

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**EFECTO DE PRODUCTOS HORMONALES PARA EL
RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE FRIJOL CASTILLA (*Vigna
unguiculata* L.) EN VEGUETA 2019**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

FREDDY ESTEBAN AGURTO CORREA

HUACHO-PERÚ

2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EFECTO DE PRODUCTOS HORMONALES PARA EL
RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE FRIJOL CASTILLA (*Vigna
unguiculata* L.) EN VEGUETA 2019**

Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador



**Dr. Edison Goethe Palomares Anselmo
Presidente**



**Mg.Sc. Teodosio Celso Quispe Ojeada
Secretario**



**Mg. Saul Robert, Manrique Flores
Vocal**



**Dr. Dionicio Belisario Luis Olivas
Asesor**

HUACHO-PERÚ

2022

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a:

Dios, por iluminar mi camino

A mis padres Erlinda y Esteban, por su apoyo constante

A mis hermanos, a quienes amo y admiro

Y a todas las personas que formaron parte de mis logros.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión por contribuir en mi formación profesional y prepararme para la vida.
- A los docentes que formaron parte de este logro con sus enseñanzas.
- A mi asesor Dr. Dionicio Belisario Luis Olivas por su apoyo y acompañamiento durante la realización de mi proyecto de investigación
- A los jurados evaluadores por contribuir en la mejora de la investigación.
- A la familia Huanca por apoyarme en mi etapa universitaria dándome la facilidad de poder trabajar en mis tiempos libres, contribuyendo también a que continúe con mis estudios.
- A mis amigos, con quienes compartimos momentos de alegría y tristezas.

ÍNDICE

	Página
Carátula	i
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE	v
RESUMEN	xi
ABSTRACT	
xii	
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción de la realidad problemática	2
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Justificación de investigación	3
1.5 Delimitación del estudio	4
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Bases teóricas	7
2.2.1 Origen	7
2.2.2 Taxonomía	7
2.2.3 Morfología	8
2.2.4 Etapas fenológicas del cultivo de frijol	9
2.2.5 Características climáticas del cultivo de frijol	12
2.2.6 Características edáficas del cultivo de frijol	12
2.2.7 Influencia del ambiente en la producción del frijol	12
2.2.8 Fisiología del frijol en relación con el momento de aplicación de fitohormonas	13
2.2.9 Las hormonas vegetales	15
2.2.10 Modo de acción de los productos hormonales o fitohormonas en las plantas	17
2.2.11 Uso del Ácido giberélico en el cultivo de frijol	19
	5

2.2.12	Uso de auxinas en el cultivo de frijol	19
2.2.13	Uso de citoquininas en el cultivo de frijol	21
2.2.14	Uso de etileno en el cultivo de frijol	22
2.3	Definiciones conceptuales	23
2.4	Formulación de la hipótesis	24
2.4.1	Hipótesis general	24
CAPITULO III. METODOLOGIA		25
3.6	Variables	29
3.7	Conducción del experimento	30
3.8	Población y Muestra	31
3.8.1	Población	31
3.8.2	Muestra	31
3.9	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS		33
CAPÍTULO V. DISCUSIONES		42
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		48
ANEXOS		52

Índice de Tablas

	Página
Tabla 1. Análisis de la varianza	24
Tabla 2. Tratamientos en estudio	25
Tabla 3. Análisis de la varianza de altura de la planta	30
Tabla 4. Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias de la altura de la planta	30
Tabla 5. Análisis de la varianza de peso de la biomasa seca de la planta	31
Tabla 6. Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias del peso de la biomasa seca de la planta	31
Tabla 7. Análisis de la varianza de peso seco de hojas, tallo y raíz de la planta	32
Tabla 8. Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias del peso seco de hojas, tallo y raíz de la planta	32
Tabla 9. Análisis de la varianza de peso seco de las vainas por planta	33
Tabla 10. Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias del peso seco de las vainas por planta	33
Tabla 11. Análisis de la varianza de peso seco de los granos por vaina	34
Tabla 12. Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias del peso seco de los granos por vaina	34
Tabla 13. Análisis de la varianza de longitud de la vaina	35
Tabla 14. Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias de la longitud de la vaina	35
Tabla 15. Análisis de la varianza de número de vainas por planta	36
Tabla 16. Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias del número de vainas por planta	36
Tabla 17. Análisis de la varianza de número de granos por vaina	37
Tabla 18. Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias del número de granos por vaina	37
Tabla 19. Análisis de la varianza de rendimiento de granos	38
Tabla 20. Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias del rendimiento de granos	38
Tabla 21. Matriz de consistencia	50

Tabla 22. Actividades y costos de insumos y materiales de la investigación	51
Tabla 23. Registro para las evaluaciones del cultivo de frijol Castilla	52
Tabla 24. Registro para las evaluaciones del cultivo de frijol Castilla	53
Tabla 25. Composición de los productos hormonales	53
Tabla 26. Datos de campo para altura de planta	54
Tabla 27. Datos de campo para el peso de la biomasa seca de la planta	54
Tabla 28. Datos de campo para el peso seco de hojas, tallo y raíz de la planta	55
Tabla 29. Datos de campo para el peso seco de las vainas por planta	55
Tabla 30. Datos de campo para el peso total de los granos por vaina	56
Tabla 31. Datos de campo para la longitud de la vaina	56
Tabla 32. Datos de campo para el número de vainas por planta	57
Tabla 33. Datos de campo para el número de granos por vaina	57
Tabla 34. Datos de campo para el rendimiento de grano	58

Índice de figuras

	Página
Figura 1. Estructuras químicas de auxina, ácido abscísico (ABA), giberelina (GA), jasmonato (JA), brasinoesteroide (BR) y estrigolactona (SL) Fuente: Miyakawa y Tanokura (2017)	14
Figura 2. Croquis del experimento de investigación	26
Figura 3. Campo experimental en Vegueta, Huaura	61
Figura 4. Aplicación de los tratamientos en el campo experimental	61
Figura 5. Aplicación de los tratamientos en el campo experimental	62
Figura 6. Crecimiento del frijol Castilla en Vegueta, Huaura	62
Figura 7. Aplicación de Foliplus en las plantas de frijol de Castilla	63
Figura 8. Aplicación de Siprocigib en las plantas de frijol de Castilla	63
Figura 9. Plantas tratadas con Siprocigib en frijol de Castilla	64
Figura 10. Plantas tratadas con + Raiz 5k en frijol de Castilla	64
Figura 11. Evaluación de plantas de frijol de Castilla	65
Figura 12. Evaluación de la planta de frijol de Castilla	65
Figura 13. Evaluación de la vaina de frijol de Castilla	66
Figura 14. Evaluación de longitud de la vaina de frijol de Castilla	66
Figura 15. Evaluación del peso de granos de frijol de Castilla	67
Figura 16. Evaluación del peso de cascara de la vaina de frijol de Castilla	68
Figura 17. Evaluación del peso de granos de frijol de Castilla	68

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto de la aplicación de los productos hormonales en el rendimiento del cultivo de frijol Castilla en el distrito de Vegueta. **Metodología:** La investigación se realizó en el distrito de Vegueta, Huaura, durante los meses de noviembre de 2020 a marzo del 2021. El diseño usado fue el de bloques completos al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos fueron T0: Testigo, T1: Siprocigib, T2: Biozyme, T3: Triggrr Foliar, T4: Foliplus, T5: +Raiz 5k, los cuales fueron aplicados al inicio de floración (botón floral) y en el cuajado de las vainas. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, peso seco de la biomasa total, de hojas, tallo y raíz, peso seco de las vainas por planta, longitud de la vaina, número de vainas por planta, número de granos por vaina y rendimiento. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan al 5%. **Resultados:** La aplicación del Siprocigib favoreció a una mayor altura de planta (101,8cm), en tanto que el Triggrr Foliar favoreció a la obtención de un mayor peso seco de la biomasa total (63,7 g planta⁻¹), peso seco de hojas, tallo y raíz (32,3 g planta⁻¹) y de vainas (38,1 g planta⁻¹); asimismo, promovió la formación de vainas de mayor longitud (13,35 cm), más vainas por planta (18), granos por vaina (6,65) y el rendimiento (4,4 t ha⁻¹ de grano seco). **Conclusión:** Se concluye que el producto hormonal sobresaliente fue el “Triggrr Foliar” al favorecer la obtención de un mayor rendimiento, en comparación a los otros productos hormonales.

Palabras claves: Biomasa, cuajado, floración, grano, vaina.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of the application of hormonal products on the performance of the Castilla bean crop in the district of Vegueta. **Methodology:** The research was carried out in the district of Vegueta, Huaura, during the months of November 2020 to March 2021. The design used was that of complete random blocks with 5 treatments and 4 repetitions. The treatments were T0: Control, T1: Siprocigib, T2: Biozyme, T3: Foliar Triggrr, T4: Foliplus, T5: + Root 5k, which were applied at the beginning of flowering (flower bud) and in the setting of the pods. The variables evaluated were: plant height, dry weight of total biomass, leaves, stem and root, dry weight of pods per plant, pod length, number of pods per plant, number of grains per pod and yield. For the comparison of means, the Duncan test was used at 5%. **Results:** The application of Siprocigib favored a higher plant height (101.8cm), while the Foliar Triggrr favored obtaining a higher dry weight of the total biomass (63.7 g plant⁻¹), dry weight leaves, stem and root (32.3 g plant⁻¹) and pods (38.1 g plant⁻¹); Likewise, it promoted the formation of longer pods (13.35 cm), more pods per plant (18), grains per pod (6.65) and yield (4.4 t ha⁻¹ of dry grain). **Conclusion:** It is concluded that the outstanding hormonal product was the "Foliar Triggrr" by favoring the obtaining of a higher yield, compared to the other hormonal products.

Keywords: Biomass, fruit set, flowering, grain, pod.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de frijol Castilla (*Vigna unguiculata* L. Walp.) es una de las leguminosas más importantes en el mundo. Su distribución es amplia entre las regiones tropicales, subtropicales y templadas, siendo una alternativa para los agricultores, debido a su contenido nutricional y su alta demanda (Palomino, 2015).

En el país, el frijol Castilla es muy demandado, debido a que es una fuente alimenticia de suma importancia, lo que genera una participación en el consumo diario de las familias peruanas, lo que resulta una prioridad de los agricultores para producirlas. En ese sentido, el distrito de Vegueta se caracteriza por dedicar áreas importantes para la producción de este grano. Sin embargo, los rendimientos obtenidos no le permiten generar utilidades económicas altas, al contrario, los agricultores están propensos a la amenaza de los precios bajos en campo y sumado a ello el bajo rendimiento que ponen en riesgo la economía del agricultor.

El área de producción del frijol grano seco en el Perú fue de 75390 ha con un rendimiento promedio de 1,19 t ha⁻¹ para los años entre 2014-2018, siendo las principales zonas productoras los departamentos de Cajamarca (17 178 ha), Amazonas (8 927 ha), Huancavelica (6 210 ha), Piura (5931 ha) y Lima (1 211 ha) (MINAGRI 2019).

El rendimiento del grano del frijol Castilla, depende de un mayor cuajado de vainas en la planta durante la etapa reproductiva (Célis et al., 2011). Teniendo en cuenta que la planta de frijol sufre una alta abscisión de flores y de vainas cuajadas durante, lo que provoca preocupación en los agricultores, ya que esto genera menor rendimiento. Por tanto, se deben contar con estrategia para reducir estos problemas. Entre las estrategias, la más importante es con aplicación de fitohormonas exógenas, para restablecer y aumentar la concentración de hormonas endógena en la planta y así retener un mayor número de flores y de vainas cuajadas.

Es por esta razón de investigar el efecto que tiene las fitohormonas durante la etapa reproductiva, para el control de la abscisión de las flores, el crecimiento y el cuajado de las vainas de la planta de frijol Castilla, con el propósito de incrementar los rendimientos bajo condiciones de Vegueta distrito de Huara, Lima.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En el país, el frijol Castilla es muy demandado por los consumidores debido a su participación en el consumo diario de la canasta familiar peruana, lo que resulta una prioridad de los agricultores para producirlas. Sin embargo, existen problemas que limitan la producción del frijol, entre los problemas que limitan el rendimiento del grano del frijol Castilla se da durante la etapa reproductiva, es decir desde el inicio de la floración hasta la maduración de la vaina (Célis et al., 2011).

Asimismo, Ojehomon (2010) indica que la planta de frijol produce alrededor de 100 a 500 botones florales, de ellos aproximadamente el 70 y 88% de los botones tienden a caerse antes de llegar a la antesis, de tal modo que el 12 y 30% de los botones se abren y se polinizan produciendo vainas cuajadas. Al respecto, estas vainas cuajadas tienen una caída fisiológica y pueden llegar entre 40 y 50%. Por lo tanto, solo el 6 a 16% de los botones florales de la planta de frijol producen flores y de ellas, alrededor del 30 y 35% se desarrollan hasta llegar a formar vainas maduras.

Por lo que, la aplicación de fitohormonas es de suma importancia para controlar la abscisión de las flores, el crecimiento y el cuajado de las vainas de la planta de frijol Castilla. Alcántara et al. (2019) menciona que es necesario tener en cuenta aspectos críticos como la oportunidad de aplicación y la dosificación de las fitohormonas, como uso para regular el crecimiento, el cuajado y la actividad bioquímica de las plantas leguminosas. Con el propósito de incrementar los rendimientos en condiciones del distrito de Vegueta.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de la aplicación de los productos hormonales en el rendimiento del cultivo de frijol Castilla en el distrito de Vegueta?

1.2.2 Problemas específicos

¿La aplicación de los productos hormonales aumentará el crecimiento de la planta del cultivo de frijol Castilla del cultivo de frijol Castilla?

¿La aplicación de los productos hormonales aumentará el peso seco de la planta del cultivo de frijol Castilla del cultivo de frijol Castilla?

¿La aplicación de los productos hormonales modificará las características de los componentes del rendimiento del cultivo de frijol Castilla?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de los productos hormonales en el rendimiento del cultivo de frijol Castilla en el distrito de Vegueta.

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar el efecto de los productos hormonales en el crecimiento de la planta del frijol Castilla.

Evaluar el efecto de la aplicación de los productos hormonales sobre el peso seco de la planta del cultivo de frijol Castilla.

Determinar el efecto de la aplicación de los productos hormonales en las características de los componentes del rendimiento del cultivo de frijol Castilla.

1.4 Justificación de investigación

El presente trabajo de investigación es importante, porque contribuye con el conocimiento; además, permite generar alternativas para controlar la abscisión de las flores y el crecimiento de la planta, logrando el incremento del rendimiento del frijol Castilla, a través del uso de productos hormonales, aplicados en la etapa fenológica adecuada.

1.5 Delimitación del estudio

El trabajo de investigación se realizó en el distrito de Vegueta, provincia de Huaura y Región Lima, ubicado geográficamente entre las coordenadas $10^{\circ}54'42''$ de latitud Sur, $77^{\circ}38'44''$ de longitud Oeste y a 66 msnm. La investigación se llevó a cabo entre los meses de noviembre de 2020 a marzo del 2021.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Karamany et al. (2019) evaluando el efecto del ácido indol acético (IAA) combinado con el ácido giberélico (GA3) sobre el crecimiento, rendimiento, y la composición química de las semillas de frijol Castilla, encontraron que el tratamiento IAA con 50 mg/l, GA3 con dosis de 50 mg/l, y la interacción de IAA 50 mg/l + GA3 con 50 mg/l registraron alto rendimiento y mejora en los componentes del rendimiento como la altura de la planta, número y peso de las vainas por planta, número de semillas por vaina, así como carbohidratos totales, proteína en semillas (%) y N en semillas (%). Concluyendo que la combinación de 50 mg/l IAA + 50 mg/l de GA3 fue el tratamiento más efectivo para incrementar el crecimiento y rendimiento del frijol Castilla.

Cantaro (2019) estudiando el uso de diferentes productos hormonales (auxinas, giberelinas y citoquininas) en el cultivo de arveja. Reportó, que los mayores rendimientos en grano verde fueron obtenidos con la aplicación de la combinación de auxinas, giberelinas y citoquininas obteniendo 12150 kg ha⁻¹, además, de obtener 14,67 vainas por planta y 8,74 granos por vaina. Concluyendo que el uso de estas fitohormonas aumenta el número de granos por vaina, numero de vainas por planta y el rendimiento grano verde, así como el peso fresco total de planta y la longitud de vaina del cultivo.

Cobucci et al. (2005) realizando la aplicación vía foliar de productos hormonales a dosis de 0,25 L ha⁻¹, durante dos estadios fenológicos (V4 y R5) del cultivo de frijol, constataron que hubo aumento significativo sobre la productividad del frijol sólo cuando el producto fue aplicado en el estado fenológico R5. Siendo necesario indicar que la mejor época de aplicación de los productos hormonales es durante el estadio R5. Debido a que dicho estadio (R5) se da durante el inicio de la floración, lo que generó un mayor número de flores y vainas cuajadas, además del crecimiento de la vaina del frijol Castilla.

Morales (2017) estudiando el efecto de Ácido Naftalenacético (ANA) y 6 Benciladenina (6-BA) para el control de abscisión de flores, caída de frutos cuajados y el rendimiento del cultivo. Demostró que 1 g de ANA y 10 ml de 6-BA controló la abscisión de las flores, aumentando el número de frutos maduros y peso fresco. Además, el uso de 6-BA a dosis de 1 ml, fue el más eficaz. Sin embargo, altas concentraciones de auxinas (ANA) y de citoquininas (6-BA) provocan efectos negativos sobre las plantas, por lo que, es necesario su aplicación a concentraciones racionales para su efecto positivo.

Pino (2014) evaluando el uso de productos hormonales sobre el cultivo de arveja, demostró que los momentos oportunos para las aplicaciones de estas hormonas de tipo trihormonal, se dan a los 45 y 60 días después de la siembra, ya que presentó mayor rendimiento con 12 688 kg/ha. En cuanto a la longitud y número de granos por vaina, reportó que con dos aplicaciones obtuvo vainas con 8,18 cm de longitud y 6,75 granos por vaina en comparación con el tratamiento sin aplicar que obtuvo vainas con 7,39 cm de longitud y 5,63 granos por vaina. Concluyó que la aplicación productos hormonales a la arveja tiene efectos positivos cuando se hacen dos aplicaciones.

Yaqoob y Khadem (2001) evaluando el efecto del ácido giberélico (GA3), ácido indol-3-acético (IAA) y Kinetina sobre el frijol Castilla, aplicado solo y combinado después de 45 y 60 días después de la siembra (dos aplicaciones). Encontraron que la aplicación de 100 ppm de GA3 + 100 ppm de IAA + 20 ppm de Kinetina aumentó el número de entrenudos y mayor cuajado y retención de la vaina, en comparación con el control (sin aplicación). Asimismo, al aplicar una sola fitohormona, observó que la aplicación con GA3 al inicio temprano de la floración, aumentó el número máximo de flores y cuajado de vainas. Lo contrario con la aplicación de IAA y Kinetin, los cuales no mostraron ningún efecto significativo sobre la iniciación floral y sobre el número de flores por planta.

Célis et al. (2011) evaluando el control de la abscisión floral del frijol Castilla mediante la aplicación de productos hormonales como el ácido indolacético y el ácido indolbutírico, a diferentes dosis (30, 60 y 90 ppm.), aplicadas en tres momentos de la floración, concluyeron que los productos hormonales a dosis de 90ppm redujeron significativamente la caída de las flores y vainas inmaduras, logrando mayor retención de flores y vainas cuajadas, con mayor control de abscisión floral (24,5%) a comparación con el control sin aplicación (62,8%), indicando que las fitohormonas juegan un rol importante durante la floración, debido a que regulan la abscisión de hojas, flores y vainas, obteniendo mayor rendimiento en el frijol.

2.2. Bases teóricas

Camarena et al. (2002), indica que en el Perú la mayor área sembrada de frijol Castilla se encuentra en la sierra (46%), seguido por la costa (36%) y la selva (18%). En cuanto a la producción nacional, la costa ocupa el primer lugar con 47.4%, debido a sus rendimientos y otras causas, la sierra ocupa el segundo lugar (34.4%) y la selva el tercer lugar con 18% de la producción nacional. Cabe resalta, que parte de la producción de la sierra se destina al consumo y el resto se envía a los centros urbanos de la costa, en el caso de la selva el total de la producción se destina para el autoconsumo de la región.

2.2.1 Origen

Laulate (2001) indica que el frijol Castilla tiene su origen en el continente africano, donde se siguen cultivando *Vigna unguiculata* silvestres de la subespecie de *Kindtiana* en la gran parte de la Sábana Africana.

2.2.2 Taxonomía

Agurto (2016) menciona que el frijol Castilla tiene la siguiente taxonomía.

Reino: planta

Clase: angiosperma

Subclase: Dicotiledonea

Orden: Leguminoseae

Familia: Fabaceae

Género: *Vigna*

Especie: *unguiculata*

Nombre científico: *Vigna unguiculata* L

Nombre común: Frijol Castilla

2.2.3 Morfología

La morfología del frijol Castillas descrita por Espinoza (2010) indica que es una planta de ciclo anual, de tipo herbáceo y de días cortos. Tiene diferentes hábitos de desarrollo (arbustivo, semipostrado) y su altura de la planta varía entre 50 a 90 cm., según la variedad y las condiciones del edafoclimáticas. En cuanto a su desarrollo, presenta un crecimiento determinado y el porte de la planta está determinado por la forma y la posición de los tallos. Así mismo, Espinoza (2010) describe los órganos de la planta de frijol Castilla.

a. La raíz

Presenta un sistema radicular formado por la raíz primaria o principal que se desarrolla a partir de la radícula del embrión. Sobre esta y en disposición de corona se forman la secundaria y terciarias y otras subdivisiones; Los pelos absorbentes, órganos epidérmicos especializados en la absorción de agua y nutrimentos, se localizan en las partes jóvenes de las raíces laterales donde viven en simbiosis con la bacteria *Rhizobium*.

b. El tallo

El tallo es herbáceo al inicio mientras va madurando la planta se vuelve semileñoso, además, el tallo es una sucesión de nudos y entrenudos donde se insertan las hojas y los diversos complejos axilares. El color es verde rosa, glabro o pubescente, determinado si termina en inflorescencia o indeterminado si su yema apical es vegetativa.

c. Las hojas

Las hojas son de dos tipos: simples y compuestas. Los cotiledones constituyen el primer par de hojas, proveen de sustancias de reserva a la planta durante la germinación y emergencia y elaboran los primeros carbohidratos a través de la fotosíntesis en sus cloroplastos, duran poco y les sigue un segundo par y las primeras hojas verdaderas, quienes se desarrollan en el segundo nudo y son simples, opuestas y cortadas. A partir del tercer nudo se desarrollan las hojas compuestas, las cuales son alternas, con tres folíolos, un peciolo y un raquis.

d. Las flores

Las flores se desarrollan en una inflorescencia de tipo racimo, la cual puede ser terminal como sucede en las variedades de hábito determinado o lateral en las indeterminadas. La inflorescencia consta de un pedúnculo, brácteas y botones florales. Los botones florales se desarrollan en las axilas de las brácteas, de color blanco, rosado o de color púrpura.

e. El fruto o vaina

Es el ovario desarrollado en forma de vaina con dos suturas que unen las dos valúas; las semillas se unen a las valúas en forma alterna sobre la sutura plavental. Las divergencias laterales están constituidas por los cotiledones y las dos hojas primarias verdaderas. Los cotiledones forman la parte voluminosa de la semilla, son hojas modificadas para el almacén de carbohidratos y proteínas y constituyen la parte aprovechable de la semilla.

2.2.4 Etapas fenológicas del cultivo de frijol

Según el CIAT citado por Espinoza (2010), las etapas fenológicas del frijol son las siguientes:

a. Etapa V0: germinación

El proceso de germinación empieza cuando la semilla que se ha sembrado absorbe agua y se hincha. Por lo tanto, cuando se siembra en suelo seco, el día correspondiente al primer riego es el que se debe considerar como día de siembra.

Una vez la semilla dispone de condiciones para germinar (agua), emerge de ella en primer lugar la radícula, la cual se alarga para convertirse en raíz primaria; sobre ella, cerca de la superficie del suelo aparecen luego raíces secundarias y terciarias. Posteriormente se alarga el hipocótilo y los primeros cotiledones se pueden observar en la superficie del suelo.

b. Etapa VI: emergencia

Se inicia cuando los cotiledones del 50% de las plántulas del cultivo aparecen al nivel del suelo. Después de la emergencia, el hipocótilo se endereza y crece hasta alcanzar su tamaño máximo; las hojas primarias, ya formadas en el embrión de la semilla, crecen y se despliegan. Los distintos órganos de la parte aérea se vuelven verdes; en ciertas variedades aparece una pigmentación rosada o morada, especialmente en el hipocótilo.

c. Etapa V2: aparición de hojas primarias

Esta etapa se inicia cuando están desplegadas las hojas primarias del 50% de las plantas del cultivo. Las hojas primarias son simples (unifoliadas) y opuestas (ambas colocadas en el mismo nudo, el segundo del tallo principal); cuando están completamente desplegadas, se colocan generalmente en posición horizontal. Al comienzo de esta etapa, la yema terminal del tallo principal se puede distinguir entre las dos hojas primarias.

d. Etapa V3: primera hoja trifoliada

Esta etapa se inicia al desplegarse la primera hoja trifoliada en el 50% de las plantas del cultivo. En la Etapa V3, tanto el entrenudo entre las hojas primarias y la primera hoja trifoliada como el pecíolo de esta última son todavía cortos; al comienzo de ella, la primera hoja trifoliada se encuentra debajo de las hojas primarias. También se observan en esta etapa la segunda hoja trifoliada de tamaño muy reducido todavía; los cotiledones se han secado completamente, y por lo regular se han caído. Al final, se empieza a formar la primera rama, generalmente a partir de la yema de la primera hoja trifoliada.

e. Etapa V4: tercera hoja trifoliada

Cuando el 50% de las plantas del cultivo ha desplegado su tercera hoja trifoliada, la Etapa V4 se considera iniciada; en ese momento, dicha hoja se encuentra todavía debajo de la segunda (hoja) trifoliada. En la axila de cada hoja (incluso de las primarias y de los cotiledones) se encuentra una tríada de yemas que pueden originar estructuras vegetativas y/o reproductivas; generalmente, las yemas de los nudos que están por debajo de la tercera hoja trifoliada se desarrollan como ramas. Puesto que la Etapa V4 es la más larga de la fase vegetativa, se divide en subetapas (V4.4, V4.5, V4.6, etc.), las cuales corresponderían a la 4a. hoja trifoliada, la 5a, 6a, etc. sobre el tallo principal de las plantas.

f. Etapa R5: prefloración

La etapa R5, con la cual comienza la fase reproductiva, se inicia cuando en el 50% de las plantas aparecen los primeros botones florales o los primeros racimos según sea el hábito de crecimiento. En las variedades determinadas los primeros botones florales aparecen generalmente en el nudo superior del tallo principal; la aparición del primer botón floral depende de factores como el genotipo y otros. Al finalizar la prefloración, los pedúnculos de racimos se alargan y la corola aparece adquiere la pigmentación característica de la variedad.

g. Etapa R6: floración

Cuando está abierta la primera flor en el 50% de las plantas del cultivo, se ha iniciado la etapa R6. La primera flor abierta corresponde al primer botón formado; por lo tanto, en las variedades de Tipo I (determinadas) la floración empieza en el último nudo del tallo principal y continúa en forma descendente. Las ramas siguen el mismo orden de floración que el tallo principal, es decir, descendente en las variedades de Tipo I y ascendente en las de los Tipos indeterminados. Dentro de cada racimo, la floración empieza en la primera inserción (inserción basal) y continúa en las siguientes.

h. Etapa R7: formación de las vainas

Después de la fecundación de la flor, la corola se marchita y la vaina empieza a crecer. Cuando aparece la primera vaina en el 50% de las plantas del cultivo se considera iniciada la Etapa R7; en ese momento, la corola puede estar desprendida o puede colgar aun del extremo inferior de las vainas. La Etapa R7 termina cuando las vainas han alcanzado su máxima longitud, y sólo entonces comienza el crecimiento de los granos (en la Etapa R8).

i. Etapa R8: llenado de las vainas

La Etapa R8 empieza cuando en el 50% de las plantas del cultivo la primera vaina cesa de alargarse y empieza a llenarse debido al crecimiento de las semillas; esto se puede comprobar mirando las vainas por el lado de las suturas: se observan los abultamientos correspondientes a las semillas en crecimiento. Al final de la etapa, las semillas comienzan a pigmentarse, comenzando alrededor del Hilum; luego la pigmentación se extiende a toda la testa. En las variedades determinadas el desarrollo vegetativo del tallo principal termina antes de la floración. En la etapa R8 se observa también el inicio de la defoliación de las plantas.

j. Etapa R9: maduración

Se inicia cuando la primera vaina del 50% de las plantas de un cultivo cambia su color verde por amarillo o pigmentado; las hojas, empezando por las inferiores, adquieren un color amarillo y se caen. Todas las partes de la planta se secan y en particular las semillas, cuyo contenido de agua baja hasta llegar a un 15%; las semillas toman entonces su color final y la planta está lista para la cosecha.

2.2.5 Características climáticas del cultivo de frijol

El frijol Castilla es una especie que se adapta a muchos climas, sobre todo aquellas cuya temperatura se encuentra entre un rango de 20 y 35°C a 15°C. Es necesario recalcar que la germinación de la semilla, el suelo debe tener una temperatura de 20°C. En cuanto al fotoperíodo los frijoles Castilla son de días cortos, días largos es decir indiferentes, pero su inducción floral debe tener de 8 y 14 horas de luminosidad. Con respecto a la precipitación, se adaptan bien a regiones semiáridas con 600 mm/año y bosques húmedos de 1500 mm/año de precipitación (Laulate, 2001).

2.2.6 Características edáficas del cultivo de frijol

El frijol Castilla es una leguminosa que se adapta y prospera en diversos tipos de suelos (arenosos, limosos, arcillosos y francos) e incluso suelos con baja fertilidad o también en suelos eriazos. Sin embargo, el suelo donde es sembrado el frijol debe presentar un pH entre un rango de 5 a 7 y, además, de tener un buen drenaje (Agurto, 2016).

2.2.7 Influencia del ambiente en la producción del frijol

Las plantas se enfrentan con frecuencia a tensiones bióticas o abióticas que tiene el ambiente donde se desarrolla y que restringen su crecimiento y productividad. Siendo estas tensiones las que provoquen estrés a la planta. Por lo que sus hormonas desempeñan un papel importante en los mecanismos de defensa de las plantas contra varios tipos de estrés abiótico. Debido a su capacidad de inducir numerosos mecanismos de defensa al integrar las señales de estrés (Amir et al., 2019).

Dubois et al. (2018) informaron que las condiciones de estrés por calor, sombra, exposición a metales pesados, salinidad, baja disponibilidad de nutrientes, deficiencia de agua y otro limitante que tiene el ambiente aumenta la evapotranspiración de la planta, en consecuencia, se vuelve susceptible. Además, dichos investigadores indican que la planta determina las señales ambientales, si es favorable para su crecimiento o detener el efecto del estrés generado por el ambiente. Esta determinación le permite a la planta redirigir sus foto asimilados y/o recurso para su crecimiento y desarrollo o para defenderse del estrés provocado por el ambiente.

2.2.8 Fisiología del frijol en relación con el momento de aplicación de fitohormonas

Es de suma importante conocer la fisiología del cultivo, para entender acerca de los procesos básicos que controlan el crecimiento y el desarrollo de la planta. Siendo esencial para realizar las aplicaciones de los productos hormonales en los momentos precisos donde la planta lo requiera con el fin de lograr óptimos rendimientos (CIAT, 1988).

En la planta, ocurre diferentes proceso fisiológicos, entre ellos la abscisión, siendo las hojas las que suele presentar dicha proceso, presentando hasta una defoliación completa si no es controlado o puede presentar defoliación debido a la señales ambientales como las plantas que provienes de la regiones templadas donde la planta entra en dormancia y esta se queda defoliada, pero no son los únicos, ya que también las flores y frutos cuajados presentan caída por el proceso de abscisión (Bisht et al., 2018).

Miyakawa y Tanokura (2017) indican que todo cultivo pierde prematuramente la mayoría de los botones florales y frutos cuajados, debido a la sobrecarga de flores y/o por la falta de recursos que no dispone la planta para poder retenerlas y en consecuencia solo una baja fracción de los frutos llega a desarrollarse hasta su maduración. Siendo el proceso fisiológico de la abscisión las que generan la caída de flores y la caída de los frutos cuajados. Cabe resaltar que dicho proceso fisiológico ocurre también en el fríjol Castilla. Por lo que, si se regula la abscisión, podría generar más rendimiento y esto se puede controlar con el uso de productos hormonales.

Según Célis et al. (2011) entre los problemas que limitan el rendimiento del grano del frijol Castilla se da durante la etapa reproductiva, es decir desde el inicio de la floración, la polinización, el cuajado de la vaina y por último la maduración de la vaina.

Ojehomon (2010) investigando la fisiología de la floración del frijol, indica que la planta produce alrededor de 100 a 500 botones florales, de ellos aproximadamente el 70 y 88% de los botones tienden a caerse antes de llegar a la antesis, de tal modo que el 12 y 30% de los botones se abren y se polinizan produciendo vainas cuajadas. Al respecto, estas vainas cuajadas tienen una caída fisiológica y pueden llegar entre 40 y 50%. Por lo tanto, solo el 6 a 16% de los botones florales de la planta de frijol producen flores y de ellas, alrededor del 30 y 35% se desarrollan hasta llegar a formar vainas maduras.

Célis et al. (2011) evaluando el control de la abscisión floral del frijol Castilla mediante la aplicación de fitohormonas (ácido indolacético - AIA) y el ácido indolbutírico - AIB), a diferentes dosis (30, 60 y 90 ppm.), aplicadas en tres momentos de la floración (inicio de la floración, con un 10% de plantas con flores abiertas, la segunda durante la máxima floración y la tercera a los 10 días de iniciada la floración. Además, de un tratamiento combinado donde la aplicación fue en el inicio de la floración y en la máxima floración. Aplicando sobre el follaje en especial con los botones florales y flores abiertas (Célis et al., 2011).

Célis et al. (2011) demostró que el uso de productos hormonales redujo significativamente la caída de las flores y vainas inmaduras. Con el uso de las dos auxinas con dosis de 90 ppm, así como el tratamiento combinado presentan mayor retención de flores y vainas cuajadas, con mayor control de abscisión floral (24,5%) a comparación con el control sin aplicación (62,8%). Generando mayor rendimiento en el frijol Castilla. Así mismo, con dichos resultados indicaron que la fisiología de la floración en el frijol está determinada por estímulos ambientales tales como la temperatura y el fotoperiodo, convirtiéndolos en estímulos químicos, tal caso las hormonas vegetales juegan un rol importante durante la floración.

Debido a que regulan la abscisión de hojas, flores y vainas. A nivel fisiológico, la respuesta de las señales ambientales y la redirección de sus fotoasimilados y/o recurso para su crecimiento y desarrollo o para la defensa del estrés están determinados por las hormonas vegetales (Dubois et al., 2018).

2.2.9 Las hormonas vegetales

Las hormonas vegetales se descubrieron en una época temprana. Siendo la auxina, ácido abscísico (ABA), citoquinina, giberelina (GA) y etileno, como las cinco hormonas vegetales “clásicas”. Luego de la constante investigación, se fueron descubriendo nuevas hormonas como los brasinoesteroides (BR), el jasmonato (JA) y la estrigolactona (SL) conocidas como nuevas familias de fitohormonas (Miyakawa y Tanokura, 2017).

Las hormonas vegetales o también denominadas como “fitohormonas”. Son mensajeros químicos que regulan varios procesos fisiológicos de la planta que se relacionan con los aspectos del crecimiento y desarrollo de la misma y suelen estar activas en concentraciones muy bajas (Park et al., 2013). Además, éstas fitohormonas son usadas como reguladores del crecimiento de las plantas.

Las plantas se enfrentan con eventos efecto biótico y abiótico que restringen o anulan algún proceso de su crecimiento y el rendimiento. Es por ello que las hormonas vegetales son mensajeros químicos especializados y las aplicaciones de estas, desempeñan un papel de mucha importancia en los mecanismos de defensa de las plantas, que contrarrestan los diferentes estreses provocados por factores bióticos y abióticos. Además, las fitohormonas tienen la capacidad de inducir la estimulación defensiva de las plantas al registrar algún evento climático adverso (Amir et al., 2019).

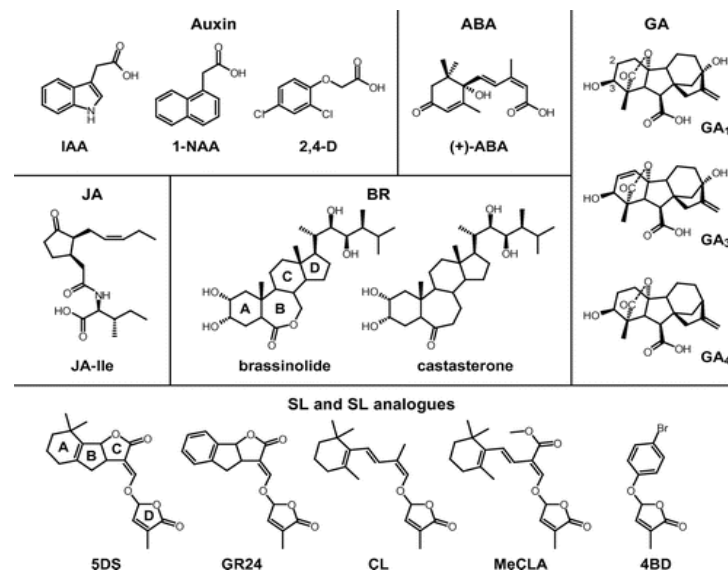


Figura 1. Estructuras químicas de auxina, ácido abscísico (ABA), giberelina (GA), jasmonato (JA), brasinoesteroide (BR) y estrigolactona (SL). Fuente: Miyakawa y Tanokura (2017).

Así mismo, las hormonas vegetales son los actores centrales en los diferentes eventos fisiológicos de las plantas, tal como es el caso del crecimiento, el desarrollo, el estrés ambiental y las respuestas de defensa (Miyakawa y Tanokura, 2017).

Bisht et al. (2018) mencionan que cada hormona produce diferentes respuestas fisiológicas. Muchas de ellas son similares entre todas las hormonas. La respuesta de una planta o una parte de la planta a los reguladores del crecimiento puede variar con la variedad de la planta, incluso en una sola variedad puede responder de manera diferente dependiendo de su edad, condiciones ambientales y estado fisiológico de desarrollo es decir el contenido de hormonas endógenas y por supuesto el estado nutricional de la planta. Por lo que se sugiere la acción de un regulador de crecimiento en las plantas.

Amir et al. (2019) estudiando la acción de las hormonas vegetales para mejorar el crecimiento y productividad de las plantas bajo estrés abiótico, indicaron que, entre las funciones de las fitohormonas, es ser mediadores entre la señalización del estrés abiótico y las respuestas de defensa. Asimismo, el uso de fitohormonas como el ácido abscísico, ácido giberélico, citoquininas, brasinoesteroides, jasmonatos y ácido salicílico mejoran la tolerancia y aumentan el rendimiento de las plantas bajo condiciones ambientales adversas del cultivo.

Asimismo, Amanullah et al. (2010) sostienen que los reguladores del crecimiento de las plantas son sustancias químicas y cuando se aplican en pequeñas cantidades, provocan cambios rápidos en las plantas y también influyen en el crecimiento desde la germinación de la semilla hasta la senescencia, ya sea mejorando o estimulando el sistema regulador del crecimiento natural.

Además, las sustancias para el crecimiento de las plantas mejoran la relación fuente-sumidero y estimulan la translocación de fotoasimilados, lo que ayuda a la formación efectiva de flores, el desarrollo de frutos y semillas y, en última instancia, mejora la productividad de los cultivos. Se intenta revisar la influencia de algunas de las sustancias de crecimiento importantes como el ácido salicílico, ácido bórico, panchagavya y los metilótrofos facultativos pigmentados de color rosa sobre el crecimiento y la productividad de los cultivos (Amanullah et al., 2010).

Cantaro (2019) observó que las auxinas y citoquininas actúan sinérgicamente en casi todas las variables evaluadas ya que su efecto conjunto supera al efecto de cada regulador de crecimiento por separado. Se muestra una correlación positiva entre el rendimiento y las demás variables. Asimismo, se observó que los tratamientos con productos fitohormonales lograron superar al testigo, excepto en el número de ramas y número de vainas por planta, sin embargo, generó mayor peso por vaina lo que indica el gran potencial de este regulador de crecimiento en la agricultura sustentable.

2.2.10 Modo de acción de los productos hormonales o fitohormonas en las plantas

Los productos hormonales o reguladores del crecimiento o fitohormonas son compuestos orgánicos, distintos de los nutrientes, que se producen sintéticamente provenientes de algas u/o otros organismos controlan el crecimiento u otras funciones fisiológicas en un sitio alejado de su lugar de producción y activos en cantidades mínimas, modifican el proceso fisiológico de la planta (Bisht et al., 2018).

Las fitohormonas son sustancias orgánicas sintetizadas en las plantas, que provocan alteraciones en su metabolismo celular. La síntesis de algunas hormonas vegetales se ve afectada negativamente por factores ambientales, lo que provoca una restricción en los procesos fisiológicos de la planta y, en última instancia, limita su potencial de crecimiento. Por lo que, la aplicación de estas hormonas en baja concentración regula el crecimiento, la diferenciación y el desarrollo (Salazar et al., 2018).

Se obtienen buenas respuestas en las plantas cuando se aplican las tres hormonas vegetales, por lo que esta combinación; se llaman productos hormonales, ya que contienen las tres hormonas vegetales sintéticas.

Bisht et al. (2018) sostienen que existen varios modos de acción propuestos en cada clase de hormona vegetal, con argumentos sustanciales a favor y en contra de cada modo. Alteran la función, la forma y el tamaño de las plantas de cultivo en diversas etapas de desarrollo, desde la germinación hasta la cosecha y la conservación postcosecha. Los productos químicos que regulan el crecimiento que tienen una influencia positiva en los principales cultivos agronómicos pueden ser valiosos.

Ammanullah et al. (2010) mencionaron que se sabe que los productos hormonales de las plantas mejoran la relación fuente-sumidero y estimulan la translocación de fotoasimilados para que se hundan, lo que ayuda a la formación efectiva de flores, el desarrollo de frutos y semillas y, en última instancia, mejora la productividad de los cultivos. Entre los productos hormonales que regulan el crecimiento de la planta en condiciones normales o de estrés son las auxinas.

Las interacciones fitohormonales son complejas y actualmente varios investigadores utilizan las fitohormonas para reducir o eliminar los efectos negativos en la producción. Las auxinas y citoquininas son fitohormonas indispensables para la vitalidad, crecimiento y desarrollo de las plantas, y cualquier alteración que afecte a su síntesis y homeostasis conduce a la muerte del tejido vegetal (Francisco et al., 2020).

Park et al. (2013) evaluando el efecto de diferentes productos hormonales (ácido indol-3-acético, ácido giberélico, kinetina, 1-triacontanol y ácido abscísico) sobre el crecimiento de frijol. Demostraron que la aplicación del ácido giberélico aumenta la producción de biomasa en un 54 a 69% en relación con el control no tratado. Además, indicaron que los tratamientos con fitohormonas también afectaron la morfología de las células y cantidad de las células aumentaron después de la adición de estas fitohormonas e incluso cuando la fuente de nitrógeno se redujo al 40%.

Alcántara et al. (2019) menciona que es necesario tener en cuenta aspectos críticos como oportunidad de aplicación, dosis, sensibilidad de la variedad, condición de la planta, etc., ya que cada planta requerirá de unas condiciones específicas de crecimiento que pueden afectarse por la concentración de ellos en el medio. Los reguladores vegetales son productos sintéticos que se han convertido en las primeras herramientas capaces de controlar el crecimiento y actividad bioquímica de las plantas por lo que su uso ha aumentado en los últimos años.

Bisht et al. (2018) señalan que los reguladores del crecimiento de las plantas generalmente incluyen auxinas, giberelinas, citoquininas, etileno, retardadores del crecimiento e inhibidores del crecimiento. Las auxinas son las hormonas que se descubrieron por primera vez en las plantas y más tarde también se descubrieron las hormonas giberelinas y las citoquininas.

2.2.11 Uso del Ácido giberélico en el cultivo de frijol

Las giberelinas son biomoléculas complejas naturales inicialmente identificadas como metabolitos secundarios en el hongo *Gibberella fujikuroi* con fuertes implicaciones en la fisiología vegetal. Se han identificado el ácido giberélico (AG) en diferentes especies de hongos y bacterias, pero la comprensión de estos metabolitos en los diferentes vegetales necesitaría una investigación adicional (Salazar et al., 2018).

Rastogi et al. (2013) demostraron que el ácido giberélico (AG) promueve el crecimiento al estimular las células para una división rápida, así como el alargamiento, al aumentar la extensibilidad mecánica y la plasticidad de la pared celular, lo que es seguido por la hidrólisis del almidón en azúcar, lo que reduce el potencial hídrico y permite que el agua ingrese al interior de la célula.

Cantaro (2019) en su investigación sostiene que el ácido giberélico incrementa las variables morfológicas de la planta de arveja, tal como altura de planta, ancho y largo de vaina, además, reporta aumento en las variables asociadas al rendimiento, como número de granos por vaina, número de vainas por planta y el rendimiento grano verde, así como el peso fresco total de planta y la longitud de vaina.

Karamany et al. (2019) informaron que el aumento de elongación, expansión y proliferación del tallo, además, del aumento de los caracteres de crecimiento, composición química y parámetros del rendimiento de la planta aumenta con el aumento de la dosis de ácido giberélico en frijol.

2.2.12 Uso de auxinas en el cultivo de frijol

Las auxinas son fitohormonas importantes, y se demostró que el ácido indol-3-acético de la auxina (IAA) es la principal auxina y promueve varios eventos de crecimiento y desarrollo, como la división celular, elongación y diferenciación (Asgher et al., 2015). Además, el IAA se produce principalmente en la yema del ápice de los brotes y en las hojas jóvenes de las plantas, entre otros tejidos meristemáticos, flores, frutos y semillas jóvenes (El Karamany et al., 2019). Salazar et al. (2018) sostienen que se conocen otro tipo de auxinas que son producidas de manera sintética como el ácido indol-butírico (IBA), el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y el ácido α -naftalenacético (NAA).

Egamberdieva et al. (2017) hacen mención sobre el IAA quien sintetiza a partir del triptófano y es químicamente similar a él. Generalmente, las auxinas son conocidas como las mejores hormonas para el uso agrícola, debido a que carecen de toxicidad para las plantas y tienen alta eficacia para aumentar el sistema radicular de muchos cultivos.

No obstante, Bisht et al. (2018) sostienen que el efecto fisiológico de las auxinas única es promover el crecimiento celular. Pero, muchas investigaciones confirman que las concentraciones tienen diferentes acciones. Por ejemplo, bajas o moderadas concentraciones tienen un efecto positivo, mientras que altas actúan como un agente inhibidor y en otros más como un participante necesario en la actividad de crecimiento de otras fitohormonas como las giberelinas y las citoquininas. Las auxinas (tanto naturales como sintéticas) desempeñan un papel importante en los cultivos.

Además, Rastogi et al. (2013) resalta que la auxina promueve el alargamiento celular al provocar la acidificación de las paredes celulares, lo que aumenta su plasticidad, y las paredes se expanden debido a la fuerza de la presión de turgencia interna de la célula.

Al respecto Rastogi et al. (2013) informaron que el efecto de la auxina y la giberelina solas o en combinación, tienen un efecto importante en la estimulación de los parámetros de crecimiento en la linaza. Asimismo, la dosis combinada de giberelina y auxina tuvo un efecto estimulante más pronunciado sobre los componentes del crecimiento, lo que podría deberse a su efecto sobre la fisiología de la planta. Recomienda el uso de una dosis combinada de auxina y giberelinas (1 mg/l + 400 mg/l) para el crecimiento y mejora del rendimiento.

Cantaro (2019) informó que la auxina incrementa los valores de las variables morfológicas como longitud de vaina y ancho de vaina; y de las variables de rendimiento como el número de granos por vaina, número de vainas por planta y peso fresco total de planta arveja, más no propiamente en el rendimiento, ya que en este experimento en su aplicación conjunta con el triacontanol no superó al testigo.

Karamany et al. (2019) encontraron que el efecto del ácido indol acético (IAA) combinado con el ácido giberélico (GA3) provocaron aumentos significativos en la morfología, parámetros bioquímicos y rendimiento de las plantas de frijol Castilla. Además, incrementa los componentes del rendimiento y composición química de las semillas, mientras que una mayor concentración de auxinas lo inhibe.

2.2.13 Uso de citoquininas en el cultivo de frijol

Las citoquininas fueron descubiertas cuando se buscaba promover la proliferación de las células vegetales junto con las auxinas. Esta búsqueda dio como resultado la identificación de la citoquinina kinetina sintética. La primera citoquinina natural se encontró en el maíz y se conoce como zeatina. Estudios posteriores permitieron usarlas como regulador de crecimiento de plantas también fitohormona (Kieber y Schaller, 2018).

Las citoquininas más ampliamente distribuidas son la benciladenina sintética (BA) y la kinetina. La cinetina se descubrió a partir del callo de la médula del tabaco y la sustancia química se identificó como 6-furfuril aminopurina. La citoquinina natural parece producirse principalmente en el meristemo de la raíz apical, las inflorescencias y los frutos en desarrollo (Bisht et al., 2018).

Egamberdieva et al (2017) informaron que las citoquininas están involucradas en el mantenimiento de la proliferación y diferenciación celular y conducen a la inhibición de la senescencia prematura de las hojas y las flores. Kieber y Schaller (2018) informaron que las citoquininas desempeñan muchas funciones en el desarrollo de las plantas y, a menudo, actúan junto con otras hormonas, sobre todo la auxina, para regular la división y diferenciación celular.

Así mismo, Cantaro (2019) evaluando la aplicación de citoquininas en el brote de plantas de frijol, demostraron que las citoquininas actúan promoviendo la proliferación celular, incluida la actividad de los meristemas apicales y axilares. Los aumentos en los niveles de citoquinina, en respuesta a la expresión reducida de un gen CKX, se han relacionado con aumentos en el rendimiento de grano en frijol. Además, sostiene que las citoquininas incrementaron los valores de las variables morfológicas como altura de planta de arveja, longitud de vaina y ancho de vaina; así como el número de granos por vaina y ligeramente el rendimiento por encima del testigo.

Según Chang et al. (2015) informaron que las citoquininas influyen en el desarrollo de gametos femeninos, además, promueven la diferenciación celular en el meristema apical de la raíz y regulando la ramificación de la raíz. Es decir, regulan la arquitectura de la raíz y el alargamiento de la raíz primaria, y pueden modular la función de la raíz al regular la expresión de las proteínas de absorción y transporte de nutrientes (Werner et al., 2013).

2.2.14 Uso de etileno en el cultivo de frijol

Dubois et al. (2018) mencionan que el etileno, es la fitohormona más pequeña, es gaseoso y, por lo tanto, permite la comunicación de planta a planta. Desde su descubrimiento hace aproximadamente un siglo, las múltiples facetas de esta hormona como molécula de señalización han fascinado a los científicos, y esto llevó a desentrañar su biosíntesis y señalización y la identificación de sus diversas funciones: regulación del desarrollo foliar, senescencia, maduración del fruto, estimulación de la germinación, etc. Así mismo, la sensibilidad de las plantas es una característica desventajosa ya que implica que su supervivencia puede verse amenazada por efectos adversos del ambiente. En condiciones favorables, el crecimiento de raíces y brotes es crucial para permitir la absorción continua de nutrientes y la producción de energía a través de la fotosíntesis.

Además, los mismos autores mencionan que al estar continuamente expuestas a condiciones ambientales variables, las plantas producen fitohormonas para reaccionar rápida y específicamente a estos cambios. La fitohormona etileno se produce en respuesta a esas múltiples tensiones. Por lo que la acumulación de etileno en las hojas provoca una rápida inhibición de la división celular y la expansión celular. Aunque el efecto inhibitor del etileno sobre el crecimiento de los brotes se ha observado en múltiples estudios, incluidos estudios sobre especies de cultivos cultivadas en el campo.

2.3 Definiciones conceptuales

Amarre del fruto: El amarre del fruto es un fenómeno fisiológico que se da en forma natural, que ocurre cuando la flor es polinizada y empieza el ovario a hincharse. Luego de ello crece y llega hasta su maduración del fruto.

Auxina: Las auxinas son fitohormonas importantes, y se demostró que el ácido indol-3-acético de la auxina (IAA) es la principal auxina y promueve varios eventos de crecimiento y desarrollo, como la división celular, elongación y diferenciación.

Botón floral: Es un brote que se forma cuando el periodo vegetativo de la planta se detiene y empieza la etapa reproductiva de la planta.

Citoquinina: Las citoquininas promueven la proliferación de las células y crecimiento de las células y se usa como regulador de crecimiento de plantas también fitohormona.

Giberelinas: El ácido giberélico (AG) promueve el crecimiento al estimular las células para una división rápida, así como el alargamiento, al aumentar la extensibilidad mecánica y la plasticidad de la pared celular, lo que es seguido por la hidrólisis del almidón en azúcar, lo que reduce el potencial hídrico y permite que el agua ingrese al interior de la célula.

Hormona vegetal: Son sustancias orgánicas sintetizadas en las plantas, que provocan alteraciones en el metabolismo celular. Controlan el crecimiento u otras funciones fisiológicas en un sitio alejado de su lugar de producción y activos en cantidades mínimas, modifican el proceso fisiológico de la planta.

Productos hormonales: Los productos hormonales o reguladores del crecimiento o fitohormonas son compuestos sintéticos, distintos de los nutrientes, que se producen sintéticamente provenientes de algas u otro organismo y controlan el crecimiento u otras funciones del proceso fisiológico de las plantas. Contienen las tres hormonas vegetales en diferentes concentraciones e influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Vaina: Fruto de las plantas que pertenecen a la familia de las leguminosas.

2.4 Formulación de la hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

Los productos hormonales no producen efecto en el rendimiento del frijol Castila bajo condiciones del distrito de Vegueta.

2.4.2 Hipótesis específicas

Los productos hormonales no producen efecto en el crecimiento de la planta del frijol Castilla.

Los productos hormonales no producen efecto en el peso seco de la planta del cultivo de frijol Castilla.

Los productos hormonales no producen efecto en las características de los componentes del rendimiento del cultivo de frijol Castilla.

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación

El trabajo de investigación se realizó en el distrito de Vegueta, provincia de Huaura y Región Lima, ubicado geográficamente entre las coordenadas 10°54'42'' de latitud Sur, 77°38'44'' de longitud Oeste y a 66 msnm.

3.2 Materiales e insumos

La descripción de los materiales e insumos utilizados en esta investigación son las siguientes:

Materiales de campo

- Cal
- Cartillas de evaluación
- Cordel
- Lampa
- Letreros
- Libreta de campo
- Rafia
- Wincha

Insumos

- Fertilizantes N-P-K
- Pesticidas
- Siprocigib
- Biozyme
- Triggrr Foliar
- Foliplus
- + Raiz 5k

Equipos

- Balanza analítica
- Cámara fotográfica
- Mochila fumigadora (20 litros)
- Lapto
- Vernier

3.3 Diseño experimental

Se utilizó el diseño en bloques completos al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones. El análisis de varianza se muestra en la Tabla 1. En caso de la comparación de medias de los tratamientos se usó la prueba de Duncan al 5% ($\alpha=0,05$).

Tabla 1

Análisis de la varianza

F.V.	GL	SC	CM	F-cal	p-valor	Significación
Bloques	3	SCB	SCB/3	CMB/CME	p-valor B	
Tratamientos	5	SCT	SCT/5	CMT/CME	p-valor T	
Error	15	SCE	SCE/15			
Total	23	SCT				

3.4 Tratamientos

En la Tabla 2 se presentan los tratamientos.

Tabla 2

Tratamientos en estudio

N°	Tratamiento	Código
T0	Testigo	TT 000
T1	Siprocligib	SC 250
T2	Biozyme	BZ 500
T3	Trigrr Foliar	TF 500
T4	Foliplus	FP 500
T5	+ Raiz 5k	RZ 500

3.5 Características del área experimental

El trabajo de investigación se realizó en un campo definido y delimitado de la siguiente manera:

Características de la unidad experimental

Número de surcos por tratamiento:	4
Distancia entre surco:	0,75 m
Distancia entre planta:	0,30 m
Numero de planta por golpe:	3
Ancho de unidad experimental:	3,00 m
Largo de unidad experimental:	5.0 m
Área de unidad experimental:	15.0 m ²

Características del bloque

Número de bloques:	4
Largo de bloque:	5,00 m
Ancho de bloque:	18,00 m
Área de bloque:	90 m ²
Ancho de unidad experimental:	3,00 m
Área total del experimento	360 m ²

Croquis del campo experimental

Área total: 360 m²

Área de la unidad experimental: 15.0 m²

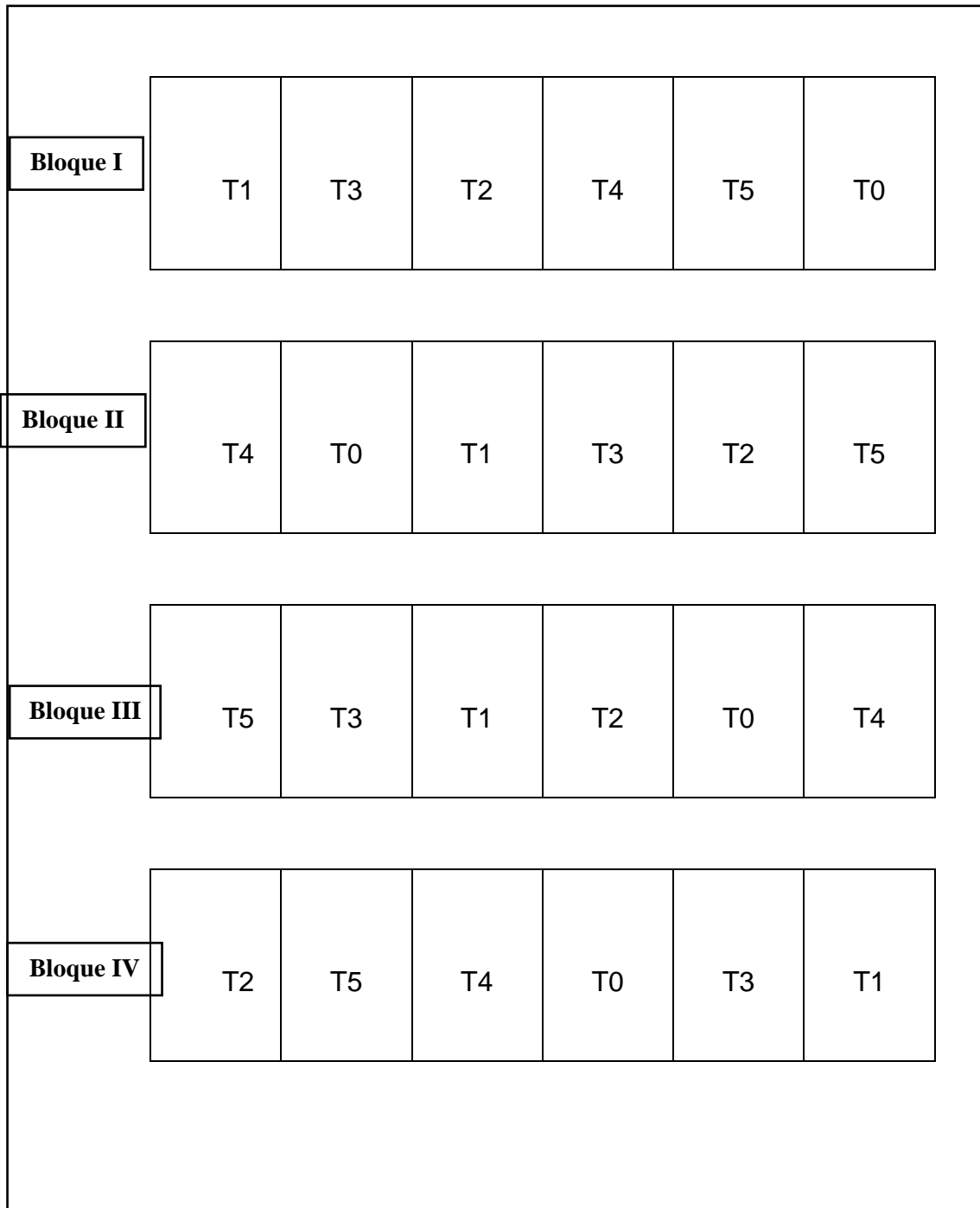


Figura 2. Croquis del experimento de investigación.

Leyenda:

T0: Testigo, T1: Siprocigib, T2: Biozyme, T3: Triggrr Foliar, T4: Foliplus, T5: +Raiz 5k

3.6 Variables

Se evaluaron las siguientes variables:

a) Altura de planta

Se midieron las plantas del surco central de cada tratamiento, desde la base de la planta hasta el eje central.

b) Peso de la biomasa seca de la planta

Se extrajo la planta de cada unidad experimental y se llevó a la estufa a una temperatura de 80°C por 3 días, en la cual se perdió el agua y fueron pesadas, cada peso de la muestra se expresó en g planta^{-1} .

c) Peso seco de hojas, tallo y raíz de la planta

De la planta seca se separó las hojas, el tallo y la raíz de cada unidad experimental y fueron pesadas, cada peso seco de la muestra se expresó en g planta^{-1} .

d) Peso seco de la vaina por planta

De la planta seca se separó las vainas de cada unidad experimental y fueron pesadas, cada peso seco de la muestra se expresó en g planta^{-1} .

e) Peso seco de los granos por vaina

Los granos de cada vaina seca en cada unidad experimental fueron pesados y cada peso seco de la muestra se expresó en g planta^{-1} .

f) Longitud de la vaina

Se midió el largo de cada vaina en cada unidad experimental fueron pesados y cada medida se expresó en cm.

g) Número de vainas por planta

Se contaron el número de vainas por planta en cada unidad experimental.

h) Número de granos por vaina

Se contaron el número de vainas por planta en cada unidad experimental.

i) Rendimiento de granos

Se pesaron los granos secos de cada unidad experimental fueron pesados y cada peso se expresó en $t\ ha^{-1}$.

3.7 Conducción del experimento

Preparación del terreno

El campo experimental ubicado en el distrito de Vegueta, provincia de Huaura, se realizó la preparación del suelo, luego se procedió al riego de machaco y la mecanización con arado de disco, y pasada de grada para mullir el suelo, por último, se realizó el surcado a distancia de 0,75m entre surcos. Se realizó después el marcado del área experimental con cal tal como se muestra en el croquis experimental (Figura 2).

Siembra

La siembra se realizó en 15 de noviembre de 2020, colocando 3 semillas por golpe a una distancia de 0,3m entre golpes. Por tanto, la densidad de plantas del experimento fue de 133 333,3 plantas/ha.

Riego

El riego se realizó después de la siembra, luego se aplicaron riegos frecuentes y ligero manteniendo la humedad del suelo, sin embargo, la frecuencia fue más durante la etapa de floración.

Fertilización

En cuanto a la fertilización, esta se realizó con el plan de fertilización de los agricultores de la zona de Vegueta siendo el nivel de 50-50-50 de N-P-K, aplicando urea, fosfato monoamónico y cloruro de potasio. La aplicación de los fertilizantes fue en una oportunidad y se realizó a los 20 días después de la siembra, de forma manual.

Control de maleza

Se controló la maleza usando herbicida pre emergente; tal como la Linufuron, luego se realizó de desmalezado de forma manual, usando la lampa y de forma constante debido a la alta población de malezas.

Aplicación de los tratamientos

La aplicación de los tratamientos (productos hormonales) se realizó en dos momentos durante la fenología de la planta de frijol, asimismo, el primer momento de aplicación fue al inicio de floración (botón floral) y la segunda aplicación se realizó durante el cuajado de las vainas en el cultivo de frijol Castilla en condiciones de Vegueta.

Control de plagas y enfermedades

El control de plagas insectiles fue con el uso de Spinosad y Vydate para controlar mosca minadora (*Liriomyza bryoniae*) y se aplicó metamidophos para controlar mosquilla (*Prodiplosis longifilia*). En cuanto al control de enfermedades, se aplicó ciprodonil + boscalid.

Cosecha

La cosecha se realizó en 18 de marzo de 2021, cuando la vaina estuvo de color verde y las semillas desarrolladas, es decir llega a su madurez fisiológica, y se realizó la cosecha de forma manual.

3.8 Población y Muestra

3.8.1 Población

La población estuvo compuesta por las plantas de frijol castilla en los 360 m² del área experimental.

3.8.2 Muestra

De cada unidad experimental, se extraerán 10 plantas del surco central, eliminando los bordes, y en ellas se evaluaron las características planteadas.

3.9 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos de campo obtenidos de la evaluación de todas las variables estudiadas se registraron en cartillas (Tabla 23 y 24). Los datos fueron procesados con el software estadístico infostat estudiantil, para el análisis de varianza y la comparación de medias según Duncan al 5%.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Altura de planta

La Tabla 3, muestra los resultados del análisis de varianza de la altura de planta del frijol Castilla, donde se observa diferencias altamente significativas entre tratamientos, en cambio entre los bloques no hay diferencias significativas. Asimismo, el coeficiente de variabilidad es de 6,03% el cual muestra buena precisión experimental (Calzada, 1982).

Tabla 3

Análisis de la varianza de altura de la planta

F.V.	GL	SC	CM	F-cal	p-valor	Significación
Bloques	3	114,56	38,19	1,16	0,3592	ns
Tratamientos	5	371,07	74,21	2,25	0,1032	ns
Error	15	495,69	33,05			
Total	23	981,82				

ns. = no significativo

C.V: 6,03 %

Según la prueba de Duncan al 5% (Tabla 4), se observa el comparativo de medias de altura de la planta, reportando dos niveles de significancia. El primer nivel reportó medias que fluctúan entre el tratamiento T1 (Siprocihib) de 101,8cm quien mostró mayor altura y el tratamiento T2 (Biozyme) con 93,5cm, en cuanto al segundo nivel reportó al tratamiento T0 (Testigo) con 90,0cm el cual mostró el menor tamaño de planta.

Tabla 4

Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias de la altura de la planta

Tratamientos	Altura de planta (cm)
T1: Siprocihib	101,8 a
T3: Triggrr Foliar	99,3 b
T4: Foliplus	93,9 b
T5: + Raiz 5k	93,8 b
T2: Biozyme	93,5 b
T0: Testigo	90,0 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.2 Peso de la biomasa seca de la planta

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 5, para el peso de la biomasa seca de la planta del frijol Castilla, se observa diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, en cambio entre los bloques no hay diferencias estadísticas significativas. Asimismo, se observa el coeficiente de variabilidad de 17,8% indicando precisión experimental (Calzada, 1982).

Tabla 5

Análisis de la varianza de peso de la biomasa seca de la planta

F.V.	GL	SC	CM	F-cal	p-valor	Significación
Bloques	3	543,78	181,26	2,08	0,1460	ns
Tratamientos	5	1039,95	207,99	2,39	0,0480	*
Error	15	1307,59	87,17			
Total	23	2891,32				

ns. = no significativo; * = significativo C.V: 17,8 %

En la Tabla 6, muestra los resultados de la prueba de Duncan al 5% del comparativo de medias de peso de la biomasa seca de la planta, reportando dos grupos con resultados homogéneos. El primer grupo reportó medias que fluctúan entre el tratamiento T3 (Trigrr Foliar) con 63,7 g planta⁻¹ el cual mostró el mayor peso seco y el tratamiento T4 (Foliplus) con 48,6 g planta⁻¹. El segundo grupo corresponde al tratamiento T2 (Biozyme) y el tratamiento T0 (Testigo) con 46,7 y 45,1 g planta⁻¹ respectivamente, quienes mostraron menor peso seco por planta.

Tabla 6

Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias del peso de la biomasa seca de la planta

Tratamientos	Biomasa seca (g planta ⁻¹)
T3: Trigrr Foliar	63,7 a
T1: Siprocigib	58,3 a
T5: + Raiz 5k	52,3 b
T4: Foliplus	48,6 b
T2: Biozyme	46,7 b
T0: Testigo	45,2 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

4.3 Peso seco de hojas, tallo y raíz de la planta

La Tabla 7, muestra los resultados del análisis de varianza del peso seco de hojas, tallo y raíz de la planta de frijol Castilla, donde se observa diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, en cambio entre los bloques no hay diferencias significativas. Asimismo, el coeficiente de variabilidad de 19,65% el cual muestra precisión experimental (Calzada, 1982).

Tabla 7

Análisis de la varianza de peso seco de hojas, tallo y raíz de la planta

F.V.	GL	SC	CM	F-cal	p-valor	Significación
Bloques	3	84,28	28,09	0,84	0,4935	ns
Tratamientos	5	320,50	64,10	1,91	0,1516	ns
Error	15	502,34	33,49			
Total	23	907,12				

ns. = no significativo C.V: 19,65 %

Según la prueba de Duncan al 5% (Tabla 8), muestra el comparativo de medias del peso seco de hojas, tallo y raíz de la planta, reportando dos niveles de significancia. El primer nivel reportó medias que fluctúan entre el tratamiento T3 (Triggrr Foliar) con 32,3g planta⁻¹ quien mostró mayor peso y el tratamiento T4 (Foliplus) con 22,1 g planta⁻¹, en cuanto al segundo nivel reportó al tratamiento T0 (Testigo) con 21,1 g planta⁻¹ quien mostró el menor peso.

Tabla 8

Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias del peso seco de hojas, tallo y raíz

Tratamientos	Peso seco de hojas, tallo y raíz (g planta ⁻¹)
T3: Triggrr Foliar	32,3 a
T1: Siprocigib	27,1 b
T5: + Raiz 5k	26,1 b
T2: Biozyme	24,5 b
T4: Foliplus	22,1 b
T0: Testigo	21,2 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

4.4 Peso seco de las vainas por planta

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 9, para el peso seco de las vainas por planta del frijol Castilla, donde se observa que diferencias altamente significativas entre tratamientos, en cambio entre los bloques no hay diferencias significativas. Asimismo, se observa el coeficiente de variabilidad de 11,3% indicando buena precisión experimental (Calzada, 1982).

Tabla 9

Análisis de la varianza de peso seco de las vainas por planta

F.V.	GL	SC	CM	F-cal	p-valor	Significación
Bloques	3	125,78	41,93	3,27	0,0517	ns
Tratamientos	5	493,98	98,80	7,71	0,0009	**
Error	15	192,30	12,82			
Total	23	812,06				

ns. = no significativo; ** = altamente significativo C.V: 11,3 %

En la Tabla 10, muestra los resultados de la prueba de Duncan al 5% del comparativo de medias de peso seco de las vainas por planta, reportando tres niveles de significancia. El primer nivel reportó al tratamiento T3 (Triggrr Foliar) con 38,1 g planta⁻¹ el cual mostró el mayor peso seco de las vainas y el tratamiento T1 (SiprociGib) con 36,6 g planta⁻¹. El segundo nivel muestra medias que fluctúan entre el tratamiento T5 (+ Raiz 5k) con 31,8 g planta⁻¹ y el T2 (Biozyme) con 28,4 g planta⁻¹. El tercer nivel corresponde al tratamiento T0 (Testigo) con 25,2 g planta⁻¹, quienes mostró menor peso seco de vainas por planta.

Tabla 10

Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias del peso seco de las vainas por planta

Tratamientos	Peso seco de las vainas (g planta ⁻¹)
T3: Triggrr Foliar	38,1 a
T1: SiprociGib	36,6 ab
T5: + Raiz 5k	31,8 bc
T4: Foliplus	29,6 cd
T2: Biozyme	28,4cd
T0: Testigo	25,2 d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

4.5 Peso seco de los granos por vaina

La Tabla 11, muestra los resultados del análisis de varianza del peso seco de los granos por vaina del frijol Castilla, donde se observa que diferencias altamente significativas entre tratamientos, en cambio entre los bloques no hay diferencias estadísticas significativas. Asimismo, el coeficiente de variabilidad es de 15,1% el cual muestra precisión experimental (Calzada, 1982).

Tabla 11

Análisis de la varianza de peso seco de los granos por vaina

F.V.	GL	SC	CM	F-cal	p-valor	Significación
Bloques	3	152,51	50,84	2,94	0,0671	ns
Tratamientos	5	242,15	48,43	2,80	0,0457	*
Error	15	259,34	17,29			
Total	23	654,00				

ns. = no significativo; * = significativo

C.V: 15,1 %

Según la prueba de Duncan al 5% (Tabla 12), muestra el comparativo de medias del peso seco de los granos por vaina, reportando dos grupos con resultados homogéneos. El primer grupo reportó medias que fluctúan entre el tratamiento T3 (Triggr Foliar) con 33 g planta⁻¹ el cual mostró el mayor peso de granos y el tratamiento T4 (Foliplus) con 26,5 g planta⁻¹. El segundo grupo muestra medias que fluctúan entre el tratamiento T2 (Biozyme) con 24,9 g planta⁻¹ y el T0 (Testigo) con 23,4 g planta⁻¹, quienes mostraron menor peso seco de los granos por vaina.

Tabla 12

Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias del peso seco de los granos por vaina

Tratamientos	Peso seco de los granos (g planta ⁻¹)
T3: Triggr Foliar	33,00 a
T1: Siprocigib	30,00 ab
T5: + Raiz 5k	27,3 ab
T4: Foliplus	26,5 ab
T2: Biozyme	24,9 b
T0: Testigo	23,4 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

4.6 Longitud de la vaina

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 13, para longitud de la vaina del frijol Castilla, donde se observa que diferencias altamente significativas entre tratamientos, en cambio entre los bloques no hay diferencias significativas. Asimismo, se observa el coeficiente de variabilidad es de 6,3 indicando buena precisión experimental (Calzada, 1982).

Tabla 13

Análisis de la varianza de longitud de la vaina

F.V.	GL	SC	CM	F-cal	p-valor	Significación
Bloques	3	0,78	0,26	0,49	0,6933	ns
Tratamientos	5	24,06	4,81	9,10	0,0004	**
Error	15	7,93	0,53			
Total	23	32,77				

ns. = no significativo; ** = altamente significativo

C.V: 6,3 %

En la Tabla 14, muestra los resultados de la prueba de Duncan al 5% del comparativo de medias de longitud de la vaina, reportando dos grupos con resultados homogéneos. El primer grupo corresponde al tratamiento T3 (Triggrr Foliar) con 13,35cm el cual mostró mayor largo de vaina y el tratamiento T1 (Siprocigib) con 12,63cm. El segundo grupo muestra medias que fluctúan entre el tratamiento T5 (+ Raiz 5k) con 11,33cm y el T0 (Testigo) con 10,65cm, quien mostró vaina.

Tabla 14

Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias de la longitud de la vaina

Tratamientos	Longitud (cm)
T3: Triggrr Foliar	13,35 a
T1: Siprocigib	12,63 a
T5: + Raiz 5k	11,33 b
T2: Biozyme	11,03 b
T4: Foliplus	10,83 b
T0: Testigo	10,65 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

4.7 Número de vainas por planta

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 15, para el número de vainas por planta del frijol Castilla, donde se observa que diferencias altamente significativas entre tratamientos, en cambio entre los bloques no hay diferencias significativas. Asimismo, se observa el coeficiente de variabilidad es de 16,5% indicando precisión experimental (Calzada, 1982).

Tabla 15

Análisis de la varianza de número de vainas por planta

F.V.	GL	SC	CM	F-cal	p-valor	Significación
Bloques	3	20,46	6,82	1,08	0,3856	ns
Tratamientos	5	55,21	11,04	1,76	0,0182	*
Error	15	94,29	6,29			
Total	23	169,96				

ns. = no significativo; * = significativo C.V: 16,5 %

Según la prueba de Duncan al 5% (Tabla 12), muestra el comparativo de medias del número de vainas por planta, reportando dos niveles de significancia. El primer nivel reportó medias que fluctúan entre el tratamiento T3 (Triggrr Foliar) con 18 vainas el cual mostró el mayor número y el tratamiento T2 (Biozyme) con 15 vainas. El segundo nivel muestra al tratamiento T0 (Testigo) con 13 vainas quien mostró menor número de vainas por planta.

Tabla 16

Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias del número de vainas por planta

Tratamientos	Número de vainas
T3: Triggrr Foliar	18,0 a
T1: Siprocigib	16,0 a
T5: + Raiz 5k	16,0 ab
T4: Foliplus	15,0 ab
T2: Biozyme	15,0 ab
T0: Testigo	13,0 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

4.8 Número de granos por vaina

La Tabla 17, muestra los resultados del análisis de varianza del número de granos por vaina del frijol Castilla, donde se observa que diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, en cambio entre los bloques no hay diferencias significativas. Asimismo, el coeficiente de variabilidad es de 4,4 el cual muestra buena precisión experimental (Calzada, 1982).

Tabla 17

Análisis de la varianza de número de granos por vaina

F.V.	GL	SC	CM	F-cal	p-valor	Significación
Bloques	3	1,02	0,34	3,23	0,0526	ns
Tratamientos	5	7,49	1,50	14,20	<0,0001	**
Error	15	1,58	0,11			
Total	23	10,10				

ns. = no significativo** = altamente significativo

C.V: 4,4 %

En la Tabla 18, muestra los resultados de Duncan al 5% del comparativo de medias del número de granos por vaina, reportando dos grupos con resultados homogéneos. El primer grupo reportó medias que fluctúan entre el tratamiento T3 (Triggr Foliar) con 8,13 granos quien mostró el mayor número y el tratamiento T5 (+ Raiz 5k) con 7,70 granos. El segundo grupo muestra medias que fluctúan entre al tratamiento T4 (Foliplus) con 7,1 granos y el tratamiento T0 (Testigo) con 6,65 granos quien mostró menor número de granos por vaina.

Tabla 18

Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias del número de granos por vaina

Tratamientos	Número de granos por vaina
T3: Triggr Foliar	8,13 a
T1: Siprocigib	8,08 a
T5: + Raiz 5k	7,70 a
T4: Foliplus	7,10 b
T2: Biozyme	7,0 b
T0: Testigo	6,65 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

4.9 Rendimiento de granos

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 19, para el rendimiento de granos del frijol Castilla, donde se observa que diferencias altamente significativas entre tratamientos, en cambio entre los bloques no hay diferencias significativas. Asimismo, se observa el coeficiente de variabilidad es de x indicando buena precisión experimental (Calzada, 1982).

Tabla 19

Análisis de la varianza de rendimiento de granos

F.V.	GL	SC	CM	F-cal	p-valor	Significación
Bloques	3	2,78	0,93	3,01	0,0633	ns
Tratamientos	5	4,43	0,89	2,88	0,0412	*
Error	15	4,62	0,31			
Total	23	11,84				

ns. = no significativo, * = significativo C.V: 15,2 %

Según la prueba de Duncan al 5% (Tabla 20), muestra el comparativo de medias del rendimiento de granos, reportando dos grupos con resultados homogéneos. El primer grupo reportó medias que fluctúan entre el tratamiento T3 (Triggrr Foliar) con 4,4 t ha⁻¹ quien mostró el mayor rendimiento y el tratamiento T4 (Foliplus) con 3,5 t ha⁻¹. El segundo grupo muestra al tratamiento T2 (Biozyme) con 3,3 t ha⁻¹ y el tratamiento T0 (Testigo) con 3,1 t ha⁻¹ quienes mostraron menor rendimiento.

Tabla 20

Prueba Duncan al 5% del comparativo de medias del rendimiento de granos

Tratamientos	Rendimiento de granos
	(t ha ⁻¹)
T3: Triggrr Foliar	4,4 a
T1: Siprocigib	4,0 ab
T5: + Raiz 5k	3,6 ab
T4: Foliplus	3,5 ab
T2: Biozyme	3,3 b
T0: Testigo	3,1 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

CAPÍTULO V. DISCUSIONES

5.1 Altura de planta

Los resultados muestran que la mayor altura de planta fue favorecida con la aplicación del Siprocgib, debido a que el producto presenta giberelinas y citoquininas en forma equilibrada las cuales intervienen en los procesos fisiológicos de la planta lo que resultó en un mayor tamaño de la misma, tal efecto sería por la elongación de los entrenudos y del sistema radicular. Este resultado es confirmado por Hoyos (2019) quien indica que la aplicación combinada de citoquininas y giberelinas produce respuestas en la planta; estimulando el crecimiento de los diferentes órganos siendo el tallo el que presento un efecto significativo, reportando un incremento de 4,2% en plantas tratadas en comparación con el testigo sin aplicación en la altura de planta de arveja.

5.2 Peso de la biomasa seca de la planta

Los resultados muestran que el mayor peso de la biomasa de la planta fue favorecido con la aplicación del Triggrr Foliar, debido a que este producto hormonal cuenta con citoquininas y micronutrientes con adecuado balance lo que favorece la división celular ocasionando mayor crecimiento radicular y a sus vez aumenta la absorción de nutrientes a la planta lo que resulta en una mayor síntesis de almidones, proteínas y otros compuestos orgánicos que generan mayor peso de la biomasa de la planta. Este resultado es confirmado por Lirio (2019) quien indica que el producto Triggrr foliar aplicado al follaje de la leguminosa en el momento del inicio de la floración y en cuajado de vainas, incrementa el peso de la planta, debido a la combinación de citoquininas y elementos menores esenciales los cuales provocan mejoras en el metabolismo celular y por ende aumenta el peso de la planta de leguminosa.

5.3 Peso seco de las vainas por planta

Los resultados muestran que el mayor peso seco de las vainas por planta fue favorecido con la aplicación del Triggrr Foliar, la causa sería el aumento de la división celular y a los micronutrientes que presentan este producto hormonal, ya que estos nutrientes favorecen la traslocación de fotoasimilados desde las hojas al órgano de reserva (vaina) y con ello favorece la división celular en la vaina.

Resultado que es corroborado por Rivas (2020) quien indica que la aplicación del producto hormonal Triggrr Foliar reportó mayor peso de vainas, debido a una mayor división celular y aumento del tamaño celular llegando a mayor peso de vainas, así mismo, el autor señala que las aplicaciones durante la etapa de floración y llenado de vainas aumentó el peso de vainas por planta.

5.4 Peso seco de los granos por vaina

Los resultados muestran que el mayor peso seco de granos por vaina fue favorecida con la aplicación del Siproicigib, tal situación se debe a que este producto a base de citoquininas y de elementos menores, favorecen la floración y el cuajado del frijol lo que resulta en el aumento de peso de los granos por vaina, resultado que es afirmado por Lirio (2019) quien estudiando diferentes productos hormonales reportó que el producto de Triggrr foliar en arveja mostró mayor peso de granos por vaina, indicando que la aplicación a inicio de floración es decir cuando se observa el botón floral y el segundo momento en cuajado de vainas, favorece la fecundación y el desarrollo de granos por vaina.

Asimismo, Bisht et al. (2018) mencionan que cada hormona vegetal produce diferentes respuestas fisiológicas, estas respuestas dependen de las condiciones ambientales, estado fisiológico o del contenido de hormonas endógenas y por supuesto el estado nutricional de la planta, siendo necesario la acción de un regulador de crecimiento en las plantas, para obtener respuestas positivas en diferentes ambientes.

5.5 Longitud de la vaina

Los resultados muestran que la mayor longitud de la vaina fue favorecida con la aplicación del Triggrr Foliar, la causa sería que la combinación de citoquininas y micronutrientes de este producto aumenta la división celular y la traslocación fotoasimilados a la vaina lo que genera mayor longitud. Estos resultados superan a las medias reportadas por Cantaro (2019) quien aplicando reguladores hormonales en arveja obtuvo medias que oscilaron entre 10,71 a 8,26cm de longitud de vaina, el autor también indica que la interacción de las hormonas promovió en las leguminosas un mayor cuajado de las vainas e incrementó el largo y ancho de las vainas. Al respecto, Pino (2014) quien evaluando el uso de productos hormonales de tipo trihormonal (auxinas, giberelinas y citoquininas) entre otros elementos aditivos en arveja tiene efectos positivos cuando se hacen dos aplicaciones.

5.6 Número de vainas por planta

Los resultados muestran que el mayor número de vainas por planta fue favorecido con la aplicación del Triggrr Foliar, debido a que este producto hormonal cuenta con citoquininas que favorece la multiplicación celular y esto genera una alta demanda de energía la cual es retribuida por el alto flujo de fotoasimilados a los sumideros durante la floración es por ello que se reduce la caída de flores y aumenta el número de flores cuajados y por ende la vainas por planta. Estos resultados se asemejan a Cuzcano (2020) quien en su investigación sobre la aplicación de Triggrr Foliar en arveja reportó medias que oscilaron entre 20 a 17 vainas por planta, además reportó que la actividad hormonal estimula la floración y el cuajado de vainas, aumentando el número de vainas por planta. Al respecto, Peña et al. (2015) indican que los productos hormonales presentan mayor número de vainas por planta, debido a la acción de las hormonas en el amarre de vainas cuajadas, ya que las hormonas aumentan el tamaño de la célula, estimula la división celular, proporciona más azúcares en los órganos de reserva y por ende aumenta el número de vainas por planta en el cultivo de frijol.

Asimismo, Cobucci et al. (2005) investigando sobre la aplicación vía foliar de productos hormonales durante dos estadios fenológicos (V4 y R5) del cultivo de frijol, constataron que hubo aumento significativo sobre la productividad del frijol sólo cuando los productos hormonales fueron aplicados en el estado fenológico R5 es decir al inicio de la floración, lo que generó un mayor número de flores y vainas cuajadas, además del crecimiento de la vaina del frijol Castilla.

5.7 Número de granos por vaina

Los resultados muestran que el mayor peso seco de las vaina por planta fue favorecida con la aplicación del Triggrr Foliar, la causa sería al aumento de la división celular en todos los órganos de la planta, los resultados obtenidos se aproximan a lo obtenido por Lirio (2019) quien estudiando productos hormonales como Stimulate y Triggrr foliar en arveja obtuvo medias que fluctuaron entre 6,48 a 5,95 granos por vaina, indicando que la aplicación de Triggrr Foliar a inicio de floración (botón floral) y cuajado de vainas, este producto hormonal favorece la fecundación y el desarrollo de granos por vaina.

5.8 Rendimiento de granos

Los resultados muestran que el mayor rendimiento de granos fue favorecido con la aplicación del Triggrr Foliar, debido a que este producto hormonal a base de citoquininas y micronutrientes con adecuado balance, al ser aplicado en dos momentos (al inicio de floración y durante el cuajado de las vainas) favorece la multiplicación celular de las flores y evita la caída de las mismas logrando un mayor cuajado, además la acción de los micronutrientes ayudan a la floración y a la traslocación de fotoasimilados al órgano de reserva lo que en combinación resulta en un mayor rendimiento de vainas. Este resultado es confirmado por Lirio (2019) quien indica que el producto hormonal Triggrr foliar aplicado al follaje de la leguminosa incrementa el rendimiento, debido a que contiene citoquininas, y elementos menores esenciales que son indispensable en el metabolismo celular de la planta. Además, este resultado es confirmado por Vuelta-Lorenzo et al. (2017) quienes en su estudio sobre la aplicación de Triggrr Foliar en el crecimiento de frijol, reportaron que el aumento del número de vainas por planta, número de granos por planta y largo de vaina determina la productividad del frijol. Por lo tanto, Miyakawa y Tanokura (2017) indican que los productos hormonales a base de citoquininas regulan la abscisión de flores y esto genera más rendimiento.

Asimismo, Peña et al. (2015) indican que los productos hormonales a base de citoquininas y micronutrientes estimulan a la planta en la producción de enzimas, carbohidratos y vitaminas los cuales logran mayor floración, aumento del cuajado de las vainas y el llenado de granos por vaina, por tanto, este efecto hormonal influye en mayor rendimiento del frijol. Al respecto, Karamany et al. (2019) evaluando el efecto hormonal en el crecimiento y rendimiento de frijol Castilla, encontraron que el tratamiento IAA con 50 mg/l, GA₃ con dosis de 50 mg/l, y la interacción de IAA 50 mg/l + GA₃ con 50 mg/l registraron alto rendimiento y mejora en los componentes del rendimiento como la altura de la planta, número y peso de las vainas por planta, número de granos por vaina del frijol Castilla.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El producto hormonal “Triggrr Foliar” aplicado durante inicio de floración y cuajado de vaina, obtuvo mayor rendimiento con una media de 4,4 t ha⁻¹ de grano seco del frijol Castilla bajo condiciones del distrito de Vegueta.

Los productos hormonales producen efecto significativo en el crecimiento de la planta, siendo el tratamiento Siprocigib quien obtuvo mayor tamaño (101,8cm) en el frijol Castilla.

Los productos hormonales producen efecto en el peso seco de la planta, reportando al “Triggrr Foliar” con las medias más altas en cuanto al peso seco de la biomasa total (63,7 g planta⁻¹), peso seco de hojas, tallo y raíz (32,3 g planta⁻¹) y peso seco de las vainas (38,1 g planta⁻¹) y 33,0 g de peso seco de granos por vaina en el cultivo de frijol Castilla bajo condiciones de Vegueta.

Los productos hormonales producen efecto significativo en las características de los componentes del rendimiento del frijol, siendo el tratamiento Triggrr Foliar quien obtuvo mayor longitud de vaina (13,35cm), con 18 vainas por planta y 6,65 granos por vaina en el cultivo de frijol Castilla.

5.2 Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos se recomienda aplicar el producto hormonal Triggrr Foliar para aumentar el rendimiento de frijol Castilla en condiciones ambientales de Vegueta, Huaura.

Se recomienda la aplicación de los productos hormonales en dos momentos durante la fenología de la planta de frijol Castilla, siendo el primer momento al inicio de floración (botón floral) y la segunda aplicación se realizó durante el cuajado de las vainas en el cultivo de frijol Castilla en condiciones de Vegueta.

Validar los datos obtenidos, realizando esta investigación en la misma localidad de Vegueta, con los mismos tratamientos y metodología.

Se recomienda realizar esta investigación en otras condiciones, para demostrar la acción de los productos hormonales en la productividad del frijol Castilla en diferentes de zonas de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agurto, S. (2016). *Efecto de abonos foliares orgánicos y químicos en el rendimiento de frijol caupí (Vigna unguiculata L. Walp), en el distrito de Cayalti* (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lambayeque, Perú.
- Alcántara, J., Godoy, A., Cortés, A. and Sánchez, R. (2019). Main hormonal regulators and their interactions in plant growth. *NOVA*, 17(32), 109-129.
- Amanullah, M., Sekar, S. and Vincent, S. (2010). Plant Growth Substances in Crop Production: A Review. *Asian Journal of Plant Sciences*, 9, 215-222.
- Amir, R., Munir F., Khan, M. and Iqbal, T. (2019). *Use of Plant Hormones for the Improvement of Plant Growth and Production Under Salt Stress*. In: Akhtar M. (eds) Salt Stress, Microbes, and Plant Interactions: Causes and Solution. Springer, Singapore.
- Asgher, M., Khan, M. I. R., Anjum, N. A., and Khan, N. A. (2015). Minimising toxicity of cadmium in plants-role of plant growth regulators. *Protoplasma*, 252, 399–413.
- Bisht, T.S., Rawat, L., Chakraborty, B., Yadav, V. A. (2018). Recent Advances in Use of Plant Growth Regulators (PGRs) in Fruit Crops - A Review. *Int J Curr Microbiol Appl Sci.*, 7(05), 1307–36.
- Camarena, F. (2002). *Ficha Técnica de Frijol Común*. Lima, Perú: Editorial Programa de Investigación en Leguminosas UNALM
- Camarena, M. F., Huaranga, J. A. y Mostacero, N. E. (2009). *Innovación Tecnológica para el incremento de la producción de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) (1 ed.)*. Lima, Perú: Editorial Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica.
- Cantaro, H. (2019). *Reguladores de crecimiento en el cultivo de arveja (Pisum sativum L.) cv. Rondo en La Molina* (tesis pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Célis, C., Avila, R., Marin, M. y Casanova, A. (2011). Control de la abscisión floral en el frijol (*Vigna unguiculata L. Walp.*), mediante la aplicación de hormonas vegetales. *Revista de Agronomía (LUZ)*, 7, 173-179.
- Chang, L., Ramireddy, E. and Schmölling, T. (2015). Cytokinin as a positional cue regulating lateral root spacing in Arabidopsis. *J. Exp. Bot.*, 66, 4759-4768.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). (1986). *Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Cali, Colombia. 34 p.

- Cobucci, T., Curuck, F. J. y Silva, J. G. (2005). Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) às aplicações de bioestimulante e complexos nutritivos. In: *Embrapa Arroz e Feijão*. Simposio llevado a cabo en el Congreso Nacional de Pesquisa de Feijão, Santo Antônio de Goiás, Brasil.
- Dubois, M., Van den Broeck, L. and Inzé, D. (2018). The Pivotal Role of Ethylene in Plant Growth. *Trends in plant science*, 23(4), 311–323.
- Egamberdieva, D., Wirth, S., Shurigin, V., Hashem, A. and Abdallah, E. F. (2017). Endophytic bacteria improve plant growth, symbiotic performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and induce suppression of root rot caused by *Fusarium solani* under salt stress. *Front. Microbiol*, 8, 1887.
- Espinoza, E. (2010). *Manejo del Cultivo de Frijol*. Lima, Perú.
- Francisco, V. da S. Sá., Brito, M., Silva, L. and Souto, L. (2020). Exogenous application of phytohormones mitigates the effect of salt stress on *Carica papaya* plants. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 24(3), 170-175.
- Hoyos, C. (2019). *Efecto de tres Bioestimulantes en el rendimiento de Arveja (Pisum sativum L.) en Cajamarca* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Peru.
- Karamany, M.F., Sadak, M.S. and Bakry, B.A. (2019). Improving quality and quantity of mungbean plant via foliar application of plant growth regulators in sandy soil conditions. *Bull Natl Res Cent*, 43, 61-72.
- Kieber, J. and Schaller, E. (2018). Cytokinin signaling in plant development. *Development (Cambridge, England)*, 145(4), dev149344. doi: <https://doi.org/10.1242/dev.149344>
- Laulate, J. (2001). *Densidad de Siembra en el Cultivo del Frijol Castilla (Vigna unguiculata L. Walp) INIA- Ucayali -I, en un Ultisol de Pucallpa* (tesis pregrado). Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú.
- Lirio, F. (2019). *Evaluación de bioestimulantes en el cultivo de arveja (Pisum sativum L.) cultivar Inia-usui en san miguel de aco, provincia de Carhuaz, Ancash 2018* (tesis pregrado). Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Ancash, Perú.
- MINAGRI, Ministerio de Agricultura y Riego (2019). Calendario de siembras y cosechas. Recuperado de <https://www.midagri.gob.pe/portal/205-especiales/publicaciones-venta/2052-calendario-de-siembras-y-cosechas>

- MINAGRI, Ministerio de Agricultura y Riego (2020). Plan nacional de cultivos 2019-2020. Recuperado de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/471867/Plan_Nacional_de_Cultivos_2019_2020b.pdf
- Miyakawa, T. and Tanokura, M. (2017). Structural basis for the regulation of phytohormone receptors. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 81(7), 1261–1273.
- Morales, R. (2017). *Aplicación de Ácido Naftalenacético y 6 Benciladenina para el Control de Abortos en el Pepino (Cucumis sativus L.)* (tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- Ojehomon, O. (2009) Flowering fruit production and abscisión in cowpea, *Vigna unguiculata L. Walp.* *IBID*, 68, 227-234.
- Palomino, P. (2015). *Fenología e influencia térmica en pallar bebé (Phaseolus lunatus L.) y frijol castilla (Vigna unguiculata L. Walp.) en diferentes épocas de siembra en la Molina* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Park, W., Yoo, G., Moon, M. and Yang, J. (2013). Phytohormone Supplementation Significantly Increases Growth of *Chlamydomonas reinhardtii* Cultivated for Biodiesel Production. *Appl Biochem Biotechnol*, 171, 1128–1142
- Peña, K., Rodríguez, J. y Santana, M. (2015). Comportamiento productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) ante la aplicación de un promotor del crecimiento activado molecularmente. *Avances*, 17(4), 327-337.
- Pino, A. (2014). *Efecto de las aplicaciones hormonales exógenas en el rendimiento de arvejas (Pisum sativum l.) Para cosecha en verde en condiciones de Yuracmayo – Tarma.* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Lima, Perú.
- Rastogi, A., Siddiqui, A., Mishra, B., Srivastava, M., Pandey, R., Misra, P., Singh, M. and Shukla, S. (2013). Effect of auxin and gibberellic acid on growth and yield components of linseed (*Linum usitatissimum L.* *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 13, 136-143.
- Rivas, A. (2020). *Efecto de cinco productos hormonales en el rendimiento del cultivo de arveja (Pisum sativum L.) variedad INIA-Usui, bajo condiciones de Costa central* (tesis de pregrado). Universidad católica Sedes Sapientiae, Lima, Perú.
- Salazar, S., Martínez, N., García, J., Pérez, R. and Contreras, R. (2018). Gibberellin biosynthesis and metabolism: A convergent route for plants, fungi and bacteria. *Microbiological Research*, 208, 85-98.

- Vuelta-Lorenzo, D., Vidal-Vueva, Y., Rizo-Mustelier, M., Bell-Mesa, T. y Molina-Lores, L. (2017). Efecto del brasinoesteroide foliar (biobras 16) sobre el crecimiento y la producción del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Ciencia en su PC*, 3, 1-12.
- Werner, T., Motyka, V., Laucou, V., Smets, R., VanOnckelen, H. and Schmulling, T. (2013). Cytokinin-deficient transgenic *Arabidopsis* plants show multiple developmental alterations indicating opposite functions of cytokinins in the regulation of shoot and root meristem activity. *Plant Cell*, 15, 2532-2550.
- Yaqoob, N. and Khadem, U. (2001). Effect of Growth Hormones i.e., GA₃, IAA and Kinetin on the External Morphology and Flowering of *Phaseolus aureus* L. *Journal of Biological Sciences*, 1, 801-804.

ANEXOS

Tabla 22

Actividades y costos de insumos y materiales de la investigación

ACTIVIDADES	U.M	CANT.	COST.UNI	COST. TOTALSOLES
Preparación de terreno definitivo				S/60,00
Limpieza de Acequias	jornal	1	S/20,00	S/20,00
Riego de machaco	jornal	1	S/20,00	S/20,00
Tomeo	jornal	1	S/20,00	S/20,00
Siembra				S/20,00
Resiembra a Mano	jornal	1	S/20,00	S/20,00
Labores Culturales				S/260,00
Aplicación de Fertilizantes	jornal	1	S/20,00	S/20,00
Aplicación de agroquímicos	jornal	5	S/20,00	S/100,00
Deshierbo	jornal	2	S/20,00	S/40,00
Riegos	jornal	5	S/20,00	S/100,00
Cosecha				S/60,00
Arranque	jornal	1	S/20,00	S/20,00
Carguío a la era para secado	jornal	1	S/20,00	S/20,00
Complemento Trilla	jornal	1	S/20,00	S/20,00
Maquinaria Agrícola				S/39,00
Aradura y rayado	Hora/Maquina	0,18	S/70,00	S/19,00
Gradeo	Hora/Maquina	0,09	S/170,00	S/15,30
Trilla	Hora/Maquina	0,09	S/50,00	S/4,50
Semillas				S/60,00
Semillas	Kg	7,5	S/8,00	S/60,00
Fertilizantes				S/43,00
Urea	Kg	6	S/1,30	S/7,80
Fosfato Diamonico	Kg	12	S/1,80	S/21,60
Sulfato de Potasio	Kg	6	S/2,30	S/13,80
Abono Foliar				S/148,00
Biozyme	Lt	0,25	S/130,00	S/32,50
Triggrr foliar	Lt	0,25	S/90,00	S/22,50
Siprocigib	Lt	0,2	S/300,00	S/60,00
Foliplus	Lt	0,25	S/130,00	S/32,50
Insecticidas				S/505,00
Matador	Lt	1	S/40,00	S/40,00
Arcus	Kg	0,5	S/100,00	S/70,00
Absolute	Lt	0,25	S/820,00	S/205,00
Mortero	Lt	1	S/60,00	S/60,00
Rayosac	Lt	0,5	S/130,00	S/65,00
Cigaral	Kg	0,1	S/400,00	S/40,00
Bydate	Lt	0,25	S/100,00	S/25,00
Fungicidas				S/116,00
Metarranch	Kg	0,5	S/60,00	S/30,00
Dalac	Lt	0,25	S/180,00	S/45,00
Cancellor	Lt	0,25	S/165,00	S/41,25
Adherentes				S/30,00
Zero sil	Lt	0,25	S/80,00	S/20,00
Optim ph	Lt	0,25	S/40,00	S/10,00
Varios				S/230,00
Alquiler de Motofumigadora	Hora	5	S/25,00	S/125,00
Flete Traslado de Insumos	Viajes	5	S/6,00	S/30,00
GASTOS TOTAL				S/1 570

Tabla 23

Registro para las evaluaciones del cultivo de frijol Castilla

Fecha de Aplicación.....,Fecha de Evaluación.....					
Nombre del Evaluador.....,					
Repetición	N° de Tratamientos	Altura de planta	Peso seco total	Peso seco de hojas, tallos y raíz	Peso seco de las vainas
I	T0				
1					
2					
3					
...					
10					
I	T1				
1					
...					
10					
I	T2				
...					
I	T4				
1					
...					
10					
II	T0				
...					
III	T0				
1					
...					
IV	T0				
1					
...					
IV	T4				
1					
...					
10					

Tabla 24

Registro para las evaluaciones del cultivo de frijol Castilla

Fecha de Aplicación.....,Fecha de Evaluación.....		Nombre del Evaluador.....,			
Repetición	N° de Tratamientos	vainas por planta	Granos por vaina	Longitud de vaina (cm)	Rendimiento
I	T0				
1					
2					
3					
...					
10					
I	T1				
1					
...					
10					
I	T2				
...					
I	T4				
1					
2					
3					
...					
10					
II	T0				
...					
III	T0				
1					
...					
IV	T0				
1					
...					
IV	T4				
1					
...					
10					

Tabla 25

Composición de los productos hormonales

Tratamientos	Composición del producto
T0: Testigo	Sin aplicación
T1: Siprocigib	Ácido Giberélico
T2: Biozyme	Ácido Giberélico + Auxinas + Citoquininas
T3: Triggrr Foliar	Citoquininas y elementos menores
T4: Foliplus	Aminoácidos y Citoquininas
T5: + Raiz 5k	Auxinas

Tabla 26

Datos de campo para altura de planta

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo	86,6	90,1	87,4	95,9	360,00	90,0
T1: Siprocigib	112,2	98,3	96,8	99,7	407,00	101,8
T2: Biozyme	85,8	100,4	94,3	93,5	374,00	93,5
T3: Triggrr Foliar	100,0	99,8	91,5	105,8	397,10	99,3
T4: Foliplus	92,0	104,6	88,1	91,1	375,80	94,0
T5: + Raiz 5k	90,5	97,1	96,5	91,1	375,20	93,8
Total	567,10	590,30	554,60	577,10	1913,90	95,38
Promedio	94,52	98,38	92,43	96,18		

Tabla 27

Datos de campo para el peso de la biomasa seca de la planta

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo	33,2	62,6	45,2	39,9	180,9	45,2
T1: Siprocigib	65,6	68,1	58,3	41,3	233,4	58,3
T2: Biozyme	40,0	54,5	46,3	46,1	186,9	46,7
T3: Triggrr Foliar	71,7	80,4	46,4	56,1	254,6	63,7
T4: Foliplus	44,4	46,5	45,2	58,2	194,2	48,5
T5: + Raiz 5k	53,5	51,0	53,5	51,0	209,0	52,3
Total	308,4	363,0	294,9	292,6	1259,0	52,5
Promedio	51,4	60,5	49,2	48,8		

Tabla 28

Datos de campo para el peso seco de la planta

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo	14,9	28,9	21,2	19,9	84,9	21,2
T1: Siprocigib	31,9	30,0	27,1	19,5	108,5	27,1
T2: Biozyme	18,6	25,9	29,9	23,7	98,1	24,5
T3: Triggrr Foliar	33,8	44,5	24,9	26,0	129,2	32,3
T4: Foliplus	20,2	21,1	20,6	26,4	88,3	22,1
T5: + Raiz 5k	29,9	22,2	22,2	29,9	104,2	26,1
Total	149,3	172,6	145,9	145,4	613,2	25,5
Promedio	24,9	28,8	24,3	24,2		

Tabla 29

Datos de campo para el peso seco de las vainas por planta

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo	21,5	29,3	27,7	22,2	100,7	25,2
T1: Siprocigib	39,8	44,2	36,6	25,9	146,5	36,6
T2: Biozyme	24,7	32,7	29,9	26,3	113,6	28,4
T3: Triggrr Foliar	40,1	42,1	35,4	34,9	152,5	38,1
T4: Foliplus	28,5	29,2	28,5	32,1	118,3	29,6
T5: + Raiz 5k	32,2	33,4	30,6	31,1	127,3	31,8
Total	186,8	210,9	188,7	172,5	758,9	31,6
Promedio	31,1	35,2	31,5	28,8		

Tabla 30

Datos de campo para el peso total de los granos por vaina

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo	18,3	33,7	23,4	18,3	93,7	23,4
T1: Siprocigib	33,7	38,1	26,2	21,9	119,9	30,0
T2: Biozyme	23,1	28,5	25,4	22,4	99,4	24,9
T3: Triggrr Foliar	34,6	35,9	31,6	29,7	131,8	33,0
T4: Foliplus	24,2	25,4	24,5	31,8	105,9	26,5
T5: + Raiz 5k	25,3	28,8	28,8	26,4	109,3	27,3
Total	159,2	190,4	159,9	150,5	660,0	27,5
Promedio	26,5	31,7	26,7	25,1		

Tabla 31

Datos de campo para la longitud de la vaina

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo	86,6	90,1	87,4	95,9	360,00	90,0
T1: Siprocigib	112,2	98,3	96,8	99,7	407,00	101,8
T2: Biozyme	85,8	100,4	94,3	93,5	374,00	93,5
T3: Triggrr Foliar	100,0	99,8	91,5	105,8	397,10	99,3
T4: Foliplus	92,0	104,6	88,1	91,1	375,80	94,0
T5: + Raiz 5k	90,5	97,1	96,5	91,1	375,20	93,8
Total	567,10	590,30	554,60	577,10	1913,90	95,38
Promedio	94,52	98,38	92,43	96,18		

Tabla 32

Datos de campo para el número de vainas por planta

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo	10,0	13,0	14,0	13,0	50,0	12,5
T1: Siprocigib	16,0	21,0	16,0	11,0	64,0	16,0
T2: Biozyme	13,0	17,0	17,0	11,0	58,0	14,5
T3: Triggrr Foliar	18,0	18,0	15,0	19,0	70,0	17,5
T4: Foliplus	14,0	15,0	14,0	19,0	62,0	15,5
T5: + Raiz 5k	15,0	16,0	16,0	14,0	61,0	15,3
Total	86,0	100,0	92,0	87,0	304,0	15,2
Promedio	14,3	16,7	15,3	14,5		

Tabla 33

Datos de campo para el número de granos por vaina

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T0: Testigo	6,1	7,1	6,4	7,0	26,6	6,7
T1: Siprocigib	7,9	7,6	8,1	8,7	32,3	8,1
T2: Biozyme	6,8	7,1	6,9	7,2	28,0	7,0
T3: Triggrr Foliar	7,4	8,1	8,4	8,6	32,5	8,1
T4: Foliplus	7,3	6,8	7,2	7,1	28,4	7,1
T5: + Raiz 5k	7,4	8,0	7,6	7,8	30,8	7,7
Total	42,9	44,7	44,6	46,4	147,8	7,4
Promedio	7,2	7,5	7,4	7,7		

Tabla 34

Datos de campo para el rendimiento de grano

Tratamiento	Bloques				Total	Bloques
	I	II	III	IV		I
T0: Testigo	2,4	4,5	3,1	2,4	12,5	3,1
T1: Siprocigib	4,5	5,1	3,5	2,9	16,0	4,0
T2: Biozyme	3,1	3,8	3,4	3,0	13,3	3,3
T3: Triggrr Foliar	4,6	4,8	4,2	4,0	17,6	4,4
T4: Foliplus	3,2	3,4	3,3	4,2	14,1	3,5
T5: + Raiz 5k	3,4	3,8	3,8	3,5	14,6	3,6
Total	21,2	25,4	21,3	20,1	88,0	3,7
Promedio	3,5	4,2	3,6	3,3		



Figura 3. Campo experimental en Vegueta, Huaura.



Figura 4. Aplicación de los tratamientos en el campo experimental.



Figura 5. Aplicación de los tratamientos en el campo experimental.



Figura 6. Crecimiento del frijol Castilla en Vegueta, Huaura.



Figura 7. Aplicación de Foliplus en las plantas de frijol de Castilla.



Figura 8. Aplicación de Siprocigib en las plantas de frijol de Castilla.



Figura 9. Plantas tratadas con Siprocigib en frijol de Castilla.



Figura 10. Plantas tratadas con + Raiz 5k en frijol de Castilla.



Figura 11. Evaluación de plantas de frijol de Castilla.



Figura 12. Evaluación de la planta de frijol de Castilla.



Figura 13. Evaluación de la vaina de frijol de Castilla.



Figura 14. Evaluación de longitud de la vaina de frijol de Castilla.

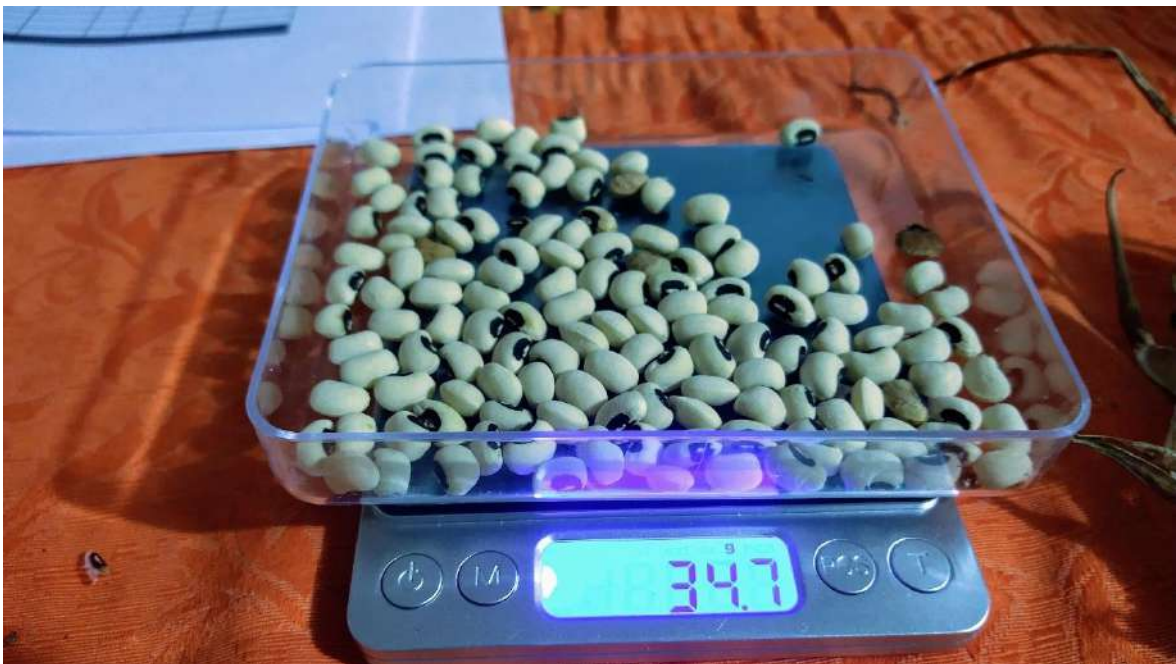


Figura 15. Evaluación del peso de granos de frijol de Castilla.



Figura 16. Evaluación del peso de cascara de la vaina de frijol de Castilla.



Figura 17. Evaluación del peso de granos de frijol de Castilla.