla con 24.8 g , en comparación con el testigo que fue de 19.9 g.

En coliflor se aplicó concentraciones de 0, 5, 25 y 125 mg l⁻¹ de ácido giberélico (AG₃) en dos etapas de siembra la una fue a los 30 días y la segunda etapa a los 60 días; los resultados obtenidos indicaron que la dosis de 25 mg l⁻¹ de AG₃ indujo la floración y ayudó a tener una

mayor altura de la planta, mientras que la dosis de 5 mg l⁻¹ de AG3 contribuyo a aumentar la biomasa (González, Caycedo, Flórez, Velásquez, y Garzón, 2017).

1.2 Problema de investigación

El fréjol es un cultivo es de alta demanda tanto para consumo interno como externo, debido a que aporta nutrientes como las proteínas (CORPEI, 2009). Por tales razones se realizó la investigación usando el ácido giberélico, como una alternativa para mejorar los sistemas de producción e incrementar así el rendimiento en cantidad y calidad del fréjol en el país. Por otro lado, cabe recalcar que no existe información actualizada relacionado al uso adecuado de las giberelinas en un cultivo de fréjol.

Gran parte los agricultores ecuatorianos desconocen de las nuevas tecnologías usadas para intensificar la producción del cultivo de fréjol, lo cual ha causado que aún se utilicen sistemas tradicionales para el manejo de este cultivo. Sumado a lo mencionado anteriormente existen también varios factores bióticos y abióticos que afectan a este cultivo bajando su rendimiento, por tales motivos, el país aún sigue importando 157.20 t de fréjol seco y además se redujo un 16% el rendimiento de fréjol tierno (SIPA, 2017).

1.3. Justificación

El cultivo de fréjol es muy importante en diversas regiones del país, se lo cultiva esencialmente en climas fríos (Vargas, 2013), principalmente en la región Sierra, en las provincias de Carchi, Imbabura, Chimborazo y Bolívar; este cultivo es la fuente principal de ingresos para grandes y pequeños productores de las provincias mencionadas (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2010).

Se debe agregar que el fréjol es una leguminosa importante para la conservación de suelos, debido a que tienen raíces profundas, con nódulos que intervienen en la fijación de nitrógeno al suelo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación [FAO], 2015). Tiene mucha capacidad para producir follaje, mismo que sirve como cobertura vegetal y abono verde, por esta razón el fréjol es trascendental para recuperar suelos erosionados, pobres de nutrientes o compactados (Guerrero, 2010).

Uno de los desafíos de la agricultura moderna es producir más con menos, por lo cual se ha desarrollado productos denominados fitorreguladores o reguladores del crecimiento vegetal, que son moléculas sintéticas de las hormonas vegetales propias de las plantas, que ayudan al desarrollo vegetal (Garza, Gámez, Zavala, Cuevas, y Rojas, 2001), estos inhiben o estimulan el crecimiento vegetal y aceleran o retardan los procesos fisiológicos de la planta.

Las giberelinas un regulador de crecimiento vegetal que en las plantas produce efectos como: elongación celular, crecimiento del vástago, vuelve a los tallos delgados y largos, incrementan la división celular e inducen a la floración (Lluna, 2009). También otros efectos fisiológicos como: eliminación de la dormancia en yemas y semillas de algunas especies.

Es necesario recalcar que en leguminosas el ácido giberélico ha tenido influencia en variables como: la altura de planta, número de hojas por ramas, la floración, el número de vainas, número de semillas, longitud de la vaina, el peso en 100 semillas (Singh, et al., 2015). Así mismo, en frutales se ha visto que aumenta la calidad del fruto y rendimiento (Laiton, Almanza, y Balaguerra, 2012). Se debe agregar también que puede modificar las etapas fenológicas de los cultivos (Vázquez y Pérez, 2006).

Con lo mencionado anteriormente, el presente trabajo de investigación tiene la finalidad de determinar la dosis y época de aplicación de ácido giberélico permita: incrementar el rendimiento, acortar la duración de las etapas fenológicas del cultivo y obtener plantas vigorosas, vainas y semillas de mejor calidad, para de esta manera tecnificar los sistemas de producción del país y generar literatura sobre el uso de ácido giberélico en una variedad de fréjol local.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la eficiencia de giberelinas en la producción fréjol VAR. INIAP 430 Portilla (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Granja Experimental la Pradera.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar las características fenológicas y morfológicas del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo la aplicación de giberelinas.
- Determinar la dosis y la época de aplicación de giberelinas que incremente la producción de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.)
- Establecer la relación Beneficio/Costo de la aplicación de las giberelinas en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).

1.5 Hipótesis

Ho= Ninguna de las dosis y etapa de aplicación de giberelinas influyen en la fenología, morfología y producción del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Ha= Al menos una de las dosis y una etapa de aplicación de giberelinas influye de alguna manera la fenología, morfología y producción del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Cultivo de fréjol

El fréjol es una leguminosa con semillas comestibles, tiene un alto contenido de carbohidratos, minerales y fibras importantes para la alimentación diaria de las personas (Ulloa, Rosas, Ramírez, y Ulloa, 2011). Es una planta que tiene la capacidad de fijar nitrógeno al suelo, además se lo usa como abono verde; en Ecuador forma parte de los sistemas de producción, especialmente en la región Sierra, se las cultiva en asociación con maíz, en monocultivos, intercaladas o para la rotación de cultivos (Peralta, Murillo, Mazón, Pizón, y Rivera, 2010).

2.1.1. Clasificación taxonómica del fréjol

De acuerdo con Valladares (2010), indica la siguiente clasificación taxonómica para el cultivo de fréjol:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnolipsida
Sub Clase: Rosidae
Orden: Fabales
Familia: Fabaceae
Género: *Phaseolus Iniap 430* Portilla
Especie: *P.vulgaris*
Nombre científico: *Phaseolus vulgaris* L.

2.1.2. Descripción botánica

En la Tabla 1 se describe la estructura del fréjol.

2.1.3. Fases de desarrollo del fréjol

Según Fernández, Gepts, y López (1986), mencionan que en el desarrollo del fréjol acontecen dos fases sucesivas:

- Fase vegetativa: inicia cuando la semilla tiene sus condiciones adecuadas para germinar, aparecen las primeras hojas verdaderas, en esta fase se forma la mayor parte de la estructura vegetativa, para así dar paso a la siguiente fase.

- Fase reproductiva: inicia con la aparición de los botones florales, finaliza cuando el grano llega a su punto de madurez máximo para ser cosechado; en variedades indeterminadas (tipos II, III y IV) continúan con su fase reproductiva, aunque con menor intensidad; entre la fase reproductiva y la fase vegetativa se han reconocido diez etapas de desarrollo o etapas fenológicas (Figura 1).

Tabla 1
Estructura de la planta de fréjol

Estructura	Descripción
Raíz	La raíz primaria es pivotante, las secundarias son muy ramificadas, presentan raíces terciarias que se desarrollan a partir de las secundarias, con pelos absorbentes (León, 2000).
Tallo	Es delgado y de consistencia herbácea, formado por nudo y entre nudos, de forma cilíndrica, erecto, de color verde y con un diámetro mayor al de las ramas (Debouck y Hidalgo, 1985).
Hojas	Son simples y compuestas trifoliadas, de forma ovalada con un ápice agudo, insertadas en las ramas y nudos del tallo (Cevallos,2008).
Flor	Es papilionácea, su peciolo tiene una bráctea, el cáliz tiene cinco dientes triangulados, con una corola pentámera con dos pétalos soldados en su base, el pétalo más sobresaliente puede ser de color blanco, verde, púrpura o rosado, con androceo (Arias, Rengifo, y Jaramillo, 2007).
Vaina	Es una legumbre formada por una vaina con dos valvas, pueden ser de varios colores con rayas o uniformes (Cevallos,2008).
Semilla	No tiene albumen, las reservas nutritivas se conservan en los cotiledones, presentan varias formas: redondas, ovaladas, cilíndricas, arriñonadas, tiene una palia gana de colores como: blanco, rojo, amarillo, café, morado o monteadas (Arias, Rengifo, y Jaramillo, 2007).

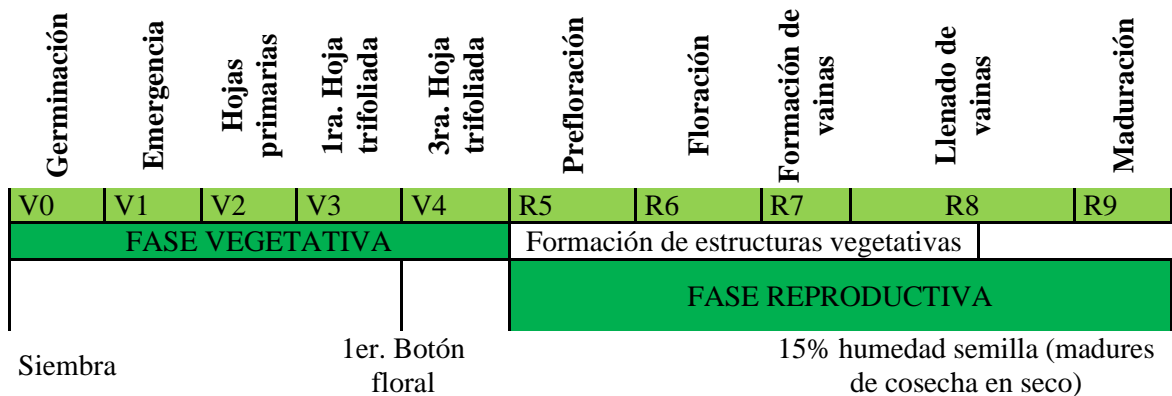


Figura 1. Escala de desarrollo de una planta de fréjol.

Fuente: Fernández, Gepts, y López (1986). Etapas fenológicas. pp 4

Fernández, et al. (1986), indican que diferentes factores pueden afectar la duración de cada una de las etapas del fréjol entre las que se puede mencionar:

- a) El tipo de hábito de crecimiento (I, II, III y IV).
- b) El clima (Fotoperiodo, temperatura entre otros).
- c) El suelo (fertilidad, textura, estructura entre otros).
- d) El genotipo.

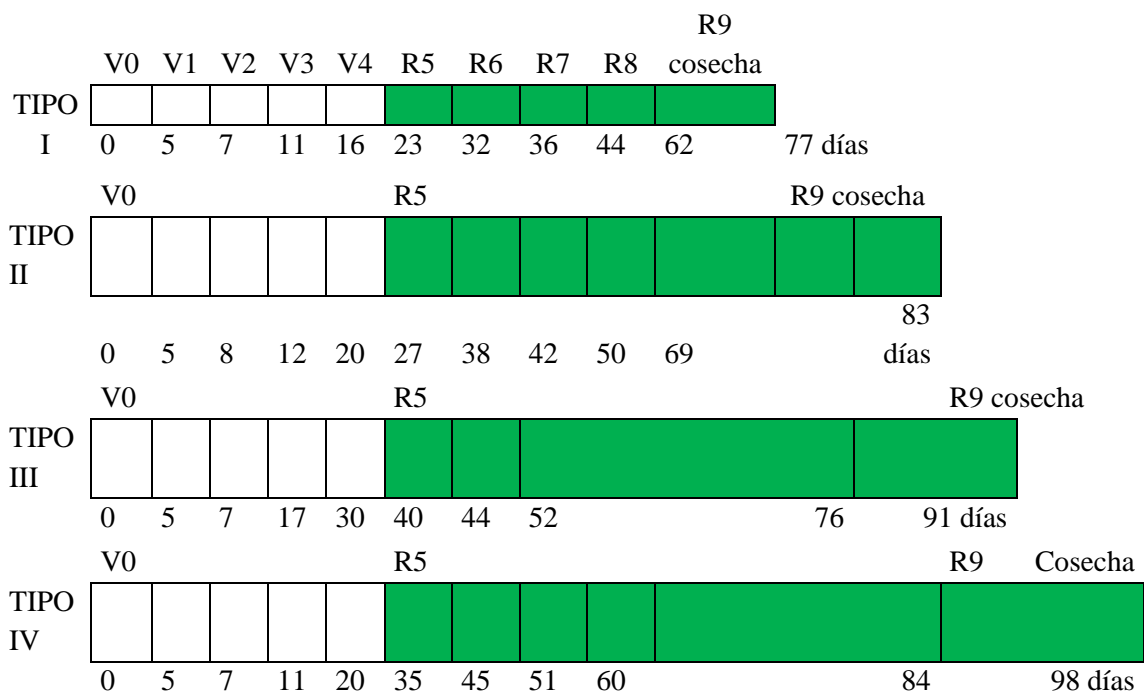


Figura 2. Duración de las etapas de desarrollo de fréjol (V0 a R9) de cuatro variedades con cuatro hábitos de crecimiento.

Fuente: Fernández, Gepts, y López (1986). Etapas fenológicas según su hábito de crecimiento. pp 6

2.1.4. Descripción de las etapas fenológicas

2.1.2.4 Germinación (V0)

Empieza con la absorción de agua por parte de la semilla, la cual se hincha y facilita la aparición de la radícula, la cual una vez alargada se convierte en la raíz primaria; de ella se desarrollan de tres a siete raíces secundarias; es importante mencionar que si la semilla es de mala calidad no germinará y se pudrirá en el suelo (Instituto Nicaraguense de tecnología Agropecuaria [INTA], 2009).

2.1.4.2 Emergencia (VI)

Inicia cuando el 50% de las plantas tiene sus cotiledones emergidos sobre el suelo; permitiendo la aparición del hipocótilo, el cual se desarrolla de uno a dos días después de la aparición de la radícula, se visualiza las hojas primarias desplegadas del embrión (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá [IDIAP],1997).

2.1.4.3 Aparición de las hojas primarias (V2)

Del 50% del cultivo se despliegan las hojas primarias, son unifoliadas, colocadas en el segundo nudo del tallo y están posición horizontal, dejando visible el segundo nudo del tallo (INTA, 2009).

2.1.4.4 Aparición de la primera hoja trifoliada (V3)

Inicia cuando la primera hoja trifoliada se despliega en el 50% de las plantas; los folíolos al inicio aun unidos comiezan a aumentar de tamaño, seguidamente se separan, finalmente se despliegan y se extienden en un solo plano, se ubican bajo las hojas primarias al iniciar esta etapa (Pérez, 2016).

2.1.4.5 Aparición de la tercera hoja trifoliada (V4)

Inicia cuando el 50% de las plantas cultivadas tiene desplegada su tercera hoja trifoliada; se producen brotes naturales del fréjol que posteriormente se convierten en ramas principales, aquí se fijará la producción de vainas; es una etapa donde se debe controlar las malezas, para evitar la competencia entre plantas (IDIAP,1997).

2.1.4.6 Prefloración (R5)

Esta etapa inicia cuando el 50% de las plantas tienen su primer botón floral o racimo floral de acuerdo al hábito de crecimiento; los factores que son determinantes para la aparición de los botones florales son; el genotipo, la temperatura, el fotoperiodo, entre otros (Fernández, et al., 1986).

2.1.4.7 Floración (R6)

Comienza cuando el 50% de las plantas tienen una primera flor abierta, la cual corresponde al primer botón floral que apareció; en variedades de tipo I la floración comienza en el último nudo del tallo principal, que es el nudo apical y sigue de manera descendente, sin embargo para las variedades de tipos I, II y III que son indeterminadas comienza la apertura de las flores desde la parte baja y sigue en forma ascendente; en el racimo la floración continúa de la misma manera que el tallo principal (INTA, 2009).

2.1.4.8 Formación de las vainas (R7)

Inicio cuando la corola de la flor se halla marchita y se observa la primera vaina; el 50% de las plantas deben presentar esta característica; entre los 10 o 15 días luego de la floración, la vaina crece de manera longitudinal y existe inicio de crecimiento de la semilla, termina cuando las valvas han alcanzado su grado máximo de longitud, dando paso al llenado de las vainas (Pérez, 2016).

2.1.4.9 Llenado de vainas (R8)

Inicio cuando el 50% de las plantas empiezan a llenar su primera vaina, provocando un crecimiento dinámico de las semillas; cuando finaliza esta etapa los granos abandonan su tonalidad verde y comienzan a obtener las características propias de la variedad (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2008).

2.1.4.9 Maduración (R9)

Es la última etapa, se produce la maduración y el posterior secado de las vainas, el 50% de las plantas deben tener una vaina que se esté decolorando y secando, la semilla debe tener un contenido bajo de agua entre 15 a 20%, de este modo alcanzando su coloración típica (Pérez, 2016).

2.1.5. Origen de la variedad en investigación

La variedad INIAP 430 Portilla proviene de la cruce de la variedad INIAP 414 Yunguilla y la variedad INIAP 420 Concepción, fue obtenida en el Departamento Nacional de Recurso Fitogenéticos del INIAP y fue liberada para su comercialización en el 2009. Presenta un grano de color rojo moteado, tiene una resistencia intermedia a roya y antracnosis, se adapta a valles del Chota, Mira e Intag y puede soportar sequías y suelos pobres (INIAP, 2009).

2.1.5.1 Características importantes de la variedad INIAP 430 Portilla

Murillo, Peralta, Mazón, Falconi y Pinzón (2009) mencionan las características de interés agronómico de la variedad INIAP 430 Portilla (Tabla 2).

Tabla 2

Características de la variedad de fréjol INIAP 430 Portilla

Características agronómicas	Descripción
Hábito de crecimiento	Determinado (Tipo I)
Altura de la planta (cm)	41 a 44
Color de la flor	Blanca
Largo de la vaina (cm)	12 a 13
Color del grano tierno	Rosado
Color del grano seco	Rojo moteado
Forma	Arriñonado
Tamaño del grano	Grande
Días a la floración	37 a 50
Días a la madurez fisiológica	78 a 89
Días a la cosecha en seco	82 a 108
Vainas por planta (promedio)	13
Granos por vaina (promedio)	4
Peso de 100 granos secos (g)	59
Peso hectolitrito (kg/hl)	79
Rendimiento grano seco (t/ha)	1.5 a 2

2.1.6. Aspectos agronómicos del cultivo

2.1.6.1 Altitud y temperatura

En el cultivo del fréjol la altitud que requiere es de 1 200 a 25 000 m.s.n.m en los valles, mientras que en las estribaciones se desarrolla en la altitud de 100 a 2200 m.s.n.m La temperatura óptima para su desarrollo va desde 18 a 20 °C (INIAP, 2010).

2.1.6.2 Requerimientos hídricos

El cultivo requiere de 3.4 mm de agua, a partir de la siembra hasta la etapa fenológica de prefloración, a partir de la floración necesita una lámina de 6 mm de agua y desde la etapa de formación de la vaina hasta el llenado de la vaina necesita una lámina de 5 mm de agua; este cultivo generalmente durante todo su ciclo de vida requiere entre 200 a 400 mm de agua (INTA, 2009).

2.1.6.3 Suelo

El cultivo requiere suelos con buen drenaje, preferiblemente francos arenosos, con un pH de 5.5 y 7.5, es recomendable que los suelos no arcillosos, pues producen un crecimiento lento en la planta y al retener mayor humedad pueden causar la pudrición de la semilla (Lardizabal, Arias y Segura , 2013).

2.1.6.4 Preparación del suelo

Las labores de arado y surcado se puede realizar con tracción manual (animales) o mecánica (tractor), en suelos que son sueltos, es suficiente realizar una o dos pasadas de rastra; el surcado se debe hacer con animales cuando hay áreas bajo riego, para así lograr un buen trazado de los surcos, siempre tomando en cuenta la pendiente; el arado se lo realiza en suelos muy pesados para lo cual se ara, cruza y rastra con el tractor y se surca con animales o tractor; la labranza mínima, se hace hoyos, con una pala o surcos superficiales (Peralta, et al., 2010).

2.1.6.5 Distancia de siembra

La distancia requerida para este cultivo entre surcos va desde 60 a 70 cm y la distancia entre surcos de 25 a 30 cm, y se deposita 3 a 4 semillas por sitio (INIAP, 2009).

2.1.7. Enfermedades del cultivo

- Antracnosis del fréjol (*Colletotrichum lindemuthianum*)

Los síntomas son una lesión café oscuro a negro en el envés de las hojas, también se puede ver este síntoma en los tallos y peciolos; en los hipocótilos que están en desarrollo se puede observar chancros hundidos; en las vainas las lesiones están hundidas y en su alrededor esta un anillo negro y un ligero relieve alrededor de color rojizo, cuando es severa la enfermedad la vaina se puede marchitar o secar prematuramente (FAO, 2017).

- Amarillamiento de fusarium (*Fusarium oxysporum* sp.)

Produce reducción del tamaño de las plantas y marchitamiento, las hojas inferiores se tornan de color amarillento en forma de focos, produce un adelanto en la maduración de la planta; en las raíces la enfermedad se presenta de color rojizo a café oscuro y en la base del tallo se forma una felpa de color anaranjado claro a rosado que le cubre (IICA, 2008).

- Mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*)

En las hojas podemos observar pequeñas manchas brillantes de color gris, en un estado más avanzado la mancha se torna de color café oscuro; en las vainas se presenta como manchas de forma circular, con un borde definido de color rojizo oscuro; en ataques severos puede

provocar amarillamiento y caída de las hojas afectadas, que produce la reducción el rendimiento (Hernández y Ayora, 2006).

- Roya del fréjol (*Uromyces appendiculatus*)

Esta enfermedad afecta a cualquier parte área de la planta (tallo, vainas, hojas); se puede observar pequeños puntos de color blanco amarillento, que van incrementando hasta romper la epidermis, forman una pústula de un diámetro de 1mm, las esporas son de color rojizo que se liberan al madurar (Escoto,2004).

2.1.8. Plagas del cultivo

La presencia de plagas durante el desarrollo del fréjol, causan daños a la morfología y bajan los rendimientos del cultivo, las principales plagas de interés económico son:

- Minador del fréjol (*Xenochalepus signaticolli*)

Es una plaga de mayor importancia económica a nivel mundial, los adultos y las larvas, son los causantes de daños en las hojas del fréjol, hay dos tipos de daños; el primero es causado por los adultos consumen el tejido de la hoja, excepto las nervaduras; mientras que las larvas se alimentan de la parte interna de las hojas, de su parénquima y savia, los cuales forman una que al principio es de color claro y posteriormente se torna de color café (INIAP, 2010).

- Nematodos formadores de agallas (*Nacobbus aberrans*)

Los nematodos causan la formación de nudos o bolas en las raíces, que tienen diversos tamaños y deforman completamente la raíz, lo que impide la entrada de agua y nutrientes por la raíz y causa la muerte de las plantas que estén afectadas (Intituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agriculas y Pecuarias [INIFAP], 2010).

- Lorito verde (*Empoasca* sp.)

Esta plaga puede afectar el crecimiento de la planta, su daño es causado porque al momento de alimentarse inyecta su saliva en la planta la cual es fitotóxica y el fréjol es muy sensible a ello; se puede observar un encorvamiento en las hojas hacia abajo o hacia arriba, las cuales se encrespan y tornan amarillos los márgenes de las hojas primarias (Lardizabal, et al., 2013).

- Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

Este insecto es muy abundante principalmente en épocas de sequía, se localiza en el envés de las hojas en todos estados (pupa, huevos, ninfas y adultos), y chupan la sabia de las plantas (Tamayo y Londoño, 2001).

2.2 Respuestas de las giberelinas a las hormonas

Las hormonas son compuestos importantes, responsables diversos eventos de crecimiento y desarrollo de las plantas, participan en la regulación de múltiples procesos fisiológicos como: germinación de semillas, el enraizamiento, tropismos, la tolerancia a diferentes tipos de estrés biótico y abiótico, la etapa de floración, la maduración de frutos y la senescencia, entre otros; las hormonas se sintetizan en una parte específica de la planta y se trasladan a otro lugar donde ejercen su acción fisiológica, en muy bajas concentraciones (10^{-9} a 10^{-6} M), en relación otros compuestos como nutrientes, vitaminas y compuestos orgánicos (Melgarejo, 2010).

2.3 Fitorreguladores

Son sustancias naturales o sintéticas que ejercen como análogos estructurales de las hormonas vegetales, pueden ser antagonistas o agonistas según su acción (Acosta, Agulló, Genís, y Fuchs, 2011). Los fitorreguladores aplicados en pequeñas cantidades aceleran o modifican funciones del metabolismo de la planta (Quilumbaquí, 2003). Los fitorreguladores se pueden clasificar en auxinas, citoquininas, etileno abscisinas y giberelinas.

2.3.1. Giberelinas (AGs)

El ácido giberélico fue descubierto en Japón, siendo un parasito de las plantas denominado *Giberrella fujikuroi*, el cuál produjo en arroz un aumento en el tamaño de las plantas. Por el momento existen más de 150 formas químicas de la giberelina. Están presentes en mínimas cantidades en los diferentes órganos de la planta, pero es en las semillas inmaduras donde se concentran la mayor cantidad de giberelinas (Raven, Evert y Eichhorn, 1992).

La giberelina, con la capacidad de regular varios aspectos del desarrollo, forman parte del grupo de los ácidos carboxílicos diterpenoides ubicuos, principalmente en las plantas superiores; promueven la elongación de los órganos y cambios en el desarrollo de las plantas; estos compuestos químicos también pueden ser producidos por hongos, bacterias inferiores y otras especies de plantas (Hedden y Thomas, 2012).

2.3.1.1 Síntesis de las giberelinas

Este compuesto es sintetizado en varios lugares de la planta, considerando la situación específica en semillas de cereales: en plántulas la síntesis y altos contenidos de esta hormona se detecta en hojas, yemas que están en activo crecimiento; en material adulto a las giberelinas se concentran en frutos y en menor cantidad en raíces; la giberelina se encuentra fluyendo mediante su intermediario el floema el cual permite la distribución de moléculas activas de AG (Jordán y Casaretto, 2006).

2.3.1.2 Efectos fisiológicas de las giberelinas

Azcón y Talón (2013) indican los siguientes efectos de las giberelinas en la planta:

- Afectan todas las fases del desarrollo vegetal, tanto de crecimiento vegetativo como reproductivo.
- Estimulan la elongación y la división celular y acortan la interfaz del ciclo celular.
- Intervienen en la elongación y el crecimiento del tallo.
- Las giberelinas participan en procesos de inducción floración y la producción de flores.
- Tienen la capacidad de controlar el crecimiento y desarrollo de diversos frutos e induce el cuajado del fruto y su maduración.
- Estimulan la germinación de las semillas y en los cereales coordina la movilización de las reservas que ayudan en el crecimiento inicial de las plántulas (Hernández , 2009).

2.3.1.3 Mecanismos fisiológicas de crecimiento inducido por giberelinas

Los efectos de la giberelina son más evidentes en plantas genéticamente enanas y rosetas, presentando características diferentes a las plantas normales (Curtis, Barnes, Schek y Flores, 2006). En haba la giberelina influye en el alargamiento de los hipocótilos y entrenudos; otro ejemplo es la aplicación de giberelina en arroz que estimula la elongación del tallo, la expansión de los entrenudo y aumento de la tasa de crecimiento (Taiz y Zeiger, 2008).

La giberelina estimula la elongación del tallo, debido a que incrementa la longitud celular y el número de células. En guisantes se ha observado que las plantas tratadas con giberelina presentan células de mayor longitud y mayor número en los entrenudos, en comparación de un guisante normal; en rosetas tratadas con giberelinas se observa en la región subapical la mitosis aumenta marcadamente; es decir hay la estimulación de una constante división celular (Taiz y Zeiger, 2008).

2.3.1.4 Aplicaciones comerciales de giberelinas

Las giberelinas comerciales (AG) principalmente han sido aplicadas de manera foliar en frutales con la finalidad de mejorar la firmeza y promover la elongación del fruto, y en la cebada para lograr aumentar el proceso de germinación de la cebada, y de esta manera se reducir el tiempo para elaborar la malta (Taiz y Zeiger, 2006).

- **Efecto en la morfología de la planta**

En cultivos de apio (*Apium graveolens*) se ha observado que la giberelina aumenta la longitud del tallo y aumenta el peso seco de sus peciolo. Por lo cual se hace un uso limitado

de este producto debido a que puede producir un tamaño de tallo que no sea comercial y puede bajar la calidad del peciolo (Rappaport,1980).

En coliflor la giberelina permite incrementar el tamaño de la pella, debido a que aceleran la división y alargamiento celular permitiendo de esta manera que la región meristemática subapical tenga un tamaño mayor, asimismo permite un mejor desarrollo floral, al intervenir el crecimiento de anteras y el desarrollo y la pigmentación de la corola (González, Caycedo, Velásquez, Flores y Garzón, 2007)

- **Control de la floración**

Las giberelinas tienen la capacidad de inhibir o retrasar la floración en algunas especies frutales, en *Arabidopsis thaliana* se ha observado que AG indujeron a una floración temprana, reduciendo 13 días a la floración normal del árbol Bagnall (1932).

En una variedad bienal de *Hyoscyamus niger* (beleño), que es un árbol que requiere de días fríos para florecer, la giberelina actuó induciendo a la floración fuera del ciclo determinado por la variedad, además promovió el crecimiento de brotes debido al alargamiento y división celular que produjo la giberelina; las giberelinas sirven como sustituto para romper la latencia en tubérculos de papa y en brotes de árboles de invierno (Lang, 1957).

En pepinos monoicos y ginecosos las giberelinas se ha observado que mejora la formación de flores masculinas, al inhibir la producción de flores femeninas y producir la formación de padres con polen, lo cual es una gran opción para ser utilizada en fitomejoramiento de este cultivo; en cebolla se ha visto que la giberelina en cebolla tiene la capacidad de volver estériles a las flores masculinas, lo cual tiene un beneficio para poder producir semillas híbridas (Rappaport,1980).

- **Desarrollo y calidad de frutos**

En mango Kaew la aplicación de giberelinas han tenido un incremento en el rendimiento hectárea, debido a que se aumentó el porcentaje de panículas con frutos que si se desarrollaron, se aumentó significativamente la longitud y diámetro del fruto, el grosor de la cáscara y por ende aumento el peso individual de la fruta y mejoraron la acidez titulable de la pulpa de la fruta; sin embargo, no acortaron la edad de cosecha del fruto (Chutichudet, Chutichudet y Chanaboon, 2006).

En peras y en uvas se utiliza para promover la formación de frutos partenocápicos, así que en peras rocían en las flores la giberelina y en las uvas sumergen los racimos florales en esta hormona, además se ha visto que altera el color, la forma y el tamaño de los frutos, y también permite reducir la mala formación y defectos de los frutos aumentando su calidad: así mismo en ciruelas pasas es usado para prevenir el pardeamiento interno del fruto (Rappaport, 1980).

2.3.1.5 Relación de las giberelinas con otras hormonas

Se conoce que en la planta existen diferentes hormonas vegetales, las cuales cumplen procesos fisiológicos dentro de la misma, el modo de acción de cada hormona vegetal depende de su interacción o combinación entre hormonas específicas, en lugar de actividades independientes de cada una; a continuación, se muestra como interactúa la giberelina (AG) con otras hormonas vegetales, en específico con las auxinas, citoquininas, etileno y ácido abscísico (Weiss y Ori, 2007).

- **Auxinas**

Las auxinas pertenecen al grupo de hormonas vegetales y son un conjunto de compuestos que estimulan la elongación vegetal; la forma preponderante es el ácido indolacético (IAA); las altas concentraciones se encuentran en las regiones meristemáticas de la planta que es una fase de crecimiento activo y regulan algunos aspectos del desarrollo vegetal; estas influyen el crecimiento de la raíz, tallo, hojas y el desarrollo del fruto y ramas laterales (Schmülling, 2004). En efecto tanto la auxina como la giberelina tienen efectos fisiológicos separados, que al combinarse inducen al alargamiento del tallo, formación de frutos y el crecimiento de los ovarios, es así que la auxina estimula el crecimiento de la planta por la expansión y división celular, y la giberelina contribuye a este crecimiento aumentando el número de células (Yang, Davies y Reid, 1996).

- **Citoquininas**

Las citoquininas son sustancias químicas producidas en la planta (hormonas vegetales) que regulan el ciclo celular de la planta; la citoquinina promueve la división celular y se la puede encontrar en todos los tejidos vegetales, pero con mayor abundancia en el ápice del brote, en semillas inmaduras y en la punta de la raíz (Schmülling, 2004). Las citoquininas y las giberelinas estimulan la elongación y división celular, sin embargo, Cato, Macedo, Peres y Castro (2013) indican que la giberelina y citoquinina son antagonistas, pues aplicaron juntas estas hormonas, dio como resultado que citoquinina inhibe los efectos de la giberelina, reduciendo el tamaño de las plantas, el área de la hoja y diámetro del tallo.

- **Etileno**

El etileno es una hormona vegetal gaseosa, pequeña y simple, está presente tanto en plantas angiospermas como gimnospermas, además podemos encontrar en hongos, bacterias y otros organismos, esta se mueve rápidamente por los tejidos por medio de difusión por ser un gas; pequeñas cantidades de este gas pueden provocar respuestas en las plantas, puede llegar a producir más efectos que una auxina debido a que puede llegar más rápida a lugares donde la auxina no llega (Jordán y Casaretto, 2006). El etileno inhibe la función de la giberelina, es decir, son hormonas antagonistas debido a que el etileno reduce los efectos de la giberelina como son el alargamiento del tallo y la reducción de azúcares en la planta; por otro lado, es

importante mencionar que el etileno promueve la maduración de los frutos, mientras que la giberelina suprime esta maduración (Scott y Leopold, 1967).

- **Abscísico**

La hormona vegetal ácido abscísico, bloquea o inhibe la acción de otras hormonas, esta hormona estimula el letargo en los meristemas de semillas y brotes, dormancia de las semillas y actúa cerrando las estomas ayudando así a la planta a evitar los estreses abióticos (Peña, 2011). Las giberelinas y el ácido abscísico son antagonistas pues en semillas de cereales se ha observado que la giberelina induce a la acumulación de amilasa y proteasa, enzimas que son necesarias para el crecimiento de la planta, sin embargo, la aplicación de ABA suprime estos procesos (Ho, Gomez y Zentella, 2003).

2.4. Fisiología del cultivo

Es de importancia conocer los procesos de crecimiento y desarrollo del cultivo de fréjol. Lo cual permite estudiar a profundidad como sus procesos fisiológicos determinan su crecimiento, como intervienen en el rendimiento, y la tolerancia de plagas y enfermedades (Villalobos, 2001).

2.4.1. Carga de floema

El floema es un tejido que transporta de sabia elaborada (proteínas y carbohidratos) para el correcto desarrollo de la planta. (Argandoña y Robledo). Por lo cual es necesario comprender la distribución de estos materiales vitales entre las diferentes partes de la planta de fréjol.

- Las hojas son consideradas el principal órgano fuente, generador de asimilados fotosintéticos, mismos que se movilizan a sitios de almacenamiento y crecimiento denominados sumideros. La sacarosa originada pasa del citosol al apoplasto (pared celular) y luego son llevadas al floema foliar o pasa directamente de las células del mesófilo al floema (Taiz y Zeiger, 2006).
- Otra fuente son los órganos de reserva maduros (raíz, tallos) donde se producen en exceso carbohidratos.
- Todos los fotoasimilados se dirigen a los órganos sumideros como son: ápices de raíces y tallos, flores, frutos y semillas, hojas en expansión, los cuales importan estos asimilados para realizar sus procesos vitales.

La carga del floema del fréjol inicia cuando los azúcares salen en forma de triosa hacia el citoplasma donde se convierten en sacarosa. Luego se transporta el soluto desde células de mesófilo hacia las células que están cerca del floema (células parenquimáticas) por vía de los plasmodesmos, para luego dirigirse al interior del tubo criboso ruta apoplástica (Villalobos, 2008).

2.5 Marco legal

En el Art 281 de la Constitución de la República del Ecuador establece indica que a soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente, en el numeral 3 establece asegurar el desarrollo de la investigación científica y la innovación tecnológica apropiadas para garantizar la soberanía alimentaria (Asamblea Nacional , 2008).

De la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria en el artículo 10, menciona sobre la institucionalidad de la investigación y la extensión; la ley que regule el desarrollo agropecuario creará la institucionalidad necesaria encargada de la investigación científica, tecnológica y de extensión, sobre los sistemas alimentarios, para orientar las decisiones y las políticas públicas (...), (Asamblea Nacional , 2010).

El Estado fomentará la participación de las universidades y colegios técnicos agropecuarios en la investigación acorde a las demandas de los sectores campesinos, así como la promoción y difusión de esta (Asamblea Nacional , 2010).

En el artículo 245 del texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente indica: De las tecnologías. - La Autoridad Ambiental Nacional fomentará la investigación, la innovación y el desarrollo en el campo de diversas tecnologías, tanto a través de la cooperación nacional como internacional, para la aplicación de tecnologías limpias, económicamente viables y socialmente aceptables (Texto Unificado de la Legislación Secundaria de medio Ambiente [TULAS], 2003).

Se fomentará en el marco de lo establecido en este Libro y en la aplicación de otros mecanismos pertinentes, la diversificación de tecnologías limpias y uso de productos orgánicos para a producción agropecuaria, con niveles de calidad aceptables por norma para el consumo interno y externo, bajo el principio de respeto a la soberanía alimentaria (TULAS, 2003).

Del Plan Nacional de Desarrollo 2017- 2021, toda una vida se manifiesta lo siguiente: En su objetivo 3 sobre “Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones “tiene como política impulsar la economía urbana y rural, basada en el uso sostenible y agregador de valor de recursos renovables, propiciando la corresponsabilidad social y el desarrollo de la bioeconomía (SENPLADES, 2017).

CAPÍTULO II

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1. Ubicación geográfica

El experimento se realizó en el predio de la Universidad Técnica del Norte, “Granja Experimental La Pradera”, en la parroquia San José de Chaltura, cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura, con coordenadas geográficas 00° 21' 32.37" latitud norte 78° 12' 14.95" de latitud oeste, a una altitud de 2 267 m.s.n.m (Figura 3).

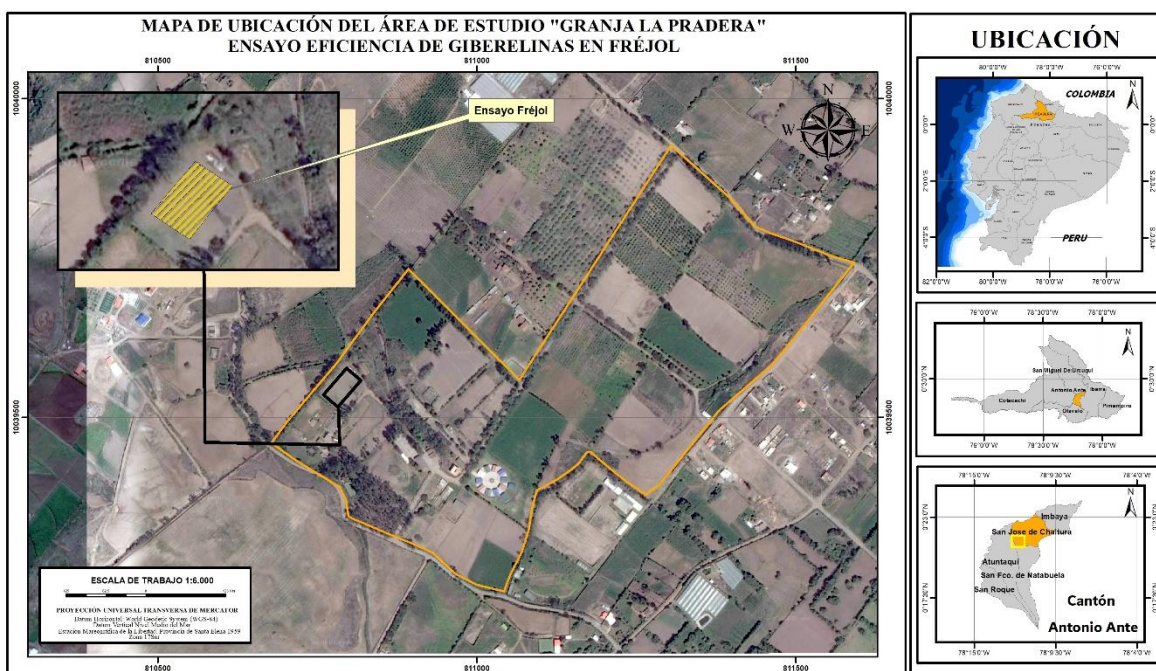


Figura 3. Ubicación del área de estudio.

3.1.2. Características climáticas

La temperatura media anual es de 14 a 16 °C, con una precipitación anual entre 500 a 750 mm y con un clima sub-húmedo templado (INAMHI, 2008).

3.2 Materiales y métodos

3.2.1. Materiales: equipos, insumos y herramientas

Los materiales utilizados en la investigación se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3
Equipos, insumos y herramientas

Equipos	Insumos	Herramientas
Bomba de mochila	Semillas de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	Barreno
Balanza	Ácido giberélico al 10%	Arada
Computador	Funguicidas	Rastra
Cámara digital	Fertilizantes	Azadón
		Rastrillos
		Pala
		Cinta métrica
		Piolas
		Estacas
		Etiquetas

3.2.2. Métodos

3.2.2.1 Tratamientos

En la presente investigación se evaluó un factor que consta de 10 niveles de aplicaciones de giberelinas basadas en dosis y etapas fenológicas.

Ácido giberélico al 10%

- D1 50 ppm
- D2 100 ppm
- D3 500 ppm

Épocas fenológicas mencionadas por Fernández, Gepts, y López (1986).

- V3, R5 y R8: aparición de la primera hoja trifoliada, prefloración y llenado de vainas.
- R5: prefloración
- R8: Llenado de vainas

La combinación de las dosis de ácido giberélico y épocas fenológicas, incluyendo el testigo se describe en la Tabla 4.

Tabla 4
Tratamientos en estudio, dosis y descripción

Tratamiento	Dosis	Descripción
T1	50 ppm	50 ppm en la aparición de la primera hoja trifoliada, en la prefloración y llenado de vainas.
T2	50 ppm	50 ppm en prefloración
T3	50 ppm	50 ppm en el llenado de vainas
T4	100 ppm	100 ppm en la aparición de la primera hoja trifoliada, en la prefloración y llenado de vainas.
T5	100 ppm	100 ppm en prefloración
T6	100 ppm	100 ppm en llenado de vainas
T7	500 ppm	500 ppm en la aparición de la primera hoja trifoliada, en la prefloración y llenado de vainas.
T8	500 ppm	500 ppm en prefloración
T9	500 ppm	500 ppm en el llenado de vainas
T10	0 ppm	Sin aplicación de ácido giberélico

3.2.2.2 Diseño experimental

En la presente investigación se realizó un diseño experimental de bloques completos al azar (D. B. C. A) con 10 tratamientos y tres bloques con un total de 30 unidades experimentales. El análisis se realizó con la prueba de Fisher al 5%.

3.2.2.3 Características del experimento

La unidad experimental estuvo conformada por 102 plantas que se sembraron en 6 surcos, la parcela tuvo una forma rectangular con las siguientes dimensiones: 5.1 m de largo y 3 m de ancho, teniendo 15.30 m² por unidad experimental y un área total del ensayo de 1234.9 m².

- Tratamientos: 10
- Bloques: 3
- Total, de unidades experimentales: 30

3.2.2.4 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico InfoStat, versión 2018. En cuanto a las variables: días a la cosecha en seco, altura de la planta, largo y ancho de la vaina, largo y ancho de la semilla, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 semillas, rendimiento en vainas, rendimiento en semillas e incidencia de lorito verde se realizó el ADEVA (Tabla 5).

Tabla 5

Esquema del análisis de varianza (ADEVA) de un diseño de bloques completos al azar

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloques	2
Tratamiento	9
Error experimental	18
Total	29

Se utilizó la prueba de Fisher al 5%, debido a que se encontraron diferencias significativas en los tratamientos.

Con respecto a las variables días a la floración, días a la madurez fisiológica y número de flores se observa la siguiente ADEVA (Tabla 6).

Tabla 6

Esquema del análisis de varianza (ADEVA) de un diseño de bloques completos al azar de los factores días y tratamientos

Fuentes de variación	gl. Días a floración y madurez fisiológica.	gl. Número de flores
Bloques	2	2
Días	2	1
Tratamientos	9	9
Días (DDS) x tratamientos	18	9
Error	58	39
Total	89	59

Se utilizó la prueba de Fisher al 5%, debido a que se encontraron diferencias significativas en los tratamientos.

En relación con las variables diámetro del tallo, área foliar y clorofila se utilizó la ADEVA (Tabla 7).

Tabla 7

Esquema del análisis de varianza (ADEVA) de un diseño de bloques completos al azar de los factores etapa de evaluación y tratamientos

Fuentes de variación	gl. Diámetro del tallo (cm)	gl. Área foliar (cm²) y clorofila [μmol m⁻²]
Bloques	2	2
Etapas de evaluación	1	3
Tratamientos	9	9
Etapas de evaluación x tratamiento	9	27
Error	38	79
Total	59	120

Se utilizó la prueba de Fisher al 5%, debido a que se encontraron diferencias significativas en los tratamientos.

3.2.2.5 Variables a evaluarse

En cada parcela neta se obtuvo un total de 25 plantas tomadas completamente al azar, de las cuales 15 plantas fueron utilizadas para evaluar las variables: área foliar y diámetro del tallo. Mientras que las 10 plantas restantes fueron utilizadas para obtener los datos de las variables: contenido de clorofila, días a la floración, días a la madurez fisiológica, días a la cosecha en seco, altura de la planta, número de flores, largo de la vaina, ancho de la vaina, largo de la semilla, ancho de la semilla, número de vainas por planta, peso de 100 semillas, rendimiento en vaina, rendimiento en semilla e incidencia de lorito verde.

- **Características fenológicas y morfológicas**

- a) **Días a la floración**

Se evaluó a los 49 y 53 días visualmente el porcentaje de plantas abrieron su primer botón floral.

- b) **Días a la madurez fisiológica**

Se determinó a los 62, 77 y 100 días el porcentaje de plantas que mostraron su madurez de cosecha en fresco, es decir cuando se observó un cambio de color de las vainas, de verde intenso a verde claro (Figura 4).



Figura 4. Madurez fisiológica.

a) Días a la cosecha en seco

Se contabilizó los días transcurridos desde la siembra de la semilla de fréjol hasta que alcanzó la madurez en campo (humedad relativa de 16 y 18%), y cuando las plantas presentaron el 90% de defoliación, (Muñoz, Giraldo, y Fernández, 1993).

b) Altura de la planta

Se midió con un flexómetro desde la inserción de las raíces hasta el ápice del último racimo floral. Los resultados fueron expresados en cm.

c) Diámetro del tallo

Se midió con el calibrador el diámetro entre la inserción la raíz y el tallo, en la etapa de prefloración y floración. Los resultados se expresaron en cm (Figura 5).



Figura 5. Diámetro del tallo.

d) Número de flores

Se contabilizaron el número de flores por planta cuando todas las plantas se encontraban en la etapa de floración a los 54 y 78 días. Posteriormente se calculó un promedio.

e) Área foliar

En las etapas fenológicas de prefloración, floración, formación de la vaina y llenado de la vaina fueron extraídas tres plantas. De cada planta se separó las hojas con la ayuda de una tijera para posteriormente medir el área foliar total por planta con ayuda del equipo LI-31000. Los datos fueron expresados en cm^2 (Figura 6, a y b).

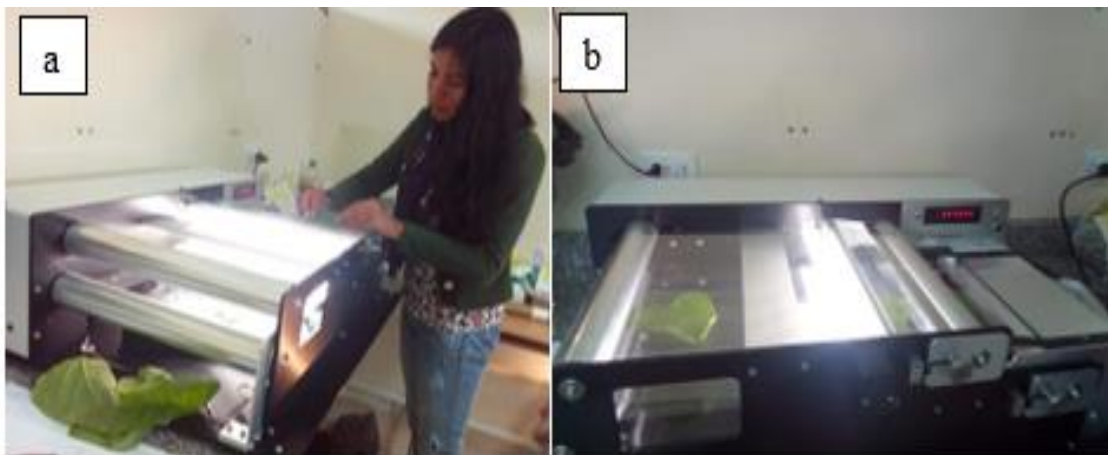


Figura 6. Determinación del área foliar. a) Área foliar. b) Medidor de área foliar.

f) Clorofila

Se midió la clorofila en los tres folíolos de la hoja ubicada a la mitad de altura de la planta. La medición se la realizó con el equipo de medición MC-100 Chlorophyll Concentration Meter. Estos datos se los obtuvo en las etapas de prefloración, floración, formación de la vaina y llenado de la vaina y los datos de clorofila fueron expresados en $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ (Figura 7).



Figura 7. Medición de clorofila.

- **Características de producción**

g) Largo de la vaina

Se tomó todas las vainas en estado de madurez de cosecha en seco y con el calibrador se midió el largo de estas desde la inserción en el pedicelo hasta el extremo libre del ápice, sus resultados fueron expresados cm (Figura 9).

h) Ancho de la vaina

De las mismas vainas utilizadas para la variable largo de la vaina, con el calibrador se midió en la parte media del fréjol entre las suturas dorsal y ventral, los resultados fueron expresados en cm (Figura 8).



Figura 8. Ancho de la vaina.

i) Largo de la semilla

Se utilizó las mismas vainas usadas anteriormente y se tomó al azar tres repeticiones de semillas, se las colocó en posición horizontal formando una fila y con el calibrador se midió el largo de la semilla, los resultados se expresaron en cm (Figura 9).



Figura 9. Ancho de la semilla.

j) Ancho de las semillas

A las mismas semillas tomadas para la variable largo de la semilla, se las colocó en posición vertical y se realizó el mismo proceso de medición que en la variable anterior (Figura 10).



Figura 10. Largo de la semilla.

k) Número de vainas por planta

Se procedió a contabilizar el número total de vainas maduras, producidas por planta, a lo largo de todo el ciclo de cultivo (Figura 11).



Figura 11. Vainas de fréjol.

l) Número de granos por vaina

Para la determinación del número de granos por planta se tomó las mismas vainas de la variable anterior. Cada vaina fue desgranada para contabilizar el número de granos contenidos por vaina. Finalmente se calculó el promedio de semillas por vaina (Figura 12).



*Figura 12.*Semillas de fréjol.

m) Peso de 100 semillas

Se utilizaron tres repeticiones de 100 semillas para cada parcela neta. Posteriormente se pesó en una balanza miligramera cuando presentaron el 14% de humedad y sus resultados se expresaron en g (Figura 13).



*Figura 13.*Peso de 100 semillas.

n) Rendimiento en vainas

Para determinar el rendimiento se cosecharon las vainas de todas las plantas de la parcela neta, se pesó en una balanza y los resultados se expresaron en gramos por parcela neta.

o) Rendimiento en semilla

De las mismas vainas utilizadas para la anterior variable, se obtuvo el grano y se lo pesó en una balanza. Los resultados fueron expresados en gramos por parcela neta (Figura 14).



Figura 14. Rendimiento semilla.

p) Incidencia de *Empoasca sp*

Para determinar la incidencia de lorito verde (*Empoasca sp.*), se realizó en conteo directo del número de brotes nuevos en cada planta seleccionada y el número de brotes afectados por planta, con estos datos se calculó el porcentaje de incidencia de lorito verde.

- **Análisis beneficio costo**

Se realizó al culminar el ciclo de producción en seco del fréjol, para lo cual, se calcularon los costos de producción de cada tratamiento en estudio y se estableció la relación Beneficio/Costo. Mediante la ecuación mencionada por Leal (2003):

Ecuación 1. Relación beneficio costo.

$$B/C = \frac{VI \text{ (valor actual de entradas)}}{VO \text{ (valor actual de salidas)}}$$

3.2.2.7 Manejo del experimento

- **Preparación de la solución madre de giberelinas**

La solución madre de la giberelina se elaboró cuando el 50% de las plantas de cada parcela neta presenta las etapas fenológicas de: primera hoja trifoliada, prefloración y llenado de la vaina. Primero se pesó 10 g de giberelina al 10% (a). Luego, con una probeta se aforó 90 ml de agua destilada en un recipiente plástico de 200ml, seguidamente se adicionó el corrector de pH con una jeringa hasta conseguir un pH de 5.5.

Luego se añadió 10 gramos giberelina (b) y se mezcló bien hasta que el producto quede bien disuelto, posteriormente con la probeta se procedió a contar cuantos ml de solución teníamos

en el recipiente (c), para así adicionar la cantidad restante para llegar a tener una solución madre de 100 ml con una concentración 10 g de giberelina (d), a partir de esta solución se prepararon diluciones para obtener las soluciones a aplicar en los distintos los tratamientos en estudio (Figuras 15).



Figura 15. a) Peso de giberelina. b) Adición de las giberelinas. c) Aforación de 100 ml de agua con giberelina. d) Solución madre de giberelina.

- **Establecimiento del experimento**

El manejo técnico del cultivo se realizó siguiendo el sistema convencional del cultivo.

- **Delimitación del terreno**

Con la ayuda de una cinta métrica se procedió a medir el área de terreno que fue utilizada para la instalación del ensayo.

- **Muestreo y análisis de suelo**

Previo la instalación del ensayo se tomó 1 kg de muestra de suelo del aérea experimental. La muestra fue etiquetada y enviada a laboratorio de suelos del INIAP, en donde las muestras fueron analizadas con el fin de determinar la adecuada recomendación de fertilización (Anexo 2).

- **Labores culturales**

- a) **Preparación del suelo**

Primero se realizó el pasado de arada y rastra a una profundidad de 30 cm para eliminar las malezas y conseguir un suelo suelto y sin terrones. Luego, con ayuda de rastrillos se procedió a retirar el resto de las malezas para eliminar totalmente cualquier resto vegetal.

b) Formación de hileras y fertilización

Con la ayuda del azadón se formaron 6 hileras en cada unidad experimental a una distancia de 0.50 m entre hileras y luego se procedió, hilera por hilera, a poner la cantidad de fertilizante necesaria según el análisis de suelo (Figura 16) (Anexo 3).



Figura 16. Fertilización del área experimental.

c) Siembra

La siembra se realizó de forma manual a una densidad de 0.30 m entre planta y 0.50 entre surco. En un suelo previamente humedecido se colocaron 2 semillas por sitio.

d) Riego

Cada bloque fue regado usando riego por surcos. Se proporcionó la lámina de agua necesaria para cada ciclo del cultivo, tomando en cuenta las condiciones climáticas de la zona (Figura 17).



Figura 17. Riego de las parcelas.

e) Labores culturales

Usando un azadón se realizó el control de malezas, con el fin de evitar la competencia entre maleza y cultivo. También se realizó el aporque en las etapas iniciales.

f) Aplicación de giberelinas

La aplicación se realizó cuando el 50% de las plantas presentaban cada etapa fenológica en estudio [primera hoja trifoliada (V3), prefloración (R5) y llenado de vaina (R8)], con la ayuda de una bomba de mochila (Figura 18).



Figura 18. Aplicación de giberelinas.

g) Controles fitosanitarios

Para el control de las plagas como: trozador (*Agritis ypsilon*), lorito verde (*Empoasca* sp.) se aplicó cipermetrina a una dosis de 1.25 g/l en las etapas de prefloración y floración. Para barrenador de la vaina se aplicó *Bacillus* sp. en una dosis de 2 g/l y Lamacionatrina en una dosis de 1 g/l (Figura 19).



Figura 19. Control fitosanitario.

h) Cosecha

Se realizó cuando el 50% de las plantas presentaban el 50% de defoliación y sus vainas estaban secas, para lo cual se utilizaron costales con la identificación correspondiente a cada bloque y tratamiento (Figura 20).



*Figura 20.*Cosecha en seco.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el capítulo uno se presentan los principales resultados de acuerdo con los objetivos planteados: 1) características morfológicas y fenológicas, 2) características de producción y 3) beneficio/costo; los datos obtenidos de cada variable fueron analizados con el paquete estadístico InfoStat (versión 2018), para su interpretación.

4.1 Características fenológicas y morfológicas

4.1.1. Días a la floración

Los resultados del análisis para la variable días a la floración indican que existe interacción entre los factores días y tratamiento ($F= 3.09$; $gl= 18, 58$; $p < 0.0006$), (Tabla 8).

Tabla 8

*ADEVA de días a la floración en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la aplicación de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas*

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Días	2	58	167.47	<0.0001
Tratamiento	9	58	15.69	<0.0001
Días: Tratamientos	18	58	3.09	0.0006

En la Figura 21, se muestra cómo influyen las aplicaciones de giberelinas en los días a la floración. Se puede observar que los días transcurridos desde la siembra del fréjol hasta que el 50% de las plantas presentaron floración para los tratamientos T1, T4, y T5 fueron 49 días, presentando una floración más tardía con una diferencia de 4 días están los tratamientos T2, T3, T6, T8, T7, T9 y T10 (53 días) (Anexo 4).

A partir de los resultados encontrados, se observa que la aplicación de giberelinas en etapas tempranas (primera hoja trifoliada V3 y prefloración R5) del cultivo permite mantener el rango de días a la floración característico de la variedad INIAP 430 Portilla, que es de 37-50 días (INIAP, 2010).

Es importante señalar que los tratamientos aplicados en la etapa de llenado de vaina y el testigo, no tuvieron influencia en esta variable, debido a que la giberelina fue aplicada después de haber pasado los días a la floración. Sin embargo, en estos tratamientos se puede evidenciar que se alargaron los días a la floración en un 15% en comparación a lo característico de la variedad, esto posiblemente se debe a que las condiciones climáticas en

las cuales se sembró el fréjol fueron de intensas lluvias. Es así como Hernández (2009) indica que para el buen desarrollo de las etapas fenológicas del cultivo de fréjol se necesita temperaturas de 18 a 28°C, por lo cual cuando existen bajas temperaturas se podría retardar la floración produciendo que se alargue el ciclo del cultivo y con altas temperaturas se acelera estos procesos fisiológicos.

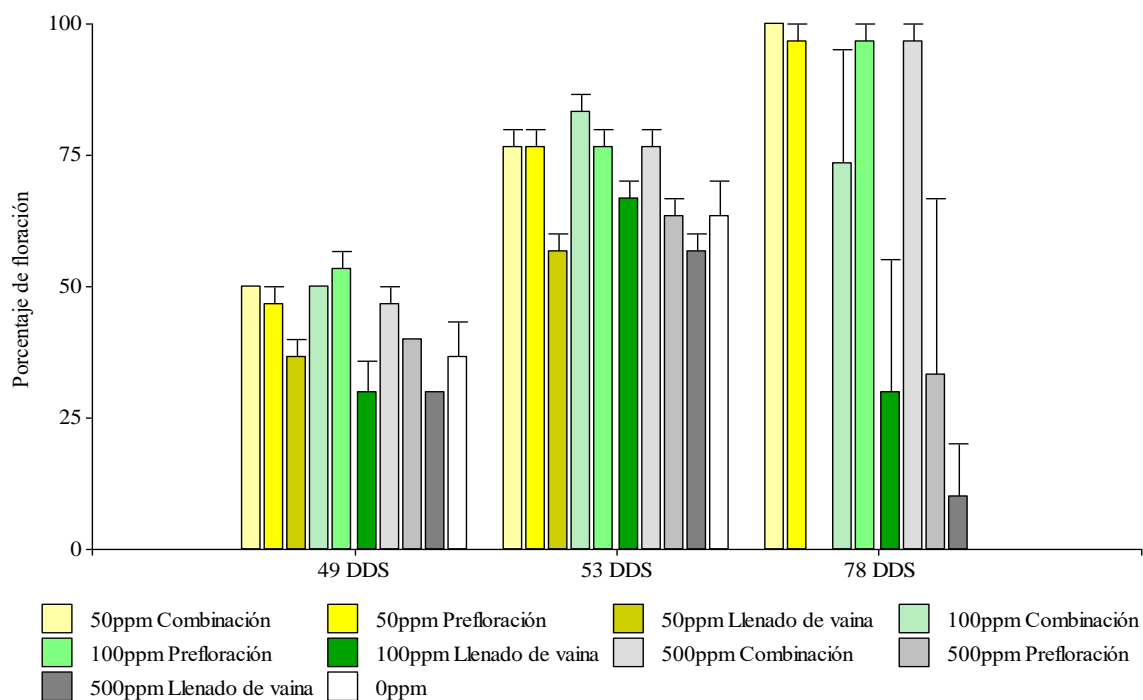


Figura 21. Días a la floración del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la aplicación de giberelinas en distintas etapas fenológicas, (Fisher,0.05) (n= 90).

Corroborando con lo mencionado Lang (1965) indica que para que se inicie la floración en la planta esta depende de la interacción de dos factores; la información genotípica y las condiciones ambientales óptimas de cada cultivo, es así como el fréjol necesita días cortos con temperaturas altas para que se inicie la floración. Además, la variedad INIAP 430 Portilla se desarrolla bien en valles con alturas 1 400 a 2 440 m.s.n.m, que tienen temperaturas de 24°C, mientras que Chaltura está a 2 267 m.s.n.m con temperaturas promedio de 13-16 °C, motivo por el cual las plantas a las que no se aplicaron giberelinas en etapas iniciales, alargaron los días floración (INIAP 2009).

Por otro lado, las concentraciones de 50 y 100 ppm de giberelinas aplicadas en combinación en las primeras etapas fenológicas (primera hoja trifoliada V3 y prefloración R5) y 50 ppm aplicada solo en prefloración, si influenciaron en los días a la floración con respecto al testigo y a los demás tratamientos, pues requirieron solo 49 días para que el 50% de las plantas florecieran. Esto corrobora con lo mencionado Cheng., et al (2015) en vid aplicaron 100 ppm de giberelinas 12 días antes de la floración y se observó que en 8 días todas las inflorescencias tratadas con giberelinas comenzaron a abrirse, mientras que las que no recibieron tratamiento permanecieron cerradas.

Así mismo, Serna, Hurtado y Ceballos (2017) aplicaron dosis de giberelinas de 0, 50, 100 y 150 ppm en dos variedades de tomate (Alboran y Torrano), vía foliar en la etapa de prefloración y observaron que florecieron una semana antes que el testigo, esto está asociado a que los mismos tratamientos obtuvieron una mayor altura de las plantas, mostrando así que el ácido giberélico puede translocarse a diferentes partes de la planta. Así mismo, en dos cultivares de cebolla (Phulkara y Dark Red) se aplicó dosis de 100 y 0 ppm de giberelinas vía foliar en las etapas 2-3 hojas, 6-7 hojas y al momento de la floración y se obtuvo como resultado que la aplicación de giberelinas en la etapa 6-7 hojas en las dos variedades redujo el número de días a la floración con una media de 47.92 días en comparación con el testigo (Mushtaq, Amjad, Ziaf y Afzal, 2018).

Continuando con el análisis se conoce que las giberelinas modifican los procesos reproductivos de las plantas enanas induciendo a la floración, sin embargo, aún se desconocen los mecanismos moleculares por los cuales el ácido giberélico produce estos cambios morfológicos y bioquímicos dentro de la planta (Taiz y Zeiger, 2006). Así mismo, Bari y Jones (2008) indican que la giberelina es importante para el desarrollo normal de la floración, además, son necesarias para la polinización en algunas plantas.

Se debe agregar que las giberelinas a una dosificación adecuada posiblemente podrían reemplazar los requisitos para que se inicie la floración como son el fotoperiodo y la temperatura, es así que, en plantas bienales se ha observado que la giberelina acelera el inicio de la floración Wittwer y Bukovac (1962). En contraposición a lo mencionado Rathod, et al. (2015), quienes aplicaron dosis de 50 y 100 ppm de AG en etapas tempranas (primera hoja trifoliada) del fréjol francés, observaron que el testigo requirió menos días a la floración en comparación con los tratamientos aplicados giberelinas.

A su vez, todos los tratamientos con giberelinas, 24 días después de la floración se observó una segunda floración. Concuera con esto, Castro, et al. (1990), quienes observaron que, al aplicar de giberelinas en fréjol, la planta vuelve a presentar una nueva floración luego de la primera, es así como a los 40 días obtuvo su primera floración y a los 47 y 50 días su segunda floración, esto debido a que las giberelinas producen una constante división celular y que resulta en la formación de órganos nuevos en algunas plantas.

4.1.2. Días a la madurez fisiológica

Una vez realizado el análisis estadístico se muestra que si existe interacción entre los factores: días y tratamientos con respecto a la variable días a la madurez fisiológica ($F=10.48$; $gl=18,58$; $p<0.0001$) (Tabla 9).

Tabla 9

ADEVA de días a la madurez fisiológica en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la aplicación de giberelinas en diferentes etapas fenológicas

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Días	2	58	590.57	<0.0001
Tratamiento	9	58	286.82	<0.0001
Días: Tratamientos	18	58	<u>10.48</u>	<0.0001

En la Figura 22, se observan los días a la madurez fisiológica, esta variable se tomó contabilizando los días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presentaron su madurez fisiológica. Los tratamientos T3, T6, T9 y T10 requirieron menor cantidad de días (62). Mientras que, los tratamientos T1, T2, T4, T5, T7 y T8 alargaron 48 días esta etapa (Anexo 5).

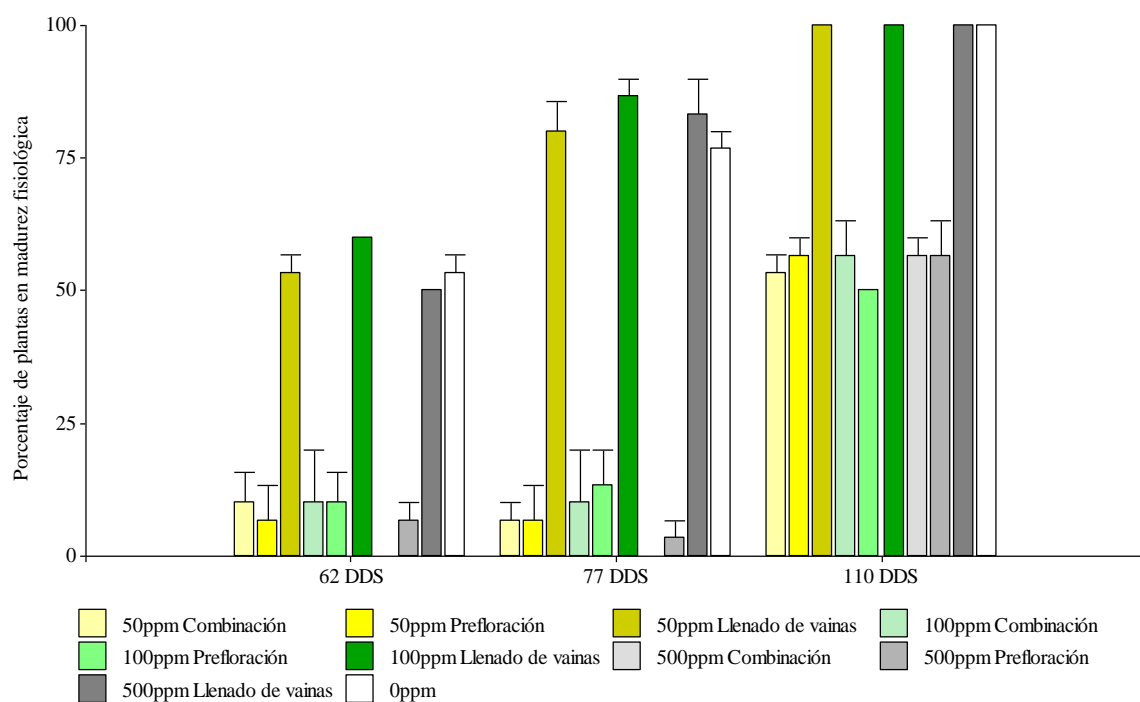


Figura 22. Días a la madurez fisiológica en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la aplicación de diferentes dosis de giberelinas, en distintas etapas fenológicas, (Fisher,0.05) (n= 90).

En base a los datos obtenidos en la investigación, las aplicaciones de giberelinas realizadas en la etapa de llenado de vaina redujeron 17 días de la madurez fisiológica característica de la variedad INIAP 430 Portilla esto se explica por el incremento de temperatura alcanzada en los meses de junio y julio con un promedio de 23°C, rango que está dentro de los 15 a 27 °C, que es el óptimo para acelerar los procesos fisiológicos en la planta (Atilio y Reyes, 2008). Así mismo, García y López (2002) mencionan que la temperatura es uno de los

factores físicos de mayor influencia en los diferentes procesos fisiológicos de la planta, pues las variaciones térmicas del medio afectan el crecimiento y desarrollo de la planta.

Mientras que las aplicaciones de giberelinas en etapas tempranas en combinación (primera hoja trifoliada y prefloración) y solo (R5), alargaron los días a la madurez fisiológica en un 16.77%, en comparación a los días característicos de la variedad INIAP 430 Portilla (78-80 días) sin embargo, las dosis de giberelinas aplicadas en combinación (primera hoja trifoliada y prefloración) y 50 ppm solo en prefloración acortaron los días a la floración.

Contrastando a lo mencionado Cheng., et al (2015) aplicaron 100 ppm de giberelinas 12 días antes de la floración y obtuvieron como resultado que las plantas tratadas con giberelinas requieren 8 días menos para florecer y de la misma manera alcanzaron su madurez fisiológica (bayas coloración purpura) 57 días después de la aplicación del tratamiento, mientras que las plantas que no fueron tratadas aún presentaban vayas con una coloración verde en ese mismo tiempo, esto se debe a que la giberelina, aceleró los procesos de multiplicación de las células de los tejidos y aumentó la síntesis de azúcares en los órganos en formación como es la baya de la vid (Kukalli, Thomal y Mane, 2014).

Dicho lo anterior Serna, Hurtado y Ceballos (2017), indican que el modo de acción de las hormonas vegetales depende de la etapa fenológica del cultivo y por ende la actividad que la planta lleve a cabo es así que, los factores externos, la parte a la cual se aplique la hormona y el tiempo que esté en contacto con esta, se puede decir que pueden acortar o retardar cada etapa.

4.1.3. Días a la cosecha en seco

Según el análisis de varianza con respecto a la variable de días a la cosecha en seco de fréjol muestran que si existieron diferencias significativas entre los tratamientos ($F= 5.96$; $gl= 9, 18$; $p= 0.0007$).

La figura 23, se muestra los días transcurridos desde la siembra del fréjol hasta que el 50% de las plantas presentaron su estado de madurez de cosecha en seco, para los tratamientos T3, T6, T9 y T10 fueron 120 días. Mientras que para los tratamientos T2, T4, T5 y T8 fue a los 130 días, los T1 y T7 presentaron una madurez más tardía con 20 días de diferencia (Anexo 6).

Los resultados demuestran que, todos los tratamientos inclusive el tratamiento que no hubo aplicación de giberelinas, alargaron los días a la cosecha en seco, se observó una cosecha en seco tardía en relación con lo descrito por la variedad INIAP 430 Portilla (82-108 días) (INIAP,2010). Como se mencionó anteriormente debido al piso altitudinal y temperatura de Chaltura, el cultivo retrasó su desarrollo en comparación con lo característico de la variedad, indicando que la temperatura que prevalezca a lo largo del desarrollo del cultivo será el factor clave que determinará cuánto tiempo durará cada etapa fenológica de las plantas.

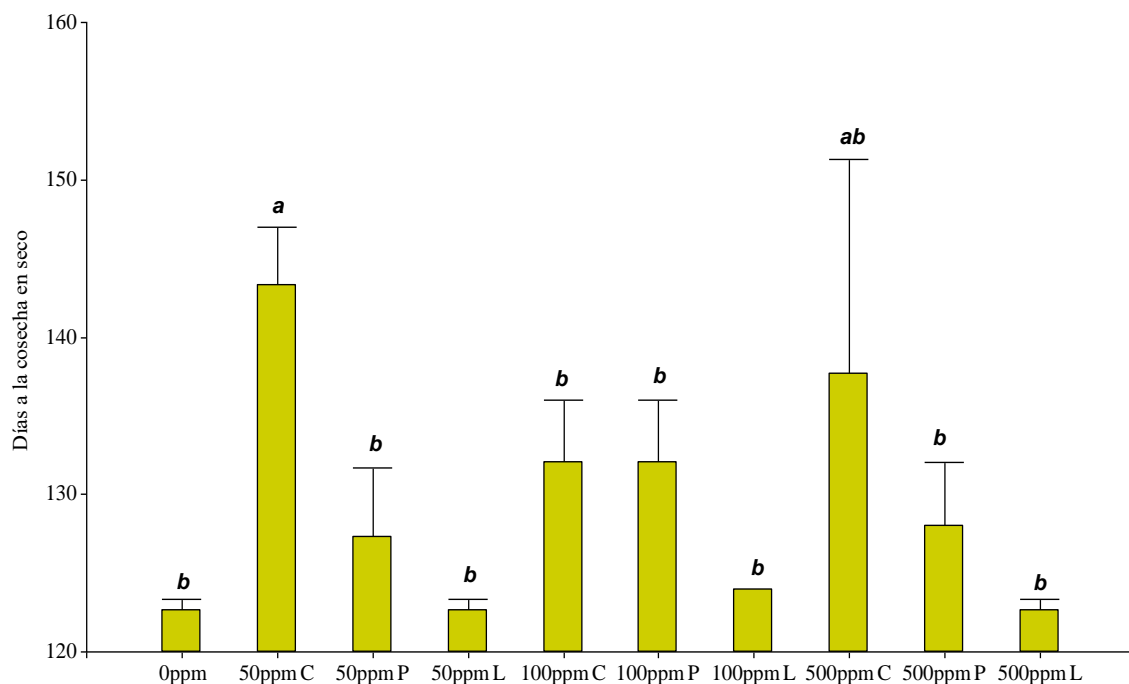


Figura 23. Días a la cosecha en seco en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo la aplicación de distintas dosis de giberelinas y etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 30).

En efecto a los datos obtenidos se observa que las giberelinas aplicadas en dosis de 50 y 500 ppm en combinación (primera hoja trifoliada, prefloración y llenado de vaina), son los que más retardan los días a la cosecha en seco. Mientras que los demás tratamientos con giberelinas compartieron datos estadísticos con el testigo, como se explicó en la anterior variable la hormona vegetal actúa de acuerdo con la etapa fenológica que se aplique, es así que puede retardar o acelerar estos procesos (Larcher,2006).

4.1.4. Altura de la planta

Una vez realizado el análisis estadístico se muestra que si existe diferencias significativas entre tratamientos con respecto a la variable altura de la planta ($F= 125.96$; $gl= 9,288$; $p<0.0001$).

En la Figura 24, se observa que la altura de la planta varía de acuerdo con el tratamiento aplicado. El tratamiento T4 obtuvo una mayor altura con un valor de 103.27 cm. Seguidamente están los tratamientos T1, T2 y T7 que comparten datos similares con un promedio de 91.31 cm. Con tamaños intermedios están los tratamientos T5, T6, T8, y T9 con un valor promedio de 66.54 cm. La menor altura se obtuvo con los tratamientos T10 y T3 con un promedio de 36.83 cm (Anexo 7).

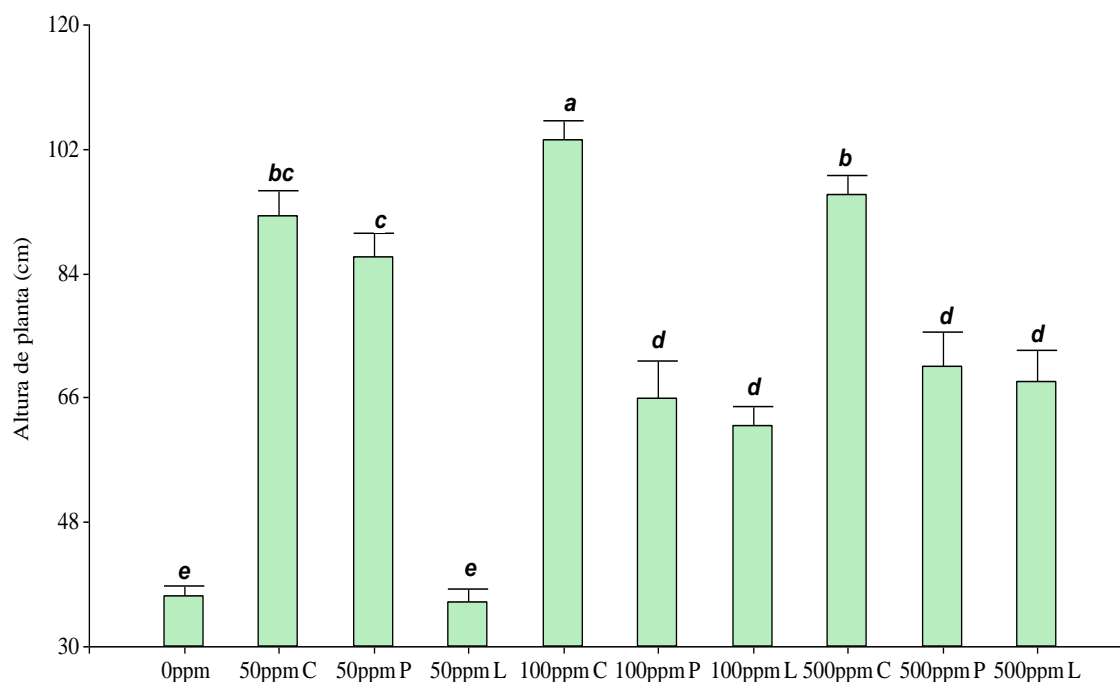


Figura 24. Altura de la planta (cm) en el cultivo de fréjol (*Paseolus vulgaris* L.) bajos la aplicación de distintas dosis de giberelinas y etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 300).

Los resultados obtenidos muestran que todas las concentraciones de giberelinas, aplicadas en etapas tempranas (V3 y V5), influenciaron en la elongación del tallo; mientras que las aplicaciones realizadas en la etapa de llenado de vaina no tuvieron influencia en esta variable. En relación con esto, la variedad INIAP 430 Portilla tiene un hábito de crecimiento determinado, con un rango de altura de 41-44 cm mientras que, la aplicación de giberelinas aumentó la altura de la en planta un 44.86%. Para corroborar con esto, Brian (1959) resalta que uno los efectos más sobresalientes de las giberelinas es la capacidad de acelerar el crecimiento de los brotes y de esta manera aumenta la altura de la planta. A su vez, la giberelina tiene la capacidad de incrementar la longitud y número de celular del tallo, lo que vuelve delgados a los tallos, es así que plantas enanas pueden tomar un hábito de crecimiento similar al de las plantas enredaderas, (Stowe y Yamaki, 1958; Taiz y Zeiger, 2006).

Para ser más específicos, Fouly, Sark, Fouad, Zaher, y Fawzi (1988), evaluaron los efectos del ácido giberélico en los caracteres morfofisiológicos y de rendimiento de frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.). Estos autores mencionan que al aplicar concentraciones de 50 y 100 ppm de giberelinas se tiene una influencia en la elongación del tallo con una media de 41.2 cm, siendo superior en un 42.72% al testigo. Similarmente, en fréjol francés, Rathod, et al. (2015), aplicaron las mismas dosis de giberelinas y observaron un incremento de la altura del tallo en un 10.21% en comparación con el testigo; también indican que esto podría deberse a que la mayor cantidad de nitrógeno disponible en el suelo se dirige hacia la formación de tallos.

Además, Castro y Bergemann, (1973), en su investigación sobre efectos de giberelinas en la morfología y productividad del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L. Cv. 'Carioca'), mencionan que las concentraciones de 50 y 500 ppm de giberelinas mostraron una respuesta favorable para la elongación del tallo, además que todos los tratamientos en los que se aplicó giberelinas presentaron una media de 15.95 cm, lo que representó un incremento de la longitud del tallo de 22.45% en relación con el testigo. Contrastando a esto, Castro et al. (1990), observaron que al aplicar 50 ppm de giberelina, la altura de la planta no difiere significativamente del testigo.

4.1.5. Diámetro del tallo

Los resultados de los análisis estadísticos muestran que existe interacción entre los factores tratamientos y etapa de evaluación, con respecto a la variable diámetro del tallo ($F= 2.95$; $gl= 9,156$; $p= 0.0029$) (Tabla 10).

Tabla 10

*ADEVA del diámetro del tallo en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L), bajo la aplicación de giberelinas en distintas etapas fenológicas*

Fuentes de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Etapa de evaluación	1	156	52,20	<0.0001
Tratamiento	9	156	2.49	0.0111
Etapa de evaluación: Tratamientos	9	156	2.95	0.0029

La Figura 25 muestra que el diámetro del tallo varía de acuerdo con los tratamientos y etapas fenológicas. El diámetro del tallo para el tratamiento T1, en la etapa de prefloración, fue de 0.79 cm y tiene un incremento de 0.32 cm en la etapa de floración. El tratamiento T2, no tuvo una variación de diámetro entre las etapas fenológicas con un promedio de 0.85 cm. El tratamiento T3 en la etapa de prefloración inició con un diámetro de 0.75 cm, y tuvo incremento de 0.17 cm en la etapa de floración. Para el tratamiento T4 en cuanto al diámetro en la etapa de prefloración inicio con un valor de 1.02 cm y floración incremento a 1.08 cm. Para el tratamiento T5 en la etapa de prefloración se tuvo un diámetro del tallo de 0.82 cm mismo que incrementó en la etapa de floración 0.16 cm.

El tratamiento T6 en la etapa de prefloración tiene un diámetro del tallo de 0.89 cm, el cual en la etapa de floración tuvo un incrementó de 0.11 cm. El tratamiento T7 presentó los en las etapas de prefloración y floración datos similares con un promedio de 0.85 cm. El tratamiento T8 en la etapa de prefloración presentó un diámetro inicial 0.77 cm e incrementa 0.19 cm en la etapa de floración. Para el tratamiento T9 tiene un diámetro del tallo en

prefloración de 0.82 cm, incrementando en floración a 1.18 cm. El tratamiento T10 tiene un diámetro del tallo en prefloración de 0.67 cm, mientras que en floración alcanza el mayor diámetro con un valor de 1.2 cm.

En la etapa de prefloración el tratamiento que presentó el mayor diámetro del tallo fue el T4 con un valor de 1.02 cm. Con valores intermedios está los tratamientos T1, T2, T3, T5, T6, T7, T8 y T9 con datos similares y valores que están dentro del rango de 0.79 a 0.83 cm. Finalmente, el menor diámetro se obtuvo con el tratamiento T10 con un valor de 0.67 cm.

Para la etapa de floración el diámetro es similar para los tratamientos T1, T4, T9 y T10 con valores que están en un rango de 1.08 a 1.2 cm, siendo el T10 quien obtuvo el mayor diámetro. Con datos similares y diámetros de tallo inferiores a los mencionados están T3, T5, T6, T7 y T8 con un promedio de 0.93 cm. El menor diámetro se obtuvo con el tratamiento T2 (0.86 cm) (Anexo 8).

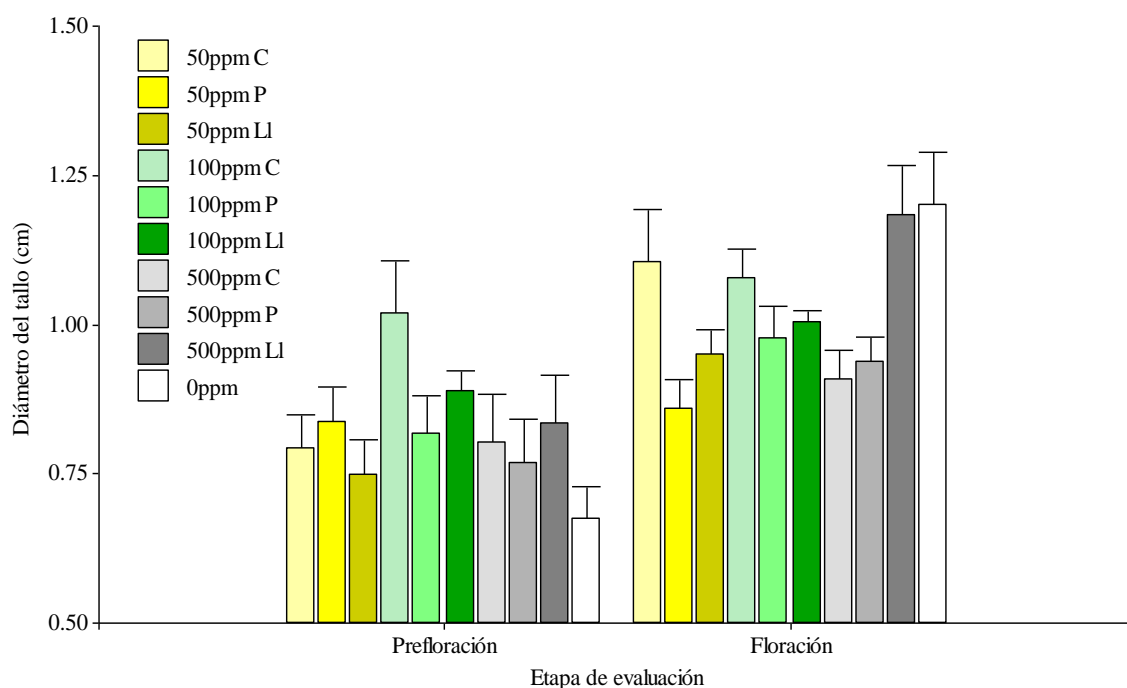


Figura 25. Diámetro del tallo del fréjol bajo la aplicación de distintas dosis de giberelinas en diferentes etapas fenológicas (Fisher,0.05) (n= 180).

De acuerdo con los resultados mencionados, el diámetro del tallo en la etapa de prefloración, con las dosis de 100 ppm en combinación (V3, R5 y R8), fue superior en un 22.5% en comparación con el testigo y los demás tratamientos. Algo semejante ocurre en el estudio realizado por Atal (1961), donde aplicó 100 ppm de giberelinas en yute, consiguiendo plantas más robustas y de mayor diámetro, teniendo un aumento promedio del 250% en comparación con el testigo. esto se atribuye a que la giberelina permite mejorar las características morfológicas de la planta mediante el aumento del número y la elongación de las células, lo cual no solo permite el incremento en altura del tallo si no de un aumento en longitud de

la región internodal del mismo (Feucht y Watson, 1958). Así mismo, Ortega, Ocampo, Martínez, Pérez, y Sánchez (2013), en su investigación en tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), realizaron la aplicación de giberelinas cuando apareció la primera hoja verdadera de la planta, y observaron que el diámetro del tallo tuvo un incremento del 20% en comparación al testigo, esto se debe a que las giberelinas estimulan la división celular en el ápice del tallo, permitiendo así el incremento del diámetro del tallo.

Por otro lado, en la etapa de floración los resultados muestran las dosis de 50 y 100 ppm aplicadas en etapas tempranas en combinación, obtuvieron un mayor diámetro del tallo en un 14.16% en comparación a los demás tratamientos. Es importante señalar que los tratamientos aplicados en la etapa de llenado de vaina y el testigo no tuvieron influencia en esta variable, debido a que la giberelina fue aplicada después de haber pasado el tiempo de floración, no obstante de acuerdo a los resultados obtenidos las plantas correspondientes al tratamiento 500 pp en llenado de vaina y el testigo, presentaron diámetros similares a los aplicados en etapas tempranas en combinación.

Se puede observar que los datos del diámetro del tallo varían de acuerdo a la etapa fenológica, esto se debe a que el tallo del fréjol tiene dominancia apical en sus primeras etapas de desarrollo, lo que le permite obtener un diámetro superior al de las ramas (FAO, 2015), además el diámetro del tallo es determinado por la variedad y la etapa de desarrollo en la que se encuentre (Debouck y Hidalgo, 1985).

Se observó en la floración que el tratamiento de 500 ppm en combinación, en la variable altura de la planta fue uno de los tratamientos que obtuvo la mayor altura, sin embargo, su diámetro no está dentro de los más altos, demostrando así que las giberelinas no siempre estimulan la formación de plantas de mayor altura y mayor diámetro. Contrastando a esto Nemhauser, Hong y Chroy (2006), señalan que las giberelinas aplicadas de manera exógena promueven y aumentan la proporción de células que entran a división celular, formando tallos de mayor altura y de manera correlacional de mayor diámetro (Salisbury y Ross, 1994). De la misma manera se puede observar que los tratamientos de 0 ppm y 500 ppm en llenado de vaina son los que mayor diámetro del tallo tienen, sin embargo, tienen alturas menores, es decir, las plantas sin tratamiento desarrollaron sus estructuras de manera normal.

4.1.6. Número de flores

Los resultados de los análisis estadísticos muestran que para la variable número de flores, existe interacción entre los factores: días y tratamientos ($F= 22.20$; $gl= 9$, 578; $p < 0.0001$), tal como se muestra la Tabla 11.

En la Figura 26, indica que se tuvo dos floraciones. En la primera floración, que fue a los 54 días, se obtuvieron los siguientes valores con respecto a la variable número de flores: T1 65.50, T2 60.40, T3 27.77, T4 59.70, T5 48.73, T6 30.67, T7 68.83, T8 40.63, T9 32.90 y

T10 38.73. El tratamiento que mayor número de flores tuvo fue el T7 y el que produjo el menor número de flores fue el T3.

Tabla 11

ADEVA del número de flores en el cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L), con la aplicación de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Días	1	578	2389.72	<0.0001
Tratamiento	9	578	30.53	<0.0001
Días: Tratamientos	9	578	22.20	<0.0001

Para la segunda floración que fue a los 78 días, el tratamiento T1 con una media de 3.77 obtuvo el mayor número de flores. Con datos intermedios están los tratamientos T2, T4, T5, T7 y T8 con valores que están el rango de 1.80 a 3.53. Los tratamientos que menor número de flores presentaron fueron: T6 y T9 con valores de 0.43 y 0.69 respectivamente, mientras que los tratamientos T3 y T10 no presentaron floración (Anexo 9).

En la investigación se ha identificado que existe un mayor número de flores cuando la planta recibe dos aplicaciones de giberelinas, es decir, cuando se aplica en combinación (V3 y R5), en relación a los tratamientos donde se aplicó una sola vez (R5), no obstante, la aplicación de giberelina realizada en la etapa de llenado de vaina no tuvo influencia en esta variable porque la aplicación se realizó luego de la toma de datos de esta variable. Azcón y Talón (2013) explican que la giberelina modifica procesos reproductivos de las plantas, es así que controla de manera simultánea la inducción, crecimiento y producción de flores. Sharifuzzaman, et al. (2011) indican que la giberelina tiene la capacidad de aumentar el número de hojas y área de la hoja en la planta, lo que da como resultado la producción y acumulación de más fotosintatos, los cuales se desvían al sumidero (flor) y así se aumenta la producción de más flores.

Además, Lang y Reinhard (1961) indican que la giberelina en plantas enanas produce que se active la división celular en la parte subapical de la planta, dando como resultado el alargamiento del tallo, y de manera correlativa el incremento en la formación de las flores, no obstante la giberelina actúa de acuerdo a la especie vegetativa, en algunas plantas incrementa la formación de flores, mientras que en otras las inhibe. Concuere con lo que menciona Davies (1995) y Wen, Su, Maa, y Wang (2018), quienes indican que las giberelinas aplicadas al inicio del cultivo son eficaces promotoras del crecimiento, ya que permiten regular el transporte y partición de nutrientes de las hojas, contribuyendo a aumentar el largo del tallo e incrementar la formación de brotes florales en algunas plantas.

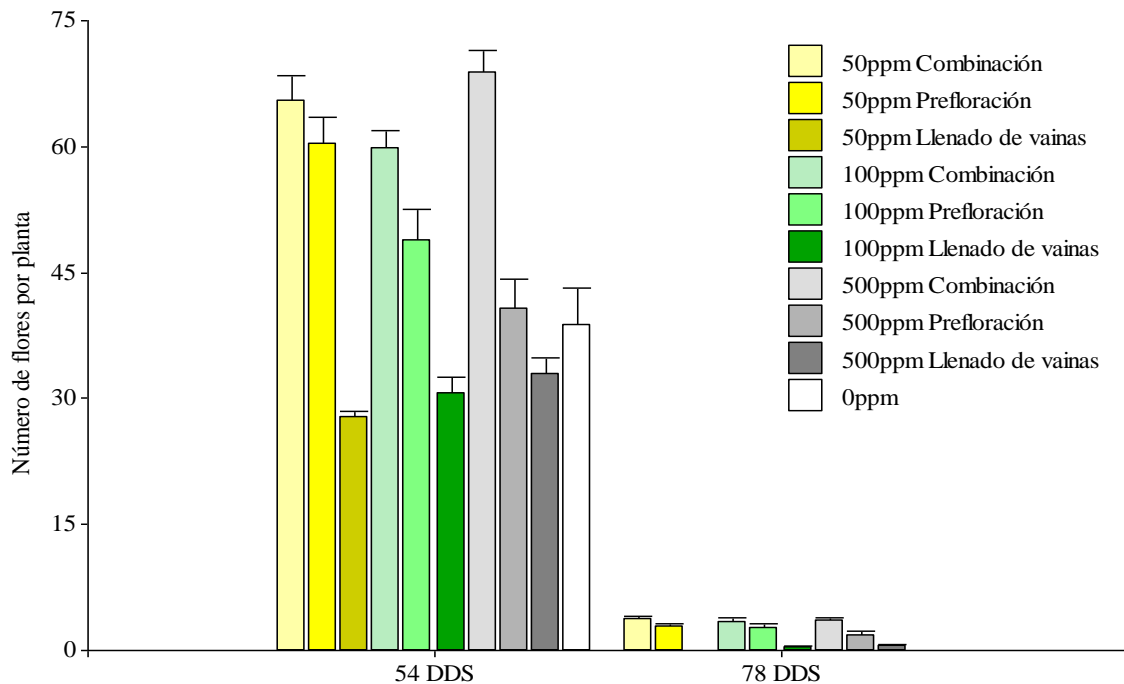


Figura 26. Número de flores por planta en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas, en diferentes etapas fenológica (Fisher,0.05) (n= 600).

En días posteriores la recolección de datos de la primera floración se observó una abscisión de las flores, sin embargo, 24 días después de haber realizado la aplicación de las giberelinas en la etapa de llenado de vaina se pudo observar una segunda floración. Stowe y Yamaki, (1958), mencionan que las giberelinas en plantas con floración de días cortos, puede inhibir la floración, pero en otras plantas de esta clase aumenta la cantidad de flores impidiendo que esta se desarrolle de manera normal. Esta información concuerda con el estudio realizado por Castro y Bergemann (1973), en el cual las concentraciones de 50 y 500 ppm aplicadas a los 30 días de siembra del fréjol permitieron obtener una media de 73.9 flores, siendo superior al testigo en un 59.14%. Además, indican que hubo una mayor floración 40 días después de la siembra, y que entre los días 42 y 47 hubo una disminución de la floración, sin embargo, a los 47 y 50 días hubo nuevamente un leve incremento de la floración.

4.1.7. Área foliar

En los análisis de varianza para la variable área foliar, muestra que no existe interacción entre los factores: etapa de evaluación y tratamiento ($F= 1.05$; $gl= 27,312$; $p= 0.3963$). Sin embargo, se registraron diferencias significativas entre etapas de evaluación ($F= 28.65$; $gl= 312, 3$; $p < 0.0001$). Con respecto al factor tratamiento, también existieron diferencias ($F= 4.30$; $gl= 9, 312$; $p < 0.0001$) (Tabla 12).

Tabla 12

ADEVA del área foliar en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la aplicación de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Etapas de evaluación	3	312	28.65	<0.0001
Tratamiento	9	312	4.30	<0.0001
Etapas de evaluación: Tratamientos	27	312	1.05	0.3963

En la Figura 27, se observa que la mayor área foliar se obtuvo en las etapas de llenado de vaina, floración y formación de vaina, que comparten datos estadísticos similares con promedio de 1102 cm², mientras que en la etapa de prefloración se obtuvo la menor área foliar con una media de 542.31 cm² (Anexo 10).

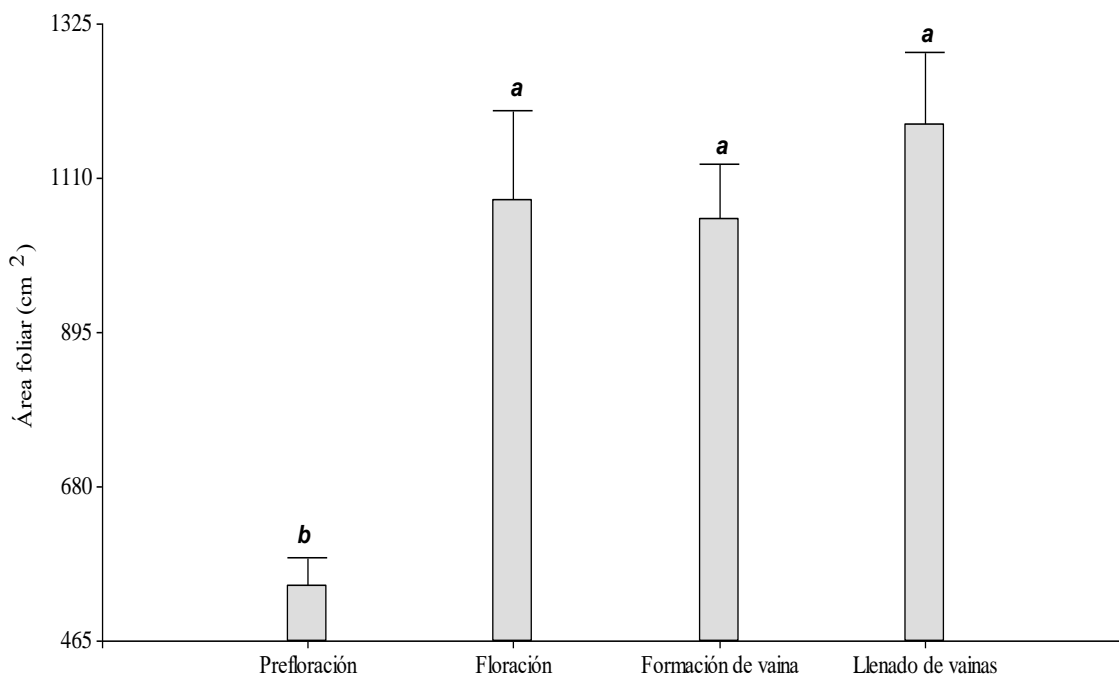


Figura 27. Área foliar en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en distintas etapas fenológicas del cultivo. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 360).

La investigación reveló que el área foliar de la planta tiene un incremento en función a la etapa fenológica del cultivo, en prefloración son bajos los niveles de área foliar, y tiene un incremento de un 83.60% en las etapas de floración, formación de la vaina y llenado de la vaina. Díaz, Acosta, Amador y Padilla (2008), indican que el área foliar va incrementando a

media que avanza cada etapa fenológica del cultivo de fréjol, por lo cual en la etapa de floración alcanza los valores más altos y luego este valor va aumentando en menor proporción en las siguientes etapas. Sin embargo, en el llenado de vaina este valor puede bajar debido a los cambios y ajustes de la relación fuente/sumidero, lo que indica que el tallo, raíces y hojas son las fuentes de los fotosintatos, y las vainas y semillas son los órganos demandantes (Vallejo y Kelly, 1998).

En la Figura 28, los tratamientos que mayor área foliar presentaron son T1, T4 y T9 con valores de 1161.29, 1351.38 y 1346.36 cm², respectivamente. Con áreas foliares inferiores y con datos similares a las mencionadas están: T2, T3, T5, T6 y T7 con un promedio de 867.272 cm², según el orden mencionado. Los tratamientos que obtuvieron la menor área foliar son T8 con 671.61 cm² y T10 753.55 cm² (Anexo 11).

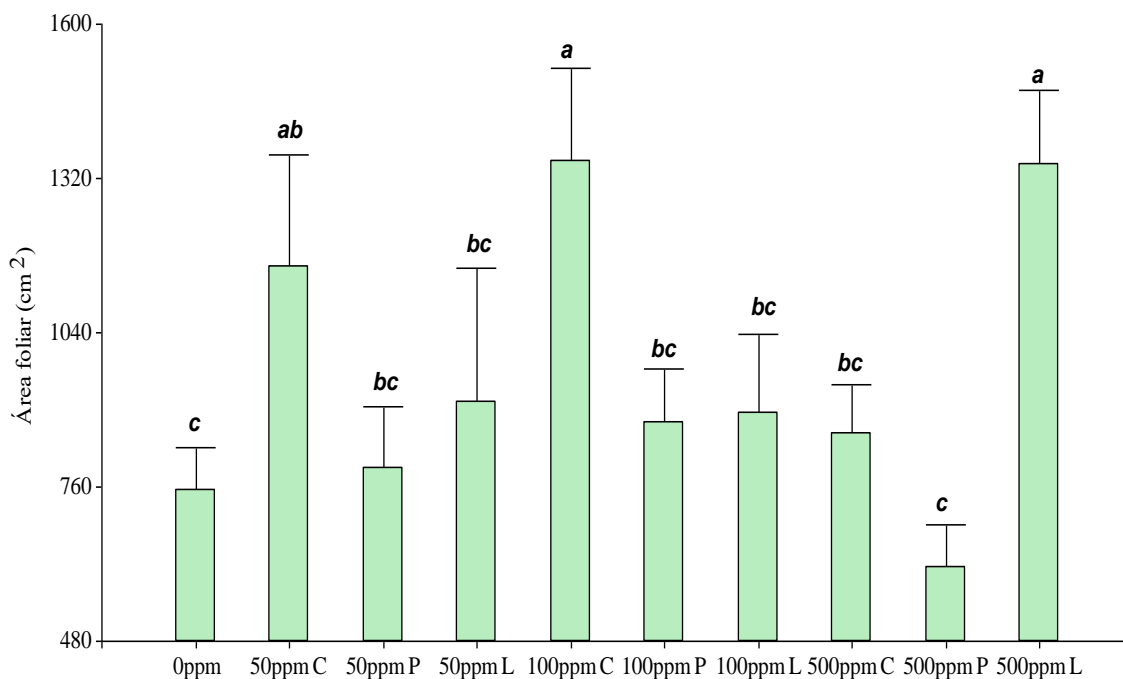


Figura 28. Área foliar con la aplicación de distintas dosis de giberelinas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher, 0.05) (n= 360).

Con respecto a los tratamientos, los resultados muestran al aplicar dosis de 50 y 100 en combinación y 500 ppm en la etapa de llenado de vaina de giberelinas, incrementaron el área foliar en un 40.37% en comparación con el testigo y el resto de los tratamientos. En efecto, Wittwer y Bukovac (1958), fréjol observaron que la aplicación de giberelinas aumentó el área foliar en un 16% en comparación con el testigo, esto se debe a que las giberelinas promueven el alargamiento y expansión de las hojas, a través del incremento de la división celular.

Se observa que la aplicación de 50 ppm y 100 ppm de giberelinas en combinación causa un incremento gradual a medida que se aumenta la dosis. Corroborando con lo mencionado

Emongor (2007) aplicó dosis de 30, 60 y 90 ppm en judías y el área foliar por planta fue aumentando de manera lineal al aumentar la concentración de giberelina, debido a que la giberelina promueve la rápida transformación de los primordios foliares y una mayor expansión foliar (Ortega, Ocampo, Martínez, Pérez, y Sánchez, 2013). Contrastando a lo mencionado Monselise y Halevy (1962), aplicaron dosis desde 50 a 1600 ppm de giberelinas en cítricos y sus resultados mostraron que a partir de los 400 ppm de giberelinas el área foliar de la planta iba disminuyendo, debió que se produce la deficiencia de nutrientes, especialmente el nitrógeno lo que limita el crecimiento y desarrollo de las hojas

Las giberelinas aplicadas en una etapa apropiada tienen la capacidad de aumentar el área de la hoja, lo cual quiere decir mayores enzimas fotosintéticas, lo que permite tener una mayor intercepción de la radiación fotosintética activa, mejorando de esta forma la fuente y la utilización de los nutrientes para la formación de los órganos reproductores (semillas y vainas) (Iqbal, et al., 2011). Por otro lado, se aprecia que las giberelinas no siempre aumentan el área foliar es así como, el tratamiento T8 (500 ppm en prefloración) obtuvo datos similares al testigo.

4.1.8. Clorofila

En los análisis de varianza con respecto a la variable contenido de clorofila, muestra que existe interacción entre los factores: etapa de evaluación y tratamiento ($F= 25.46$; $gl= 27,3557$; $p<0.0001$) (Tabla 13).

Tabla 13

ADEVA de la concentración de clorofila en el cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L), con la aplicación de giberelinas en diferentes etapas fenológicas

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Etapa de evaluación	3	3557	187.01	<0.0001
Tratamiento	9	3557	96.10	<0.0001
Etapa de evaluación: Tratamientos	27	3557	25.46	<0.0001

En la Figura 29, se puede observar que la clorofila varía de acuerdo con las etapas fenológicas y tratamientos. El tratamiento T1 presentó los siguientes contenidos de clorofila: en prefloración $230.42 \mu\text{mol}/\text{m}^2$, en floración $327.49 \mu\text{mol}/\text{m}^2$, en formación de vaina $281.9 \mu\text{mol}/\text{m}^2$; y, en la etapa de llenado de la vaina $199.69 \mu\text{mol}/\text{m}^2$. El contenido más alto de clorofila se dio en la etapa de floración; mientras que, el contenido más bajo de clorofila se presentó en la etapa de llenado de vaina.

Para el tratamiento T2, en la etapa de prefloración, el contenido de clorofila fue de 189.69 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. A medida que avanza las etapas, la clorofila fue incrementando hasta la etapa de formación de vainas, con un valor de 212.61 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$; sin embargo, en la etapa de llenado de vaina, el nivel de clorofila bajó a 190.46 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$, contenido de clorofila similar el encontrado en la etapa de prefloración.

El tratamiento T3, en la etapa de prefloración, tuvo un contenido de clorofila de 195.84 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. En la etapa de floración, este valor incrementó a 274.28 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$; sin embargo, en la etapa de formación de la vaina, el contenido de clorofila disminuyó a 215.15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$; y, volvió a tener un incremento, en la etapa de llenado de vaina, con un valor de 295.56 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$.

El T4 comenzó con un contenido de clorofila de 253.35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ en la etapa de prefloración. En la etapa de floración, la clorofila incrementó 25.36 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$; mientras que, desde la etapa de formación de vainas, con un valor de 314.98 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$, la clorofila disminuyó hasta tener el menor contenido en la etapa de llenado de vaina (204.24 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$).

El tratamiento T5 en la etapa de prefloración tiene un contenido de clorofila de 170.11 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$, que va en aumento hasta alcanzar las etapas de floración y formación de vaina, con valores similares de 216.20 y 219.96 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$, respectivamente. Finalmente, el contenido de clorofila desciende en la etapa de llenado de la vaina a un valor de 169.29 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$, similar al encontrado en la etapa de prefloración.

El tratamiento T6 presentó un contenido de clorofila que fue incrementando de manera gradual en cada etapa fenológica, mostrando los siguientes valores: 190.80, 217.10, 238.19 y 258.97 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$.

El tratamiento T7, en la etapa de prefloración, alcanzó un contenido de clorofila de 240.67 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$, mismo que ascendió en las etapas de floración y formación de vaina, hasta lograr un promedio de 296.715 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. En la etapa de llenado de vaina se observó el contenido más bajo de clorofila (157.09 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$).

El tratamiento T8, en la etapa de floración, obtuvo un contenido de clorofila de 161.85 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$, llegando a tener el pico más alto en la etapa de floración, con un valor de 225.22 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. Para la etapa de formación de las vainas este valor disminuyó a 167.23 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ y se incrementó nuevamente a 210.44 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ en la etapa de llenado de vaina, mismo que fue similar al obtenido en la etapa de prefloración.

En la etapa de prefloración, el tratamiento T9 mostró un contenido de clorofila de 206.91 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. En la floración este contenido fue de 270.45 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$, que es similar al obtenido en la etapa llenado de vaina. En la etapa de formación de la vaina el contenido de clorofila decreció a un valor de 245.67 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. Finalmente, este valor tuvo un aumento de 31.26 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ en la etapa de llenado de vaina.

El tratamiento T10, en la prefloración alcanzó un contenido de clorofila de 222.68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. Su contenido más alto lo presenta en la etapa de floración (317.45 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$). En las etapas de formación de la vaina y llenado de la vaina la concentración de clorofila descendió hasta mostrar un promedio de 285.56a $\mu\text{mol}/\text{m}^2$.

Sin considerar que existan o no diferencias estadísticas en la concentración de clorofila para cada tratamiento, en las distintas etapas evaluadas, se puede apreciar ciertas tendencias en el comportamiento de esta variable. Para los tratamientos T8, T9 y T3 el contenido de clorofila tiende a incrementar en la etapa de floración, disminuir en la etapa de formación de vainas, e incrementar nuevamente en la etapa de llenado de vaina. En los tratamientos T1, T4, T10 la concentración de clorofila tiende a subir en la etapa de floración y bajar gradualmente hasta la etapa de llenado de vainas. En los tratamientos T2, T5 y T7, la concentración de clorofila tiende a incrementarse hasta la etapa de formación de vainas y luego descender en la etapa de llenado de vainas. El tratamiento T6 muestra una tendencia distinta, pues la concentración de clorofila subió constantemente a lo largo de todas las etapas evaluadas.

Por otro lado, en cuanto a las etapas fenológicas se observó que en la etapa de prefloración el contenido más alto de clorofila se presentó en los tratamientos T4 (253.35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$) y T7 (240.67 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$). Con contenidos intermedios están los tratamientos T1, T2, T3, T6, T9 y T10 con los siguientes valores 230.43, 189.69, 195.84, 190.80, 206.91 y 222.68 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$, respectivamente. El contenido más bajo de clorofila lo obtuvieron los tratamientos T5 y T8, con un promedio de 165.98 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$

Para la etapa de floración podemos observar que los tratamientos con mayor concentración de clorofila fueron T1, T4 y T10 con promedios de 327.49, 336.33 y 317.47 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ respectivamente. Los tratamientos T3, T7 y T9 muestran concentraciones de clorofila inferiores con promedios de 274.28, 292.11 y 270.45 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ respectivamente. La concentración de clorofila fue similar para los tratamientos T5, T6 y T8, que mostraron valores promedios de, 216.28, 217.10 y 225.22 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ respectivamente. El tratamiento T2 con una concentración promedio de 202.4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ presenta la concentración más baja de clorofila.

En la etapa de formación de las vainas los tratamientos T4 y T7 con los valores de 314.98 y 301.33 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ contienen la concentración más alta de clorofila. Los tratamientos T1 y T10 presentan valores de 281.9 y 295.23 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ respectivamente, similares al T1 y T7. Con valores intermedios están los tratamientos T2, T3, T5, T6 y T9 que están dentro de los rangos 212.91 a 245.17 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. Finalmente, el tratamiento T8 obtuvo la menor concentración de clorofila, con un valor de 167.23 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$.

Para la etapa de llenado de vaina, el tratamiento T3 obtuvo la mayor concentración de clorofila con un valor de 295.56 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. Los tratamientos T6 (258.98 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$), T9 (27693 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$) y T10 (275.09 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$) presentaron contenidos de clorofila inferiores al mencionado. Los tratamientos T1, T2, T4 y T8, presentaron concentraciones de clorofila

similares con un promedio de 201.107 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. La concentración más baja de clorofila lo tuvieron los tratamientos T5 y T7 un promedio de 162.69 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ (Anexo 12).

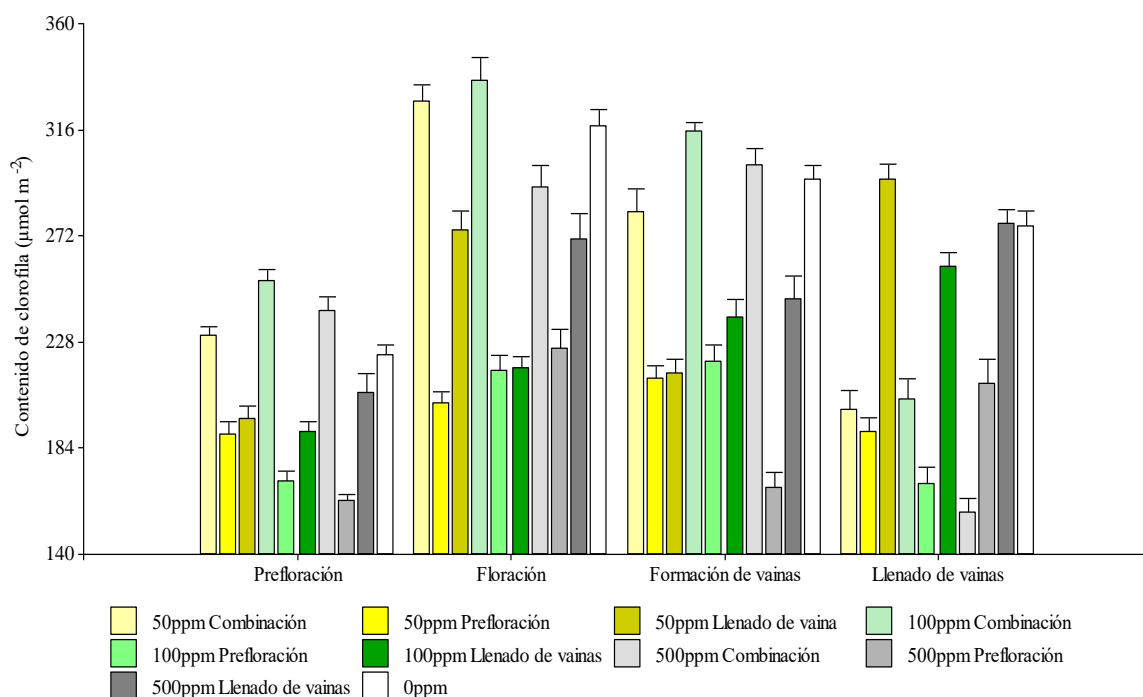


Figura 29. Contenido de clorofila [$\mu\text{mol}/\text{m}^2$] en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas y diferentes etapas fenológicas (Fisher, 0.05) (n= 3600).

Con referencia al contenido de clorofila, los resultados muestran que el comportamiento de la giberelina cambia de acuerdo a las dosis de giberelinas y la etapa de evaluación, es así que al aplicar giberelinas en combinación (V3, R5 y R8) en dosis de 50, 100 y 500 ppm, permite obtener un alto contenido de clorofila en las etapas de prefloración, floración y formación de la vaina, no obstante, en la etapa de llenado de vaina la aplicación en combinación de giberelina en dosis de 50, 100 y 500 ppm produjo la disminución del contenido de clorofila, y las hojas se volvieron de un color amarillento. Indicando así que, aplicar en combinación giberelinas tiene un efecto largo plazo, produciendo una reducción del contenido de clorofila, pues en las primeras etapas de medición se observa que la giberelina ayuda a obtener altos contenidos de clorofila, sin embargo, al llegar a la etapa de llenado de vaina se reduce.

Khandaker et al., (2013) aplicaron dosis de 50 y 100 ppm en manzana de cera y observaron que el contenido de clorofila se redujo de manera gradual en un 49.24 % en comparación con el testigo, según como transcurría su etapa fenológica. Stowe y Yamaki (1958) explican que esto se debe a que altas dosis de giberelinas a lo largo del ciclo del cultivo, producen una clorosis en las plantas por la insuficiencia de nutrientes, provocando la reducción del contenido de la clorofila. Estudios similares muestran que las giberelinas disminuyen el contenido de clorofila, Misra y Biswal (1980) observaron efecto de las fitohormonas en la degradación de clorofila durante el envejecimiento de los cloroplastos in vivo e in vitro.

Los mismos autores mencionan que, con concentraciones altas de giberelinas en trigo a medida que transcurría el tiempo, se produjo degradación de clorofila en las hojas, debido a que la mayoría nutrientes se movilizan hacia el ápice de los tallos, causando deficiencia de nutrientes en las hojas. Algo similar sucedió en plántulas de cítricos. Monselise y Halevy (1962) aplicaron dosis desde 50 hasta 1600 ppm y observaron que, al aplicar dosis de 400 ppm en adelante, producían una disminución del contenido de clorofila en la hoja. Dosis altas de giberelinas producen una reducción del número de cloroplastos en la hoja.

Es importante señalar que la época en la que se tomó la medición de los datos, influyó en obtener resultados variados en cuanto a la concentración de clorofila. Esto se puede evidenciar en el estudio realizado por, Matthew, Hofmann, y Osborde, (2009) quienes aplicaron dosis de 10 y 20 ppm de giberelinas a las dos semanas de siembra en trébol rojo, y 27 días después se tomó la lectura de la clorofila y encontraron que esta hormona produjo clorosis en las hojas por deficiencia de nitrógeno, razón por la cual el contenido de clorofila disminuyó. Esto se debe a que se aumentó la actividad fotosintética de la planta y el nitrógeno se movilizó a los tallos. Sajjad, Jaskani, Ashraf y Ahmad (2014), indican que dosis bajas de giberelinas permite incrementar el contenido de clorofila en la hoja es así que, aplicaron 1mM de giberelinas en gladiolos en tres etapas: a la aparición de las tres hojas, cinco hojas y la aparición de espigas florales. Producto de estas aplicaciones, se observó el aumento de la clorofila, la calidad y tamaño de los cloroplastos, el número de pigmentos fotosintéticos y carotenoides, que prevendrían que la clorofila se degrade.

Contrastando a lo mencionado en la presente investigación se puede observar que la dosis más baja de giberelina aplicada fue de 50 ppm en combinación es decir, en tres etapas (V3+R5+R8) y se obtuvo como resultado que en las etapas de prefloración, floración y formación de la vaina no se logró incrementar la concentración de clorofila en relación al testigo, sin embargo en la etapa del llenado de vaina provoca una mayor concentración de clorofila a la encontrada en el testigo, por lo cual es importante señalar que no se puede generalizar los resultados obtenidos en la presente investigación con los resultados encontrados en literatura por tres razones: La clorofila se produce de manera diferente en cada cultivo, 2) Las dosis aplicadas son distintas y, 3) las épocas de aplicación de la giberelina son distintas. Esto hace que los resultados obtenidos sean distintos.

Al aplicar giberelinas en la etapa de llenado de vaina, en una dosis de 50 ppm, permitió incrementar el contenido de clorofila. Algo similar obtuvieron, Sardoei y Shahdadneghad (2014), al aplicar dosis de 50 ppm, de manera foliar, en caléndula (*Calendula officinalis* L.), tuvieron un incremento del contenido de clorofila en un 30.64% en comparación con el testigo, debido a que la giberelina permite aumentar la síntesis de pigmentos fotosintéticos en la hoja. El ácido giberélico aumenta la concentración de clorofila en las hojas, el tamaño y número de cloroplastos; y, la morfogénesis ultraestructural de los plastos (Arteca, 1996). Así mismo, Wen, Su, Maa, y Wang, (2018), quienes aplicaron una dosis de 100 ppm de giberelina en *Camellia oleifera* Abel, cuando las hojas estaban bien expandidas y el

desarrollo del fruto estaba en una fase inicial. Esta aplicación permitió aumentar en un 100% el contenido de clorofila en las hojas en comparación al testigo.

Finalmente en la etapa de prefloración, se puede observar que la dosis de 500 ppm en combinación obtiene datos similares al testigo, de igual manera en la etapa de llenado de la vaina la dosis de 500 ppm aplicada en el llenado de vaina mantiene datos similares al testigo. Algo similar encontró Kazemi (2014) en su investigación aplicó giberelinas en tomate y notó que esta no tuvo ningún efecto en el contenido de clorofila, ya que tuvo datos similares al testigo.

4.1 Características de producción

4.2.1. Largo de la vaina

Los resultados de los análisis indican que para la variable largo de la vaina muestra que existieron diferencias significativas entre los tratamientos ($F=14.41$; $gl=9,742$; $p < 0.0001$).

En la Figura 30, se puede observar que las vainas más largas se obtuvieron con los tratamientos T3, T6, T9 y T10 con un promedio de 13.63 cm. Los tratamientos T1, T2, T4, T5 y T8 tienen datos inferiores a los anteriores y presentan datos que están en el rango de 12.38 a 11.41 cm. Finalmente, el tratamiento T7 fue el que tuvo la vaina más corta con una diferencia de 3.11 cm de los tratamientos que obtuvieron las vainas más largas (Anexo 13).

Los resultados revelaron que los tratamientos en los que se aplicaron giberelinas en combinación presentan menores largos de la vaina, mientras que al realizar las aplicaciones en la etapa de prefloración presentan una longitud intermedia de vainas. Finalmente, las aplicaciones realizadas en la etapa de llenado de vaina presentan la mayor longitud de vainas y estas a su vez son similares con el testigo.

La aplicación de 50 y 100 ppm de giberelinas en combinación (V3, R5 y R8) y una dosis de 500 ppm en prefloración, obtuvieron vainas más cortas en un 9.44% en comparación a lo característico de la variedad (12 -13 cm); sin embargo, obtuvieron mayor área foliar. Por otro lado, al aplicar una dosis de 500 ppm en combinación se observó que obtuvo una menor área foliar y de manera correlacional vainas cortas lo que indica que no hubo la disponibilidad de nutrientes para la formación adecuada de las vainas (Escalante, 1999). En contraste con lo anterior, Rathod, et al. (2015) en estudio en fréjol, donde aplicaron dosis de 50 y 100 ppm en etapas tempranas, obtuvieron vainas más largas con una media de 19.34 cm, superior en un 85% al testigo, lo atribuye al mayor número de hojas por planta que permitió incrementar el número de fotoasimilados disponibles para formación de vainas y semillas.

Por otro lado, el aplicar giberelinas en la etapa de llenado de vainas estas fueron más largas un 9.82% en comparación al largo de la variedad que es esta entre los rangos de 12 - 13 cm (INIAP, 2009). Además, se puede observar que al realizar aplicaciones de giberelinas en

etapas tempranas (una sola aplicación o en combinación) reduce el largo de las vainas. La aplicación de giberelinas en una etapa tardía (R8) no disminuyó el largo con relación al testigo. Contrario a lo mencionado García, Sponsel y Gaskin, (1987), en *Pisum sativum* aplicaron giberelinas en dosis de 0 a 20 ppm en la etapa R8 del cultivo, y observaron que a medida que se incrementaba la dosis de giberelina se incrementaba el tamaño de la vaina, encontrando una correlación entre los niveles de giberelina aplicados y el tamaño de la vaina. Lo que quiere decir que la presencia de mayores cantidades de giberelinas en el desarrollo temprano de las vainas permite aumentar su tamaño debido a que la giberelina no solo permite la acumulación de carbonos, el alargamiento y división celular, también permite la retención de agua, factor importante en el desarrollo de la semilla y vaina (Zhang, Tanabe, Tamura, Matsumoto y Yoshida, 2005).

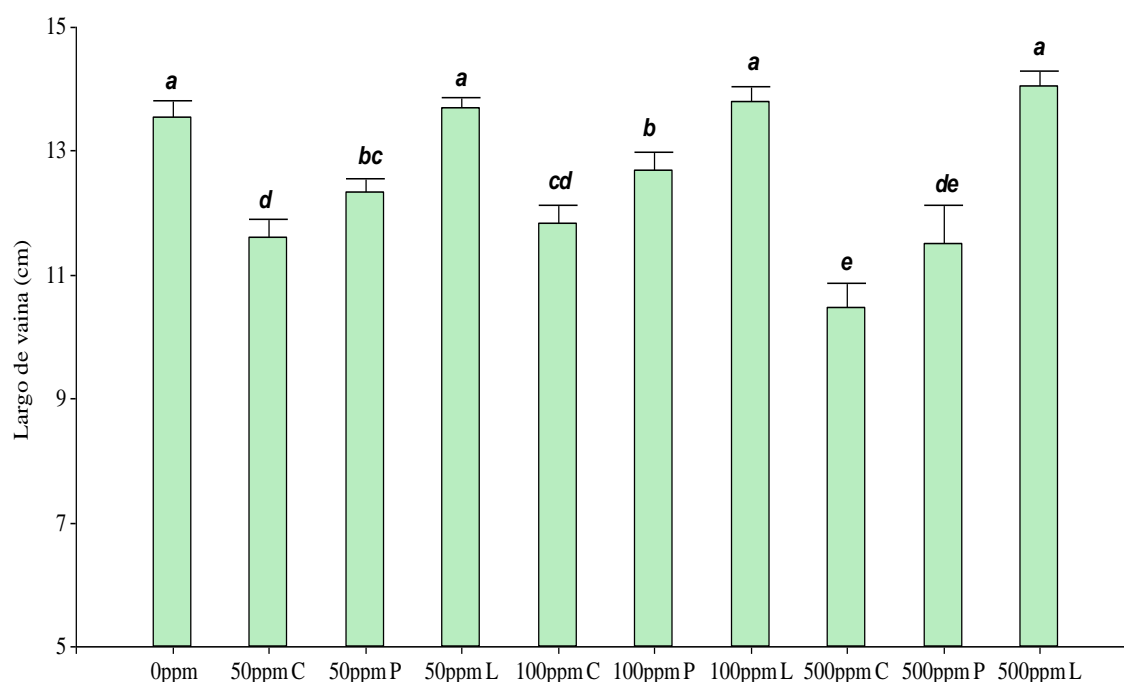


Figura 30. Largo de la vaina (cm) en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 1500).

Además, se puede ver que las giberelinas al ser aplicadas en la etapa de llenado de vaina no tuvieron efecto significativo estadísticamente en el largo de la vaina en relación al testigo. Algo similar ocurrió en la investigación de Mohammadi et al. (2014), en la cual aplicaron dosis de 50 y 100 ppm de giberelina en cultivares de Okra, en la etapa de llenado de vaina, y esta no mostró un incremento en el largo de la vaina, pues obtuvo datos estadísticamente similares al testigo, esto lo atribuyen a que las características de ancho y largo de la vaina están determinadas por la variedad, es por eso que la giberelina tuvo una influencia leve en esta variable.

4.2.2. Ancho de la vaina

El análisis de varianza de la variable ancho de la vaina reveló diferencias significativas entre tratamientos ($F= 5.65$; $gl= 9, 731$; $p<0.0001$).

En la Figura 31, muestra que el tratamiento T4 presenta un ancho de vaina intermedio entre estos dos grupos (T1, T2, T3, T5, T6, T9 y T10), y (T7, y T8). Siendo el tratamiento T6 el que presentó la vaina más ancha con el valor de 1.15 cm y la de menor ancho fue T7 con un valor de 0.95 cm (Anexo 14).

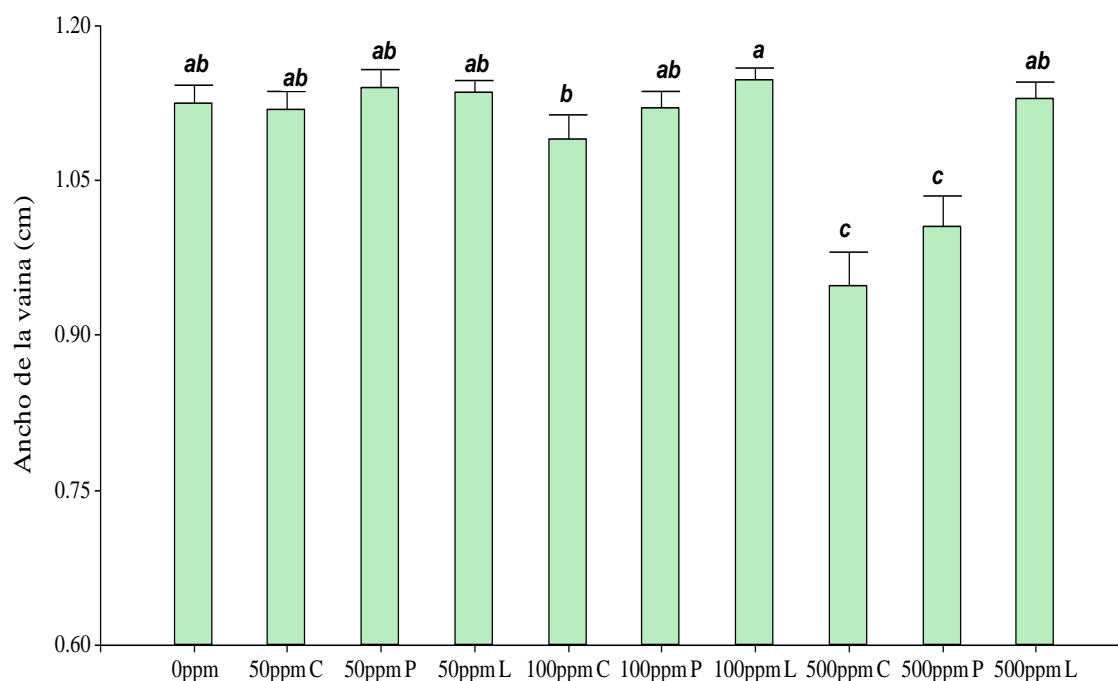


Figura 31. Ancho de la vaina (cm) en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la aplicación de distintas dosis, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) ($n= 1500$).

Los resultados muestran que, al aplicar dosis de 500 ppm en etapas tempranas, ya sea de forma individual o en combinación, presentan vainas 15. 8% más angostas que los demás tratamientos y el testigo. De la misma manera, con la misma dosis se obtuvo vainas de menor longitud en un 15.24% en comparación a los demás tratamientos y el testigo. Posiblemente esto se deba a que la dosis de 500 ppm en combinación presentó una menor concentración de clorofila en las diferentes etapas evaluadas, lo que indica obtener bajos contenidos de clorofila reduce acumulación y distribución de fotosintatos hacia los órganos sumidero (vainas y semilla) (Haiyan, Bedgood, Bishop, Prenzler y Robards, 2007). Contrastando a lo mencionado se observa que la aplicación de 500 ppm de giberelinas en la etapa de prefloración obtuvo vainas pequeñas y de menor ancho, sin embargo, presenta mayor contenido de clorofila que otros tratamientos que presentan mayor ancho de vaina.

Por otro lado, al aplicar dosis de entre 50 y 100 ppm en las diferentes etapas fenológicas y 500 ppm en llenado de vaina, no tuvieron influencia en esta variable pues se obtuvo datos similares al testigo. De igual modo ocurrió en el estudio de Mohammadi, et al , (2014), donde aplicaron dosis de 50 y 100 ppm de giberelina a una etapa temprana en cultivares de Orka, y el ancho de la vaina presentó datos similares al testigo.

Siguiendo con el análisis, se observa que una dosis de 500 ppm aplicado en prefloración reduce el ancho y largo de la vaina, algo similar ocurrió en dos variedades de tomate (Alboran y Torrano) donde aplicaron dosis de 50, 100 y 500 ppm en prefloración y observaron que estas dosis en relación al testigo redujeron la calidad del fruto, obtenido muy pocos frutos de primera calidad (grandes) y más de tercera y cuarta calidad (Serna, Hurtado y Ceballos,2017) .

Sin embargo, al realizar aplicaciones de 500 ppm de giberelinas en etapas tardías no se nota el efecto reductor en cuanto al ancho y largo de la vaina, contrastando con lo mencionado Quintero, Herrera y Sanabria (2013) se realizaron en fresa aplicaciones de dosis de 300, 600 y 900 ppm de giberelinas cuando el fruto presentaba una longitud de 2 a 3 mm y obtuvieron como resultado que en cuanto a longitud las fresas tratadas con giberelinas fueron 6.1 mm más grandes en relación al testigo y en cuanto al diámetro del fruto (ancho) no se presentaron diferencias estadísticas significativas, lo cual se atribuye a que la giberelina interviene en la expansión celular lo que permite incrementar el volumen del fruto (García y Hedden, 1997).

4.2.3. Largo de la semilla

Los resultados con respecto al largo de la semilla de fréjol muestran que existieron diferencias significativas entre los tratamientos ($F= 10.80$; $gl= 9, 70$; $p < 0.0001$).

En la Figura 32, muestra que el tratamiento T2 con una media de 17.95 cm tiene la mayor longitud de la semilla. T5, T7 y T10 (testigo) mostraron valores menores en un rango de 15.19 a 17.00 cm. Finalmente, T1, T3, T4, T6, T8 y T9 muestran valores intermedios que están en el rango de 17.00 a 17.73 cm (Anexo 15).

Los resultados muestran que al aplicar 50 ppm de giberelina, en la etapa de prefloración, se obtuvieron semillas más largas; sin embargo, se debe agregar que las vainas para este tratamiento tuvieron un largo inferior al del testigo, además se obtuvieron un menor número de granos por vaina en comparación a lo característico de la variedad. Lo que indica que el ácido giberélico aplicado una sola vez en la etapa de prefloración reduce el tamaño y número de vainas por planta, pero incrementa la longitud de las semillas.

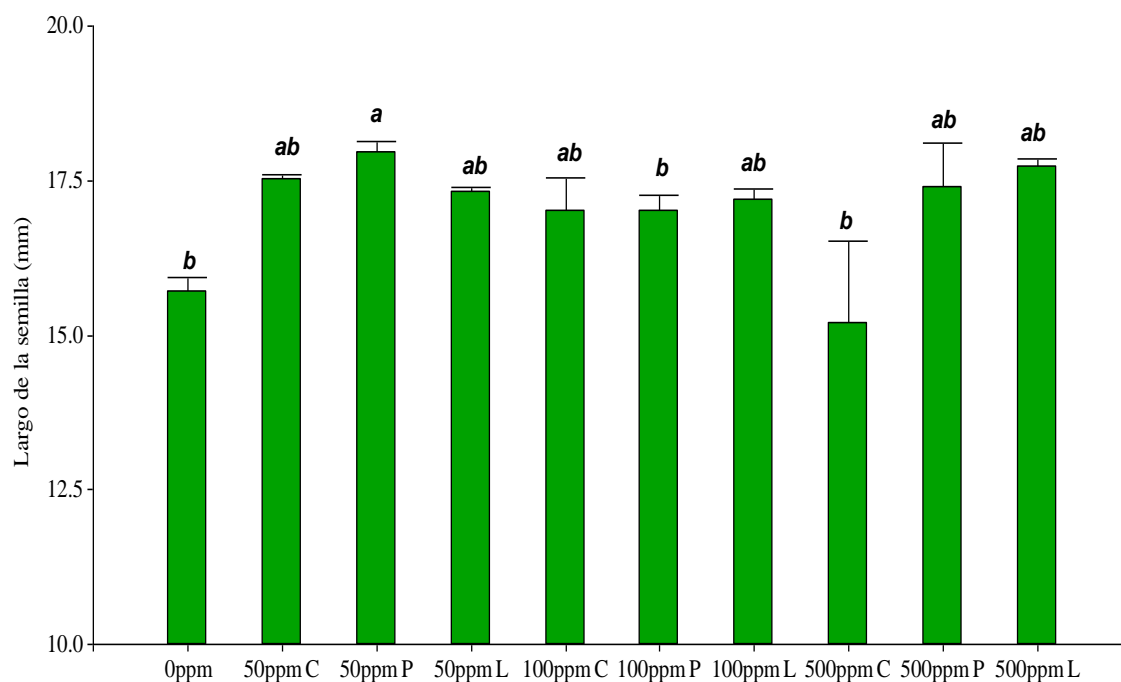


Figura 32. Largo de la semilla (cm) en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 82).

4.2.4. Ancho de la semilla

El análisis estadístico determinó que existe diferencias entre tratamientos, con respecto a la variable ancho de la semilla ($F= 9.73$; $gl= 9,70$; $p<0.0001$).

En la Figura 33, se observa que los tratamientos: T1 (8.56 cm), T2 (8.54 cm), T3 (8.24 cm), T4 (8.18 cm), T5 (8.05 cm), T6 (8.46 cm), T8 (8.36 cm) y T9 (8.56 cm), tienen datos similares y obtuvieron el mayor ancho de la vaina. Mientras que, los tratamientos que presentaron el menor ancho de la semilla y tienen datos similares fueron T10 (7.38 cm) y T7 (7.06 cm) (Anexo 16).

Los resultados muestran que las aplicaciones de giberelinas promovieron a tener semillas más anchas a excepción de la dosis de 500 ppm en combinación, en relación con el testigo, lo cual se debe a que la aplicación de giberelinas durante la formación de frutos aumenta la división y crecimiento celular (Zhang, Tamura, Matsumo y Yoshida,2005). Asimismo, Chudamasa y Thaker (2007) indican que las vainas son parte de la ruta fuente-sumidero, es así como son los encargados de producir los fotosintatos y de suministrar los nutrientes a la semilla.

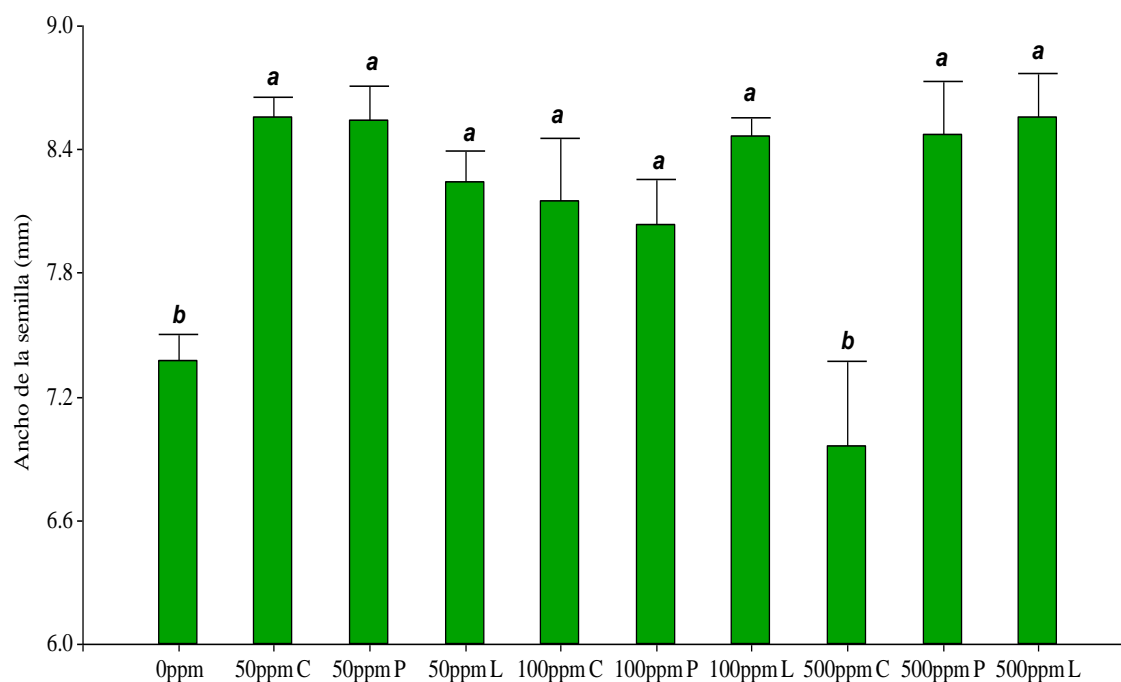


Figura 33. Ancho de la semilla (cm) en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la aplicación de diferentes dosis de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 82).

4.2.5. Número de vainas por planta

Los resultados de los análisis, con respecto a la variable número de vainas por planta indican que existe diferencias significativas entre tratamientos ($F= 7.27$; $gl= 9,288$; $p < 0.0001$).

En la Figura 34, indica que los tratamientos que obtuvieron el número máximo de vainas por planta son T3 con una media de 15.10, T6 con una media de 17.10 y T9 con una media de 17.10. Con datos intermedios a los mencionados están los tratamientos T2 (8.93), T4(7.28), T5 (9.03), T8 (7) y T 10 (11.80). Los tratamientos que produjeron el menor número de vainas son T1 con una media 5.37 y T7 con una media de 3.37 (Anexo 17).

De acuerdo con los resultados, se puede observar que la aplicación de giberelinas, en la etapa de llenado de vaina, incrementaron el número de vainas por planta en un 20.84%, en relación a las características descritas para la variedad INIAP 430 Portilla, que es de 13. Es así que mientras unas vainas se llenaban, la giberelina originó nuevas vainas. La giberelina, al ser aplicada en etapas reproductivas permiten distribuir de manera más eficiente fotoasimilados, especialmente la sacarosa, para crecimiento reproductivo, los cuales se dirigen a la formación y al incremento de vainas, de esta forma permite mejorar el índice de cosecha para algunos cultivos, es decir, transloca y acumula azúcares en vaina y semilla, al mejorar la eficiencia fotosintética y reducir la respiración (Dathe, Castro, Lopez y Sembdner, 1986; Ouzounidou, et al. 2010; Kuiper, 1993).

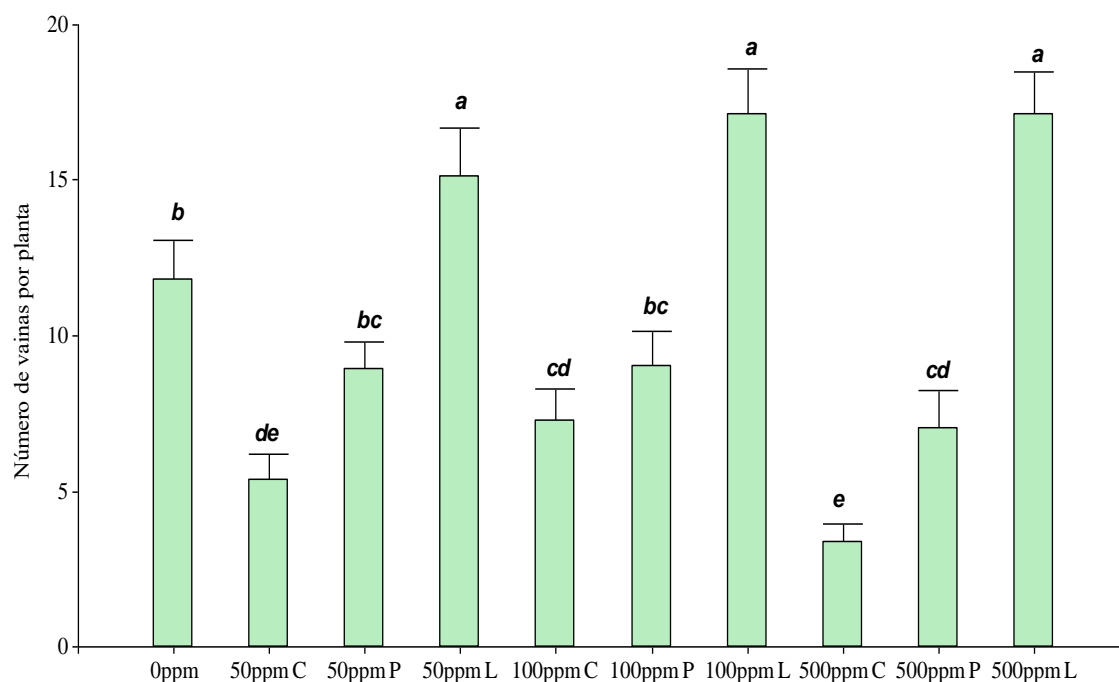


Figura 34. Número de vainas por planta en el cultivo de fréjol (*Phseolus vulgaris* L), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas en distintas etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 300).

Por otro lado, se puede asumir que, al aplicar las concentraciones de 50, 100 y 500 ppm, en etapas tempranas (primera hoja trifoliada y prefloración), el número de vainas por planta disminuye en relación al testigo. Esto es explicado por Birnberg y Brenner (1987) quienes aplicaron giberelinas en soja y observaron que la giberelina aplicada antes de la floración tiende a disminuir el número de vainas por planta aproximadamente en un 32% en comparación con la producción característica de la variedad, debido a que la planta utilizó los fotoasimilados para la formación de tallos y hojas y quedaron pocos nutrientes para la formación de vainas, es decir tiene un déficit nutricional, en cambio si se aplica la giberelina después de la floración el número de vainas se desarrolla de manera normal. Esto explica por qué al realizar aplicaciones de giberelinas en la etapa de llenado de vaina se obtuvo mayor número de vainas en relación con el testigo.

Contrario a lo mencionado, en el estudio realizado por Rathod, et al. (2015), en el que aplicaron una concentración de 50 y 100 ppm de giberelinas en fréjol francés, en etapas tempranas, observaron un incremento en el número de vainas por planta de 4.17 vainas en comparación al testigo, aunque fueron vainas verdes y no en seco como se evaluó en este estudio. Así mismo, Emongor (2007), realizó la aplicación de giberelinas en dosis de 30, 60 y 90 ppm en judía (*Vigna unguiculata* L.) Walp.) 7 días después de la emergencia, y produjeron una media de vainas por planta de 14.66, obteniendo un 31.79 % más de vainas en comparación con el testigo.

4.2.6. Número de granos por vaina

Una vez realizado el análisis estadístico se muestra que si existe diferencias significativas entre tratamientos con respecto a la variable número de granos por vaina ($F= 9.94$; $g_l= 9,76$; $p<0.0001$).

En la Figura 35, indica que los tratamientos que mayor número de granos por vaina tuvieron son: T6, T9 y T10 con valores de 2.46, 2.73 y 2.43, respectivamente. Con datos inferiores a los mencionados están los tratamientos T2, T3, T5, T7 y T8 con valores que están entre los rangos de: 0.93 a 2.34. Finalmente, los s tratamiento que menor número de granos por vaina fueron el T1 y T4 con los valores de 0.72 y 0.24 respectivamente (Anexo 18).

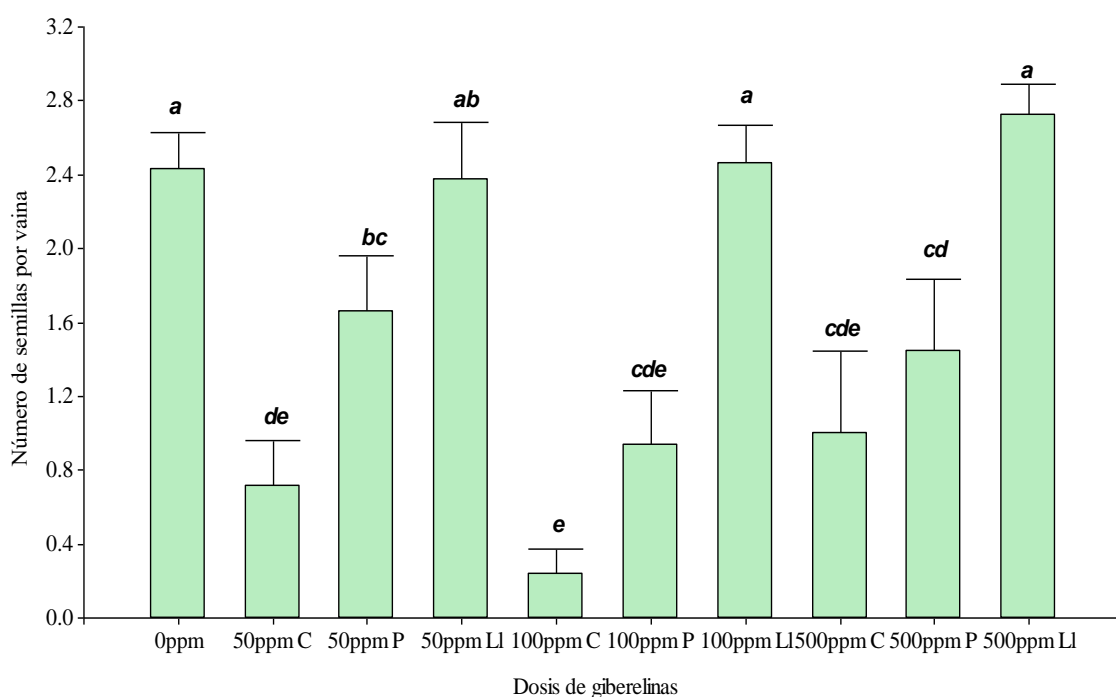


Figura 35. Número de semillas por vaina en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L), con la aplicación de distintas dosis giberelinas, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) ($n= 88$).

En los resultados se observa que todas las dosis de giberelinas disminuyeron en un 37.75%, el número de granos por vaina, en comparación con lo característico de la variedad INIAP 430 Portilla que es de 4 granos/vaina (INIAP, 2010), posiblemente esto se debe a que las semillas fueron semillas de mayor largo y ancho, lo que indica que se requirió un menor número de semillas para llenar una vaina.

Por otra parte, independientemente del número de granos por vaina reportado por el INIAP para esta variedad, se puede notar que, al aplicar giberelinas en la etapa de llenado de vaina, se obtuvo un mayor número de granos en relación con el testigo, ya que las giberelinas modifican los procesos reproductivos de las plantas, regulando así el cuajado, desarrollo y maduración de los frutos (Taiz y Zeiger, 2006). Mohammadi, et al. (2014) aplicaron

giberelinas, en concentraciones de 50 y 100 ppm, en cultivares de Oka en la etapa R8 y obtuvieron una media de número de granos por vaina de 484.3, siendo superior al testigo en un 54.9%. La aplicación exógena de giberelina en etapas posteriores a la floración, aumentan la bioactividad de giberelina endógena en las semillas, de esta manera incrementa la fuerza de este sumidero, ocasionando que todos los nutrientes se acumulen en la producción de semillas (Mahouachi, Gómez, Primo y Talon, 2005).

Adicionalmente, las dosis de giberelina aplicadas en la etapa de llenado de vaina produjeron un mayor número de vainas por planta y semillas por vaina en comparación al testigo y el resto de los tratamientos, además obtuvieron vainas de mayor largo y ancho en relación a los tratamientos que se aplicó en etapas tempranas (sea solo una vez o en combinación). Esta información concuerda con lo mencionado por Sawhney (1984), quien menciona que el número de semillas está correlacionado con el tamaño del fruto. Simultáneamente, la vaina juega un papel fundamental en la ruta fuente sumidero, ya que produce fotosintatos y entrega nutrientes a las semillas, por lo cual vainas grandes van a tener un mayor número de semillas que vainas pequeñas (Chudasama y Thaker, 2007). Por otro lado, Ozaga y Reinecke (1999) indican que las giberelinas inducen a la división, alargamiento y diferenciación celular, lo cual permite el desarrollo de los ovarios tanto fecundados como no fecundados en arveja. Sin embargo, los resultados de esta investigación muestran que al realizar aplicaciones de giberelinas en etapas tempranas (V3 y R5) se obtuvieron vainas de menor tamaño y por ende menor número de semillas por vaina.

4.2.7. Peso de 100 semillas

El análisis de varianza muestra que, si existe diferencias significativas entre tratamientos, con respecto a la variable de peso de 100 semillas ($F= 3.85$; $gl= 9,51$; $p=0.0009$).

En la Figura 36, se puede identificar que los tratamientos T9 con un valor de 62.33 g, T10 con un valor de 61.78 g, T6 con un valor de 61 g y T5 con un valor de 60.53 g tiene el mayor peso de 100 semillas sin embargo comparte datos similares con los tratamientos T3 con un valor de 59.78 g, T4 con un valor de 59.57 g y T8 con un valor de 58.60 g. Finalmente, el menor peso de 100 semillas se obtiene con los tratamientos T2 con un valor de 54.45 g, T1 con un valor de 53.13g y T7 con un valor de 49.46 g (Anexo 19).

En los resultados se puede observar que las aplicaciones de giberelinas en la etapa de llenado de vaina, 100 ppm en combinación, 100 y 500 ppm en prefloración y el testigo obtuvieron el mayor peso de 100 semillas en relación con el resto de los tratamientos, sin embargo, todos estos tratamientos incrementaron el peso de 100 semillas en un 2.49 g en relación a lo característico de la variedad INIAP 430 Portilla que de 59 g (INIAP,2010). Zhang y Whiting (2010), en cereza han observado que la giberelina aplicada 55 después de la floración y empezado la formación del fruto, permite que los carbonos se acumulen en los frutos, así mejorando su firmeza, la solubilidad total de sólidos y peso. En vid se incrementó el peso y tamaño del fruto, esto debido a que la giberelina estimula el transporte de los fotoasimilados

desde órganos fuente (hoja), hacia los órganos reproductivos, es decir, produce una mejor capacidad, distribución, asignación y ganancia de carbono en los frutos (Moreno, Berli, Piccoli y Bottini, 2010; Kaitaniemi y Honkanen, 1996).

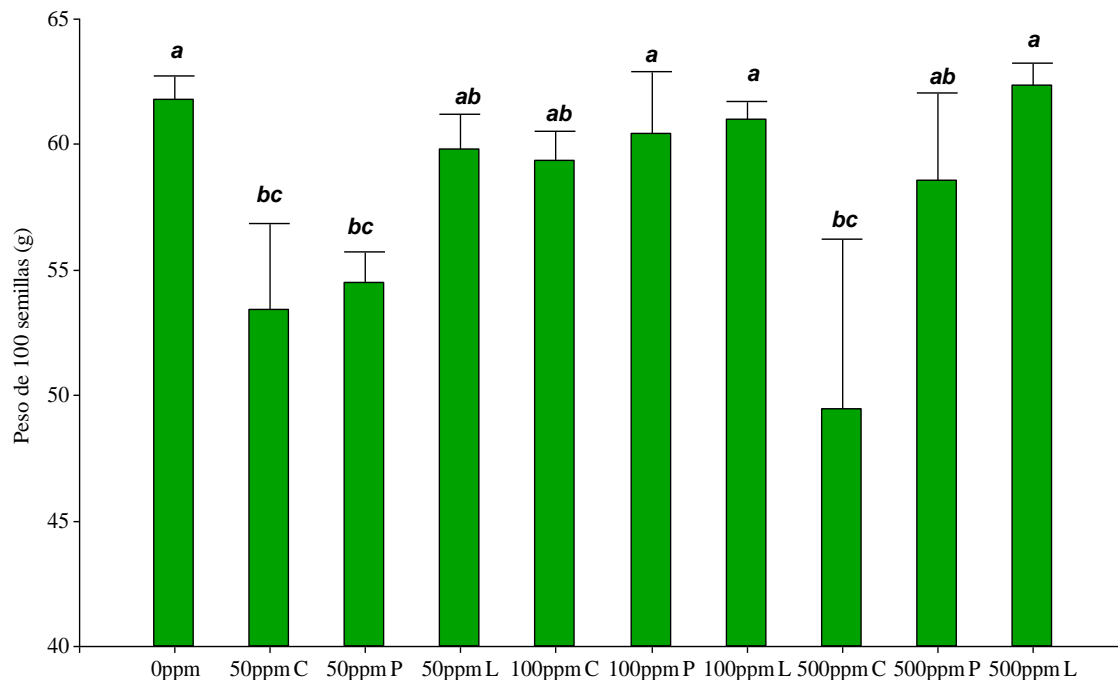


Figura 36. Peso de 100 semillas (g) en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher, 0.05) (n= 63).

Continuando con el análisis de muestra que las aplicaciones de giberelinas en la etapa de llenado de vaina, 100 ppm en combinación, 100 y 500 ppm en prefloración e incluso el testigo obtuvieron semillas grandes de acuerdo a la clasificación realizada por el CIAT (1987) que indica que si 100 semillas pesan menos de 25 g, son consideradas pequeñas; si están entre los rangos de 25 y 40 g, son medianas; y, si pesan más de 40 gramos, son grandes. Además Singh (1992) menciona que el largo y ancho de la semilla están determinados por el peso de 100 semillas. Aunque en el presente estudio podemos notar que el testigo obtuvo un peso de 100 semillas similar al de los tratamientos mencionados en los que se aplicaron giberelinas, no obstante el testigo obtuvo semillas de menor ancho en relación a las aplicaciones de giberelinas aplicadas en la etapa de llenado de vaina.

Se puede agregar que, las giberelinas en concentraciones de 50 ppm en combinación y prefloración y 500 ppm en combinación, tienden a disminuir el peso de las semillas, presentando un valor menor al del testigo en un 15.28%. Algo semejante ocurrió en la investigación de Mohammadi, et al, (2014), quienes aplicaron dosis de 50 y 100 ppm de giberelinas en cultivares de Okra, obtuvieron un peso de 100 semilla con una media de 180.8 g, siendo inferior al testigo en un 6.4%, además indicaron que el número de granos por planta aumentó con la aplicación de giberelinas, sin embargo redujo la calidad de la semilla.

Algo similar encontró Emongor (2007), al aplicar dosis de 30, 60 y 90 ppm de giberelinas en judía (*Vigna unguiculata* L.), en la variedad Blackeye, se observó que las concentraciones bajas de giberelina, no tuvieron un efecto en el peso de 100 semillas, sin embargo la dosis de 90 ppm incrementó este peso en un 8.7% en comparación con el testigo; en el mismo estudio y contrastando lo mencionado anteriormente, en la variedad Tswana de judía como las mismas dosis mencionadas, si tuvieron un efecto en el peso de 100 semillas con una media de 23.16 siendo superior al testigo en un 2.5%, demostrando que la giberelina tiene un comportamiento diferente de acuerdo a la variedad de fréjol.

4.2.8. Rendimiento en vainas

El análisis de varianza, con respecto a la variable rendimiento en vainas por parcela neta muestran que existen diferencias significativas entre tratamientos ($F= 4.44$; $gl= 9,18$; $p<0.0035$).

La Figura 37, notamos que los tratamientos T6 y T9 tienen el mayor rendimiento en vainas con valores de 1127.67 y 1361.67 g respectivamente. Los tratamientos T3 con 913.00 g y T10 con 901.00 g tienen datos similares a los mencionados. Mientras que los tratamientos T2, T5, T8 tienen datos similares entre sí y rendimientos inferiores a los anteriores con valores de 409.33, 345.33 y 301.67 g, según el orden mencionado. Finalmente, los tratamientos que obtuvieron el rendimiento más bajo en vainas son T1 con 178.33 g, T4 con 240.67 g y T7 con 43.30 g (Anexo 20).

A partir de estos datos se puede observar que al aplicar dosis de 100 y 500 ppm de giberelinas en la etapa de llenado de vaina se incrementa el rendimiento en vainas en comparación con los otros tratamientos, sin embargo, tienen similitud de datos estadísticos con el testigo, pero son superiores numéricamente al testigo.

Adicionalmente, al aplicar giberelinas en las etapas iniciales de primera hoja trifoliada y prefloración tienen a disminuir el rendimiento en vaina, obteniendo datos inferiores al testigo. Con esto concuerda, Stuart y Cathey (1961), quienes encontraron que la aplicación de giberelinas en fréjol y otros cultivos al inicio del cultivo, no lograron aumentar el rendimiento por vaina, a causa de que la giberelina al ser aplicada antes de floración produce que los fotoasimilados que genera la planta se dirijan a la formación de tallos, en cambio si se aplica después de la floración, estos se dirigen a la formación de granos y vainas; de igual manera ocurrió en maíz, donde aplicaron giberelinas cerca de la polinización y los rendimientos aumentaron; en cambio, sí se realizaban aplicaciones en las etapas iniciales, este se disminuía.

Al contrario, Castro y Bergemann (1973), aplicaron en etapas iniciales dosis de 50 y 500 ppm de giberelinas en fréjol bajo condiciones controladas, incrementando en un 37.36% el rendimiento en vaina en fresco, en relación al testigo. A diferencia de la presente

investigación, la cosecha se hizo en vaina seca y se sembró en campo, por lo cual se podría decir que los factores bióticos y abióticos afectaron a la producción.

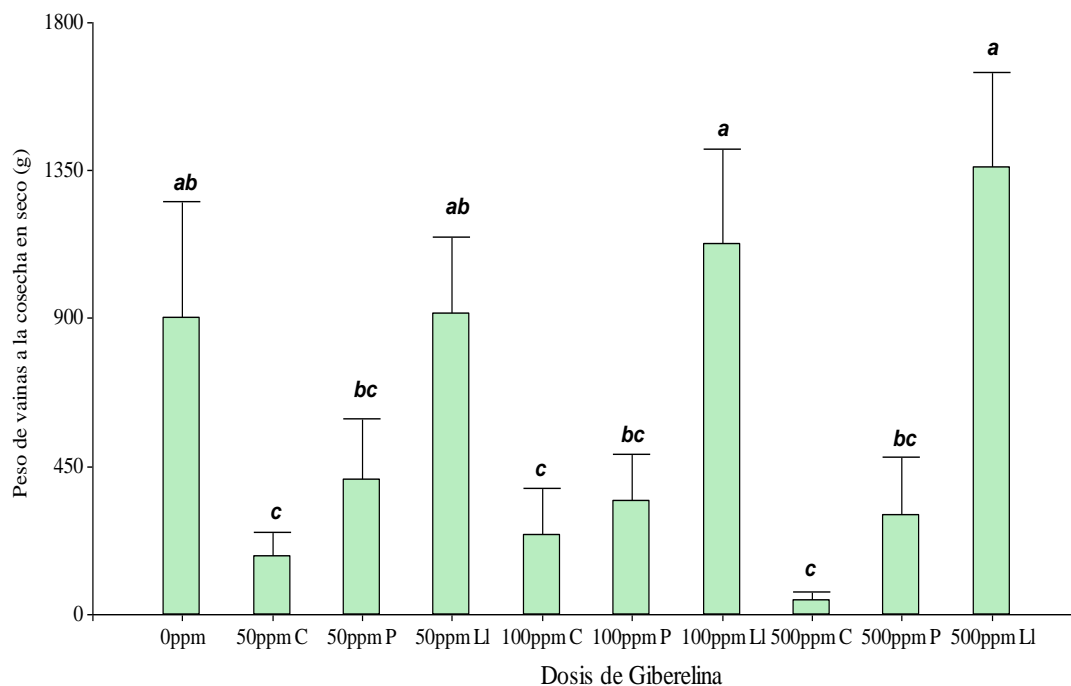


Figura 37. Peso de vainas a la cosecha en seco (g), en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher,0.05) (n= 30).

4.2.9. Rendimiento en semilla

El análisis determinó que existe diferencias entre tratamientos, con respecto a la variable rendimiento en semilla ($F= 4.23$; $gl= 9,18$; $p= 0.0045$).

En la Figura 38, se muestra que los tratamientos de mayor rendimiento en semilla son: T3 (550.67g), T6 (643.06 g), T9 (746.00 g) y T10 (534.33 g). Los tratamientos que presentan los menores rendimientos y que comparten rangos estadísticos son: T1 (96.33 g), T2(203.67 g), T4(123.00 g), T5 (166.33 g), T7 (7.96 g) y T8 (148.00 g) (Anexo 21).

De acuerdo con los datos obtenidos, las dosis de 100 y 500 ppm de giberelinas aplicadas en la etapa de llenado de vaina tienen un efecto positivo incrementando el rendimiento de la semilla, esto debido a que la giberelina permite que de manera más rápida la acumulación de materia seca en el grano y así maximiza el crecimiento de esta (Brenner y Cheikh,1995).

No obstante, las aplicaciones realizadas en etapas tempranas tendieron a disminuir el rendimiento en semilla, obteniendo pesos inferiores al testigo. En efecto, esto se debe a que al incrementar el tamaño del tallo se produjo una reducción en la producción de vainas y semilla, que evitó el incremento del rendimiento. Esto se debe a que al aplicar giberelinas en etapas iniciales (V3+R5) , produce que los fotoasimilados se dirijan a la formación de

tallos, en cambio si esta aplicación se realiza en la etapa R8 produce la distribución equitativa de estos a la formación de la planta, con lo mencionan, Stuart y Cathey (1961) quienes encontraron que la aplicación de giberelinas en fréjol y otros cultivos al inicio del cultivo, no lograron aumentar el rendimiento por vaina, a causa de que la giberelina al ser aplicada antes de floración, produce que los fotoasimilados que genera la planta se dirijan a la formación de tallos, en cambio si se aplica después de la floración, estos se dirigen a la formación de vainas y semillas; esto se conoce como efecto de compensación, donde al incrementarse el desarrollo una estructura de la planta, probablemente se reducirá el desarrollo de otros órganos, lo que resultará en una reducción del rendimiento (White e Izquierdo, 1989; Zanski y Schaffer, 1996).

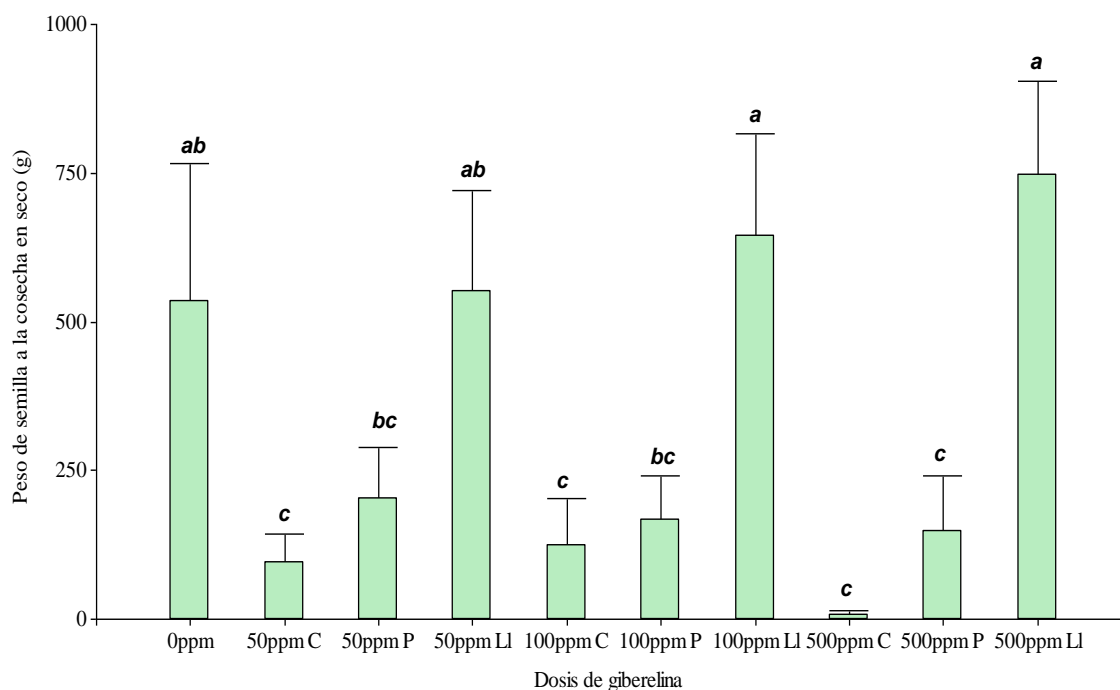


Figura 38. Rendimiento en semilla (g) en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher, 0.05) (n= 30).

En contraste a lo anterior, Castro y Bergemann (1973) encontraron que al aplicar dosis de giberelinas de 50 y 500 ppm, obtuvieron mayor rendimiento en semilla, con una media de 694.50 g, siendo superior en un 67.07% al testigo, como se mencionó el la variable rendimiento en vaina esto se debe a que el cultivo de fréjol estuvo bajo condiciones controladas, en contraste, esta investigación fue llevada a cabo en condiciones de campo donde factores bióticos y abióticos pudieron influir.

Las dosis de 100 y 500 ppm aplicadas en la etapa de llenado de vaina permitieron incrementar el rendimiento tanto en vaina y semilla en seco, debido a que de manera correlativa se incrementó el número de vainas planta en relación al testigo. Esto puede ser debido a que la giberelina permite distribuir de manera más eficiente los fotoasimilados para

crecimiento reproductivo, es decir transloca y acumula azúcares en vaina y semilla, aumentando la fuente en la planta, mejorando la eficiencia fotosintética y reduciendo la tasa de respiración (Ouzounidou, et al., 2010).

No obstante, la dosis de 50 ppm aplicada en llenado de vaina tuvo un rendimiento en semilla similar al testigo, pero con un mayor número de vainas, lo que quiere decir que no siempre el obtener un mayor número de vainas por planta, va a representar un mayor rendimiento tanto en vaina como en semillas. Contrastando a lo mencionado Ortiz y García (2002), quienes aplicaron dosis de 0, 20, 30, 40,50 y 60 ppm, cuando el 20 % de las panículas de arroz emergieron, y obtuvieron que la dosis de 50 ppm de ácido giberélico obtuvo un 8% más de rendimiento en comparación al testigo, esto se explica debido a que dicho tratamiento también obtuvo una mayor longitud de la panícula y excursión de la panícula lo que permitió que se formen un mayor número de granos por panícula.

4.2.10. Incidencia de lorito verde

Los resultados presentados muestran que para la variable incidencia de lorito verde existe diferencias significativas entre tratamientos ($F= 7.27$; $gl= 9, 287$; $p= <0.0001$).

En la Figura 39, el tratamiento T7 tuvo la mayor incidencia de lorito verde con un porcentaje de 70.56. Sin embargo, los tratamientos T1, T4, T5 y T8 con valores de 62.91, 56.97, 58.08 y 60.14%, respectivamente, presentan datos similares al tratamiento T7. Seguidamente están los tratamientos T2 y T6 con valores de 49.14 y 42.23, respectivamente. Los que recibieron una menor incidencia de lorito verde fueron T3, T9, y T10 con valores de 29.39, 29.22 y 33.67% según el orden mencionado (Anexo 22).

En base a los resultados anteriormente mencionados se puede, apreciar que las giberelinas al ser aplicadas en combinación (primera hoja trifoliada, prefloración y llenado de vaina), incrementan la incidencia del lorito verde en el cultivo, sin embargo, al aplicarse en las etapas finales (llenado de la vaina) tiene una incidencia similar a la del testigo. Para explicar esto Winter (2002) en manzana, aplicó prohexadiona de calcio que es un inhibidor de la síntesis de giberelinas, y obtuvo como resultado que al tener menos giberelinas endógenas en la planta, el ataque de saltamontes (hemíptero) se redujo 62.5% en comparación con el testigo: indica que posiblemente se debe a que se aumentó las defensas de la planta con el inhibidor, esto quiere decir que si una planta tiene un alto contenido de giberelinas, se vuelve una planta más propensa al ataque de plagas y enfermedades.

Con respecto a esto, Song, Qi, Wasternack, y Xie (2014), demostraron que las giberelinas y jasmonatos son antagonistas entre sí; es así que cuando hay un alto contenido de ácido jasmonico (JA) las defensas y resistencia a plagas de la planta aumentan, y reduce el contenido de giberelina; por otro lado, si se incrementa el índice de giberelina en las plantas produce un efecto contrario, volviendo a las plantas más vulnerables. Con esto concuerda, Kallenbach, Bonaventure, Gilardoni, Wissgott, y Baldwin (2012), quienes observaron que

cuando la planta de tabaco tenía un mayor contenido de jasmonatos, se aumentaban las defensas y de esta manera se volvíán menos vulnerables al ataque de empoasca leafhoppers, y que JA inhibía la producción de giberelinas endógenas en la planta.

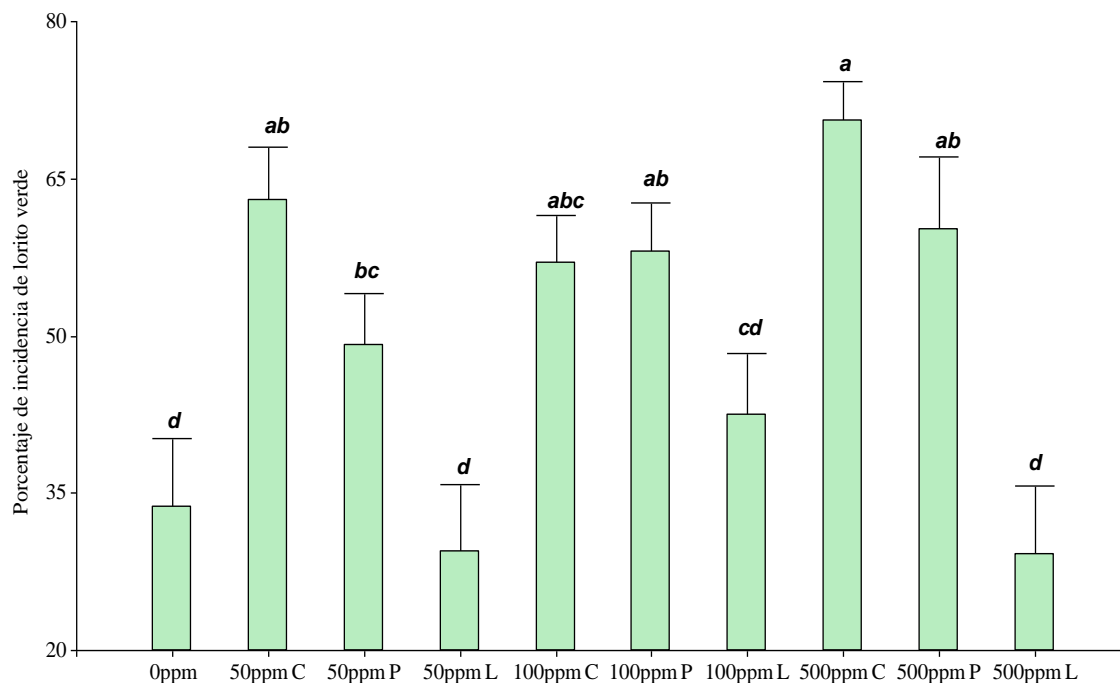


Figura 39. Porcentaje de incidencia de lorito verde en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la aplicación de distintas dosis de giberelinas, en diferentes etapas fenológicas. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba (Fisher, 0.05) (n= 300).

De tal forma, altas concentraciones de giberelinas permite obtener plantas con tallos más largos, pero más propensos a el ataque de plagas, esto lo corrobora n Heinrich, et al , (2012), quienes en tabaco observaron que si la planta tenia altos niveles de jasmonatos, la síntesis de giberelina en los tallos se reducía, produciendo de esta manera plantas de menor tamaño , en cambio al haber grandes concentraciones de giberelinas en las plantas estas tendían tener grandes alturas , pero se tornaban en plantas débiles, con defensas bajas.

4.1 Beneficio costo

Mediante el análisis de Beneficio Costos (B/C) se realizó el análisis económico para cada tratamiento en estudio. Para lo cual se elaboró los costos de producción, los cuales se expresaron en dólares por superficie de producción (1000 m²) (Tabla 14).

Tabla 14

Costos fijos de la producción de una hectárea de fréjol

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE FRÉJOL				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
A. COSTOS DIRECTOS				
1. Preparación del suelo				
Arada y cruza	hora/tractor	2	30.00	60.00
Surcado	hora/tractor	2	25.00	50.00
2. Mano de obra				
Siembra	jornal	2	20.00	40.00
Rascadillo	jornal	2	20.00	40.00
Deshierbe 1	jornal	2	20.00	40.00
Deshierbe 2	jornal	2	20.00	40.00
Aporque 1	jornal	2	20.00	40.00
Aporque 2	jornal	2	20.00	40.00
Riego	jornal	2	20.00	40.00
Cosecha	jornal	2	20.00	40.00
3. Insumos				
Semilla de fréjol 430 Portilla	kg	32	1.40	44.80
Adherente	250 ml	3	7.35	22.05
Corrector de PH	75 ml	3	2.93	8.80
Bacillus	1 litro	2	35.00	70.00
Lamacionatrina	250 ml	3	7.86	23.58
Ecuabonaza	65kg	3	3.75	11.25
Sulpomag	kg	14.65	0.35	5.13
18-46-0	kg	3.65	0.65	2.37
Urea	kg	29.31	0.48	14.07
Muereato de potasio	kg	3.64	0.43	1.57
SUBTOTAL A				633.61
B. COSTOS INDIRECTOS				
Análisis de suelo	análisis	1	35.00	35.00
Arriendo terreno	mes	6	83.33	500.00
Depreciación		1	15.99	15.99
SUBTOTAL B				550.99
C. TOTAL COSTOS A+B				1185.05

De acuerdo con cada tratamiento se puede observar en la Tabla 15 los costos que varían, considerando los diferentes precios, la dosificación de la giberelina, y mano de obra para la aplicación de giberelinas.

Tabla 15
Costos variables en la producción de una hectárea de fréjol

Tratamiento	Codificación	Giberelinas (USD/ha)	Aplicación de la giberelina	Total, de costos que varían (USD/ha)
T1	50 ppm Combinación	15	60	75
T2	50 ppm Prefloración	6	20	26
T3	50 ppm Llenado de vaina	6	20	26
T4	100 ppm Combinación	30	60	90
T5	100 ppm Prefloración	10.50	20	30.50
T6	100 ppm Llenado de vaina	10.50	20	30.50
T7	500 ppm Combinación	147	60	207
T8	500 ppm Prefloración	48	20	68
T9	500 ppm Llenado de vaina	48	20	68
T10	Dosis 0	0	0	0

En la Tabla 16 se muestra el análisis económico de cada tratamiento donde se puede apreciar los costos variables y fijos, rendimiento y el costo de cada kg de producción, tomando en cuenta el precio de 1.43 USD por kg de fréjol seco en semilla, según el precio fijado por el (Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA], 2019).

Tabla 16
Análisis económico del cultivo de fréjol

Tratamiento	Rendimiento (kg/Ha)	Total, de costos que varían (USD/ha)	Total, de costos fijos (USD/ha)	Total, de costos de producción (USD/ha)	Ingreso total (USD/ha)	Relación Beneficio /Costo (USD/ha)
T1	160.55	75	1185.05	1260.05	229.58	0.18
T2	339.45	26	1185.05	1211.05	492.20	0.41
T3	917.78	26	1185.05	1211.05	1312.42	1.08
T4	206.11	90	1185.05	1275.05	294.73	0.23
T5	277.21	30.5	1185.05	1215.55	396.41	0.33
T6	1073.1	30.5	1185.05	1215.55	1534.53	1.26
T7	12.78	207	1185.05	1392.05	18.70	0.01
T8	246.66	68	1185.05	1253.05	352.72	0.28
T9	1243.33	68	1185.05	1253.05	1777.96	1.42
T10	890.55	0	1185.05	1185.05	1273.48	1.07

En la Tabla 16 se puede observar el análisis beneficio costo para cada uno de los tratamientos, el cual se obtuvo mediante la división de los costos totales de producción, para el ingreso total de la producción, logrando así el beneficio para cada uno de los tratamientos. La interpretación fue la siguiente: si el resultado es mayor a 1 se consideró como ganancia, si el resultado fue igual a 1 no se consideró ni ganancia ni pérdida y si el resultado es menor a 1 se indica que se generó pérdidas (FAO, 2019).

Continuando con el análisis se indica que los tratamientos T6 y T9 generan ganancias con valores de 1.26 y 1.42 USD según el orden mencionado, siendo el T9 el que presentó el mayor beneficio-costo, pues por cada dólar invertido se ganó 0.16 USD más en comparación con el T6. Con el tratamiento T3 y T10 se obtuvo ganancias menores de 0.8 USD. y 0.07 USD según el orden correspondiente. Mientras que los tratamientos T1, T2, T4, T5, T7, y T8 se generan pérdidas pues los costos son más altos que los beneficios con un valor promedio de 0.76 USD Siendo el tratamiento T7 el que generó mayores pérdidas al obtener un valor de beneficio costo de cero.

Es importante mencionar que en la presente investigación se sembró dos semillas por golpe, a diferencia de las tres semillas recomendadas por el INIAP (2008) para la variedad Portilla, lo que quiere decir que se bajó los kilogramos hectárea que el agricultor necesita y a la vez se obtuvo un beneficio de 0.46 USD. por cada dólar invertido con la aplicación de 500 ppm de giberelinas en la etapa de llenado de la vaina.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Las distintas dosis y etapas de aplicación influyen en la fenología y morfología del cultivo. Las dosis de 50, 100 y 500 ppm de giberelinas aplicadas en etapas iniciales (una sola aplicación o en combinación), con excepción de la dosis de 500 ppm en etapa de prefloración, aceleran la etapa fenológica de floración en relación con el testigo. Adicionalmente, estos mismos tratamientos retardan la madurez fisiológica del cultivo. Con respecto a los días a la cosecha en seco, los tratamientos mostraron una clara tendencia; sin embargo, la aplicación de giberelinas, a dosis de 50 y 500 ppm en combinación, incrementaron el tiempo a la cosecha.
- En lo que respecta a la morfología las dosis de 50, 100 y 500 ppm de giberelinas aplicadas en etapas iniciales (una sola aplicación o en combinación), a excepción de la dosis de 100 y 500 ppm en la etapa de prefloración, permiten la elongación de tallo, pero disminuyen su diámetro. Aplicaciones iniciales en general, incrementan número de flores y reducen el contenido de clorofila en época de llenado de vaina. Aplicaciones en combinación incrementaron el área foliar.
- Las distintas dosis y etapas fenológicas si influyeron en la producción del cultivo. Las dosis de 100 y 500 ppm, en la etapa de llenado de vaina, incrementaron el rendimiento en relación con el testigo. Mencionado aumento se debió principalmente a que estas dosis permitieron obtener un mayor número de vainas por planta, ya que, para las variables largo y ancho de la vaina, número de granos por vaina e incidencia de *Empoasca* sp. se obtuvieron resultados similares en los tres tratamientos. El largo y ancho de las semillas no incidieron en el rendimiento, debido a que el peso de 100 semillas fue similar para los tres tratamientos.
- El análisis económico muestra que el tratamiento T9 (500 ppm en el llenado de vaina), logró el mayor beneficio-costo con una diferencia de 0.39 USD del testigo. Esto debido a que fue el tratamiento que obtuvo un mayor número de vainas por planta.

5.2 Recomendaciones

- Continuar con investigaciones referente al uso de giberelinas, en variedades nativas de fréjol, para determinar su efecto y conocer si los rendimientos superan a los obtenidos con la variedad INIAP 430 Portilla.
- Realizar investigaciones que involucren el uso de giberelinas con dosis más altas de nitrógeno, aplicadas en la etapa de prefloración, para determinar si es posible que todas las flores que se desarrollen lleguen a formar la vaina y de esta manera aumentar los rendimientos.
- Se recomienda realizar investigaciones que involucre el uso de giberelinas en dosis más altas a 500 ppm aplicados en el llenado de vaina, y así poder verificar si se logran rendimientos mayores a los obtenidos en esta investigación.
- Realizar un análisis fisicoquímico del suelo al inicio y al final del ciclo del cultivo, para conocer si los tratamientos alteran los niveles de extracción de nutrientes del suelo.
- Realizar estudios con giberelinas, tomando en cuenta el número de ramificaciones y hojas que se desarrollen a lo largo de cada etapa fenológica para determinar si esto tiene influencia en el índice de cosecha en el cultivo de fréjol.
- Realizar estudios con las mismas concentraciones de giberelinas utilizadas en el presente estudio y su combinación con otras hormonas vegetales.

REFERENCIAS

- Acosta, E., Acosta, J., Amador, M., y Padilla, J. (2008). Relación entre índice de área foliar y rendimiento en frijol bajo condiciones de secano. *Agricultura técnica en México*, 34(1), 13-20.
- Acosta, M., Agulló, Á., Genís, L., y Fuchs, P. (2011). *Los Fitorreguladores en la agricultura*. Murcia, España : Jornada Técnica de Fitorreguladores.
- Aguilar, M., Melgajero, M., y Romero, M. (2010). *Experimentos en fisiología vegetal*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Alban, M. (2012). *Manual del cultivo de fréjol caupi*. Piura, Perú:Asociación de productores agropecuarios del distrito de Morropón.
- Álvarez, J., y Alvarado, O. (2013). Efecto de la aplicación de giberelinas y &-bencilaminopurina en la producción y calidad de fresa (*Fragaria x annassa. Duch*). *Bioagro*, 25 (3): 195-200.
- Alvin, P. (1960). Net assimilation rate and growth behavior of beans as affected by gibberellic acid urea and sugar sprays . *PLANT PHYSIOLOGY*, 35(3), 285-288.
- Argandoña, V y Silva, H.(2007). *Trasporte a través del floema*. La Serena, Chile: Departamento de producción agrícola de la Universidad de Chile.
- Arias, J., Refingio, T.,y Jaramillo,M. (2007). Buenas prácticas agrícolas en el cultivo de frijol arbustivo y voluble.Medellin, Colombia: Manual Técnico.
- Asamblea Nacional . (2008). *Costitución de la República del Ecuador* .Quito, Ecuador.
- Asamblea Nacional. (2010). *Ley orgánica del régimen de la soberanía alimentaria*. Quito,Ecuador:Constitución de la república del Ecuador.
- Atal, K. (1961). Effect of Gibberellin on the Fibers of Hemp. *Springer*, 15(2), 133-139.
- Atilio,C y Reyes,H. (2008). Guía tecnica para el manejo de variedades de fréjol. La libertad, el Salvador:Programa de granos básicos.
- Azcón , J., y Talón, M. (2013). *Fundamentos de fisiología vegetal* (Segunda ed.). Madrid , España: Mc Graw Hill Education .
- Bagnall, J. (1992) Flowering control in *Arabidopsis thaliana* by Light, Vernalisation Gibberellins. *Functional Plant Biology* , 401-409.
- Banco Central del Ecuador (BCE). (2016). Evolución y perspectivas del sector agropecuario.Quito, Ecuador:Reporte de Coyuntura Sector Agropecuario.
- Bari, R., y Jones, J. D. G. (2008). Role of plant hormones in plant defence responses. *Plant Molecular Biology*, 69(4), 473–488.

- Barrios, J., y López, C. (2009). Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. *Agrociencia*, 43(1), 29-35.
- Birnberg, P. R., y Brenner, M. L. (1987). Effect of gibberellic acid on pod set in soybean. *Plant Growth Regulation*, 5(3), 195–206.
- Brenner, M. L., y Cheikh, N. (1995). The Role of Hormones in Photosynthate Partitioning and Seed Filling. *Plant Hormones* 7(1), 649–670.
- Brian, P. (1959). Effects of gibberellins on plant growth and development. *Biological Reviews*, 33(4), 37-75.
- Castro, P., Appezzato, B., Lara, W., Pelissari, A., Pereira, M., Medina, J., . . . Silveira, J. (1990). Ação de reguladores vegetais no desenvolvimento, aspectos nutricionais, anatômicos e na produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) cv. CARIOCA. *SciELO*, 1(47), 11-28.
- Castro, P., y Bergemann, E. (1973). Efeitos de giberelinas na morfologia produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. 'Carioca. *SciELO*, 30, 21-34.
- Cato, C., Macedo, W., Peres, E., y Castro, P. (2013). Sinergism among auxins, gibberellins and cytokinins in tomato cv. Micro-Tom. *Horticultura Brasileira*, 31(4), 549-553.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1993). Descriptores varientales para cultivos: Maíz, Sorgo, Arroz y Fréjol. Cali. Colombia.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical, (CIAT). (1980). El lorito verde (*Empoasca Kraemmeri Roos y Moore*) y su control. Cali, Colombia: Guía Técnica.
- Cevallos, D. (2008). *Evaluación de la adaptabilidad de 20 cultivares y líneas de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.) de grano rojo y amarillo en el valle de Intag, Imbabura* (Tesis Pregrado). Escuela Politécnica del Ejército. Santo Domingo. Ecuador.
- Chudasama, S., y Thaker, S. (2007). Relationship between gibberellic acid and growth parameters in developing seed and pod of pigeon pea. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(1), 43-51. doi:10.1590/S1677-04202007000100005
- Chutichudet, B., Chutichudet, P., y Chanaboon, T. (2006). Effect of Gibberellin (GA 3) on the performance and quality of the fruit of Kaew Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Srisake in the northeast of Thailand. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9: 1542-1546.
- Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones (CORPEI). (2009). Perfil del fréjol. Ecuador: Centro de Información e Inteligencia Comercial (CICO).
- Curtis, H., Barnes, S., Schnek, A., y Flores, G. (2006). *Invitación a la biología*. Buenos Aires, Argentina: Panamericana.

- Dathe, W., Castro, S., Lopez, R., y Sembdner, G. (1986). Effect of Gibberellin A3 on Fruit Set and Yield Parameters in Soybean (*Glycine max* (L.) MERR.). *Biochemie Und Physiologie Der Pflanzen*, 181(9), 615–621.
- Davies, P.J. 1995. *Plant hormones: Physiology, biochemistry and molecular biology*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer academic publishers.
- Debouck, D.G e Hidalgo, R.(1985). Morfología de la planta de frijol comun . In: López, Mar; Fernández O., Fernando O.; Schoonhoven, A. (eds.). Frijol: Investigación y producción . Programa de las Naciones Unidas (PNUD); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 7-41.
- Emongor, V. (2007). Gibberellic Acid (GA3) Influence on Vegetative Growth, Nodulation and Yield of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Journal of Agronomy*, 6(4), 509-517. doi:10.3923/ja.2007.509.517
- Escalante, J. (1999). Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra Latinoamericana*, 17(2), pp. 149-157.
- Escoto, D. (2004). *El cultivo de frijol*. Honduras: SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DIRECCIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (SAG).
- Fernandéz, F., Gepts, P., y López, M. (1986). Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Feucht, J. R., y Watson, D. P. (1958). The Effect of Gibberellins on Internodal Tissues of *Phaseolus vulgaris* L. *American Journal of Botany*, 45(7), 520.
- Fouly, M. M., Sakr, R., Fouad, M., Zaher, A. M., y Fawzi, A. F. (1988). Effect of GA, CCC and B-9 on Morphophysiological Characters and Yield of Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agronomy & Crop Scienc*, (160), 94-101.
- García, A y López, C. (2002). Temperatura base y tasa de extensión foliar del maíz. *Revista Fitotecnica Mexicana*. 25(4):381-336.
- García, A., Dorado, M., Pérez, I., y Montilla, E. (2010). Efecto del déficit hídrico sobre la distribución de fotoasimilados en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.). *INTERCIENCIA*, 35(1), 47.54.
- García, J., Sponsel, M., y Gaskin, P. (1987). Gibberellins in developing fruits of *Pisum sativum* cv. Alaska: Studies on their role in pod growth and seed development. *Plant*, 170(1), 130–137.
- García, J., y Hedden, P. (1997). *Gibberellins and fruit development*. In: F. Tomas y R. Robins. (eds.). *Phytochemistry of fruit and vegetables*. Oxford Sci. Publications. Heidelberg. pp. 263-285.

- Garza, S., Gámez, H., Zavala, F., Cuevas, B., y Rojas, M. (2001). Efecto de cuatro fitorreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. *CIENCIA UANL*, 4(1), 69-75.
- González, L., Caycedo, C., Flórez, V., Velásquez, F., y Garzón, R. (2017). Efecto de la aplicación del ácido giberélico sobre el crecimiento de coliflor (*Brassica oleracea* L.) var. Botrytis DC. *Scielo*, 25(1), 54-61.
- Guerrero, V. (2010). Manual de leguminosas y abonos verdes para una agricultura sostenible y soberanía alimentaria. Palmira valle, Colombia: Agroecología
- Haiyan, Z., Bedgood, D. R., Bishop, A. G., Prenzler, P. D., y Robards, K. (2007). Endogenous biophenol, fatty acid and volatile profiles of selected oils. *Food Chemistry*, 100(4), 1544–1551.
- Hedden, P., y Thomas, S. (2012). Gibberellin biosynthesis and its regulation. *Biochemical Journal*, 444(1), 11–25.
- Heinrich, M., Hettenhausen, C., Lange, T., Wünsche, H., Fang, J., Baldwin, I., y Wu, J. (2012). High levels of jasmonic acid antagonize the biosynthesis of gibberellins and inhibit the growth of *Nicotiana attenuata* stems. *The plant Journal*, 73(4), 591-606. doi:10.1111/tj.12058.
- Hernández, R. (2009). *Proceso de crecimiento, desarrollo y diferenciación en las plantas* (Tesis pregrado) Universidad de Los Andes. Merida, Venezuela
- Hernández, C., y Ayora, M. (2006). Guía para la identificación de enfermedades del frijol más comunes en Costa Rica. Managua, Costa Rica: Proyecto Red SICTA.
- Hernández, M. (2009). Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). San José, Costa Rica: Manual de recomendaciones técnicas del cultivo de fréjol.
- Ho, T. D., Gomez-Cadenas, A., Zentella, R., y Casaretto, J. (2003). Crosstalk Between Gibberellin and Abscisic Acid in Cereal Aleurone. *Journal of Plant Growth Regulation*, 22(2), 185–194.
- Honda, I., Matsunaga, H., Kikuchi, K., Matuo, S., Fukuda, M., e Imanishi, S. (2016). Involvement of Cytokinins, 3-Indoleacetic Acid, and Gibberellins in Early Fruit Growth in Pepper (*Capsicum annuum* L.). *The Horticulture Journal*, 86(1), 52–60. doi:10.2503/hortj.mi-120
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2008). Guía de identificación y manejo integrado de enfermedades del frijol en América Central. Proyecto. Red SICTA, COSUDE.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2009). INIAP 430 Portilla. Quito, Ecuador: Programa Nacional de leguminosas y granos andinos Estación Experimental Santa Catalina.

- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2010). Manual agrícola de fréjol y otras leguminosas . Quito, Ecuador:Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2008). *Anuario Metereológico*. Quito, Ecuador: Dirección de Gestión Meteorológica
- Instituto Nicaraguense de tecnología Agropecuaria (INTA). (2009). Guía tecnológica cultivo de frijol. Managua, Nicaragua: Manual Técnico.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2010). Manejo integrado de plagas y enfermedades del frijol. Zacatecas: Centro de investigación Regional Norte Centro.
- Iqbal, N., Nazar, R., Iqbal, M., Masood, A., y Khan, N. (2011). Role of gibberellins in regulation of source–sink relations under optimal and limiting environmental conditions. *Current Science*, 100(7), 998-1007.
- Jordán, M., y Casaretto, J. (2006). *Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Etileno, Ácido Abscísico, Brasinoesteroides, Poliaminas, Ácido Salicílico y Ácido Jasmónico*. En Squeo, F., y Cardemil, L. (ed). Fisiología vegetal. (pp 1-28). La Serena, Chile: Ediciones Universidad de la Serena
- Kaitaniemi, P., y Honkanen, T. (1996). Simulating source-sink control of carbon and nutrient translocation in a modular plant. *Ecological Modelling*, 88(1-3), 227–240.
- Kallenbach, M., Bonaventure, G., Gilardoni, P., Wissgott, A., y Baldwin, L. (2012). Empoasca leafhoppers attack wild tobacco plants in a jasmonate-dependent manner and identify jasmonate mutants in natural populations. *Academy of Sciences*, 109(24), 9240-9241.
- Kazemi, M. (2014). Effect of gibberellic acid and potassium nitrate spray on vegetative growth and reproductive characteristics of tomato. *Journal Biology Environment. SCI*, 8(22), 1-9.
- Khandaker, M., Boyce, A. N., Osman, N., Golam, F., Rahman, M., y Azirun, S. (2013). Fruit Development, Pigmentation and Biochemical Properties of Wax Apple as Affected by Localized Application of GA3 under Field Conditions. *Brazil Arch Biology Technology*, 56(1), 11-20.
- Kuiper, D. (1993). Sink strength: Established and regulated by plant growth regulators. *Plant, Cell and Environment*, 16(9), 1025–1026.
- Kukali, E., Thomaj, T., y Mane, E. (2014). Impact of gibberellins in increasing the production of grape and improving its. *Faculty of Agricultural & Environment, Agricultural University of Tirana*, 57(2).

- Laiton, A., Almanza, J., y Balaguerra, E. (2012). Producción y calidad poscosecha de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) larga vida sometido a la aplicación de ácido giberélico. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 6(2), 183-195.
- Lang A. (1965) Fisiología de la iniciación floral. En: Lang A. (eds) Differenzierung und Entwicklung / Diferenciación y desarrollo. Handbuch der Pflanzenphysiologie / Encyclopedia of Plant Physiology, vol 15. Springer, Berlín, Heidelberg
- Lang, A. (1957). The effect of gibberellin upon flower formation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 43(8), 709–717. doi:10.1073/pnas.43.8.709
- Lang, A., y Reinhard, E. (1961). Gibberellins and Flower Formation. *California Institute of Technology* (28), 71–79. doi:10.1021/ba-1961-0028.ch008
- Larcher, W. (2006). *Ecofisiología vegetal*. São Carlos: Rima, p.295-338.
- Lardizabal, R., Arias, S., y Segura, R. (2013). Manual de producción de frijol. Honduras:USAID.
- León, J. (2000). *Botánica de cultivos tropicales*. San José, Costa Rica: Editorial agroamericana.
- Lluna, R. (2009). *Hormonas vegetales: crecimiento y desarrollo de la planta*. Madrid, España.Horticultura.
- Mahouachi, J., Gómez, A., Primo, E., y Talon, M. (2005). Antagonistic Changes between Abscisic Acid and Gibberellins in Citrus Fruits Subjected to a Series of Different Water Conditions. *Journal of Plant Growth Regulation*, 24(3), 179–187. doi:10.1007/s00344-004-0001-y
- Matthew, C., Hofmann, W., y Osborde, M. (2009). Pasture response to gibberellins: A review and Pasture response to gibberellins: *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 52(2), 213-225. doi: 10.1080/00288230909510506
- Melgarejo, M. (2010). *Experimentos de fisiología vegetal*. Colombia:Universidad nacional de Colombia. doi:978-958-719-668-9
- Misra, A., y Biswal, U. (1980). Effect of Phytohormones on Chlorophyll Degradation During Aging of Chloroplasts in vivo and in vitro. *Springer*, 105(1), 1-8. doi: 10.1007/BF01279845
- Mohammadi, G., Khah, E., Petropoulos, S., Chachalis, D., Akbari, F., y Yarsi, G. (2014). Effect of Gibberellic Acid and Harvesting Time on the Seed Quality of Four Okra Cultivars. *Journal of Agricultural Science*, 6(7), 200-211. doi: 10.5539/jas.v6n7p200
- Monselise, S., y Halevy, A. (1962). Effects of gibberellin and amo-1618 on growth, dry-matter accumulation, chlorophyll content and peroxidase activity of citrus seedlings. *Botany*, 49(4), 405-412.

- Mora, M. (2005). *Evaluación del ácido sobre cultivos de trigo (Triticum Aestivum L.) y frijol (Phaseolus vulgaris) en invernadero bajo condiciones de hidropinía* (Tesis de Pregrado). Instituto Tecnológico Sonora. Obregón, México.
- Morales, E., Escalante, J., y López, J. (2008). Crecimiento, índice de cosecha y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en unicultivo y asociado con girasol (*Helianthus annuus* L.). *Universidad y Ciencia*, 24(1), abril, 2008, pp. 1-10
- Moreno, D., Berli, F. J., Piccoli, P. N., y Bottini, R. (2010). Gibberellins and Abscisic Acid Promote Carbon Allocation in Roots and Berries of Grapevines. *Journal of Plant Growth Regulation*, 30(2), 220–228.
- Muñoz, G., Giraldo, G., y Fernández, J. (1993). Descriptores varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Murillo, A., Peralta, E., Mazón, N., Falconi, E., y Pinzón, J. (2009). Nueva variedad de fréjol rojo moteado. Quito, Ecuador: Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Estación Experimental Santa Catalina.
- Mushtaq, S., Amjad, M., Ziaf, K., y Afzal, I. (2018). Gibberellins application timing modulates growth, physiology, and quality characteristics of two onion (*Allium cepa* L.) cultivars. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(25), 25155–25161.
- Nemhauser, J. L., Hong, F., y Chory, J. (2006). Different Plant Hormones Regulate Similar Processes through Largely Nonoverlapping Transcriptional Responses. *Cell*, 126(3), 467–475.
- Observatorio Astronómico de Quito (OAQ). (2018). Calendario solar. Quito, Ecuador: Observatorio del Ecuador.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2015). Especies de cultivo de cobertura comúnmente usadas. Natural Resources Institute, Chatham, UK.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2019). Guía de análisis beneficio costo. Aplicación para medidas de adaptación al cambio climático en el sector Agropecuario. Montevideo, Uruguay.
- Ortega, L., Ocampo, J., Martínez, C., Pérez, A., y Sánchez, J. (2013). Efecto de las giberelinas sobre el crecimiento y calidad de plántulas de tomate. *BIOTECNIA*, 15(3), 56-60.
- Ortiz, A., y García, O. (2002). Efecto del ácido Giberélico sobre el rendimiento de la variedad de arroz Araure 4. *Agronomía Tropical*, 52(4), 485-495.
- Ouzounidou, G., Ilias, I., Giannakaoula, A., y Papadopoulou, P. (2010). Comparative study on the effects of various plant growth regulators on growth, quality and physiology of *Capsicum annuum* L. *Pak. J. Bot.* 42(2):805-814.

- Ozaga, J. A., y Reinecke, D. M. (1999). Interaction of 4-chloroindole-3-acetic acid and gibberellins in early pea fruit development. *Plant Growth Regulation*, 27(1), 33–38.
- Pal, P., Yadav, K., Kumar, K., y Singh, N. (2016). Effect of Gibberellic Acid and Potassium Foliar Sprays on Productivity and Physiological and Biochemical Parameters of Parthenocarpic Cucumber cv. “Seven Star F1.” *Journal of Horticultural Research*, 24(1), 93–100.
- Peña, A. (2011). *Manual de histología vegetal*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Peralta, E., Murillo, Á., Mazón, N., Pizón, J., y Rivera, M. (2010). Manual agrícola de fréjol y otras leguminosas. Santa Catalina, Ecuador: Manual Técnico de leguminosas.
- Peralta, E., N. Mazón, L. Minchala., M. Guamán. (2013). Fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) y Arveja (*Pisum sativum* L.) en las provincias de Cañar, Azuay y Loja: cultivo, variedades y costos de producción. Publicación Miscelánea No. 413. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina y Estación Experimental del Austro. INIAP. Quito, Ecuador. 72 p
- Pérez, C., Hernández, A., González, V., García, G., Carballo, A., Vásquez, T., y Tovar, M. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura técnica en México*, 32(3), 341-352.
- Peter, C., y Leopold, A. (1967). Opposing Effects of Gibberellin and Ethylene. Department of Horticulture, Purdue University, Lafayette, Indiana.
- Quilambaquí, C. (2003). El efecto de las fitohormonas. *Dialnet* (21), 29-30.
- Ramírez, P., y Kelly, J. (1998). Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*, 99(2), 127–136.
- Rappaport, L. (1980). Applications of Gibberellins in Agriculture En: Skoog F. (eds) Plant growth substances, 1979. Proceedings in Life Sciences. Springer, Berlín, Heidelberg
- Rathod, R., Gore, R., y Bothikar, P. (2015). Effect of Growth Regulators on Growth and Yield of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Arka Komal. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 8, 36-39.
- Raven, P., Evert, R., y Eichhorn, S. (1992). *Biología de las plantas*. Barcelona, España: Editorial Reverte.
- Sajjad, Y., Jaskani, M., Ashraf, Y., Qasim, M., y Ahmad, R. (2014). Response of morphological and physiological growth attributes to foliar application of plant growth regulators in gladiolus ‘white prosperity’. *Pakistan Journal Agricultural Science*. 51(1):123–129.
- Salisbury, F., y Ross, W. (1994). *Fisiología vegetal*. Ed. Iberoamérica. México, D. F.

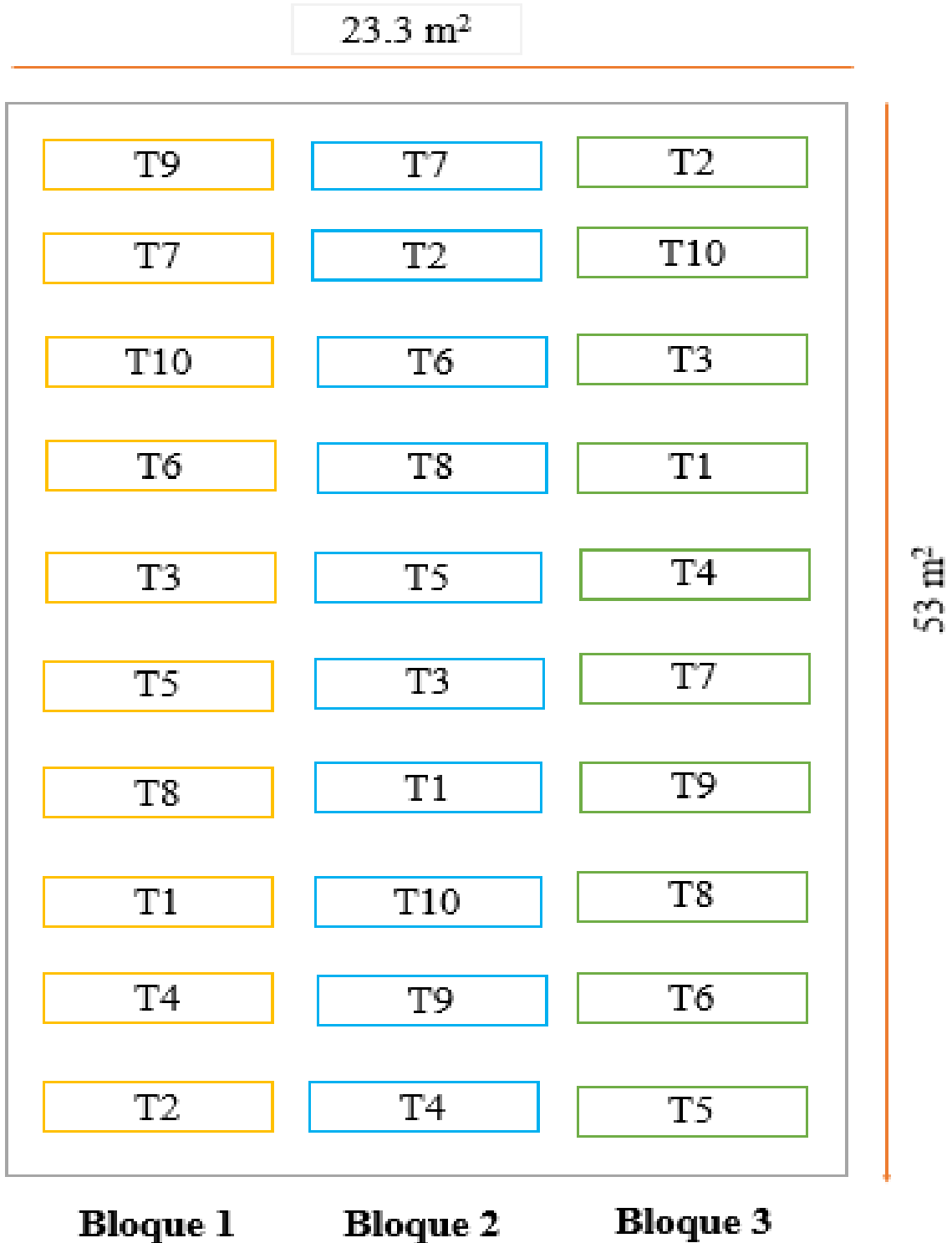
- Sardoei, A., y Shahdadneghad, M. (2014). Effects of Foliar Application of Gibberellic Acid on Chlorophyll and Carotenoids . *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2, 1887-1893.
- Sawhney, V. K. (1984). Gibberellins and fruit formation in tomato: A review. *Scientia Horticulturae*, 22(1-2), 1-8.
- Schmülling, J. (2004). *Cytokinin*:Berlin . Encyclopedia of Biological Chemistry.
- SENPLADES. (2007). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Quito, Ecuador: Toda una Vida. 64-66.
- Serna, A., Hurtado Salazar, A., y Ceballos Aguirre, N. (2017). Efecto del ácido giberélico en el crecimiento, rendimiento y calidad del tomate bajo condiciones controladas. *Temas Agrarios*, 22(2), 68-76.
- Sharifuzzaman, S., Ara, K., Rahman, M., Kabir, K., y Talukdar, M. (2011). Effect of GA3, CCC and MH on vegetative growth, flower yield and quality of chrysanthemum. *Int. Journal. Expt. Agricultural*, 2(1): 17-20.
- Singh, M., John, A., Rout, S., y Patra, S. (2015). Effect of ga3 and naa on growth and quality of ality of garden pea (*Pisum sativum* L.) CV. ARKEL. *The Bioscan*, 10(3), 381-383.
- Singh, S., y Voysest, O. (1997). *Taller de mejoramiento de fréjol para el siglo XXI: Bases para una estrategia de América Latina*. 557-559 pp. CIAT. Cali., Colombia.
- Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). (2017). Quito, Ecuador: Boletín situacional de fréjol seco y tierno. Ministerio de Agricultura y Ganadería .
- Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). (2019). Quito, Ecuador: Precio referencia del Fréjol Canario. Información Agricultor Precios.
- Song, S., Qi, T., Wasternack, C., y Xie, D. (2014). Jasmonate signaling and crosstalk with gibberellin and ethylene. *Current Opinion in Plant Biology*, (21), 112-119. doi:10.1016/j.pbi.2014.07.005
- Stowe, B., y Yamaki, T. (1958). Gibberellins: Stimulants of Plant Growth. *Science*, 12(3), 213-252.
- Stuart, N., y Cathey, H. (1961). Applied Aspects of the Gibberellins. *Annual Review of Plant Physiology*, 12, 369-384.
- Sure, S., Arooie, H., Azizi, M. (2012). Influence of plant growth regulators (PGRs) and planting method on growth and yield in oil pumpkin (*Cucurbita pepo* var. styriaca). *Notulae Scientia Biologicae* 4(2):101-107.
- Taiz , L., y Zeiger, E. (2008). *Plant physiology*. American: American Society of Plant Biologists.
- Taiz, L., y Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal*. Castellón: Print Digital , SA.

- Talaat, I., Khattab, H., Ahmed, A. (2013). Changes in growth, hormones levels and essential oil content of Ammi visnaga L. plants treated with some bioregulators. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 21(4): 355-365.
- Tamayo, P., y Londoño, M. (2001). Manejo integrado de plagas y enfermedades del frijol. Rionegro, Colombia: Boletín Técnico.
- TULAS. (2003). TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE. Quito, Ecuador: Reforma Gubernamental del Ecuador.
- Ulloa, A., Rosas, P., Ramírez, C., y Ulloa, E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Fuente*, 3(8), 5-9.
- Valladares, C. (2010). Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano. Honduras: Cultivos de grano.
- Vázquez, V., y Pérez, H. (2006). Dosis y épocas de aplicación de ácido giberélico en la floración y cosecha del mango 'ataulfo'. *Fitotec*, 29(3), 197 – 202.
- Villalobos, E. (2008). *Fisiología de la producción de los cultivos tropicales*. San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Weiss, D., y Ori, N. (2007). Mechanisms of cross talk between gibberellin and other hormones. *Plant physiology*, 144(3), 1240–1246.
- Wen, Y., Su, S.-c., Maa, L.-y., y Wang, X.-n. (2018). Effects of gibberellic acid on photosynthesis and endogenous hormones of *Camellia oleifera* Abel. in 1st and 6th leaves. *Journal of forest research*, 23(5), 309-317. doi:10.1080/13416979.2018.1512394
- White, J. e Izquierdo, J. 1989. *Physiology of yield potential and stress tolerance*. In: *Common Bean: Research for Crop Improvement*. van Schoonhoven, A. and O. Voysest (eds.). pp: 287-382.
- Winter, . (2002). Effects of Gibberellin Synthesis Inhibition on Feeding Injury by Potato Leafhopper on Apple. *Selected Works*, 67, 9-11.
- Wittwer, S., y Bukovac, M. (1958). The Effects of Gibberellin on Economic Crops. *Springer*, 12(3), 213-255.
- Yang, P., Davies, J., y Reid, J (1996). Genetic Dissection of the Relative Roles of Auxin and Gibberellin in the Regulation of Stem Elongation in Intact Light-Grown *Peas*. *Plant Physiology* (3) 110. DOI: 10.1104/pp.110.3.1029
- Zanski, E. y Schaffer, A. (1996). *Photoassimilate Distribution in Plants and Crops: Source–Sink Relationships*, CRC Press, Boca Raton.
- Zhang, C., Tanabe, K., Tamura, F., Matsumoto, K., y Yoshida, A (2005). La acumulación de fotosinato C en la fruta de pera japonesa durante el período de rápido crecimiento de la fruta está limitada por la fuerza de la fruta en lugar de por la capacidad de transporte del pedicelo. *J. Exp. Larva del moscardón*. 56: 2713-2719.

Zhang, C., y Whiting, M. (2011). Pre-harvest foliar application of Prohexadione-Ca and gibberellins modify canopy source-sink relations and improve quality and shelf-life of “Bing” sweet cherry. *Plant Growth Regulation*, 65(1), 145–156.

ANEXOS

Anexo 1. Diseño de la unidad experimental de la Evaluación de la eficiencia de giberelinas en la producción de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) VAR. INIAP 430 Portilla, en la Granja Experimental “La Pradera”.

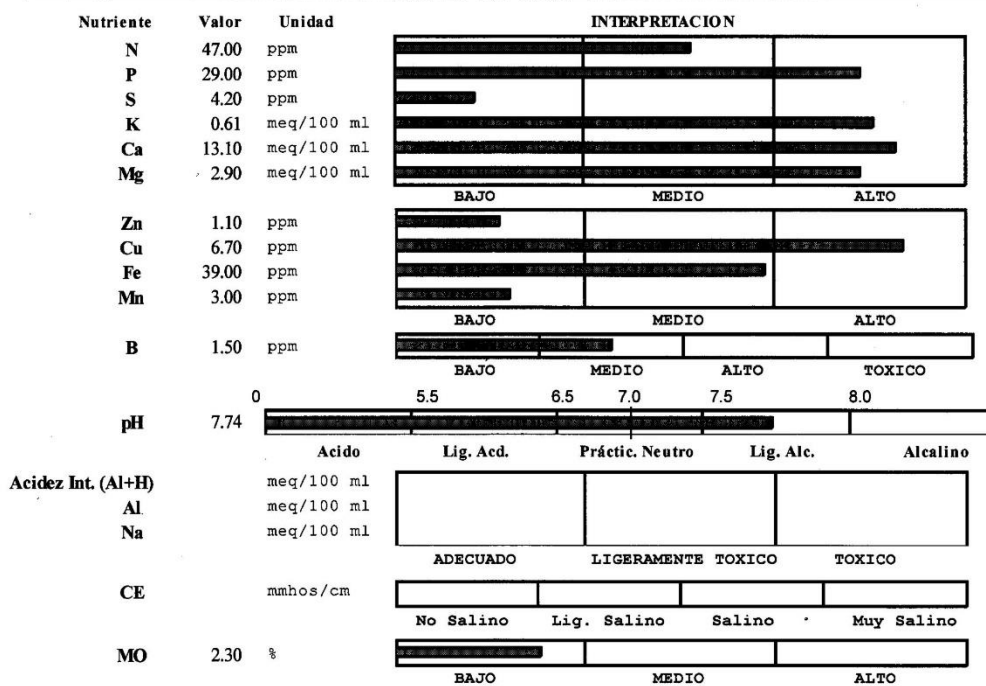


Anexo 2. Resultado del análisis de suelo.

 INIAP <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<p style="text-align: center;">DATOS DEL PROPIETARIO</p> Nombre : Srta. Janeth Bonilla Dirección : Imbabura Ciudad : Teléfono : Fax :	<p style="text-align: center;">DATOS DE LA PROPIEDAD</p> Nombre : Granja La Pradera Provincia : Imbabura Cantón : Antonio Ante Parroquia : San José de Chantura Ubicación :
<p style="text-align: center;">DATOS DEL LOTE</p> Cultivo Actual : Fréjol Cultivo Anterior : Alfalfa Fertilización Ant. : Superficie : Identificación : Lote 23 Avestruces	<p style="text-align: center;">PARA USO DEL LABORATORIO</p> N° Reporte : 45.145 N° Muestra Lab. : 109136 Fecha de Muestreo : 28/02/2018 Fecha de Ingreso : 01/03/2018 Fecha de Salida : 08/03/2018



Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural		
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla
4,5	4,8	26,2	16,6					



RESPONSABLE LABORATORIO



LABORATORISTA

Anexo 3. Fertilización química y orgánica en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Tratamiento	Práctica agrícola	Producto	Fórmula	Etapa de aplicación	Nro. De aplicaciones	Dosis
1-10	Fertilización orgánica	Ecoabonaza		Siembra	1	1.6158 kg
	Fertilización química	Sulpomag	22-11-22	Siembra	1	0.148 kg
		Fosfato diamónico	18-46-00	Siembra	1	0.0064 kg
		Úrea	46-00-00	Siembra	1	0.09282 kg
		Mureato de potasio	00-00-60	Siembra	1	0.00487 kg

Anexo 4. Medias y errores estándares de la interacción Días*Tratamiento en la variable días a la floración.

Días	Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos	
78	1	100.00	15.57	A	
78	7	96.67	15.57	A	B
78	5	96.67	15.57	A	B
78	2	96.67	15.57	A	B
53	4	83.33	3.74	A	B

53	7	76.67	3.74	A	B						
53	5	76.67	3.74	A	B						
53	1	76.67	3.74	A	B						
53	2	76.67	3.74	A	B						
78	4	73.33	15.57	A	B	C					
53	6	66.67	3.74		B	C					
53	8	63.33	3.74			C	D				
53	10	63.33	3.74			C	D				
53	9	56.67	3.74			C	D	E			
53	3	56.67	3.74			C	D	E			
49	5	53.33	3.51			C	D	E			
49	1	50.00	3.51			C	D	E			
49	4	50.00	3.51			C	D	E			
49	7	46.67	3.51			C	D	E			
49	2	46.67	3.51			C	D	E			
49	8	40.00	3.51			C	D	E	F		
49	10	36.67	3.51			C	D	E	F		
49	3	36.67	3.51			C	D	E	F		
78	8	33.33	15.57			C	D	E	F	G	
78	6	30.00	15.57			C		E	F	G	
49	9	30.00	3.51			C		E	F	G	
49	6	30.00	3.51			C		E	F	G	
78	9	10.00	15.57						F	G	
78	3	0.00	15.57							G	
78	10	0.00	15.57							G	

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

Anexo 5.Medias y errores estándares de la interacción Días*Tratamiento para la variable días a la madurez fisiológica.

Días	Tratamientos	Medias	E.E.	Rangos		
110	3	100.00	3.85	A		
110	10	100.00	2.72	A		
110	9	100.00	3.85	A		
110	6	100.00	1.92	A		
77	6	86.67	1.92		B	
77	9	83.33	3.85		B	C
77	3	80.00	3.85		B	C
77	10	76.67	2.72			C
62	6	60.00	1.92			D
110	4	56.67	9.03			D
110	8	56.67	4.71			D
110	2	56.67	5.77			D
110	7	56.67	1.92			D
62	3	53.33	3.85			D
110	1	53.33	4.30			D
62	10	53.33	2.72			D
110	5	50.00	5.09			D
62	9	50.00	3.85			D
77	5	13.33	5.09			E
62	5	10.00	5.09			E F
77	4	10.00	9.03			E F

62	4	10.00	9.03	E	F
62	1	10.00	4.30	E	F
77	2	6.67	5.77	E	F
62	8	6.67	4.71	E	F
62	2	6.67	5.77	E	F
77	1	6.67	4.30	E	F
77	8	3.33	4.71	E	F
77	7	0.00	1.92		F
62	7	0.00	1.92		F

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

Anexo 6. Medias y errores estándares para tratamiento, para la variable día a la cosecha en seco.

	Medias	E.E.	Rangos	
1	143.33	3.65	A	
7	137.67	13.22	A	B
4	132.00	3.74		B
5	132.00	3.79		B
8	128.00	3.76		B
2	127.33	4.13		B
6	124.00	0.00		B
10	122.67	0.63		B
9	122.67	0.62		B
3	122.67	0.62		B

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

Anexo 7. Medias y errores estándares para tratamiento, de la variable altura de la planta.

Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos			
4	103.27	4.98	A			
7	95.35	5.14		B		
1	92.20	5.20		B	C	
2	86.40	5.26			C	
8	70.59	5.82				D
9	68.32	5.83				D
5	65.83	7.72				D
6	61.98	5.09				D
10	37.30	4.35				E
3	36.37	4.53				E

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

Anexo 8. Medias y errores estándares para tratamiento y etapa de evaluación, de la variable diámetro del tallo.

Tratamiento	Etapa de evaluación	Medias	E.E.	Rangos			
10	Floración	1.20	0.07	A			
9	Floración	1.18	0.07	A	B		
1	Floración	1.11	0.07	A	B	C	
4	Floración	1.08	0.07	A	B	C	D

4 Prefloración	1.02	0.07	B	C	D	E												
6 Floración	1.00	0.07		C	D	E	F											
5 Floración	0.98	0.07		C	D	E	F	G										
3 Floración	0.95	0.07		C	D	E	F	G	H									
8 Floración	0.94	0.08		C	D	E	F	G	H	I								
7 Floración	0.91	0.07			D	E	F	G	H	I	J							
6 Prefloración	0.89	0.07				E	F	G	H	I	J							
2 Floración	0.86	0.07				E	F	G	H	I	J							
2 Prefloración	0.84	0.07					F	G	H	I	J	K						
9 Prefloración	0.83	0.07					F	G	H	I	J	K						
5 Prefloración	0.82	0.07						G	H	I	J	K						
7 Prefloración	0.80	0.07						G	H	I	J	K						
1 Prefloración	0.79	0.07							H	I	J	K						
8 Prefloración	0.77	0.07								I	J	K						
3 Prefloración	0.75	0.07									J	K						
10 Prefloración	0.67	0.07										K						

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

Anexo 9. Medias y errores estándares para Días*Tratamiento, para la variable número de flores.

Días	Tratamientos	Medias	E.E.	Rangos								
54	7	68.83	2.94	A								
54	1	65.50	2.94	A	B							
54	2	60.40	2.94		B							
54	4	59.70	2.94		B							
54	5	48.73	2.94			C						
54	8	40.63	2.94			C	D					
54	10	38.73	2.94				D	E				
54	9	32.90	2.94				D	E	F			
54	6	30.67	2.94					E	F			
54	3	27.77	2.94						F			
78	1	3.77	0.39							G		
78	7	3.53	0.39							G	H	
78	4	3.43	0.39							G	H	
78	2	2.87	0.39								H	
78	5	2.73	0.39								H	
78	8	1.80	0.39									I
78	9	0.60	0.39									J
78	6	0.43	0.39									J
78	10	0.00	0.39									J
78	3	0.00	0.39									J

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

Anexo10. Medias y errores estándares para etapa de evaluación de la variable área foliar.

Etapa de evaluación	Medias	E.E.	Rangos
Llenado vaina	1174.54	154.06	A
Floración	1083.78	170.41	A
Formación vaina	1047.68	141.19	A
Prefloración	542.31	126.66	B

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

Anexo 11 .Medias y errores estándares para tratamiento de la variable área foliar.

Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos	
4	1351.38	180.50	A	
9	1346.36	180.50	A	
1	1161.29	180.50	A	B
3	915.26	180.50		B C
6	894.36	180.50		B C
5	876.89	180.50		B C
7	856.36	180.50		B C
2	793.69	180.50		B C
10	753.55	180.50		C

8 671.61 193.63 C

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

Anexo 12 . Medias y errores estándares de la interacción Etapa de evaluación*Tratamiento, para la variable contenido de clorofila.

Etapa de evaluación	Tratamientos	Medias	E.E.	Rangos
Floración	4	336.33	10.97	A
Floración	1	327.49	10.97	A B
Floración	10	317.45	10.97	A B C
Formación de vaina	4	314.98	10.53	B C D
Formación de vaina	7	301.32	10.53	C D E
Llenado de vaina	3	295.56	10.63	D E F
Formación de vaina	10	295.23	10.53	E F
Floración	7	292.11	10.97	E F G
Formación de vaina	1	281.9	10.53	E F G H
Llenado de vaina	9	276.93	10.63	F G H I
Llenado de vaina	10	275.9	10.63	F G H I
Floración	3	274.28	10.97	G H I
Floración	9	270.45	10.97	H I J
Llenado de vaina	6	258.97	10.63	I J K

Formación de vaina	8	167.23	10.53	W
Prefloración	8	161.85	9.21	W
Llenado de vaina	7	157.09	10.66	W

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

Anexo 13 . Medias y errores estándares para tratamiento de la variable largo de la vaina.

Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos			
9	14.00	0.34	A			
6	13.82	0.34	A			
3	13.69	0.32	A			
10	13.49	0.34	A			
5	12.70	0.33		B		
2	12.38	0.30		B	C	
4	11.78	0.34			C	D
1	11.58	0.37				D
8	11.41	0.43				D E
7	10.52	0.42				E

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

Anexo 14. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable ancho de la vaina.

Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos	
6	1.15	0.01	A	
2	1.14	0.02	A	B
3	1.14	0.01	A	B
9	1.13	0.02	A	B
10	1.13	0.02	A	B
5	1.12	0.02	A	B
1	1.12	0.02	A	B
4	1.09	0.02		B
8	1.00	0.03		C
7	0.95	0.03		C

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

Anexo 15 .Medias y errores estándares para tratamiento, de la variable largo de la semilla.

Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos	
2	17.95	0.18	A	
9	17.73	0.11	A	B
1	17.51	0.10	A	B
8	17.39	0.71	A	B
3	17.32	0.08	A	B
6	17.19	0.18	A	B
4	17.00	0.53	A	B
5	17.00	0.25		B

10	15.71	0.21	B
7	15.19	1.33	B

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

Anexo 16. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable ancho de la semilla.

Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos
1	8.56	0.25	A
9	8.56	0.24	A
2	8.54	0.23	A
6	8.46	0.22	A
8	8.36	0.27	A
3	8.24	0.22	A
4	8.18	0.28	A
5	8.05	0.34	A
10	7.38	0.22	B
7	7.06	0.45	B

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

Anexo 17. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable número de vainas por planta.

Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos				
6	17.10	1.18	A				
9	17.10	1.18	A				
3	15.10	1.18	A				
10	11.80	1.18		B			
5	9.03	1.18		B	C		
2	8.93	1.18		B	C		
4	7.27	1.18			C	D	
8	7.00	1.18			C	D	
1	5.37	1.18				D	E
7	3.37	1.18					E

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

Anexo 18. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable número de granos por vaina.

Tratamiento	Medias	E.E.	Rango				
9	2.73	0.31	A				
6	2.46	0.31	A				
10	2.43	0.31	A				
3	2.34	0.34	A	B			
2	1.66	0.31		B	C		
8	1.45	0.31			C	D	
7	1.00	0.31			C	D	E
5	0.93	0.31			C	D	E

1	0.72	0.31	D	E
4	0.24	0.31		E

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

Anexo 19. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable rendimiento en vaina.

Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos	
9	1361.67	215.31	A	
6	1127.67	215.31	A	
3	913.00	215.31	A	B
10	901.00	215.31	A	B
2	409.33	215.31		B C
5	345.33	215.31		B C
8	301.67	215.31		B C
4	240.67	215.31		C
1	178.33	215.31		C
7	43.30	215.31		C

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

Anexo 20. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable rendimiento en semilla.

Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos		
9	746.00	129.55	A		
6	643.86	129.55	A		
3	550.67	129.55	A	B	
10	534.33	129.55	A	B	
2	203.67	129.55		B	C
5	166.33	129.55		B	C
8	148.00	129.55			C
4	123.00	129.55			C
1	96.33	129.55			C
7	7.67	129.55			C

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

Anexo 21. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable peso de 100 semillas.

Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos		
9	62.33	1.58	A		
10	61.78	1.58	A		
6	61.00	1.58	A		
5	60.53	1.77	A		
3	59.78	1.58	A	B	

4	59.57	2.08	A	B	
8	58.60	2.30	A	B	
2	54.45	1.90		B	C
1	53.13	3.21		B	C
7	49.46	2.63			C

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

Anexo 22. Medias y errores estándares para tratamiento de la variable incidencia de lorito verde.

Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos		
7	70.56	6.73	A		
1	62.91	6.73	A	B	
8	60.14	6.73	A	B	
5	58.08	6.73	A	B	
4	56.97	6.73	A	B	C
2	49.14	6.73		B	C
6	42.23	6.81			C D
10	33.67	6.73			D
3	29.39	6.73			D
9	29.22	6.73			D

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