

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA**



Efecto de cinco productos hormonales en el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad INIA-Usui, bajo condiciones de Costa central.

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR**

Adolfo Yeyson Rivas Giraldo

**ASESORES**

Silvia Gutiérrez Bustamante

Pedro Eduardo Nicho Salas

Huaura, Perú

2020

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 014 - 2020/UCSS/FIA/DI

Siendo las 4:00 p.m. del día 25 de setiembre de 2020 - Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- |                                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| 1. Amada Victoria Larco Aguilar | presidente      |
| 2. José Víctor Ruiz Ccancce     | primer Miembro  |
| 3. Juan Ignacio Pastén Monárdez | segundo Miembro |
| 4. Silvia Gutiérrez Bustamante  | asesora         |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada **Efecto de cinco productos hormonales en el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad INIA-Usui, bajo condiciones de Costa central**, que presenta el bachiller en Ciencias Agrarias, **Adolfo Yeyson Rivas Giraldo** cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Agrónomo**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **MUY BUENA** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare EXPEDITA para conferirle el TÍTULO de INGENIERO AGRÓNOMO.

Lima, 25 de setiembre de 2020.



Amada Victoria Larco Aguilar  
PRESIDENTE



José Víctor Ruiz Ccancce  
1° MIEMBRO



Juan Ignacio Pastén Monárdez  
2° MIEMBRO



Silvia Gutiérrez Bustamante  
ASESORA

## **DEDICATORIA**

A mis PADRES: Adolfo Rivas Yauricasa y María Giraldo Doloriet, con todo mi amor y gratitud por darme la vida, su amor incondicional, sus enseñanzas e inculcar en mí, el ejemplo de esfuerzo y constancia. Asimismo, por apostar en mi educación profesional, y por el esfuerzo en su día a día, que hizo posible que yo pueda culminar mi carrera profesional.

A mis HERMANAS: Cielo Rivas Giraldo y Lucero Rivas Giraldo, quienes dan alegría a mi vida y fortalecen mis ánimos de seguir adelante. Por compartir mis emociones, mis metas y logros en el aspecto personal y profesional de mi vida.

A mi TÍO: Walter Giraldo Doloriet, por sus sabios consejos e impulso a seguir cumpliendo con mis metas; por su apoyo invaluable en mi vida personal y profesional. Asimismo, por hacer posible que yo pueda emprender mis estudios profesionales, en bien de mi educación.

## **AGRADECIMIENTO**

- A Dios, por bendecirse todos los días; por brindarme la sabiduría necesaria para afrontar los desafíos en mi vida, y la salud que me permite disfrutar de la vida, en especial de mis seres queridos. Gracias por rodearme de personas maravillosas, que impulsan mi educación profesional y personal.
  
- A mi asesora, Ing. Mg. Sc. Silvia Gutiérrez Bustamante, por el apoyo moral e intelectual; gracias por su orientación en la redacción, ejecución y culminación de la presente investigación.
  
- A mi Co-Asesor, Ing. Pedro Nicho Salas, quien, con la vasta experiencia y conocimientos, en el ámbito de estudio del tema de investigación; ha sabido guiar mi trabajo de tesis.
  
- Al Instituto Nacional de Investigación Agraria, en especial a la Estación Experimental Donoso – Huaral, que hizo posible el desarrollo de la presente investigación. Agradezco el apoyo de los profesionales y trabajadores de la estación experimental; por el uso de sus instalaciones, paquete tecnológico agrícola y experiencias brindadas en el desarrollo del experimento.
  
- A la toda la comunidad universitaria UCSS (Universidad Católica Sedes Sapientiae), en especial a la Filial Huaura: Végueta, por acompañarme durante el desarrollo de la carrera que siempre anhelé y facilitar el desarrollo de mis capacidades como persona y como profesional.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Índice general .....	v
Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras .....	viii
Índice de apéndices.....	ix
Resumen .....	x
Abstract.....	xi
Introducción.....	1
Objetivos.....	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....	4
1.1. Bases Teóricas especializadas .....	4
1.2. Antecedentes .....	23
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....	33
2.1. Diseño de la investigación .....	33
2.2. Lugar y fecha .....	33
2.3. Descripción del experimento .....	37
2.4. Tratamientos .....	45
2.5. Unidades experimentales .....	45
2.6. Identificación de variables y su mensuración .....	45
2.7. Diseño estadístico del experimento .....	49
2.8. Análisis estadístico del experimento.....	50
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	51
CAPÍTULO IV: DISCUSIONES .....	63
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....	81
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES .....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83
TERMINOLOGÍA .....	92
APÉNDICE .....	95

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Uso y dosis del regulador de crecimiento Biozyme TF</i> .....	19
Tabla 2. <i>Uso y dosis del regulador de crecimiento Stimulate</i> .....	20
Tabla 3. <i>Uso y dosis del regulador de crecimiento Gib-bex</i> .....	21
Tabla 4. <i>Uso y dosis del regulador de crecimiento Promalina</i> .....	22
Tabla 5. <i>Uso y dosis del regulador de crecimiento Triggrr foliar</i> .....	23
Tabla 6. <i>Tratamientos y resultados obtenidos en la investigación de Boero et al. (2019)</i> .	24
Tabla 7. <i>Tratamientos y resultados obtenidos en la investigación de Ruíz (2017)</i> .....	25
Tabla 8. <i>Tratamientos y resultados obtenidos en el ensayo de Graillet et al. (2014)</i> .....	26
Tabla 9. <i>Tratamientos y resultados obtenidos en el estudio de Ofosu-Anim et al. (2007)</i> ..	27
Tabla 10. <i>Tratamientos y resultados obtenidos en el estudio de Cueva y Quiroz (2017)</i> ...	28
Tabla 11. <i>Tratamientos y resultados obtenidos en la investigación de Fribourg (2017)</i> ...	29
Tabla 12. <i>Tratamientos y resultados obtenidos en el ensayo de Nina (2016)</i> .....	30
Tabla 13. <i>Tratamientos y resultados obtenidos en la investigación de Limonta y Pereda (2010)</i> .....	31
Tabla 14. <i>Análisis de suelo de la parcela experimental</i> .....	35
Tabla 15. <i>Características del campo experimental</i> .....	38
Tabla 16. <i>Programa de riegos en el cultivo de arveja</i> .....	39
Tabla 17. <i>Fuentes y cantidad de fertilizantes utilizados en el experimento</i> .....	40
Tabla 18. <i>Programa de aplicaciones fitosanitarias</i> .....	41
Tabla 19. <i>Dosis y momento de aplicación de los productos en estudio</i> .....	43
Tabla 20. <i>Tratamientos en estudio</i> .....	45
Tabla 21. <i>Identificación de variables</i> .....	46
Tabla 22. <i>Variables evaluadas y unidad de medida</i> .....	46
Tabla 23. <i>Promedios, coeficiente de variación y análisis de varianza de los componentes de rendimiento en el cultivo de arveja variedad INIA-USUI</i> .....	51
Tabla 24. <i>Promedios de número de vainas por planta y la prueba de significación de Tukey (0.05)</i> .....	52
Tabla 25. <i>Promedios de peso de vaina y la prueba de significación de Tukey (0.05)</i> .....	54

Tabla 26. <i>Promedios de rendimiento por hectárea y la prueba de significación de Tukey (0.05)</i> .....	55
Tabla 27. <i>Promedios y análisis de varianza de los componentes morfoagronómicos en el cultivo de arveja variedad INIA-Usui</i> .....	56
Tabla 28. <i>Promedios de longitud de vaina y la prueba de significación de Tukey (0.05)</i> ..	57
Tabla 29. <i>Promedios de ancho de vaina y la prueba de significación de Tukey (0.05)</i> .....	59
Tabla 30. <i>Promedios de número bayas por vaina y la prueba de significación de Tukey (0.05)</i> .....	60
Tabla 31. <i>Análisis económico de los tratamientos en estudio</i> .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Biosíntesis del ácido indolacético (IAA). Fuente: Salisbury y Ross, 1994.....	12
<i>Figura 2.</i> Biosíntesis de la citoquinina “Zeatina”. Fuente: Jordán y Casaretto, 2006.....	14
<i>Figura 3.</i> Biosíntesis de las giberelinas. Fuente: Salisbury y Ross, 1994.....	17
<i>Figura 4.</i> Número de vainas por planta. Fuente: Elaboración propia. ....	52
<i>Figura 5.</i> Peso de vaina. Fuente: Elaboración propia.....	53
<i>Figura 6.</i> Rendimiento del cultivo por hectárea. Fuente: Elaboración propia. ....	55
<i>Figura 7.</i> Longitud de vaina. Fuente: Elaboración propia. ....	57
<i>Figura 8.</i> Ancho de vaina. Fuente: Elaboración propia. ....	58
<i>Figura 9.</i> Número de bayas por vaina. Fuente: Elaboración propia.....	60
<i>Figura 10.</i> Índice Beneficio/Costo (I. B/C) y Incremento de Utilidad en relación al Testigo (I.U.T.). Fuente: Elaboración propia.....	62



## ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Mapa satelital del campo experimental.....	95
Apéndice 2. Actividades realizadas durante el ensayo en campo. ....	96
Apéndice 3. Costo de producción del cultivo de arveja variedad INIA-USUI.....	98
Apéndice 4. Volumen de aplicación y cantidad del producto hormonal empleado .....	100
Apéndice 5. Costo de la aplicación de los tratamientos en estudio.....	101
Apéndice 6. Ingresos generados por los tratamientos en estudio.....	102
Apéndice 7. Análisis de varianza para las variables en estudio .....	103
Apéndice 8. Fotos del experimento en campo.....	105
Apéndice 9. Fotos de la aplicación de los tratamientos en estudio .....	108
Apéndice 10. Representación de la metodología de muestreo .....	110
Apéndice 11. Representación cronológica de la aplicación de los productos hormonales	112
Apéndice 12. Análisis de suelo del campo experimental .....	113
Apéndice 13. Temperatura máxima, mínima, media y humedad relativa de la provincia de Huaral (2019).....	114

## RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Experimental Agraria Donoso, ubicada en el distrito y provincia de Huaral, departamento de Lima. Se evaluó el efecto de cinco productos hormonales en el rendimiento del cultivo de "arveja" *Pisum sativum* L. variedad INIA-USUI, bajo condiciones de costa central. Las variables evaluadas fueron componentes de rendimiento (número de vainas por planta, peso de vaina y rendimiento en toneladas por hectárea), componentes morfoagronómicos (longitud de vaina, ancho de vaina y número de bayas por vaina) y un análisis económico (índice beneficio/costo "I. B/C", e incremento de utilidad en relación al testigo "I.U.T.") de los tratamientos en estudio. Se empleó un diseño completamente al azar, con seis tratamientos: T1: Biozyme TF, T2: Stimulate, T3: Gib-bex, T4: Promalina, T5: Triggrr foliar y el T0: testigo sin aplicación. Los productos hormonales fueron aplicados de acuerdo al criterio establecido en la información técnica, momento y dosis de aplicación recomendada en la etiqueta del producto. En cuanto a los resultados, el análisis de varianza indicó que existen diferencias significativas entre los tratamientos, tanto para los componentes de rendimiento como los morfoagronómicos. Con el producto hormonal "Stimulate" se obtuvo el mayor promedio en las siguientes variables: número de vainas por planta (29.10 vainas.planta<sup>-1</sup>), rendimiento por hectárea (19.49 t.ha<sup>-1</sup>), número de bayas por vaina (7.80 bayas.vaina<sup>-1</sup>), "I. B/C" (2.05) y "I.U.T." (203.24 %). Asimismo, con el producto "Promalina" se logró el mejor peso y longitud de vaina con 8.65 g y 91.21 mm, respectivamente. Finalmente, con el producto "Biozyme TF" se obtuvo el mayor ancho de vaina con 15.91 mm, en relación a los demás tratamientos. El análisis de los resultados permite concluir que el producto hormonal "Stimulate" tuvo un efecto significativo sobre el rendimiento en el cultivo de "arveja" *Pisum sativum* L. variedad INIA-USUI, bajo condiciones de Costa central.

**Palabras claves:** Producto hormonal, citoquininas, giberelinas, auxinas, arveja, rendimiento, morfoagronómico, análisis económico.

## ABSTRACT

This investigation was carried out at the Donoso Agrarian Experimental Station, located in the district and province of Huaral, department of Lima. The effect of five hormonal products on the yield of the “pea” crop *Pisum sativum* L. INIA-Usui variety was evaluated, under conditions of Central Coast. The variables evaluated were yield components (number of pods per plant, pod weight and yield in tons per hectare), morphoagronomic components (pod length, pod width and number of berries per pod) and economic analysis (benefit/cost index “I. B/C”, and increased utility about the control “I.U.T.”) of the treatments under study. A completely randomized design was used, with six treatments: T1: Biozyme TF, T2: Stimulate, T3: Gib-bex, T4: Promaline, T5: Triggrr foliar and T0: control without application. The hormonal products were applied according to the criteria established in the technical information, timing and dose of application recommended on the product label. Regarding the results, the analysis of variance indicated that there are significant differences between treatments, both for the performance and morphoagronomic components. With the hormonal product “Stimulate” the highest average was obtained in the following variables: number of pods per plant (29.10 pods. Plant<sup>-1</sup>), yield per hectare (19.49 t.ha<sup>-1</sup>), number of berries per pod (7.80 berries. pod<sup>-1</sup>), “I. B/C” (2.05) and “I.U.T.” (203.24 %). Likewise, with the product "Promalina" the best weight and length of pods was achieved with 8.65 g and 91.21 mm, respectively. Finally, with the product "Biozyme TF" the largest pod width with 15.91 mm was obtained, in relation to the other treatments. The analysis of the results allows us to conclude that the hormonal product “Stimulate” had a significant effect on the yield in the cultivation of "pea" *Pisum sativum* L. variety INIA-Usui, under conditions of the Central Coast.

**Keywords:** Hormonal product, cytokinins, gibberellins, auxins, pea, yield, morphoagronomic, economic analysis.

## INTRODUCCIÓN

La “arveja” *Pisum sativum* L. es una leguminosa de gran importancia en la cadena agroalimentaria, tanto como mejoradora de la fertilidad del suelo, así como por su utilidad en la alimentación humana. Los granos de arveja poseen un alto contenido de proteína (22 a 28 %), son fuente de hidratos de carbono, fibra, vitaminas del complejo B y minerales (principalmente hierro, fósforo y potasio). Como leguminosa, posee la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, en simbiosis con las bacterias del género *Rhizobium*, esto permite mejorar la fertilidad del suelo y reducir costos en fertilizantes nitrogenados. Por otro lado, el consumo de esta leguminosa es diverso, tanto en grano verde como en seco, también en congelados o enlatados (Camarena *et al.*, 2008).

En los últimos años, este cultivo se ha posicionado tanto en condiciones de la Sierra, como de la Costa peruana; debido a que representa una fuente alimenticia proteica competente al de origen animal y es una leguminosa que está al alcance de las distintas clases sociales (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2016). Asimismo, el Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI] (2018), reportó que, durante el periodo del 2016 al 2017, 33 951 y 34 982 ha respectivamente, fueron sembradas principalmente en las regiones de Cajamarca, Huánuco, Junín, Huancavelica, Lambayeque, La Libertad, Lima, Ayacucho y Arequipa; con una producción nacional de 130 645 t y un rendimiento promedio de 3 915 kg.ha<sup>-1</sup>, donde la arveja en grano verde, fue la leguminosa más cultivada y de mayor producción a nivel nacional.

En el Perú, a pesar de que la arveja es la tercera leguminosa de mayor importancia económica y constituye uno de los productos hortícolas de mayor consumo y rentabilidad; el productor agrícola (sobre todo en condiciones de sierra) aún afronta diversas limitaciones, como una deficiente información y capacitación en aspectos técnico-agronómicos del cultivo, problemas ambientales y fitosanitarios. Para enfrentar estas dificultades, desde hace algunos años se viene utilizando en el agro productos que se aplican para influir favorablemente en distintos procesos fisiológicos de las plantas, incrementando significativamente los rendimientos y la calidad de las cosechas. Dichos productos son conocidos comúnmente

como reguladores de crecimiento, productos hormonales o fitorreguladores (Camarena *et al.*, 2005; Redagícola, 2017).

Los productos hormonales en la agricultura, se aplican para restablecer el desarrollo normal de las plantas, ya sean estos, sintetizados por las mismas plantas o generados de forma industrial. Además, son una herramienta agronómica que ha generado grandes expectativas en los agricultores. No obstante, la amplia gama de fitorreguladores que existen en el mercado, su escasa investigación y las diferentes recomendaciones técnicas para su empleo, siguen generando aún interrogantes acerca de la efectividad en los cultivos (Ataujo, 1998). Por las razones expuestas, la finalidad de la investigación fue evaluar el efecto de cinco productos hormonales en el rendimiento del cultivo de arveja variedad INIA-USUI, en condiciones de Costa central. De esta manera, se pudo determinar el producto hormonal óptimo sobre las variables de rendimiento, componentes morfoagronómicas, y económicamente el más factible de aplicar en el cultivo de arveja.

El Programa Nacional de Investigación en Hortalizas (PNIH) como unidad de investigación de la Estación Experimental Agraria Donoso - Huaral, determinó los productos hormonales en estudio en base a los siguientes criterios: productos con carencia de investigación en el cultivo de arveja, con diferente composición hormonal (productos con una, dos o tres de las hormonas vegetales: auxinas, citoquininas y giberelinas), y que sean propiedad del Instituto Nacional de Innovación Agraria "INIA" (Nicho, 2018b). Por otro lado, la presente investigación se desarrolló en cuatro fases: a) fase preliminar (búsqueda y recopilación de información bibliográfica, y definición del diseño de investigación.); b) fase de campo (manejo agronómico, aplicación de los tratamientos y medición de variables); c) fase de laboratorio (medición de las variables); y finalmente, d) fase de gabinete (ordenamiento y tabulación de los datos obtenidos en el experimento, análisis e interpretación de los datos procesados, y redacción final de la tesis de investigación).

# OBJETIVOS

## Objetivo general

Evaluar el efecto de cinco productos hormonales en el rendimiento del cultivo de “arveja” *Pisum sativum* L. variedad INIA-USUI, bajo condiciones de Costa central.

## Objetivos específicos

- Determinar el producto hormonal con un óptimo comportamiento sobre componentes de rendimiento en el cultivo de “arveja” *Pisum sativum* L. variedad INIA-USUI, bajo condiciones de Costa central.
  
- Determinar el producto hormonal con óptimo efecto sobre componentes morfoagronómicos en el cultivo de “arveja” *Pisum sativum* L. variedad INIA-USUI, bajo condiciones de Costa central.
  
- Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio para determinar el de mayor rentabilidad.

## **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Bases Teóricas especializadas**

#### **1.1.1. El cultivo de “arveja” *Pisum sativum* L.**

##### **Origen**

Vicente y Sandy (2013) señalan que existen cuatro posibles centros de origen del género *Pisum* L.; el Oriente Medio, región del Mar Mediterráneo, Etiopía y Asia central. En el Mediterráneo, esta leguminosa era cultivada desde hace más de 8000 años, esto lo demuestran las formas primitivas de arveja encontradas en excavaciones realizadas en Turquía, Líbano, Yugoslavia y Grecia.

Palacios (1997) agrega que la “arveja” *Pisum sativum* L. tuvo como centro de diversificación, la región Mediterránea; luego se distribuyó hacia zonas de clima templado en todas partes del mundo. Fue introducida al Perú en el proceso de colonización por los conquistadores españoles; fue adaptada y extendida, lo que originó una gran diversidad genética en el país, dando lugar a numerosos cultivares.

##### **Clasificación taxonómica**

Según Integrated Taxonomic Information System [ITIS] (2018), la clasificación taxonómica de arveja es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Pisum* L.

Especie: *Pisum sativum* L.

### **Características botánicas**

La arveja se cultiva como una planta anual, es de forma biológica herbácea y en general posee un sistema radicular poco desarrollado, aunque desarrolla una raíz pivotante bastante profunda y unas raíces secundarias de cobertura densa; las raíces laterales se expanden entre 50 a 70 cm de diámetro alrededor del eje de la planta, al igual que las raíces terciarias. En el sistema radicular, principalmente los pelos absorbentes, forman nódulos por la asociación simbiótica con la bacteria del género *Rhizobium* Frank. La arveja es una dicotiledónea de germinación hipógea, es decir, la germinación de la planta tiene lugar debajo del suelo (Paredes, 1982; Borja *et al.*, 2001).

Las plantas presentan un tallo de crecimiento erecto hasta trepador, que puede emitir entre 12 a 16 nudos; conforme aumenta el grosor del tallo las plantas empiezan a tenderse. Los tallos son largos, en variedades de desarrollo precoz; la longitud puede oscilar entre 50 a 75 cm y en variedades tardías entre 80 a 120 cm. Este órgano posee forma cilíndrica y delgada, de superficie lisa, hueco en su interior, y de coloración verde claro a verde azulado (Camarena *et al.*, 2008).

Camarena *et al.* (2008) mencionan que las hojas de *Pisum sativum* L. son paripinnadas, compuestas por folíolos insertados del tallo en posición alterna y opuesta, con un limbo de forma oval o lanceolada. Las hojas en su base tienen dos estipulas que abrazan al tallo, y en la parte terminal poseen entre tres a cinco zarcillos que le confieren la capacidad trepadora.

La “arveja” *Pisum sativum* L. es una planta autógama con una polinización que dura entre dos a tres días. Las flores se localizan solitarias, en pares o en racimos; y se encuentra entre dos a tres flores por cada inflorescencia; cada punto donde se emite una inflorescencia se le



denomina nudo reproductivo. La forma de la flor es papilionada, debido a que toma la forma de una mariposa; presenta una coloración generalmente blanca (Borja *et al.*, 2001).

Tirado (1995) menciona que el fruto de *Pisum sativum* L. botánicamente es una vaina de ápice en punta o truncado, de forma aplanada o cilíndrica y con un pedicelo corto; con una longitud variable entre 2.5 a 12.5 cm y un ancho entre 1.2 a 2.5 cm. El color del fruto es verde oscuro en un inicio, al llegar a la madurez cambia al color verde. Las vainas presentan dehiscencia tardía, están compuestas por dos valvas y pueden contener entre 2 a 10 semillas. Las semillas presentan forma globosa o globosa angular, de superficie lisa o arrugada y de coloración variable de acuerdo a la variedad (verde, gris blanquecina, marrón, entre otras).

### **Fenología del cultivo**

La fenología del cultivo de arveja está comprendida por las siguientes etapas: (a) período de germinación, varía aproximadamente entre 8 y 10 días después de la siembra; (b) crecimiento vegetativo, de acuerdo al hábito de crecimiento de la variedad puede durar alrededor de 55 días, formándose hasta 12 nudos; (c) floración, ésta etapa inicia aproximadamente a los 60 días después de la germinación y dura un periodo de 50 días; (d) fructificación, la formación y desarrollo de las vainas comienza a los 8 días de aparecidas las flores y (e) maduración de vainas, comienza entre los 11 y 19 días de iniciada la floración. El ciclo fenológico del cultivo de arveja dura entre 100 a 117 días (Cordova, 2017; Calderón *et al.*, 2000).

Anchivilca (2018) menciona que dentro de la fenología del cultivo de *Pisum sativum* L. se pueden evaluar diversos componentes morfoagronómicos, con el propósito de determinar las características botánicas del cultivo. Estos componentes pueden ser: altura de planta, inicio de floración, longitud de vainas, ancho de vainas, materia seca, entre otros. Por otra parte, Eyhérbide (2012) señala que, para establecer el rendimiento del cultivo es necesario la evaluación de los componentes de rendimiento, como los son: número de frutos por planta, peso de fruto y rendimiento por hectárea del cultivo.

## **Requerimientos edafoclimáticos**

La arveja es una hortaliza de climas con temperaturas bajas, templadas y húmedas. La temperatura óptima para la germinación es de 24 °C, lo cual permite que en ocho días broten las semillas. La temperatura óptima se sitúa entre 14 a 26 °C; sin embargo, para un mejor desarrollo requiere entre 16 y 18 °C. La floración y el cuajado de vainas se ven afectados negativamente cuando las temperaturas son mayores a 25.6 °C. La maduración, al igual que el envejecimiento de la planta, se acelera si las temperaturas son altas (Agro enfoque, 1994; Maroto, 2002).

En cuanto al factor luz, la arveja muestra una mayor tasa de floración cuando se presentan climas con días largo (con iluminación solar), lo ideal es más de nueve horas de luz. Las variedades de mayor enrame requieren mayor luminosidad a diferencia de las variedades de enrame medio. La precipitación pluvial necesaria para suplir los requerimientos del cultivo esta entre 800 a 1000 mm por campaña; si la textura del suelo es arcillosa, el cultivo se comporta bien con una precipitación de 400 mm (Camarena *et al.*, 2008).

Ugás *et al.* (2000) afirman que las plantas requieren un suelo de textura franca, con buena aireación y drenaje, adecuada retención de humedad, y sin presencia de plagas o enfermedades. El pH óptimo se encuentra en un rango de 5.5 a 6.7; posee una tolerancia moderada a la acidez del suelo. La arveja es muy sensible a sales, se recomienda que la conductividad eléctrica sea menor de 1.0 dS.m<sup>-1</sup>.

## **Manejo agronómico del cultivo**

### **a. Siembra**

El Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA] (2001), señala que el momento propicio para iniciar la siembra de la arveja es de marzo a mayo, esto permitirá que la fase de germinación y desarrollo del cultivo coincidan con la época de invierno. Existen dos sistemas de siembra, la siembra en surcos simples y la siembra en surcos mellizos. El primer sistema es el más empleado en la región Costa, con un marco de plantación de 1.20 m entre

surco y 0.30 m entre planta; utilizando de acuerdo a la variedad entre 40 a 60 kg de semilla por hectárea.

El uso de semillas de calidad asegura el 50 % del éxito del cultivo; por lo cual, las semillas a utilizar deben ser uniformes en tamaño, no debe presentar manchas, ni daños de insectos y se debe obtener semillas certificadas. Antes de la siembra, las semillas deben ser protegidas mediante una desinfección, adhiriendo una mezcla de fungicida-insecticida a toda la superficie de la semilla. La siembra es recomendable realizarla en la costilla del surco para evitar el contacto directo del agua con la semilla, de esta forma se reduce la incidencia de pudrición radicular (Pinillos, 2004).

## **b. Fertilización**

Anchivilca (2018), sugiere que la dosis de fertilizante a aplicar es de acuerdo a la interpretación del análisis de suelo del campo agrícola. Sin embargo, la dosis recomendada para el cultivo de arveja es de 80-100-100 unidades.ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. La fertilización debe realizarse en dos momentos; la primera, incorporada al fondo del surco al momento de la preparación de terreno, el fósforo y el potasio es aplicado en su totalidad y el nitrógeno en un 50 %; la segunda fertilización es a los 15 días después de la siembra, aplicándose la cantidad de nitrógeno restante.

## **c. Riego**

El requerimiento hídrico en el cultivo de arveja es de aproximadamente 9 000 m<sup>3</sup> por hectárea, en variedades de crecimiento indeterminado. La frecuencia de riego está influenciada por la época del año y la textura del suelo. Para un adecuado crecimiento y desarrollo vegetativo, se aconseja realizar el primer riego a los 20 días después de la siembra; los siguientes riegos, antes y después de la floración, de igual manera para la etapa de llenado de vainas. El período crítico al déficit de agua es al momento de formación de vainas; si el recurso hídrico es escaso, la maduración de las vainas se adelanta (Chau, 2004; Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2001).

#### **d. Plagas y enfermedades**

Camarena *et al.* (2008) mencionan que, entre las plagas principales que afectan el rendimiento de la arveja tenemos: (a) “mosca minadora” *Liriomyza huidobrensis* Blanchard, produce minas serpenteadas, lo cual reduce la capacidad fotosintética, las hojas se secan y caen; (b) “Prodiplosis” *Prodiplosis longifila* Gagné, las larvas dañan los brotes, flores y vainas, deformando dichos órganos; (c) “Barrenador de brotes y vainas” *Cydia fabivora* Meyrick, barrenan los brotes, perfora los frutos pequeños haciendo orificios y se instalan en su interior; y (d) “cigarrita verde” *Empoasca kraemeri* Ross & Moore, causa clorosis o amarillamiento en las hojas, luego produce encrespamiento.

Las enfermedades que principalmente afectan al cultivo de arveja son (a) “chupadera fungosa” *Rhizoctonia* Kühn y *Fusarium* Grey, causan lesiones a nivel de cuello de planta causando estrangulamiento y muerte de la planta; (b) “oídio” *Erysiphe polygoni* Castagne, ataca a hojas, tallo y vaina, recubriendo de polvillo blanco los órganos mencionados y (c) “mildiu” *Peronospora viciae* Berk, en el haz se observa manchas cloróticas, luego marrones y necróticas (Camarena *et al.*, 2005).

#### **e. Cosecha**

El período de cosecha comienza aproximadamente a los 115 días después de la siembra; la recolección se realiza de forma manual, se pueden realizar en dos o tres cosechas escalonadas; esta labor es realizada entre los meses de junio a agosto en zonas de producción de la Costa central. El momento oportuno para la cosecha depende del tipo de consumo al que el producto esté destinado; para el consumo en grano verde se realiza cuando el fruto posea una coloración verde con reflejos amarillentos y para el consumo en grano seco cuando el follaje y las vainas presenten una coloración amarillenta (MINAGRI, 2016; Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2015)

### 1.1.2. Hormonas vegetales

Vejarano y Martínez (1983), definen hormona vegetal como una sustancia orgánica producida en el interior de la planta, que se moviliza hacia un órgano blanco en donde a bajas concentraciones puede promover, modificar o inhibir cualquier proceso fisiológico de crecimiento o diferenciación en la planta. Las hormonas vegetales presentan su eficacia a concentraciones cercanas a 1  $\mu\text{M}$  (micromolar:  $10^{-6}$  molar), a diferencia de aminoácidos, azúcares y otros metabolitos que ejercen respuestas en el crecimiento y desarrollo a concentraciones más altas, de más 1 a 50 mM (milimolar:  $10^{-3}$  molar).

Salisbury y Ross (1994), mencionan que, un fitorregulador es una sustancia química que en muy bajas concentraciones tiene la capacidad de actuar sobre el metabolismo de la planta, activar o inhibir procesos de desarrollo. Se clasifican en dos tipos; fitorreguladores naturales, sintetizados por la propia planta y fitorreguladores sintéticos, conocidos como hormonas exógenas o productos hormonales.

La respuesta fisiológica provocada por las hormonas no solo se ve influenciada de acuerdo al órgano vegetal blanco, sino que también dichas respuestas obedecen al tipo de especie vegetal, etapa de desarrollo, concentración hormonal, sinergismo entre hormonas y diversos factores ambientales en que actúen las hormonas. Se dividen en cinco grupos: auxinas, citoquininas, giberelinas, etileno y ácido abscísico. Las fitohormonas se hallan de dos formas en el interior de la planta, libre y ligada; la primera es la forma activa y la segunda constituye la forma de transporte y almacén. La forma libre debe unirse a un receptor para poder generar una respuesta fisiológica, el receptor es una molécula proteica localizada en lugar de acción (por ejemplo la membrana nuclear) a partir de la cual actúa sobre el ADN o el ARN, ya sea de manera directa o a través de un mensajero (Salisbury y Ross, 1994; Vejarano y Martínez, 1983).

## **Principales grupos hormonales**

### **a. Auxinas**

La palabra auxina proviene del griego *auxein* que significa aumentar o incrementar, fue empleada por primera vez por Fritz Went en 1926 cuando demostró la presencia de una sustancia que promovía la expansión celular en el ápice del coleóptilo de avena (*Avena sativa* L.). La aportación de Went fue también la extracción de esta sustancia sin provocar su inhibición, al difundirla del ápice de los coleóptilos sobre bloques de agar. En la actualidad, la auxina descubierta por Went es conocida como el ácido indolacético (IAA). Investigaciones subsiguientes declararon que también existen otros tres compuestos similares estructuralmente al IAA y provocan varias de las mismas respuestas que este: el ácido 4-cloroindolacético (4-cloroIAA), el ácido fenilacético (PAA) y el ácido indolbutírico (IBA). Otros compuestos que pertenezcan a la categoría de auxinas pero que no sean necesariamente sintetizados por las plantas se le denominan reguladores de crecimiento vegetal (Vejarano y Martínez, 1983).

#### **- Biosíntesis de las auxinas en las plantas**

Según Jordán y Casaretto (2006), pese a la localización de las auxinas en todos los tejidos de la planta, una mayor concentración se encuentra en las regiones que están en crecimiento activo, principalmente: a) semillas en desarrollo; b) meristemos apicales; c) hojas jóvenes y d) frutos en desarrollo. Rojas (1993) menciona que la síntesis de la auxina natural (ácido indolacético) ocurre en las células del meristemo apical del tallo a partir del ácido antranílico, el cual es transformado en triptófano, este aminoácido puede seguir dos rutas de transformación, puede pasar a triptamina o a ácido indolpirúvico (ambos con una pérdida del grupo amino y del grupo carboxilo terminal de la cadena lateral del aminoácido triptófano), después de pasar por cualquiera de estas dos rutas mencionadas, el siguiente paso sería la transformación a indolacetaldehído. En la mayoría de las especies vegetales la ruta común es donde ocurre la formación del ácido indolpirúvico, luego mediante una descarboxilación se transforma a indolacetaldehído, y finalmente este compuesto se oxida a ácido indolacético (Figura 1).

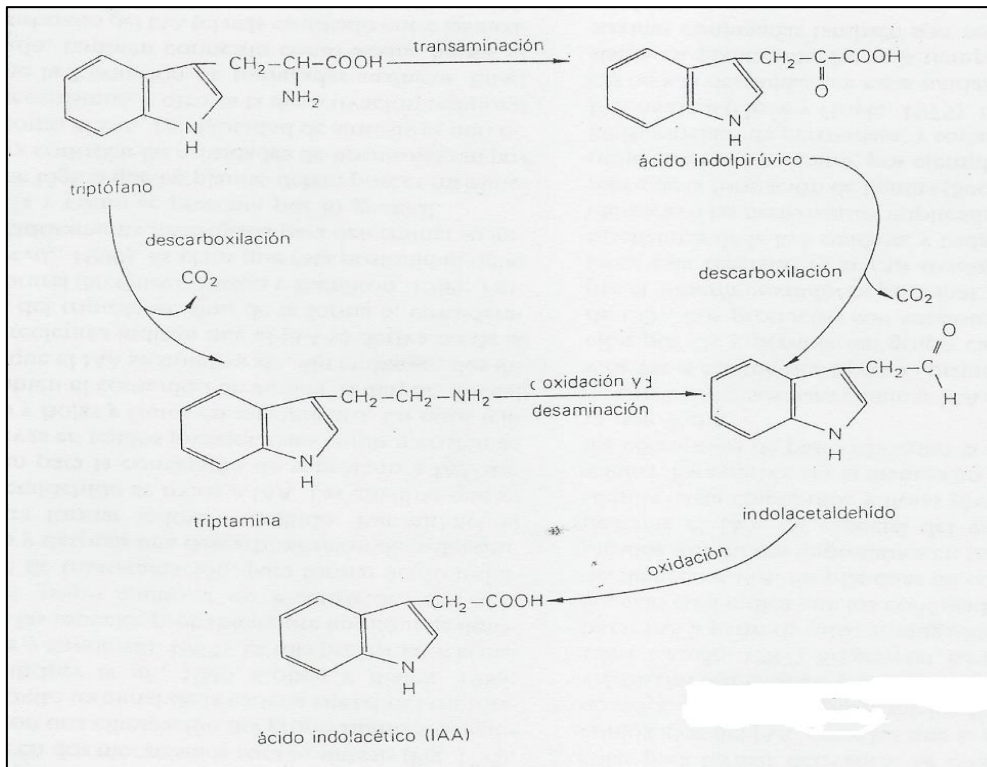


Figura 1. Biosíntesis del ácido indolacético (IAA). Fuente: Salisbury y Ross, 1994.

### - Transporte de las auxinas en las plantas

Azcón y Talón (2008), señalan que el ácido indolacético, al igual que otras hormonas, es transportado por difusión a células diana (sitio de acción), a través de células que componen el tejido vascular (xilema y floema). Hacia la raíz, el transporte es basipétalo, es decir, el IAA recorre desde la región apical (tallo) hasta la raíz. Para el transporte de IAA se demanda energía metabólica, debido a que no se produce movimiento de esta sustancia en ausencia de oxígeno ni cuando existe algún inhibidor de la síntesis de ATP.

### - Efectos de las auxinas en las plantas

Según Taiz y zeiger (2006), los efectos fisiológicos de las auxinas sobre las plantas son los siguientes:

- **Expansión celular:** Las auxinas desempeñan la función de expansión de células de tallos y coleótilos, esta información se derivó del estudio de la curvatura de coleótilos de la avena. Esta hormona incrementa la plasticidad de la pared de la célula, lo cual disminuye la presión ejercida de la pared sobre la célula, permitiendo así el ingreso de agua o savia.

- **Regulan la dominancia apical:** El crecimiento de la yema apical de las plantas se ve promovido por las auxinas, esto causa a la vez la inhibición de las yemas axilares. Caso contrario, la decapitación del brote apical genera que la concentración de la hormona aumente permitiendo el desarrollo de las yemas laterales.
- **Promueven la formación de raíces laterales y adventicias:** A diferencia de la raíz principal que se inhibe a concentraciones altas de auxina, las raíces laterales y adventicias se ven estimuladas a dichas concentraciones. Este efecto estimulador en estas raíces es empleado en la horticultura para la propagación vegetativa por esquejes.
- **Retrasan el inicio de la abscisión de las hojas:** En hojas jóvenes donde no se ha iniciado la senescencia la concentración de auxinas es elevada, lo cual evita la abscisión de las hojas. En cambio, en las hojas maduras, donde la concentración de la hormona disminuye, provoca que las paredes de la base del peciolo se vuelven débiles y ocurra posteriormente la abscisión de hojas.
- **Regula el desarrollo floral de las yemas:** El recorrido de las auxinas al meristemo de inflorescencia, debido al transporte polar, permite iniciar la floración, posteriormente induce el amarre y desarrollo de frutos, sobre todo en especies con frutos de muchas semillas como los pimientos y cucurbitáceas.

## **b. Citoquininas**

En 1963, los grupos de Miller y Letham aislaron la primera citoquinina natural contenida en semillas de maíz (extraída del endospermo lechoso del maíz, *Zea mays* L.), esta sustancia fue nombrada como zeatina. Desde entonces se han encontrado otras estructuras naturales y sintéticas de citoquininas. Entre las citoquinas endógenas se encuentran: dihidrozeatina, isopentenil adenina y en las exógenas a benciladenina (Azcón y Talón, 2008).

### **- Biosíntesis de las citoquininas en las plantas**

Vejarano y Martínez (1983), mencionan que un estudio realizado en 1979, por Chong Maw y Melitz en tejidos del tabaco demostró la biosíntesis de las citoquininas. Los tejidos de esta



planta contienen una enzima llamada isopentenil AMP sintasa que forma adenosina 5'-monofosfato (5'-AMP), dicho compuesto junto a dimetilalil pirofosfato (DMAPP) generan a 5'-fosfato de isopentenil adenosina (Figura 2). Este, por eliminación hidrolítica del grupo fosfato, mediante una enzima fosfatasa se convierte a isopentenil adenosina, este último se convierte luego a isopentenil adenina por eliminación hidrolítica del grupo ribosa. La citoquinina natural isopentenil adenina mediante el remplazo de un hidrógeno por un hidróxilo en un grupo metilo del lado de la cadena de isopentenilo, puede oxidarse a zeatina. Esta citoquinina natural puede convertirse por reducción (NADPH) del doble enlace de la cadena lateral de isopentenilo, a otra citoquinina natural conocida como dihidrozeatina. Por otro lado, Jordán y Casaretto (2006), señalan que las citoquininas se pueden extraer de órganos con tejidos en división activa: semillas, frutos, y raíces.

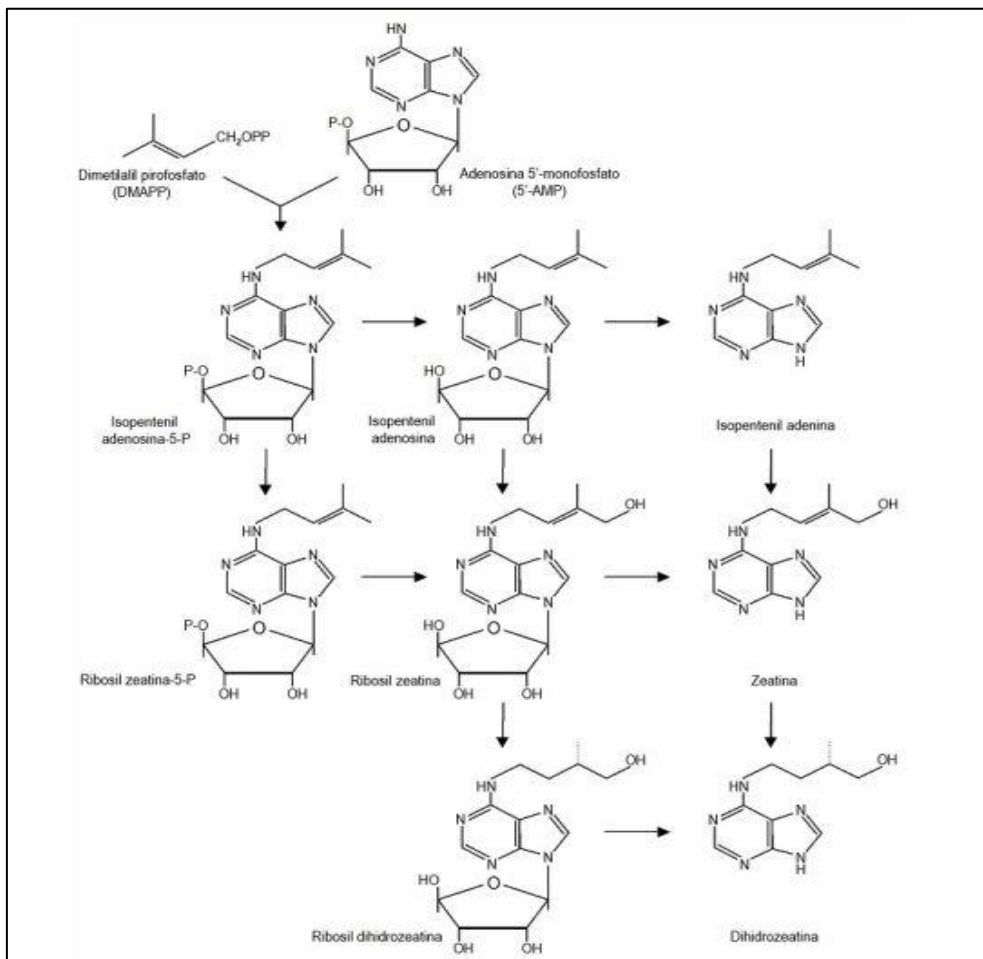


Figura 2. Biosíntesis de la citoquinina “Zeatina”. Fuente: Jordán y Casaretto, 2006.

## - **Transporte de las citoquininas en las plantas**

Bidwell (1993), señala que las citoquininas endógenas poseen un transporte polar basipétalo, y no se movilizan con tanta facilidad como las auxinas y giberelinas. Trabajos experimentales con injerto de plantas, evidenciaron el transporte de estas hormonas vegetales desde la zona radicular hacia la parte apical, aunque esta movilización acropétala aún no parece estar muy bien establecida. La citoquinina exógena aplicada ya sea en hojas o algún otro tejido de la planta, presenta muy poca movilización e inclusive puede permanecer únicamente en la zona donde se aplicó.

## - **Efectos de las citoquininas en las plantas**

Según Salisbury y Ross (2000), los efectos de las citoquininas en la fisiología vegetal son los siguientes:

- **División celular y formación de órganos:** Promueve la citocinesis e incrementa la tasa de división celular en los sistemas tisulares de las plantas. La relación citoquinina – auxina influencia la formación de órganos, si la relación es alta favorece la formación de yemas, hojas y tallos; en cambio si esta es baja se estimula la formación de raíces.
- **Retardo de la senescencia:** El envejecimiento de las hojas esta precedido por el amarillento de hojas y condiciones de oscuridad, cuando ocurre la formación de citoquininas se reduce la degradación de proteínas y la pérdida de clorofila, además estas reemplazan el efecto de la luz, retardando así el envejecimiento de las hojas.
- **Desarrollo de yemas laterales:** En situaciones de dominancia apical en plantas, la aplicación de citoquininas promueve el desarrollo y elongación de las yemas laterales.
- **Expansión celular en cotiledones:** Las semillas germinadas en condiciones de oscuridad tienen como resultado plántulas de reducido tamaño y de coloración amarillenta; la aplicación de citoquininas incrementa la tasa de crecimiento de cotiledones, triplicando su crecimiento, inclusive en condiciones de oscuridad.

- **Movilización de nutrientes:** Las citoquinas influyen en la traslocación de fotosintatos o minerales al órgano blanco (órgano donde se aplica la citoquinina exógena) desde otras partes de la planta.

### c. Giberelinas

Fitopatólogos japoneses descubrieron por azar las giberelinas (GAs) en un estudio con plantas de arroz enfermas, la patología era causada por el hongo *Gibberella fujikuroi* Wollenw que provocaba un crecimiento excesivo de tallos y brotes, sin embargo, provocó la muerte de las plantas debido a los daños producidos por el patógeno. Posteriormente, los japoneses Yabuta y Hayashi aislaron la sustancia inductora del crecimiento del tallo, a partir del filtrado segregado por el hongo, a la sustancia se le denominó ácido giberélico (AG<sub>3</sub>). Posteriormente, se habían aislado y caracterizado 84 giberelinas provenientes de plantas y hongos; de estas, 74 se hallaron en plantas superiores, 25 en el hongo *Gibberella* y 14 en ambas (Vejarano y Martínez, 1983).

#### - Biosíntesis de las giberelinas en las plantas

Salisbury y Ross (1994), mencionan que, las GAs son compuestos isoprenoides que se sintetizan a partir de unidades acetato del acetyl-CoA en la ruta del ácido mevalónico. Luego, a través de la ruta se deriva el isopentenil pirofosfato para, a continuación, formarse el compuesto “geranylgeranyl pirofosfato” (compuesto de 20 carbonos), que sirve como donador de átomos de carbono de las giberelinas; este compuesto se convierte en kaureno. A partir de rutas que implican oxidaciones (que suceden en el retículo endoplasmático) de este último, se produce el ácido Kaureoico; así mismo, este compuesto se oxida a aldehído de GAs (ver Figura 3), el cual es utilizado como hormona natural por las plantas. Puede ocurrir ramificaciones, y formarse otras GAs, como GA<sub>4</sub>, o GA<sub>7</sub> y GA<sub>1</sub> (ambas generan la GA<sub>3</sub>). La GA<sub>3</sub> o ácido giberélico es el producto final para el caso del hongo *Gibberella fujikuroi* Wollenw. Las GAs son sintetizadas en varias partes de las plantas, pero especialmente en zonas en activo crecimiento como es el caso de embriones o tejidos meristemáticos. Jordán y Casaretto (2006), señalan que las GAs son sintetizadas, principalmente: a) semillas; b) frutos en desarrollo; c) meristemas radiculares y d) meristemas apicales.

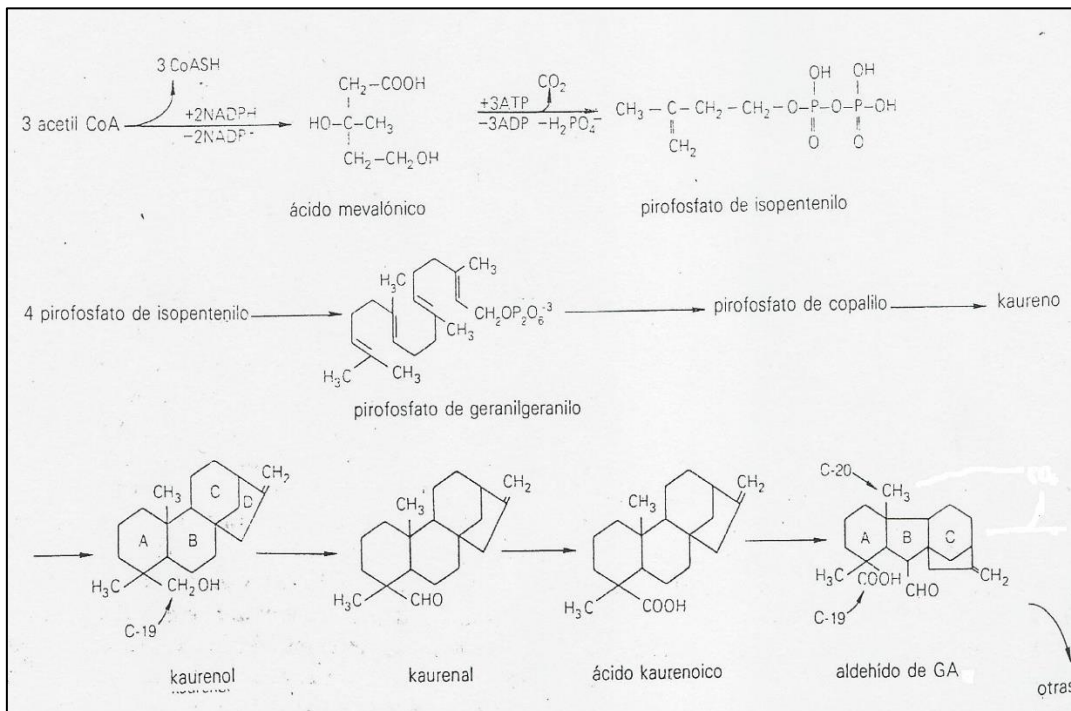


Figura 3. Biosíntesis de las giberelinas. Fuente: Salisbury y Ross, 1994.

### - Transporte de las giberelinas en las plantas

Según Salisbury y Ross (1994), las giberelinas son sustancias muy estables y de rápida movilización por el floema, junto con otras sustancias producto de la fotosíntesis. Las GAs son sintetizadas en hojas jóvenes y en la zona apical del tallo, movilizándose de forma basipétala, aunque también puede transportarse por el xilema hacia el ápice del tallo, cuando son sintetizadas en la raíz; no realizan transporte polar.

### - Efectos de las giberelinas en las plantas

Taiz y zeiger (2006), describen los efectos fisiológicos de las giberelinas sobre la planta de la siguiente manera:

- **Elongación celular:** Las GAs incrementan la plasticidad de la pared celular, y provoca la reducción de la presión de esta alrededor de la célula, lo cual permite un mayor ingreso de agua, provocando el efecto de expansión celular.

- **Estimulan el crecimiento del tallo de las plantas:** Es el efecto más sorprendente de las GAs, promueven el crecimiento de entrenudos más jóvenes y continuamente se incrementa la longitud de entrenudos. Estos efectos son más pronunciados en especies enanas y de desarrollo arrosetado, como en plantas herbáceas.
- **Influyen en el inicio de la floración:** Las GAs pueden inducir la floración en muchas especies que requieren de días fríos o días largos, especialmente en especies de crecimiento arrosetado, como la col (*Brassica oleracea* L.).
- **Promueven el cuajado de frutos:** Por ejemplo, en manzanas (*Malus sylvestris* L.), donde se ha observado después de la aplicación de GAs.
- **Promueven la germinación de semillas:** Ciertas semillas, especialmente de las plantas silvestres, necesitan de luz o frío para romper su dormancia, este estado puede ser vencido con la aplicación de GAs. Estas actúan induciendo la producción de hidrolasas ( $\alpha$ -amilasa), que ponen la energía a disposición de la célula.
- **Incrementan el tamaño de frutos:** En uvas, sin semillas, sus tallos son de tamaño reducido, por lo cual los racimos se compactan demasiado y las bayas no alcanzan mayor desarrollo; la aplicación de GAs provoca la elongación del tallo, evitando así la compactación y permitiendo a las bayas hacerse de mayor tamaño.

### 1.1.3. Información técnica de los productos hormonales en estudio

Esta sección se comprende la información técnica extraída de las fichas técnicas de los productos hormonales en estudio, para el cultivo de “arveja” *Pisum sativum* L.

#### a. Biozyme TF

Tecnología Química y Comercio (2017), describe en la ficha técnica del producto comercial Biozyme TF, la siguiente información:

- **Descripción del producto:** Es un regulador de crecimiento que actúa estimulando el desarrollo de las plantas; Además, es un complejo hormonal compuesto principalmente por tres fitohormonas: auxinas, citoquininas y giberelinas, en conjunto activan y regulan procesos fisiológicos en la planta, como la división y elongación celular.
  
- **Formulación:** Concentrado soluble.
  
- **Composición química:** Los ingredientes activos son:
  - Giberelinas (AG<sub>3</sub>): 0.031 g.L<sup>-1</sup>.
  - Citoquininas (Zeatinas): 0.083 g.L<sup>-1</sup>.
  - Auxinas (Ácido Indol Acético): 0.031 g.L<sup>-1</sup>.
  - Microelementos (Fe, Zn, Mg, B, S): 19.34 g.L<sup>-1</sup>.
  - Inertes: 200.4 g.L<sup>-1</sup>.
  
- **Dosis del producto:** El uso y la dosis de acuerdo al cultivo de *Pisum sativum L.* se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

*Uso y dosis del regulador de crecimiento Biozyme TF*

Cultivo	Dosis (ml.200 L <sup>-1</sup> )	Número y época de aplicación
		1 <sup>a</sup> Al inicio de la floración.
Arveja	250	2 <sup>a</sup> Dos semanas después de la primera aplicación.

*Fuente:* Tecnología Química y Comercio, 2017.

## **b. Stimulate**

Stoller (2017) menciona en la ficha técnica del producto comercial Stimulate la siguiente información:

- **Descripción del producto:** Es un producto trihormonal, formulado a base de auxinas, citoquininas y giberelinas. Este regulador de crecimiento estimula la división y diferenciación celular, el crecimiento de raíces, la floración y el calibre homogéneo de frutos, favoreciendo el rendimiento del cultivo.
  
- **Formulación:** Concentrado soluble.
  
- **Composición química:** Los ingredientes activos son:
  - Citoquininas (Quinetinas): 0.009 %.
  - Giberelinas (AG<sub>3</sub>): 0.005 %.
  - Auxinas (Ácido 3-Indol Butírico): 0.005 %.
  - Inertes: 99.981 %
  
- **Dosis del producto:** El uso y la dosis de acuerdo al cultivo de *Pisum sativum* L. se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

*Uso y dosis del regulador de crecimiento Stimulate*

Cultivo	Dosis (ml.200 L <sup>-1</sup> )	Número y época de aplicación
Arveja	250	Inicie aplicaciones a partir de la cuarta hoja verdadera y repita una segunda aplicación a los 7 días después.  Aplicar en prefloración y repetir hasta dos aplicaciones cada 7 días.

*Fuente:* Stoller, 2017.

### c. Gib-bex

Grupo Andina (2018) indica en la ficha técnica del producto comercial Gib-bex la siguiente información:

- **Descripción del producto:** Es un regulador de crecimiento compuesto de ácido giberélico y extractos de algas. Su acción es incrementar el tamaño celular, la capacidad fotosintética de la planta (aumentando el contenido de azúcares), y promover el crecimiento longitudinal de tallos y frutos (como alargamiento de vainas).
- **Formulación:** Concentrado soluble.
- **Composición química:** Los ingredientes activos son:
  - Giberelinas: 9.89 g.L<sup>-1</sup>.
  - Extractos de algas: 901,1 g.L<sup>-1</sup>.
- **Beneficios de su aplicación:** Proporciona los siguientes efectos positivos en el cultivo:
  - Promueve el crecimiento y elongación de los tallos controlando el tamaño general de la planta.
  - Promueve la inducción floral en los cultivos.
  - Promueve el crecimiento de los frutos reduciendo los desórdenes fisiológicos.
- **Dosis del producto:** El uso y la dosis de acuerdo al cultivo de *Capsicum annum* L. se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

*Uso y dosis del regulador de crecimiento Gib-bex*

Cultivo	Dosis (ml.200 L <sup>-1</sup> )	Momento de la aplicación
Páprika	125	A los 60 días después del trasplante.

*Fuente:* Grupo Andina, 2018.

#### **d. Promalina**

Bayer CropScience (2018), describe en la ficha técnica del producto comercial Promalina la siguiente información:



- **Descripción del producto:** Es un regulador de crecimiento compuesto a base de citoquininas y giberelinas, promueve la división celular, el desarrollo y crecimiento radicular, el inicio de botoneo y retarda la senescencia de las hojas favoreciendo el incremento del rendimiento en el cultivo.
- **Formulación:** Concentrado soluble.
- **Composición química:** Los ingredientes activos son:
  - Citoquininas (6BA-benciladeninas): 18.9 g.L<sup>-1</sup>.
  - Giberelinas (GA<sub>4</sub> y GA<sub>7</sub>): 18.9 g.L<sup>-1</sup>.
  - Inertes: 1012.2 g.L<sup>-1</sup>.
- **Dosis del producto:** El uso y la dosis de acuerdo al cultivo de *Pisum sativum* L. se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

*Uso y dosis del regulador de crecimiento Promalina*

Cultivo	Dosis (ml.200 L <sup>-1</sup> )	Número y época de aplicación
Arveja	60	1 <sup>a</sup> Aplicación al inicio de floración.
		2 <sup>a</sup> Aplicación en la etapa de cuajado de frutos.
		3 <sup>a</sup> Aplicación en la etapa de llenado de frutos.

*Fuente:* Bayer CropScience, 2018.

**e. Triggrr foliar**

Farmex (2019), describe en la ficha técnica del producto comercial Triggrr foliar la siguiente información:

- **Descripción del producto:** Es un regulador de crecimiento a base de citoquininas. Estimula la división celular, regula el desbalance hormonal, mejora la floración, viabiliza la polinización, favorece la producción de frutos más uniformes y de mayor calibre, incrementando el rendimiento del cultivo y la calidad del fruto.
- **Formulación:** Concentrado soluble.
- **Composición química:** Los ingredientes activos son:
  - Citoquininas (Quinetinas): 0.04 %.
- **Dosis del producto:** El uso y la dosis de acuerdo al cultivo de *Pisum sativum* L. se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

*Uso y dosis del regulador de crecimiento Triggrr foliar*

Cultivo	Dosis (ml.200 L <sup>-1</sup> )	Número y época de aplicación
Arveja	500	1 <sup>a</sup> Aplicar al inicio de floración.
		2 <sup>a</sup> Aplicar siete días después de la primera aplicación.
		3 <sup>a</sup> Aplicar siete días después de la segunda aplicación.

Fuente: Farmex, 2019.

## 1.2. Antecedentes

### Internacionales

Boero *et al.* (2019) realizaron una investigación denominada “Evaluación de la respuesta productiva del cultivo de soja *Glycine max* L. ante la utilización de fitoreguladores, en un lote demostrativo de la Cooperativa Agrícola Mixta de Irigoyen, localidad de Gálvez, región San Jerónimo, Argentina”. El objetivo fue cuantificar la respuesta productiva del cultivo de soja a la aplicación de fitoreguladores. Emplearon un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones y cinco tratamientos (Tabla 6); aplicaron los tratamientos en el

estado fenológico R3 (inicio de formación de vainas) del cultivo. Evaluaron los siguientes parámetros: peso de 1000 granos de soja y rendimiento en kilogramos por hectárea; para lo cual utilizaron una balanza. Obtuvieron los resultados descritos en la Tabla 6.

Tabla 6

*Tratamientos y resultados obtenidos en la investigación de Boero et al. (2019)*

Tratamientos en estudio		Variables en estudio del cultivo de soja	
Tratamientos	Dosis de aplicación	Peso de 1000 granos (g)	Rendimiento (kg.ha <sup>-1</sup> )
Stimulate	0.300 L.ha <sup>-1</sup>	169	5007
Agrostim	0.250 L.ha <sup>-1</sup>	169	4784
Biozyme	0.300 L.ha <sup>-1</sup>	177	4755
Bio Forge	1 L.ha <sup>-1</sup>	172	4727
Testigo	-	167	4628

*Fuente:* Elaboración propia a partir de Boero *et al.* (2019).

Analizaron los resultados a través de un análisis de varianza, por medio del programa estadístico SPSS; y compararon las medias mediante el test de Fisher. Encontraron diferencias significativas en los tratamientos Biozyme y Bio Forge sobre el peso de granos; al igual que en Stimulate sobre el rendimiento por hectárea. Concluyeron que, el tratamiento con Biozyme logró el mayor peso de 1000 granos de soja, con 177 g.1000 granos-1; por otro lado, el tratamiento con Stimulate obtuvo el mayor rendimiento del cultivo, con 5007 kg.ha<sup>-1</sup> superando al testigo sin aplicación (4628 kg.ha<sup>-1</sup>).

Ruíz (2017) realizó un estudio denominado “Evaluación del efecto de tres productos hormonales que contienen auxinas, giberelinas, citoquininas y nutrientes sobre la producción y calidad de fruto en el cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* L. en la región Jutiapa, Guatemala”. El objetivo fue determinar el efecto de tres productos hormonales sobre la floración, cuajado de frutos, rendimiento por hectárea y calidad de frutos; asimismo, determinar si los productos hormonales producen toxicidad en las plantas de tomate. Empleó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos (Tabla 7) y cuatro repeticiones; aplicó los tratamientos en la etapa de floración, 15 y 30 días después de la

primera aplicación. Evaluó las siguientes variables: número de frutos por planta y rendimiento por hectárea en kilogramos. Obtuvo los resultados descritos en la Tabla 7.

Tabla 7

*Tratamientos y resultados obtenidos en la investigación de Ruíz (2017)*

Tratamientos en estudio		Variables en estudio del cultivo de tomate	
Tratamientos	Dosis de aplicación	Número de frutos (frutos.planta <sup>-1</sup> )	Rendimiento (kg.ha <sup>-1</sup> )
Potenciador	0.5 L.ha <sup>-1</sup>	181	97 959
Crecimiento	0.5 L.ha <sup>-1</sup>	132	79 592
Stimulate	0.5 L.ha <sup>-1</sup>	141	80 816
Testigo	-	115	77 143

*Fuente:* Elaboración propia a partir de Ruíz (2017).

Analizó los resultados a través de un análisis de varianza, por medio del software estadístico INFOSSTAT; y comparó las medias mediante la prueba de Tukey. Encontró diferencias significativas en ambos parámetros; de acuerdo a la prueba de Tukey, Potenciador fue el único tratamiento que evidenció alta significancia. Concluyó que, el tratamiento con el producto hormonal “Potenciador”, obtuvo el mayor número de frutos por planta y rendimiento, con 181 frutos.planta<sup>-1</sup> y 97 959 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente en comparación con el testigo sin aplicación (115 frutos.planta<sup>-1</sup> y 77 143 kg.ha<sup>-1</sup>).

Graillet *et al.* (2014) presentaron un ensayo denominado “Evaluación de cuatro reguladores de crecimiento sobre el rendimiento del cultivo de chile habanero *Capsicum chinense* Jacq en el fundo Los Narros, en el estado de Veracruz, México”. El objetivo fue evaluar el comportamiento del cultivo ante la aplicación de los reguladores de crecimiento, en base a número de frutos por planta y peso de frutos por planta. Emplearon un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos (Tabla 8) y tres repeticiones; realizaron dos aplicaciones de los productos hormonales en cada tratamiento. Obtuvieron los resultados descritos en la Tabla 8.

Tabla 8

*Tratamientos y resultados obtenidos en el ensayo de Graillet et al. (2014)*

Tratamientos en estudio		Variables en estudio del cultivo de Chile	
Tratamientos	Dosis de aplicación	Número de frutos (frutos.planta <sup>-1</sup> )	Peso de frutos (g.planta <sup>-1</sup> )
Brassinal	0.5 L.ha <sup>-1</sup>	109.8	1379.4
Brassinal	1 L.ha <sup>-1</sup>	89.1	806.6
Activador	1 L.ha <sup>-1</sup>	72.5	529.8
Biozyme	1 L.ha <sup>-1</sup>	85.2	783.3
Maxigrow	1 L.ha <sup>-1</sup>	76.5	827.9
Testigo	-	51.3	286.8

*Fuente:* Elaboración propia a partir de Graillet *et al.* (2014).

Analizaron los resultados a través de un análisis de varianza, por medio del software estadístico FAUANL; y compararon las medias mediante la prueba de Tukey. Encontraron diferencias significativas para ambos parámetros; la prueba de Tukey evidenció dichas diferencias en el tratamiento Brassinal, sobre el número de frutos y peso de fruto. Concluyeron que, el tratamiento Brassinal (dosis: 0.5 L.ha<sup>-1</sup>) obtuvo el mayor número de frutos por planta con 109.8 frutos.planta<sup>-1</sup>; asimismo, cuadruplicó el peso de fruto por planta en comparación al testigo, mostrando 1379.4 g.planta<sup>-1</sup> y 286.8 g.planta<sup>-1</sup> respectivamente.

Ofosu-Anim *et al.* (2007) realizaron un estudio nombrado “El efecto del producto hormonal Biozyme TF sobre el rendimiento y calidad de fruto en el cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* L. en el campo experimental de la University of Ghana, región Gran Accra, Ghana”. El objetivo fue determinar el efecto de Biozyme TF sobre los parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo de tomate. Emplearon un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (Tabla 9). Evaluaron los siguientes parámetros: número de frutos por planta, peso del fruto y rendimiento en toneladas por hectárea. Para la medición de las variables utilizaron: cartilla de evaluación y balanza digital. Obtuvieron los resultados referidos en la Tabla 9.

Tabla 9

*Tratamientos y resultados obtenidos en el estudio de Ofosu-Anim et al. (2007)*

Tratamientos en estudio		Variables en estudio del cultivo de tomate		
Tratamientos	Dosis de aplicación	Número de frutos (frutos.planta <sup>-1</sup> )	Peso de fruto (g.fruto <sup>-1</sup> )	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )
Testigo	-	4.88	35.70	5.44
Biozyme TF	0.250 L.ha <sup>-1</sup>	6.56	35.69	6.79
Biozyme TF	0.500 L.ha <sup>-1</sup>	6.09	37.70	7.52
Biozyme TF	0.750 L.ha <sup>-1</sup>	5.56	36.69	6.55

*Fuente:* Elaboración propia a partir de Ofosu-Anim *et al.* (2007).

Analizaron los resultados a través de un análisis de varianza, por medio del programa estadístico SPSS; y compararon las medias mediante la prueba de Tukey. Encontraron diferencias significativas solo para los parámetros número de frutos y rendimiento por hectárea; la prueba de Tukey evidenció dichas diferencias en Biozyme TF con dosis de 0.250 y 0.500 L.ha<sup>-1</sup>. Concluyeron que, el tratamiento con una dosis de 0.250 L.ha<sup>-1</sup> obtuvo el mayor número de frutos por planta, con 6.56 frutos.planta<sup>-1</sup> en comparación a los demás tratamientos; por otro lado, el tratamiento con 0.500 L.ha<sup>-1</sup> logró el mayor peso de fruto y rendimiento del cultivo, con 37.70 g.fruto<sup>-1</sup> y 7.52 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

## Nacionales

Cueva y Quiroz (2017) realizaron un estudio denominado “Efecto en el rendimiento y análisis económico de la aplicación del bioestimulante Stimulate con tres dosis de aplicación, en el cultivo de arveja *Pisum sativum* L. (variedad Alderman) en el distrito de Casa Grande, provincia de Ascope, región La Libertad, Perú”. El objetivo fue determinar la dosis óptima del bioestimulante que incremente el rendimiento del cultivo, y realizar un análisis económico de la aplicación de los tratamientos en estudio. Emplearon un diseño completamente al azar, con tres tratamientos (Tabla 10). Las variables evaluadas fueron: número de vainas por planta, rendimiento por hectárea, longitud y ancho de vaina, y número de bayas por planta; los equipos de medición utilizados fueron: regla cuadrículada, wincha y una balanza. Obtuvieron los resultados referidos en la Tabla 10.

Tabla 10

*Tratamientos y resultados obtenidos en el estudio de Cueva y Quiroz (2017)*

Tratamientos en estudio		Variables en estudio del cultivo de arveja	
Tratamientos	Dosis de aplicación	Número de vainas (vainas.planta <sup>-1</sup> )	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )
Stimulate	0.5 L.ha <sup>-1</sup>	20.10	10.47
Stimulate	1.0 L.ha <sup>-1</sup>	18.00	8.30
Stimulate	1.5 L.ha <sup>-1</sup>	19.63	9.43
Testigo	-	14.33	5.83

*Fuente:* Elaboración propia a partir de Cueva y Quiroz (2017).

Analizaron los resultados a través de un análisis de varianza, por medio del programa estadístico SAS; y compararon las medias mediante la prueba de Duncan. Encontraron diferencias significativas para ambos parámetros; la prueba de Duncan evidenció dichas diferencias en el tratamiento con dosis de 0.5 y 1.5 L.ha<sup>-1</sup> sobre el número de vainas, y en todos los tratamientos sobre el rendimiento por hectárea. Concluyeron que, la dosis de 0.5 L.ha<sup>-1</sup> obtuvo el mayor rendimiento, con 10.47 t.ha<sup>-1</sup> en relación a los demás tratamientos.

Fribourg (2017) evaluó el efecto del regulador de crecimiento “Biozyme TF” en el cultivo de “ají escabeche” *Capsicum baccatum* Willd en el fundo “Don German”, provincia de Cañete, región Lima, Perú. El objetivo del ensayo fue determinar el efecto del producto hormonal sobre el rendimiento y calidad de fruto en el cultivo de ají escabeche. Empleó un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos (Tabla 11); la dosis del producto fue 1.5 ml.L<sup>-1</sup> y fue aplicado con una mochila manual de 20 L de capacidad. Los parámetros evaluados fueron: número de frutos por planta, peso de fruto, rendimiento en toneladas por hectárea, largo de fruto, ancho de fruto y número de semillas por fruto; utilizó los siguientes materiales y equipos de medición: bolsas de papel, balanza digital y vernier. Obtuvo los resultados referidos en la Tabla 11

Tabla 11

*Tratamientos y resultados obtenidos en la investigación de Fribourg (2017)*

Tratamientos en estudio		Variables en estudio del cultivo de ají escabeche		
Tratamientos	Momento de aplicación (DDT)	Número de frutos (frutos.planta <sup>-1</sup> )	Peso de fruto (g.fruto <sup>-1</sup> )	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )
Biozyme TF	15	41	43.63	26.72
Biozyme TF	15 y 30	46	44.26	23.23
Biozyme TF	15, 30 y 45	41	46.02	27.07
Biozyme TF	15, 30, 45 y 60	56	50.10	25.22
Biozyme TF	15, 30, 45, 60 y 75	69	52.94	24.45
Testigo	-	38	40.84	22.68

*Fuente:* Elaboración propia a partir de Fribourg (2017).

Analizó los resultados a través de un análisis de varianza, por medio del software estadístico R; y comparó las medias mediante la prueba de Duncan. Encontró diferencias significativas, solo en el parámetro peso de fruto; la prueba de Duncan evidenció dichas diferencias en todos los tratamientos en estudio. Concluyó que el tratamiento con tres aplicaciones (15, 30 y 45 DDT) alcanzó el mayor rendimiento con 27.07 t.ha<sup>-1</sup>, mientras que el menor rendimiento lo obtuvo el testigo con 21.48 t.ha<sup>-1</sup>.

Nina (2016) realizó un ensayo denominado “Efecto de cuatro bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de pimiento *Capsicum annuum* L. (variedad Candente) en el campo experimental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, región Tacna, Perú”. El objetivo fue determinar el bioestimulante con mayor rendimiento en el cultivo de pimiento. Empleó un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos (Tabla 12) y cinco repeticiones. Los momentos de aplicación fueron de acuerdo a las indicaciones establecidas en la ficha técnica de cada producto comercial. Evaluó las siguientes variables: número de frutos por planta, peso de fruto, rendimiento en toneladas por hectárea, largo de fruto y ancho de fruto. Obtuvo los resultados descritos en la Tabla 12.



Tabla 12

*Tratamientos y resultados obtenidos en el ensayo de Nina (2016)*

Tratamientos en estudio		Variables en estudio del cultivo de pimienta		
Tratamientos	Dosis de aplicación	Número de frutos (frutos.planta <sup>-1</sup> )	Peso de fruto (g.fruto <sup>-1</sup> )	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )
Testigo	-	9.06	233.14	32.59
Stimplex G	900 ml.ha <sup>-1</sup>	9.16	255.59	35.85
Agrocimax Plus	300 ml.ha <sup>-1</sup>	10.18	275.82	43.91
Rumba	800 ml.ha <sup>-1</sup>	9.58	258.96	38.08
Triggrr Foliar	800 ml.ha <sup>-1</sup>	9.20	259.45	36.78

*Fuente:* Elaboración propia a partir de Nina (2016).

Analizó los resultados a través de un análisis de varianza, por medio del programa estadístico SPSS; y comparó las medias mediante la prueba de Duncan. Encontró diferencias significativas en los parámetros mencionados; la prueba de Duncan evidenció dichas diferencias en el Agrocimax sobre número de frutos y rendimiento por hectárea, al igual que Agrocimax y Rumba sobre el peso de fruto. Concluyó que el bioestimulante Agrocimax Plus alcanzó el mejor rendimiento por hectárea con 43.91 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente en comparación con el testigo sin aplicación (32.59 t.ha<sup>-1</sup>).

Valer (2014) realizó un estudio nombrado “El efecto de ácido giberélico y citoquininas en el crecimiento y rendimiento de tres cultivares de paprika *Capsicum annuum* L. en el campo experimental de la Universidad Nacional Agraria La Molina, región Lima, Perú”. El objetivo fue determinar el tratamiento con mejor efecto sobre los componentes de crecimiento y rendimiento; y el cultivar con el mejor comportamiento ante la aplicación de los tratamientos. Empleó un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 3R x 3F más un testigo sin aplicación, resultando 10 tratamientos de la combinación de tres aplicaciones hormonales: ácido giberélico (N–Large: 45 ppm), citoquininas (X–Cytex: 25 ppm) y ácido giberélico más citoquininas (N–Large: 45 ppm, X–Cytex: 25 ppm), y tres cultivares: Papri King, Papri Queen y Monarca; aplicó los tratamientos a los 35 días después del trasplante. Evaluó las siguientes variables: número de frutos por planta, peso de fruto y rendimiento en kilogramos. Analizó los resultados a través de un análisis de varianza, por medio del software estadístico R; y comparó las medias mediante la prueba de Tukey.

Concluyó a nivel de cultivar que, Papri King mostró el mayor número y peso de fruto con 28.12 frutos.planta<sup>-1</sup> y 5.79 g.fruto<sup>-1</sup>, respectivamente. Respecto a las fitohormonas, el mayor rendimiento lo obtuvo el tratamiento N-Large más X-Cytex con 4 750.7 kg.ha<sup>-1</sup> en comparación al testigo.

Limonta y Pereda (2010) realizaron una investigación denominada “Efecto del fitorregulador Biozyme TF en el cultivo de p prika *Capsicum annuum* L. (variedad Papri King) el fundo Cerro Negro, provincia de Trujillo, región La Libertad, Perú”. El objetivo fue determinar el mejor momento de aplicación del fitorregulador “Biozyme TF” en el cultivo de p prika. Utilizaron un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos (Tabla 13) y tres repeticiones; aplicaron el producto hormonal “Biozyme TF” a una dosis de 250 ml.200 L<sup>-1</sup>. Evaluaron los siguientes parámetros: rendimiento total de frutos frescos y rendimiento total de frutos deshidratados; para lo cual emplearon una balanza de precisión y una estufa. Obtuvieron como resultado descritos en la Tabla 13.

Tabla 13

*Tratamientos y resultados obtenidos en la investigación de Limonta y Pereda (2010)*

Tratamientos en estudio		Variables en estudio del cultivo de p�prika	
Tratamientos	Momento de aplicación (DDT)	Rendimiento en fresco (t.ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento en seco (t.ha <sup>-1</sup> )
Testigo	-	16.83	5.79
Biozyme TF	30	20.23	6.34
Biozyme TF	60	20.40	6.23
Biozyme TF	90	18.88	6.06
Biozyme TF	30 y 90	19.78	6.68

*Fuente:* Elaboración propia a partir de Limonta y Pereda (2010).

Analizaron los resultados a través de un análisis de varianza, por medio del programa estadístico SPSS; y compararon las medias mediante la prueba de Duncan. Encontraron diferencias significativas, solo el parámetro rendimiento de frutos frescos; la prueba de Duncan evidenció dichas diferencias el tratamiento con Biozyme TF aplicado a los 60 DDT. Concluyeron que el tratamiento aplicado a los 60 DDT produjo el mejor rendimiento de frutos en fresco con 20.40 t.ha<sup>-1</sup>. Respecto al rendimiento de frutos deshidratados, el

tratamiento con “Biozyme TF” aplicado en dos oportunidades obtuvo 6.680 t.ha<sup>-1</sup>, y resultado superior a los demás tratamientos.

Bernaola y Cheglio (1999) estudiaron el efecto de tres formas de aplicación de tres reguladores vegetales sobre el rendimiento del cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* L. (variedad Heinz 3302) en el fundo Arrabales, bajo condiciones del valle de Ica, Perú”. El objetivo fue determinar el tratamiento con un óptimo comportamiento sobre los componentes de rendimiento del cultivo de tomate. Emplearon un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 3R x 3F más un testigo absoluto, resultando diez tratamientos de la combinación de tres fitoreguladores, Triggrr foliar (dosis: 1 L.ha<sup>-1</sup>), Promalina (dosis: 0.125 L.ha<sup>-1</sup>) y Agrispón (dosis: 1 L.ha<sup>-1</sup>); y tres formas de aplicación, completo, fraccionado en dos y fraccionado en tres. El momento de aplicación de acuerdo a la forma, lo realizaron a los 58, 78 y 92 días después de la siembra. Evaluaron los siguientes componentes de rendimiento: número de frutos por planta, peso de fruto y rendimiento en kilogramos por hectárea. Analizaron los resultados a través de un análisis de varianza, por medio del programa estadístico SAS; y compararon las medias mediante la prueba de Tukey. Concluyeron que el tratamiento con Promalina fraccionado en dos momentos alcanzó el mayor rendimiento con 82 469 kg.ha<sup>-1</sup>, en comparación con el testigo (57 481 kg.ha<sup>-1</sup>).

## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Diseño de la investigación**

Según Hernández *et al.* (2014), las investigaciones experimentales son aquellas en donde se manipulan las variables independientes (tratamientos) para observar e analizar sus efectos sobre las variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador. Dichos efectos deben ser explicados por medio de la medición e interpretación de los resultados. Por consiguiente, el diseño de la presente investigación fue de tipo experimental, para evaluar el efecto de cinco productos hormonales en el rendimiento del cultivo de “arveja” *Pisum sativum* L. variedad INIA-USUI, bajo condiciones de Costa central.

Monje (2011), menciona que una investigación con enfoque cuantitativo, es aquella que recoge y analiza datos numéricos para probar una hipótesis previamente establecida. De ahí que, el enfoque de la presente investigación es cuantitativo, con el objetivo de determinar el efecto de la aplicación de productos hormonales sobre los componentes morfoagronómicos y de rendimiento del cultivo, en base a un resultado numérico y un posterior análisis estadístico.

### **2.2. Lugar y fecha**

#### **2.2.1. Ubicación del campo experimental**

La parte experimental de la investigación se desarrolló en el campo agrícola de la Estación Experimental Agraria Donoso (EEA Donoso), ubicada en el distrito de Huaral, provincia de Huaral en el departamento de Lima-Perú. Su ubicación geográfica es de 11° 31' 30.0" de latitud sur y de 77° 14' 07.4" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, como se indica en el Apéndice 1.

El valle de Huaral es conocido como la capital de la agricultura, debido a la gran diversidad de productos agrícolas que se cosechan en esta zona. La superficie sembrada del valle de Huaral está compuesta principalmente por los siguientes cultivos: maíz, papa, camote, lechuga, zanahoria, fresa, frijol, ají amarillo, coliflor, culantro, entre otros. En cuanto a frutales: mandarina, naranja, palto, uva, durazno, etc. Respecto a la actividad pecuaria, sobresale por la crianza de cerdos, pollos de engorde, ganado vacuno, gallos de pelea y caballos de paso, entre los más destacados. En lo que respecta a la gastronomía, el valle de Huaral resalta por su plato bandera “el chanco al palo” y otros platos típicos (Changana, 2013; Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2014).

La EEA Donoso es una de las 13 estaciones experimentales a cargo del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), fue fundada en el año 1979 con el apoyo conjunto de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). La superficie de terreno que posee es de 420 ha y está designada para campos agrícolas experimentales, bancos de germoplasmas, oficinas administrativas, laboratorios de investigación (agua suelos, fitopatología, entomología, nematología y biotecnología), invernaderos, granjas de animales, entre otras áreas. La función principal de la EEA Donoso es realizar trabajos de investigación e innovación agraria en diversos cultivos de nuestro país: frutales, hortalizas, tuberosas, entre otros. Otra función importante es la producción de semillas, plantines y plantones; así como también prestar servicios de laboratorios y biocontroladores (Agraria, 2013; Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2018).

El presente trabajo de investigación tuvo una duración de cinco meses, como inicio en el mes de mayo y finalizando en setiembre del 2019.

### **2.2.2. Características del suelo**

Para determinar las características físicas - químicas del suelo de la parcela experimental, se realizó un análisis de suelo (Apéndice 12) del área en estudio en el laboratorio de suelos de la EEA Donoso. Los resultados del análisis se observan en la Tabla 14.

Tabla 14

*Análisis de suelo de la parcela experimental*

Características	Valor	Unidad
Clase textural	Franco arenoso	
Ph	7.66	
C.E.	0.35	dS.m <sup>-1</sup>
CaCO <sub>3</sub>	12.76	%
M.O.	0.81	%
N	0.04	%
P	60	Ppm
K	281	Ppm
CIC	17.37	
Ca <sup>++</sup>	16.37	meq.100 g <sup>-1</sup>
Mg <sup>++</sup>	0.16	meq.100 g <sup>-1</sup>
K <sup>+</sup>	0.72	meq.100 g <sup>-1</sup>
Na <sup>+</sup>	0.12	meq.100 g <sup>-1</sup>

Fuente: Laboratorio de suelos - EEA Donoso, 2018.

### 2.2.3. Características climáticas

Las características climáticas de la provincia de Huaral (Apéndice 13) muestran los siguientes parámetros: temperatura mínima y máxima media de 14 y 21 °C, con una humedad relativa media de 96 %. Estos datos climáticos se encuentran dentro del rango establecido por Maroto (2002), donde señala que la temperatura óptima para el desarrollo de *Pisum sativum* L. se sitúa entre 14 a 26 °C. Sin embargo, Maroto agrega que dicha especie se comporta mejor a una temperatura entre 16 a 18 °C, por pertenecer a un clima templado e húmedo. Al analizar estos datos, la temperatura podría haber influido en el comportamiento del cultivo.

## **2.2.4. Materiales empleados en el experimento**

### **Material vegetal**

El material biológico que se utilizó en el experimento fueron semillas de “arveja” *Pisum sativum* L. de la variedad INIA-Usui, proporcionado por la EEA Donoso. Nicho (2018a), como coordinador e investigador del Programa Nacional de Investigación en Hortalizas (PNIH) de la EEA Donoso-Huaral, señala que la EEA Donoso posee como una de sus unidades de investigación al “PNIH”, dicha unidad tuvo como uno de sus logros tecnológicos, la producción y liberación de la semilla genética de arveja “variedad INIA-Usui”. Esta variedad ha sido parte de diversos proyectos de investigación en la EEA Donoso, y liberada a los agricultores tanto de la región Sierra como en la Costa peruana, para su adopción como herramienta tecnología. Por ello, la variedad de arveja “INIA-Usui” fue seleccionada y proporcionada para la presente investigación.

### **Productos hormonales**

Los reguladores de crecimiento que se emplearon en el experimento son los siguientes productos comerciales (Tabla 20, Apéndice 9): (a) Biozyme TF; (b) Stimulate; (c) Gib-bex; (d) Promalina y (e) Triggrr foliar. Nicho (2018b), como coordinador del Programa Nacional de Investigación en Hortalizas “PNIH” de la EEA Donoso, señala que la elección de los productos hormonales evaluados en la presente investigación fue determinada por el “PNIH”, con el objetivo de evaluar el efecto de cinco productos hormonales en el rendimiento del cultivo de arveja variedad INIA-Usui y determinar el producto con un comportamiento óptimo sobre las variables en estudio. Así mismo, el criterio fue probar productos hormonales con las siguientes características: carencia de investigación en el cultivo de arveja, diferente composición hormonal (productos con una, dos o tres de las hormonas vegetales: auxinas, citoquininas y giberelinas), y propiedad del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

## **Equipos de evaluación**

Para la medición de las variables en estudio se utilizaron los siguientes equipos y materiales: balanza de precisión, vernier digital, lupa, bolsas y tiras de plástico, stickers, libreta de apuntes.

## **Otros materiales y equipos**

Se emplearon materiales para la demarcación de las parcelas: cordel, cal, estacas, carteles. Herramientas de campo: lampa, rastrillo, pico. Equipos para la aplicación foliar de productos químicos: mochila manual marca “Jacto” de 20 L (se dispuso de dos mochilas, una destinada a la aplicación de los productos hormonales y otra a la aplicación fitosanitaria), mochila atomizadora marca “Solo” de 25 L (empleada únicamente para el control químico de *Prodidiplosis longifila* Gagné, aplicación dirigida al tercio inferior de la planta) y equipo de protección personal. Insumos para la fertilización y el manejo sanitario del cultivo.

## **2.3. Descripción del experimento**

### **2.3.1. Fase preliminar**

Esta fase inicial comprendió la búsqueda y recopilación de información bibliográfica relacionada con el objeto de estudio, el reconocimiento del área en estudio, y la definición del diseño estadístico de la investigación.

### **2.3.2. Fase de campo**

Esta fase contempla actividades realizadas durante el experimento en campo (Apéndice 2):

#### **Preparación de terreno**

Se realizó con la finalidad de proporcionar las condiciones favorables para el desarrollo de las plantas; la secuencia de la preparación de terreno fue la siguiente: (a) un arado para



fracturar y voltear el suelo; (b) un gradeo con el fin de mullir y nivelar el suelo; (c) un surcado para la formación de los surcos distanciados a 1.00 m y (d) el riego de machaco, que permitió realizar un control cultural de plagas (larvas y pupas de insectos) y proporcionar la humedad para la siembra del cultivo.

### **Características del campo experimental**

Para la realización de esta labor se calculó el área total y el área correspondiente a cada tratamiento; además se calculó también el área ocupada por espacios libres destinados para el tránsito dentro del área experimental. Finalmente, en base a los datos calculados (Tabla 15), se inició la demarcación de los tratamientos; para lo cual se utilizó cal y estacas para demarcar.

Tabla 15

#### *Características del campo experimental*

Características	Valor y Unidades
Área total del campo experimental	420 m <sup>2</sup>
Área de espacio libres	132 m <sup>2</sup>
Área cultivada	288 m <sup>2</sup>
Nº de tratamientos	6
Área neta por tratamiento	48 m <sup>2</sup>
Nº de surcos por tratamiento	3
Longitud de surco	21 m
Distanciamiento entre surco	1.00 m
Distanciamiento entre planta	0.25 m

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Siembra**

Para esta labor se emplearon semillas de “arveja” *Pisum sativum* L. de la variedad INIA-Usui, antes de iniciar esta labor se realizó la desinfección fitosanitaria de las semillas. El marco de plantación empleado fue según lo sugerido por Arévalo y Ortega (2003), donde mencionan que el distanciamiento de siembra para el cultivo de arveja, conducido con un sistema de tutorado, debe ser de 0.25 m entre planta y 1.0 m entre surco, y tres semillas por

golpe (debido a que el porcentaje de germinación nunca es del 100 %) para que finalmente solo se dispongan de dos plantas por golpe. De acuerdo al distanciamiento y al área del experimento, se requirió de 3 456 semillas.

## Riegos

El tipo de riego que se empleó en el experimento fue por gravedad (Apéndice 8). El primer riego fue en la preparación de terreno (riego machaco) y el segundo antes de la siembra (riego de enseño); se continuó con una serie de riegos de mantenimiento del cultivo, de acuerdo a las necesidades hídricas. El programa de riego establecido en la Tabla 16, se aplicó para todos los tratamientos (área experimental) en estudio.

Tabla 16

*Programa de riegos en el cultivo de arveja*

Momento de riego		Riegos	Tiempo de riego
Fecha	DDS*		
07/05/2019	07 DAS**	Riego de machaco	8 Horas
13/05/2019	01 DAS	Riego de enseño	20 min
24/06/2019	10	Riego N° 01	1 hora
04/06/2019	21	Riego N° 02	1 hora 20 min
15/06/2019	32	Riego N° 03	1 hora 20 min
28/06/2019	45	Riego N° 04	1 hora 40 min
09/07/2019	56	Riego N° 05	1 hora 50 min
19/08/2019	66	Riego N° 06	2 horas
28/07/2019	75	Riego N° 07	2 horas 20 min
07/08/2019	85	Riego N° 08	1 hora
12/08/2019	90	Riego N° 09	40 min
28/09/2019	104	Riego N° 10	1 hora
07/09/2019	114	Riego N° 11	1 hora 20 min

*Fuente:* Elaboración propia.

DDS\*: Días después de la siembra.

DAS\*\*: Días antes de la siembra.

## Fertilización

En esta fase se establecieron las unidades, fuentes y momentos para la fertilización a partir de lo recomendado por Anchivilca (2018), quien sugiere como fórmula de fertilización para el cultivo de arveja: 80 unidades de Nitrógeno, 100 de Fósforo y 100 de Potasio; a partir de las unidades mencionadas se calculó la cantidad de fertilizante a emplear en el campo experimental. La fertilización se realizó para todos los tratamientos (área experimental) en estudio, en dos momentos: a los 10 (Apéndice 8) y a los 32 días después de la siembra, como se indica en la Tabla 17.

Tabla 17

*Fuentes y cantidad de fertilizantes utilizados en el experimento*

Fuente	Fertilizante		Momento de la fertilización		
	Concentración	Cantidad kg.ha <sup>-1</sup>	Cantidad kg.área total <sup>-1</sup>	10 DDS *	32 DDS *
Sulfato de amonio	21 % N, 24 S	194.62	5.52	2.76	2.76
Fosfato diamónico	18 % N, 46 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	217.39	6.24	6.24	-
Sulfato de potasio	50 % K <sub>2</sub> O	200	5.76	5.76	-

*Fuente:* Elaboración propia a partir de Anchivilca, 2018.

DDS\*: Días después de la siembra.

## Manejo de plagas y enfermedades

Con el propósito de controlar el ataque de plagas y prevenir síntomas de enfermedades en el cultivo, se estableció un programa fitosanitario (Tabla 18) aplicado a todos los tratamientos (área experimental) en estudio. Dicho programa involucra principalmente: el momento de aplicación y el ingrediente activo insecticida; de acuerdo a la incidencia y el grado de infestación de las plagas del cultivo.

Tabla 18

*Programa de aplicaciones fitosanitarias*

Momento de aplicación	Plaga o enfermedad	Producto	Ingrediente activo	Dosis.200	
Fecha	DDS*	comercial		L <sup>-1</sup>	
14/05/2019	0	Desinfección de semillas	Lorsban Benomilo	Clorpirifos Benomil	500 ml 500 g
25/05/2019	11	Gusanos de tierra	Monitor	Methamidophos	400 ml
08/06/2019	25	Mosca minadora Prodiplosis	Cipermex Movento	Alfa-cipermetrina Spirotetramat	200 ml 250 ml
20/06/2019	37	Mosca minadora Prodiplosis	Triggar Confidor	Ciromazina Imidacloprid	70 g 180 ml
02/07/2019	49	Mosca minadora Prodiplosis	Ciclón Movento	Dimetoato Spirotetramat	400 ml 250 ml
19/07/2019	66	Mosca minadora Prodiplosis Oidium	Reto Monitor Sulfa	Abamectina Methamidophos Azufre	200 ml 400 ml 500 g
28/07/2019	75	Mosca minadora Prodiplosis Oidium	Triggar Dardo Tebucoz	Ciromazina Fipronil Tebuconazole	70 g 220 ml 400 ml
11/08/2019	89	Mosca minadora Prodiplosis	Cipermex Movento	Alfa-cipermetrina Spirotetramat	200 ml 250 ml

*Fuente:* Elaboración propia.

DDS\*: Días después de la siembra.

### **Metodología de aplicación de los productos hormonales en estudio**

Al igual que los productos hormonales, la metodología de aplicación fue establecida por el “PNIH” de la Estación Experimental Agraria Donoso, siendo respaldada por Tonconi (2015), quien señala que los productos hormonales son aplicados según la ficha técnica del producto comercial. Por consiguiente, los cinco productos hormonales empleados en la presente investigación fueron aplicados de acuerdo a la información técnica (dosis comercial y momento de aplicación) recomendada en la etiqueta del producto (Apartado “1.1.3” de las bases teóricas, denominado “Información técnica de los productos hormonales en estudio”). La metodología comprendió las siguientes secciones:

- **Equipo de aplicación**

Para la aplicación de los tratamientos se dispuso de una mochila manual marca “Jacto” de 20 L de capacidad, y una boquilla “Jacto” de cono regulable-Azul. El tipo de boquilla mencionado es el apropiado para aplicación según el Instituto de Innovación Tecnológica en Agricultura [Intagri] (2001), por ser una boquilla tipo cono de pulverización con gotas más finas y mejor cobertura. Además, se empleó un equipo de protección personal compuesto por: mameluco impermeable, lentes de protección, respirador con filtros, guantes y botas de látex. Para asegurar que la pulverización de un tratamiento sea dirigida al área que corresponde, se empleó una barrera de costal color azul.

- **Dosis de aplicación**

La dosis descrita para cada tratamiento corresponde a la dosis comercial (Tabla 19) de cada producto hormonal en estudio. Dicha dosis fue aplicada para cada momento de aplicación, tal cual es establecido en la información técnica del respectivo producto.

- **Calibración del equipo de aplicación**

Antes de la aplicación foliar, se llevó a cabo la calibración de la mochila manual de acuerdo a lo sugerido por Intagri (2001), quien señala que la calibración permite determinar el volumen de agua y dosis del producto a aplicar acorde a la cobertura vegetal de la planta. De ahí que, en cada momento de aplicación (Tabla 19, Apéndice 11) se realizó el cálculo del volumen de aplicación y se obtuvo la cantidad de producto hormonal a aplicar (Apéndice 4).

- **Mezcla de la aplicación**

Antes de iniciar cada mezcla de aplicación y al finalizar cada pulverización, se llevó a cabo el lavado del equipo de aplicación. La actividad propiamente dicha comenzó por el llenado del tanque de la mochila aspersora; luego se agregó y mezcló los productos a aplicar (Apéndice 9) por medio de un dosificador graduado, en el siguiente orden: modificador de pH de nombre comercial “BB5”, producto hormonal (tratamiento) y surfactante agrícola de nombre comercial “Fertileaf” (para mejorar las condiciones de la aplicación); al final se realizó una mezcla total y se selló el tanque de la mochila.

## ▪ Momento de aplicación

El momento de aplicación de los productos hormonales fue establecido de acuerdo a la información técnica del producto comercial (Tabla 19).

Tabla 19

### *Dosis y momento de aplicación de los productos en estudio*

Producto hormonal	Dosis comercial	Momento de aplicación
Biozyme TF	250 ml.200L <sup>-1</sup>	1° Al inicio de floración 2° Dos semanas después de la primera aplicación.
Stimulate	250 ml.200L <sup>-1</sup>	1° A partir de la cuarta hoja verdadera 2° Aplicar a los 7 días después de la primera aplicación. 3° Aplicar en prefloración. 4° Aplicar a los 7 días después de la tercera aplicación. 5° Aplicar a los 7 días después de la cuarta aplicación.
Gib-bex	125 ml.200L <sup>-1</sup>	1° A los 90 días después de la siembra.
Promalina	60 ml.200L <sup>-1</sup>	1° Aplicación al inicio de floración. 2° Aplicación en la etapa de cuajado de frutos. 3° Aplicación en la etapa de llenado de frutos.
Triggrr foliar	500 ml.200L <sup>-1</sup>	1° Aplicar al inicio de floración. 2° Aplicar siete días después de la primera aplicación. 3° Aplicar siete días después de la segunda aplicación.

*Fuente:* Elaboración propia a partir de Tecnología Química y Comercio (2017), Stoller (2017), Grupo Andina (2018), Bayer CropScience (2018), y Farmex (2019).

## **Tutorado**

Esta labor se realizó con el propósito de conducir el cultivo de arveja de forma vertical (Apéndice 8), siguiendo lo sugerido por Arévalo y Ortega (2003), donde mencionan los criterios para el sistema de tutorado en el cultivo de arveja; a partir de ello el tutorado se realizó a los 25 días después de la siembra; para su instalación se empleó tutores o palos (para sostener la posición vertical del cultivo) de 2.5 m de altura, unidos con rafia. Los tutores se plantaron a un distanciamiento de cada cuatro metros y a una profundidad de 40 cm; el pasaje de rafia se realizó cada 20 cm, a medida que la planta creció en altura.

## **Manejo de malezas**

Esta labor se realizó con la finalidad de evitar la presencia de malezas, principales competidores del cultivo, por captar parte de los nutrientes, luz y agua. Los deshierbos se realizaron de forma manual y de acuerdo a la presencia de malezas; únicamente se realizó aplicación de herbicida en la preparación de terreno, con el objetivo de acondicionar el campo para el paso de la maquinaria agrícola.

## **Cosecha**

Esta labor se llevó a cabo a los 104 días después de la siembra (Apéndice 8) del cultivo. En total se realizaron tres cosechas, con una frecuencia de 10 días, de forma manual. La cosecha se realizó en frutos verdes o frescos; el criterio para su recolección fue la siguiente: el fruto debe presentar una coloración verde, con reflejos amarillentos en la parte extrema de la línea de abertura del fruto.

### **2.3.3. Fase de laboratorio**

Esta fase comprendió las actividades: a) pesaje de vainas mediante la balanza de precisión; b) medición del ancho y largo de las vainas con un vernier digital y c) conteo de granos verdes por vaina (Apéndice 10).

### **2.3.4. Fase de gabinete**

El trabajo de gabinete consistió en el ordenamiento de los datos obtenidos en campo, tabulación de los mismos y análisis e interpretación mediante cuadros y gráficos; finalmente, la redacción final de la tesis de investigación.

## 2.4. Tratamientos

Tabla 20

*Tratamientos en estudio*

Número	Clave	Tratamientos		Dosis comercial
		Producto comercial	Composición química	
1	T0	Testigo absoluto	-	-
2	T1	Biozyme TF	Auxinas (Ácido Indol Acético) Citoquininas (Zeatinas) Giberelinas (GA <sub>3</sub> ) Microelementos (Fe, Zn, Mg, B, S)	250 ml.200 L <sup>-1</sup>
3	T2	Stimulate	Auxinas (Acido 3-Indol Butírico) Citoquininas (Quinetinas) Giberelinas (AG <sub>3</sub> )	250 ml.200 L <sup>-1</sup>
4	T3	Gib-bex	Giberelinas Extractos de algas	125 ml.200 L <sup>-1</sup>
5	T4	Promalina	Citoquininas (6BA benciladenina) Giberelinas (GA <sub>4</sub> y GA <sub>7</sub> )	60 ml.200 L <sup>-1</sup>
6	T5	Triggrr foliar	Citoquininas (Quinetinas)	500 ml.200 L <sup>-1</sup>

*Fuente:* Elaboración propia a partir de Tecnología Química y Comercio (2017), Stoller (2017), Grupo Andina (2018), Bayer CropScience (2018), y Farmex (2019).

## 2.5. Unidades experimentales

La unidad experimental en la presente investigación estuvo constituida por una planta de arveja (variedad INIA-Usui), a la cual se aplicó los tratamientos y se midió e analizó las variables en estudio. Seis tratamientos en estudio y 10 repeticiones por cada tratamiento, comprendieron un total de 60 unidades experimentales ( $n = 60$ ). Para cada tratamiento en estudio, se designó tres surcos del cultivo de arveja.

## 2.6. Identificación de variables y su mensuración

### 2.6.1. Identificación de variables

En la Tabla 21, se puede observar las variables independientes y dependientes del presente experimento.



Tabla 21

*Identificación de variables*

Variables independientes (X)	Variables dependientes (Y, Z y W)
X1 = Biozyme TF	Y = Componentes de rendimiento en el cultivo de “arveja” <i>Pisum sativum</i> L. en Costa central.
X2 = Stimulate	
X3 = Gib-bex	Z = Componentes morfoagronómicos en el cultivo de “arveja” <i>Pisum sativum</i> L. en Costa central.
X4 = Promalina	
X5 = Triggrr foliar	
	W = Análisis económico de los tratamientos en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

**2.6.2. Mensuración de las variables**

En la Tabla 22, se plantean las variables que se evaluaron en el cultivo.

Tabla 22

*Variables evaluadas y unidad de medida*

	Variables	Unidad de medida	Método
Componentes de Rendimiento	Número de vainas cosechadas	Vainas.planta <sup>-1</sup>	Conteo
	Peso de la vaina	Gramos.vaina <sup>-1</sup>	Medición con una balanza de precisión
	Rendimiento por hectárea	Toneladas.ha <sup>-1</sup>	Peso de las vainas
Componentes morfoagronómicos	Longitud de vaina	Milímetros	Medición con un vernier digital
	Ancho de vaina	Milímetros	Medición con un vernier digital
Análisis económico	Número de bayas por vaina	Bayas.vaina <sup>-1</sup>	Conteo
	Índice beneficio/costo	Índice	Fórmula
	Incremento de utilidad en relación al testigo	Porcentaje	Regla de tres simple

Fuente: Elaboración propia.

### **2.6.3. Metodología de evaluación de las variables**

La evaluación y muestreo para las variables componentes de rendimiento y componentes morfoagronómicos del cultivo de arveja (Apéndice 10), se realizó siguiendo la metodología de evaluación empleada por Anchivilca (2018), donde las variables mencionadas se evaluaron con el siguiente criterio:

#### **Componentes de rendimiento**

Los componentes de rendimiento en el cultivo de arveja son el número de vainas por planta, el peso de vaina y el rendimiento por hectárea del cultivo.

- **Número de vainas por planta**

Se eligieron y marcaron 10 plantas al azar en cada tratamiento de las cuales se contabilizó el número vainas por planta. El conteo de vainas se realizó en cada una de las cosechas del cultivo y se obtuvo el número total de vainas cosechadas por planta.

- **Peso de vaina**

Se recolectaron 10 vainas en verde por cada tratamiento, una vaina elegida al azar por cada una de las plantas marcadas en la actividad anterior. Luego se pesaron en una balanza de precisión.

- **Rendimiento por hectárea**

Los rendimientos de vainas obtenidos por parte de las 10 plantas evaluadas, se anotaron en un registro de evaluación de rendimiento, estos datos fueron procesados para obtener el rendimiento total en toneladas por hectárea del cultivo (considerando una población 80 000 plantas por hectárea, de acuerdo al distanciamiento establecido).

## **Componentes morfoagronómicos**

Los componentes morfoagronómicos en el cultivo de arveja son la longitud de vaina, el ancho de vaina y el número de bayas por vaina.

### **▪ Longitud de la vaina**

Se midió la longitud de 10 vainas por cada tratamiento, las mismas que fueron elegidas para la actividad de pesado de vainas. La medición se realizó empleando un vernier digital, midiendo desde la base del pedicelo hasta el ápice terminal de la vaina.

### **▪ Ancho de la vaina**

Se midió el ancho de 10 vainas por cada tratamiento, las mismas que fueron tomadas para la actividad anterior, utilizando un vernier digital, para medir la parte media de la vaina.

### **▪ Número de bayas por vaina**

Se contabilizó el número de bayas o granos que poseen las vainas seleccionadas en la anterior actividad.

## **Análisis económico**

Para el análisis económico se adoptó la metodología empleado por Cueva y Quiroz (2017), donde el análisis económico se realizó con el siguiente criterio:

### **▪ Índice de Beneficio/Costo (I. B/C)**

Para el cálculo del I. B/C se necesitó los datos de ingresos (Beneficio) y costo de producción + costo del tratamiento en estudio (Costo), luego se introdujo los datos mencionados a la siguiente formula:

$$\text{Índice B/C} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}}$$

## ▪ Incremento de la Utilidad en relación al Testigo (I.U.T.)

El I.U.T. se obtuvo a partir de una “regla de tres simple”, donde se empleó los datos de utilidad del producto hormonal a evaluar y del testigo sin aplicación (equivale el 100 % de utilidad).

$$\text{I. U. T. (\%)} = \frac{(\text{Utilidad del producto hormonal} \times 100)}{\text{Utilidad del testigo}}$$

## 2.7. Diseño estadístico del experimento

El diseño experimental empleado fue el Diseño Completamente al Azar (DCA), con seis tratamientos en estudio.

### Modelo aditivo lineal

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

Donde:

T: Tratamientos

i: 1 (Testigo), 2 (Biozyme TF), 3 (Stimulate), 4 (Gib-bex), 5 (Promalina), 6 (Triggrr Foliar)

j: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 repeticiones.

$Y_{ij}$ : Número de vainas por planta ( $\text{vainas.planta}^{-1}$ ), peso de vainas (g), rendimiento por hectárea ( $\text{t.ha}^{-1}$ ), longitud de vaina (mm), ancho de vaina (mm), y número de bayas por vaina ( $\text{bayas.vaina}^{-1}$ ) con el i-ésimo producto hormonal en la j-ésima repetición.

$\mu$ : Efecto de la media general del número de vainas por planta, peso de vainas, rendimiento por hectárea, longitud de vaina, ancho de vaina, y número de bayas por vaina.

$T_i$ : Efecto del i-ésimo tratamiento.

$E_{ij}$ : Efecto del error experimental en el  $i$ -ésimo producto hormonal, en la  $j$ -ésima repetición

## **2.8. Análisis estadístico del experimento**

El análisis e interpretación de los resultados obtenidos en el experimento se realizó mediante el programa estadístico SPSS versión 19. Se obtuvo el análisis de varianza y pruebas de medias; las medias fueron comparadas por medio de la prueba de Tukey, al  $\alpha = 0.05$  de probabilidad.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Componentes de rendimiento

Durante el experimento se evaluó los componentes de rendimiento en el cultivo de arveja (variedad INIA-USUI), como el número de vainas por planta, el peso de vaina y el rendimiento del cultivo por hectárea. Los promedios, el coeficiente de variación y el análisis de varianza se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23

*Promedios, coeficiente de variación y análisis de varianza de los componentes de rendimiento en el cultivo de arveja variedad INIA-USUI*

Tratamientos	Número de vainas.planta <sup>-1</sup>	Peso de vaina (g)	Rendimiento del cultivo (t.ha <sup>-1</sup> )
T1: Biozyme TF	26.30	8.58	18.42
T2: Stimulate	29.10	8.40	19.49
T3: Gib-bex	22.90	7.71	14.13
T4: Promalina	27.40	8.65	19.21
T5: Triggrr foliar	24.90	8.01	15.97
T0: Testigo	22.70	7.65	13.69
Promedio	25.55	8.17	16.82
C.V. (%)	15.14	7.80	18.27
Significación	*	*	*

*Fuente:* Elaboración propia.

#### 3.1.1. Número de vainas por planta

En la Figura 4, se puede apreciar los promedios de los valores para la variable número de vainas por planta, estos fluctuaron entre 22.70 a 29.10 vainas.planta<sup>-1</sup>, correspondiendo a los tratamientos T0 (Testigo absoluto) y T2 (Stimulate), respectivamente; lo cual representa un

incremento del 28.19 % respecto al testigo. En la Tabla 23, se observa un promedio general de 25.55 vainas.planta<sup>-1</sup> para dicha variable; con un coeficiente de variabilidad del 15.14 %, lo cual expresa confiabilidad en los resultados obtenidos en el experimento.

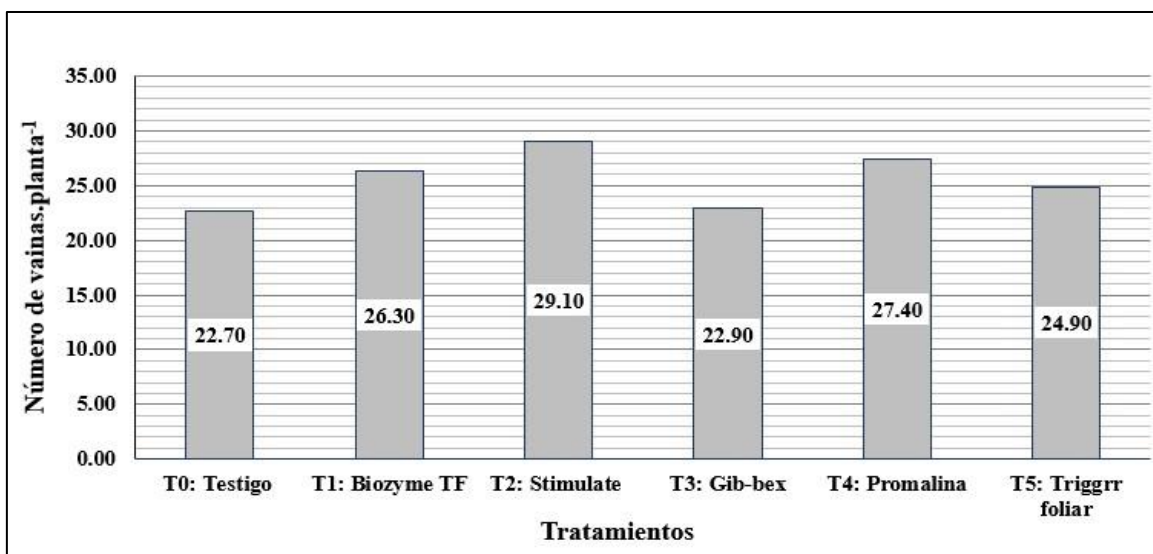


Figura 4. Número de vainas por planta. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al análisis de varianza “ANOVA” (Tabla 23, Apéndice 7) para el carácter número de vainas por planta, se observa que existe significancia estadística en los tratamientos en estudio; lo cual nos indica que al menos un producto hormonal tuvo un efecto diferente sobre la variable número de vainas.

Tabla 24

Promedios de número de vainas por planta y la prueba de significación de Tukey (0.05)

O.M.	Tratamiento	Número de vainas.planta <sup>-1</sup>	Significación
1	T2: Stimulate	29.10	A
2	T4: Promalina	27.40	A B
3	T1: Biozyme TF	26.30	A B
4	T5: Triggrr foliar	24.90	A B
5	T3: Gib-bex	22.90	B
6	T0: Testigo	22.70	B

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de comparación de medias “Tukey” (Tabla 24) a un nivel de significancia de 0.05, identificó dos subconjuntos homogéneos (A y B) de acuerdo a la similitud y diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos. En el subconjunto “A” se encuentran los tratamientos “Stimulate”, “Promalina”, “Biozyme TF” y “Triggrr foliar”, los cuales fueron estadísticamente similar dentro del mismo subconjunto. Lo mismo ocurre con el subconjunto “B”, donde los tratamientos “Promalina”, “Biozyme TF”, “Triggrr foliar”, “Gib-bex” y el “testigo sin aplicación”, no mostraron diferencias significativas. Sin embargo, el tratamiento “Stimulate” evidenció diferencias significativas en comparación al tratamiento “testigo”, y logró la mayor media con 29.10 vainas.planta<sup>-1</sup>.

### 3.1.2. Peso de vaina (g)

En la Figura 5, se puede observar los promedios de los valores para la variable peso de vaina, estos fluctuaron entre 7.65 a 8.65 g, correspondiendo a los tratamientos T0 (Testigo) y T4 (Promalina), respectivamente; lo cual representa un incremento del 13.07 % en relación al testigo. En la Tabla 23, se aprecia un promedio general de 8.17 g para dicha variable; con un coeficiente de variabilidad del 7.8 %, lo cual expresa confiabilidad en los resultados obtenidos en el experimento.

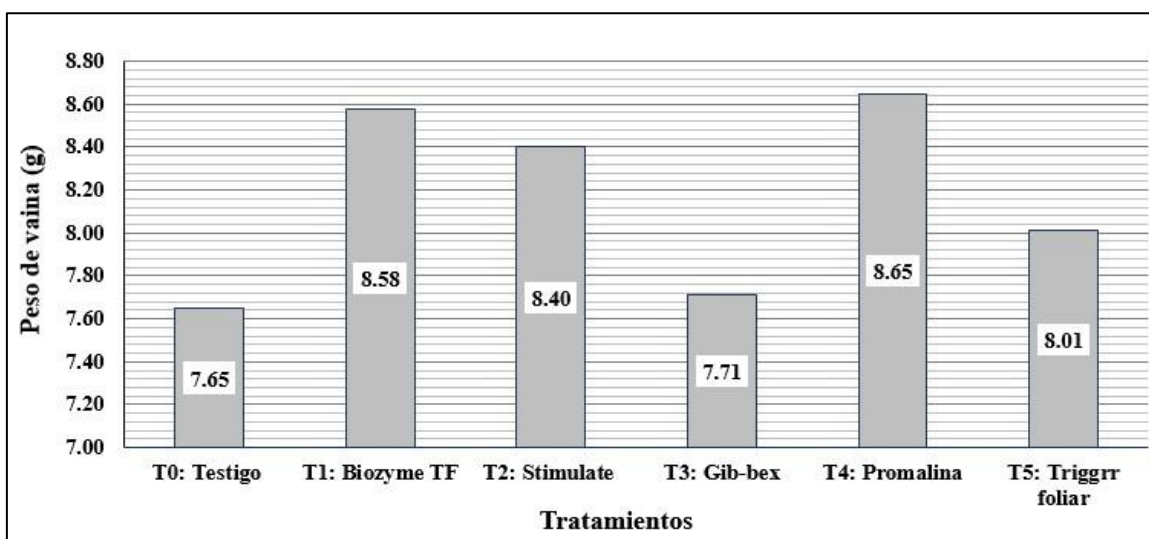


Figura 5. Peso de vaina. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al análisis de varianza “ANOVA” (Tabla 23, Apéndice 7) para el carácter peso de vaina, se observa que existe significancia estadística en los tratamientos en estudio; lo cual



nos indica que al menos un producto hormonal tuvo un efecto diferente sobre la variable peso de vaina.

Tabla 25

*Promedios de peso de vaina y la prueba de significación de Tukey (0.05)*

O.M.	Tratamiento	Peso de vaina (g)	Significación
1	T4: Promalina	8.65	A
2	T1: Biozyme TF	8.58	A B
3	T2: Stimulate	8.40	A B C
4	T5: Triggrr foliar	8.01	A B C
5	T3: Gib-bex	7.71	B C
6	T0: Testigo	7.65	C

*Fuente:* Elaboración propia.

La prueba de comparación de medias “Tukey” (Tabla 25) a un nivel de significancia de 0.05, identificó tres subconjuntos homogéneos (A, B y C) de acuerdo a la similitud y diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos. En el subconjunto “A” se ubican los tratamientos “Promalina”, “Biozyme TF”, “Stimulate” y “Triggrr foliar”, los cuales fueron estadísticamente similar dentro del mismo subconjunto. Lo mismo sucede con los subconjuntos “B” y “C”, donde los tratamientos ubicados en cada subconjunto mencionado no muestran diferencias significativas. No obstante, el tratamiento “Promalina” evidenció diferencias estadísticas en comparación a los tratamientos “testigo sin aplicación” y “Gib-bex”; asimismo, obtuvo la mayor media en peso de vaina con 8.65 g.

### **3.1.3. Rendimiento del cultivo por hectárea (t.ha<sup>-1</sup>)**

En la Figura 6, se puede apreciar los promedios de los valores para la variable rendimiento del cultivo por hectárea, estos fluctuaron entre 13.69 a 19.49 t.ha<sup>-1</sup>, correspondiendo a los tratamientos T0 (Testigo) y T2 (Stimulate), respectivamente; lo cual representa un incremento del 42.37 % con respecto al testigo. En la Tabla 23, se observa un promedio general de 16.82 t.ha<sup>-1</sup> para dicha variable; con un coeficiente de variabilidad del 18.27 %, lo cual expresa confiabilidad en los resultados obtenidos en el experimento.

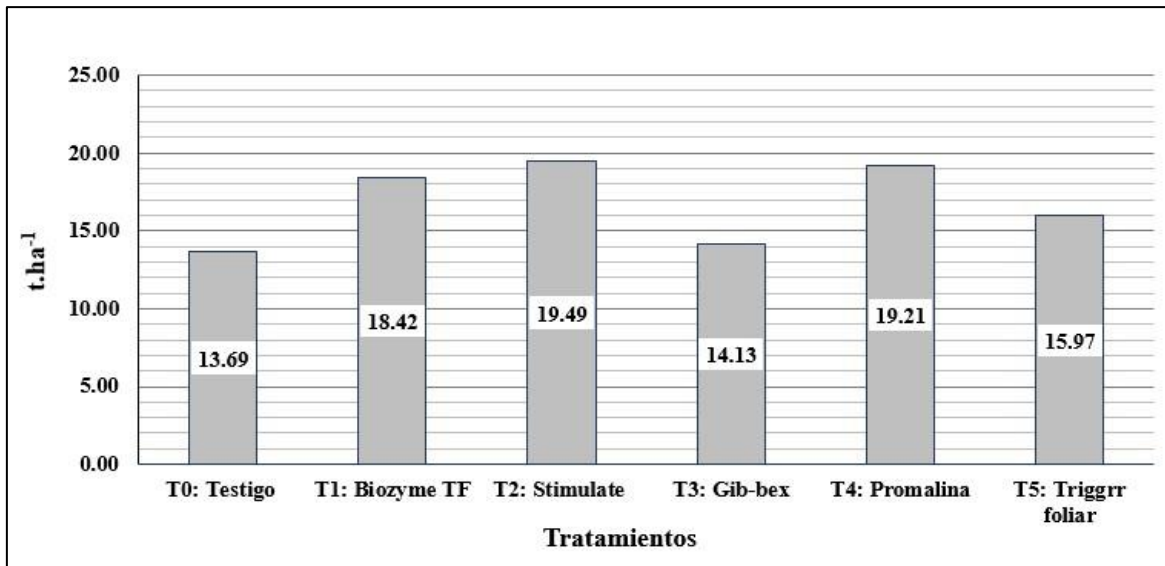


Figura 6. Rendimiento del cultivo por hectárea. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al análisis de varianza “ANOVA” (Tabla 23, Apéndice 7) para el carácter rendimiento del cultivo por hectárea, se observa que existe significancia estadística en los tratamientos en estudio; lo cual nos indica que al menos un producto hormonal tuvo un efecto diferente sobre la variable rendimiento por hectárea.

Tabla 26

*Promedios de rendimiento por hectárea y la prueba de significación de Tukey (0.05)*

O.M.	Tratamiento	Rendimiento de vainas (t.ha <sup>-1</sup> )	Significación
1	T2: Stimulate	19.49	A
2	T4: Promalina	19.21	A
3	T1: Biozyme TF	18.42	A
4	T5: Triggrr foliar	15.97	A B
5	T3: Gib-bex	14.13	B
6	T0: Testigo	13.69	B

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de comparación de medias “Tukey” (Tabla 26) a un nivel de significancia de 0.05, identificó dos subconjuntos homogéneos (A y B) de acuerdo a la similitud y diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos. En el subconjunto “A” se encuentran los tratamientos “Stimulate”, “Promalina”, “Biozyme TF” y “Triggrr foliar”, los cuales fueron estadísticamente similar dentro del mismo subconjunto. Lo mismo ocurre en el subconjunto

“B”, donde los tratamientos “Triggrr foliar”, “Gib-bex” y el “testigo sin aplicación”, no mostraron diferencias significativas. Sin embargo, los tratamientos “Stimulate”, “Promalina” y “Biozyme TF” evidenciaron diferencias significativas en comparación al tratamiento “testigo”; por otro lado, “Stimulate” logró la mayor media en el rendimiento por hectárea con 19.49 t.ha<sup>-1</sup>.

### 3.2. Componentes morfoagronómicos

Durante el experimento se evaluó los componentes morfoagronómicos en el cultivo de arveja (variedad INIA-Usui): longitud de fruto, ancho de vaina y número de bayas por vaina. Los promedios, el coeficiente de variación y el análisis de varianza se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27

*Promedios y análisis de varianza de los componentes morfoagronómicos en el cultivo de arveja variedad INIA-Usui*

Tratamientos	Longitud de vaina (mm)	Ancho de vaina (mm)	Número de bayas.vaina <sup>-1</sup>
T1: Biozyme TF	89.96	15.91	7.20
T2: Stimulate	89.23	15.54	7.80
T3: Gib-bex	87.18	15.21	6.50
T4: Promalina	91.21	15.82	7.40
T5: Triggrr foliar	87.24	15.33	6.70
T0: Testigo	84.38	14.94	6.20
Promedio	88.20	15.46	6.97
C.V. (%)	3.85	3.46	12.43
Significación	*	*	*

*Fuente:* Elaboración propia.

#### 3.2.1. Longitud de vaina (mm)

En la Figura 7, se puede apreciar los promedios de los valores para la variable longitud de vaina, estos fluctuaron entre 84.38 y 91.21 mm, correspondiendo a los tratamientos T0 (Testigo) y T4 (Promalina), respectivamente; lo cual representa un incremento del 8.09 %

con respecto al testigo. En la Tabla 27, se observa un promedio general de 88.20 mm para dicha variable; con un coeficiente de variabilidad del 3.85 %, lo cual expresa confiabilidad en los resultados obtenidos en el experimento.

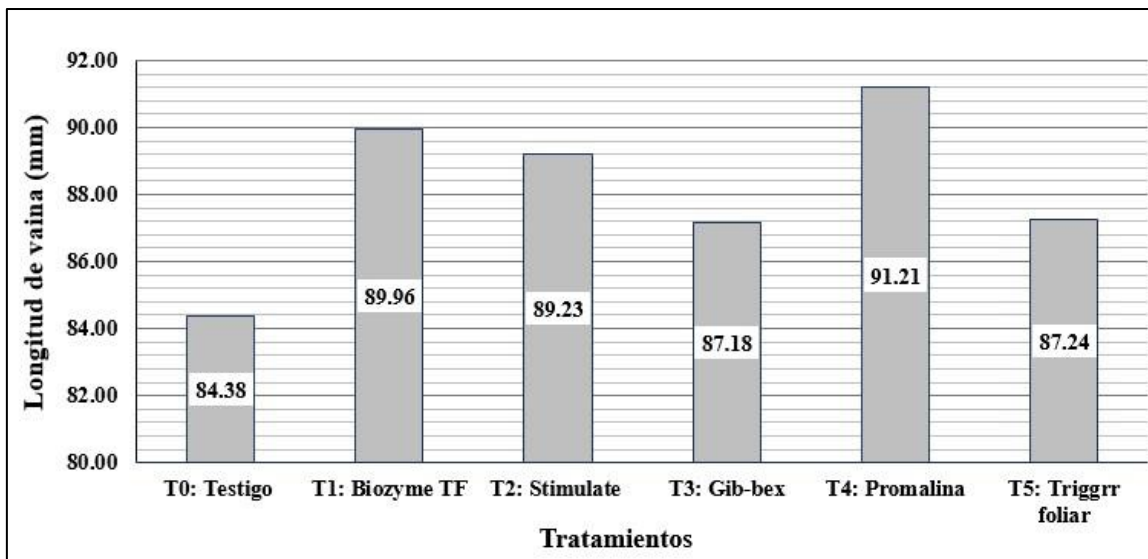


Figura 7. Longitud de vaina. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al análisis de varianza “ANOVA” (Tabla 27, Apéndice 7) para el carácter longitud de vaina, se observa que existe significancia estadística en los tratamientos en estudio; lo cual nos indica que al menos un producto hormonal tuvo un efecto diferente sobre la variable longitud de vaina.

Tabla 28

*Promedios de longitud de vaina y la prueba de significación de Tukey (0.05)*

O.M.	Tratamiento	Longitud de vaina (mm)	Significación
1	T4: Promalina	91.21	A
2	T1: Biozyme TF	89.96	A
3	T2: Stimulate	89.23	A
4	T5: Triggrr foliar	87.24	A B
5	T3: Gib-bex	87.18	A B
6	T0: Testigo	84.38	B

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de comparación de medias “Tukey” (Tabla 28) a un nivel de significancia de 0.05, identificó dos subconjuntos homogéneos (A y B) de acuerdo a la similitud y diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos. En el subconjunto “A” se sitúan los tratamientos “Promalina”, “Biozyme TF”, “Stimulate”, “Triggrr foliar” y “Gib-bex”, los cuales fueron estadísticamente similar dentro del mismo subconjunto. Lo mismo sucede con el subconjunto “B”, donde los tratamientos “Triggrr foliar”, “Gib-bex” y “testigo sin aplicación”, no mostraron diferencias significativas. No obstante, los tratamientos “Promalina”, “Biozyme TF”, “Stimulate”, evidenciaron diferencias significativas en relación al tratamiento “testigo”; por otro lado, el producto hormonal “Promalina” logró la mayor longitud de vaina con una media de 91.21 mm.

### 3.2.2. Ancho de vaina (mm)

En la Figura 8, se puede observar los promedios de los valores para la variable ancho de vaina, estos fluctuaron entre 14.94 y 15.91 mm, correspondiendo a los tratamientos T0 (Testigo) y T1 (Biozyme TF), respectivamente; lo cual representa un incremento del 6.49 % con respecto al testigo. En la Tabla 27, se aprecia un promedio general de 15.46 mm para dicha variable; con un coeficiente de variabilidad del 3.46 %, lo cual expresa confiabilidad en los resultados obtenidos en el experimento.

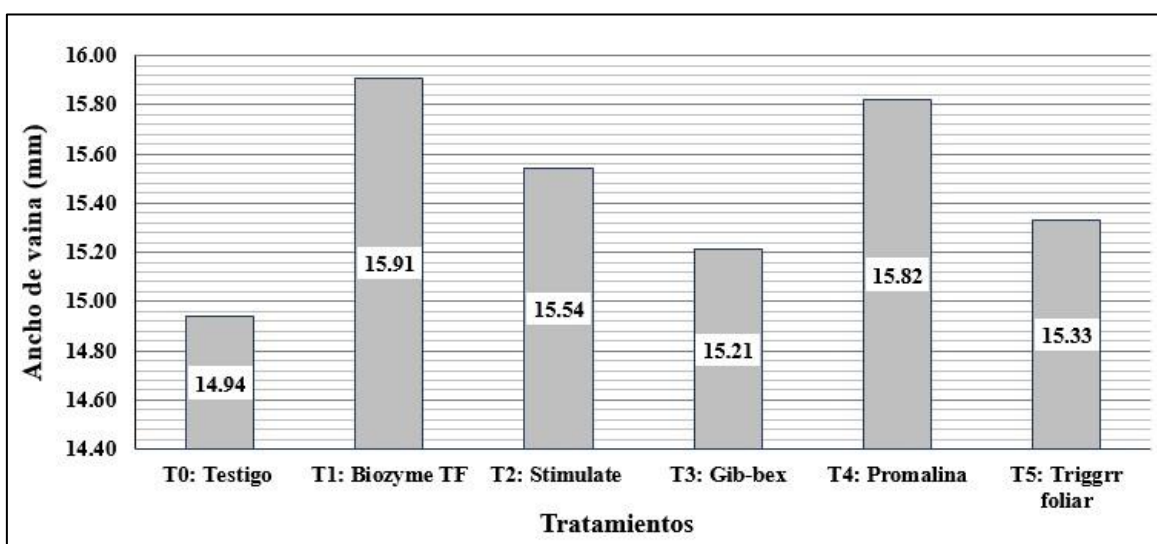


Figura 8. Ancho de vaina. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al análisis de varianza “ANOVA” (Tabla 27, Apéndice 7) para el carácter ancho de vaina, se observa que existe significancia estadística en los tratamientos; lo cual nos indica que al menos un producto hormonal tuvo un efecto diferente sobre la variable ancho de vaina.

Tabla 29

*Promedios de ancho de vaina y la prueba de significación de Tukey (0.05)*

O.M.	Tratamiento	Ancho de vaina (mm)	Significación
1	T1: Biozyme TF	15.91	A
2	T4: Promalina	15.82	A
3	T2: Stimulate	15.54	A B
4	T5: Triggrr foliar	15.33	A B
5	T3: Gib-bex	15.21	A B
6	T0: Testigo	14.94	B

*Fuente:* Elaboración propia.

La prueba de comparación de medias “Tukey” (Tabla 29) a un nivel de significancia de 0.05, identificó dos subconjuntos homogéneos (A y B) de acuerdo a la similitud y diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos. En el subconjunto “A” se ubican los tratamientos “Biozyme TF”, “Promalina”, “Stimulate”, “Triggrr foliar” y “Gib-bex”, los cuales fueron estadísticamente similar dentro del mismo subconjunto. Lo mismo ocurre con el subconjunto “B”, donde los tratamientos “Stimulate”, “Triggrr foliar”, “Gib-bex” y “testigo sin aplicación”, no mostraron diferencias significativas. Sin embargo, los tratamientos “Biozyme TF” y “Promalina” evidenciaron diferencias significativas en relación al tratamiento “testigo”; por otro lado, el producto hormonal “Biozyme TF” logró el mayor ancho de vaina con una media de 15.91 mm.

### 3.2.3. Número de bayas por vaina

En la Figura 9, se puede apreciar los promedios de los valores para la variable número de bayas por vaina, estos fluctuaron entre 6.20 y 7.80 bayas.vaina<sup>-1</sup>, correspondiendo a los tratamientos T0 (Testigo) y T2 (Stimulate), respectivamente; lo cual representa un incremento del 25.81 % en relación al testigo. En la Tabla 27, se observa un promedio general de 6.97 bayas.vaina<sup>-1</sup> para dicha variable; con un coeficiente de variabilidad del 12.43 %, lo cual expresa confiabilidad en los resultados obtenidos en el experimento.

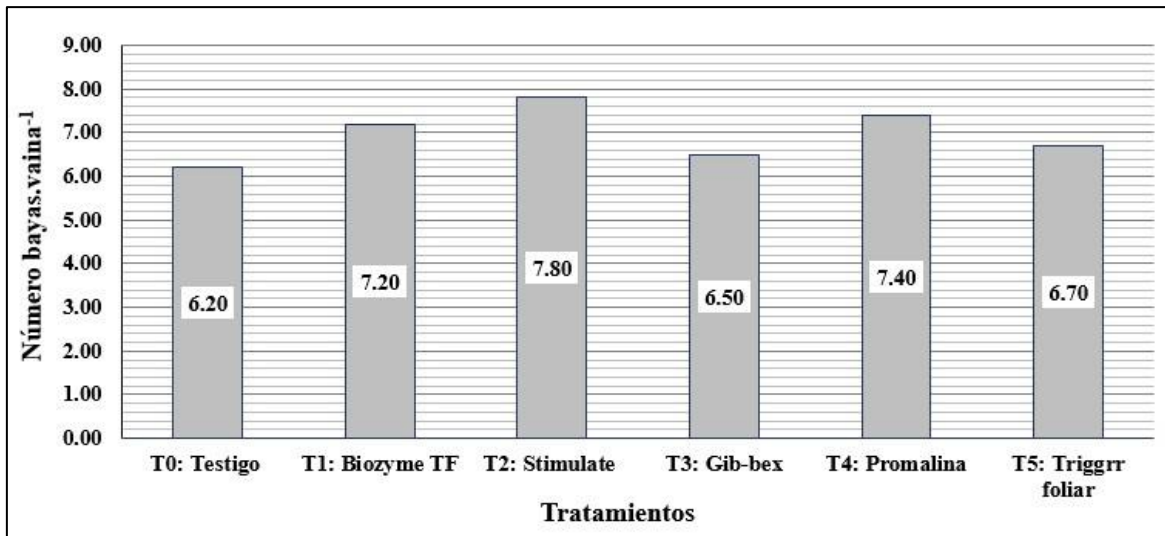


Figura 9. Número de bayas por vaina. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al análisis de varianza “ANOVA” (Tabla 27, Apéndice 7) para el carácter número de bayas por planta, se observa que existe significancia estadística en los tratamientos en estudio; lo cual nos indica que al menos un producto hormonal tuvo un efecto diferente sobre la variable número de bayas.

Tabla 30

Promedios de número bayas por vaina y la prueba de significación de Tukey (0.05)

O.M.	Tratamiento	Número de bayas.vaina <sup>-1</sup>	Significación
1	T2: Stimulate	7.80	A
2	T4: Promalina	7.40	A B
3	T1: Biozyme TF	7.20	A B C
4	T5: Triggrr foliar	6.70	A B C
5	T3: Gib-bex	6.50	B C
6	T0: Testigo	6.20	C

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de comparación de medias “Tukey” (Tabla 30) a un nivel de significancia de 0.05, identificó tres subconjuntos homogéneos (A, B y C) de acuerdo a la similitud y diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos. En el subconjunto “A” se encuentran los tratamientos “Stimulate”, “Promalina”, “Biozyme TF” y “Triggrr foliar”, los cuales fueron estadísticamente similar dentro del mismo subconjunto. Lo mismo sucede con los subconjuntos “B” y “C”, donde los tratamientos ubicados en cada subconjunto mencionado

no muestran diferencias significativas. No obstante, el tratamiento “Stimulate” evidenció diferencias estadísticas en comparación a los tratamientos “testigo sin aplicación” y “Gib-bex”; asimismo, obtuvo el mayor número de bayas con una media de 7.80 bayas.vaina<sup>-1</sup>.

### 3.3. Análisis económico

En la Tabla 31, se puede observar el análisis económico de los tratamientos aplicados en el cultivo de arveja; para la construcción de dicha tabla fue necesaria la siguiente información: a) costo de producción por hectárea del cultivo (Apéndice 3); b) costo del tratamiento o producto hormonal aplicado (Apéndice 5); y c) ingresos por hectárea de la venta del producto (Apéndice 6).

Tabla 31

*Análisis económico de los tratamientos en estudio*

Tratamientos (T)	Costo de producción (S/.)	Costo de T. (S/.)	Costo total (S/.)	Ingresos (S/.)	Utilidad (S/.)	I. B/C *	I.U.T. ** (%)
T1: Biozyme TF	13 783.35	746.00	14 529.35	28 916.26	14 386.91	1.99	186.64
T2: Stimulate	13 783.35	1 145.00	14 928.35	30 594.59	15 666.24	2.05	203.24
T3: Gib-bex	13 783.35	294.00	14 077.35	22 190.38	8 113.03	1.58	105.25
T4: Promalina	13 783.35	1 280.00	15 063.35	30 156.56	15 093.21	2.00	195.80
T5: Triggrr foliar	13 783.35	1 045.00	14 828.35	25 068.19	10 239.84	1.69	132.84
T0: Testigo	13 783.35	0.00	13 783.35	21 491.73	7 708.38	1.56	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.

I. B/C \*: Índice Beneficio/Costo.

I.U.T. \*\*: Incremento de Utilidad en relación al Testigo.

El producto hormonal “Stimulate” generó el mayor ingreso y utilidad (Tabla 31), con S/. 30 594.59 y S/. 15 666.24 respectivamente, en comparación con el testigo sin aplicación que obtuvo, S/. 21 491.73 y S/. 7 708.38 en el cultivo de arveja. En la Figura 10, se puede observar los valores de I. B/C y I.U.T.; estos fluctuaron entre 1.56 a 2.05 y entre 100.00 a 203.24 %, correspondiendo a los tratamientos T0 (Testigo) y T2 (Stimulate), respectivamente. A partir de este análisis económico (Tabla 31), se puede evidenciar que el empleo de productos hormonales como “Stimulate”, “Biozyme TF” o “Promalina (quienes fueron los de mayor retribución económica), puede incrementar el ingreso económico en



primera instancia, para los productores del cultivo de arveja, así como también a los agricultores que puedan adoptar esta herramienta tecnología a sus cultivos agrícolas.

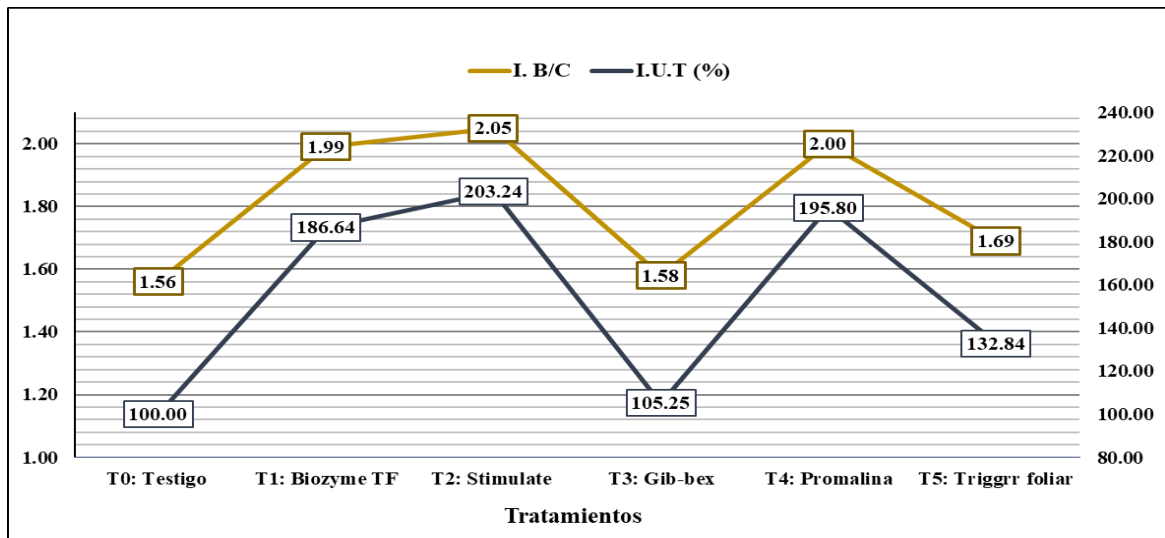


Figura 10. Índice Beneficio/Costo (I. B/C) y Incremento de Utilidad en relación al Testigo (I.U.T.), Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

### 4.1. Fuentes sobre la variable componentes de rendimiento

Los componentes de rendimiento en el cultivo de arveja (variedad INIA-USUI), son el número de vainas por planta, el peso de vaina y el rendimiento del cultivo por hectárea.

#### 4.1.1. Número de vainas por planta

Las medias aritméticas para la variable número de vainas por planta (Tabla 24), fluctuaron entre 22.70 a 29.10 vainas.planta<sup>-1</sup>, correspondiendo al T0 (testigo) y al T2 (Stimulate), respectivamente. El producto hormonal “Stimulate” no solo fue superior al testigo, sino también, a los demás tratamientos: T1 (Biozyme TF: 26.30 vainas.planta<sup>-1</sup>), T3 (Gib-bex: 22.90 vainas.planta<sup>-1</sup>), T4 (Promalina: 27.40 vainas.planta<sup>-1</sup>) y T5 (Triggrr foliar: 24.90 vainas.planta<sup>-1</sup>). Los resultados obtenidos en la presente investigación guardan relación con lo que sostiene Tonconi (2015), quien al evaluar la respuesta del cultivo de pimiento (variedad Candente) a la aplicación productos hormonales, concluyó que el mayor número de frutos fue obtenido por Stimulate, con 3.08 frutos.planta<sup>-1</sup>; respecto a los otros tratamientos: Triggrr foliar, X-Cyte (citoquininas), Citogrower (bioestimulante) y el testigo, con 2.79, 2.79, 2.70 y 2.17 frutos.planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Ambos estudios usaron la misma dosis comercial; sin embargo, el número de aplicaciones trabajado por Tonconi fue diferente al establecido en el presente estudio: cuatro (después del trasplante, prefloración, inicio de floración y plena fructificación) y cinco aplicaciones, correspondientemente.

El efecto de la aplicación del tratamiento con Stimulate sobre el número de frutos por planta, puede ser fundamentado por Ramírez et al. (2004), quienes señalan que la aplicación exógena de reguladores de crecimiento en la etapa de floración, resulta crucial en la producción órganos florales, debido a que, en esta etapa fenológica suele ocurrir por causa de condiciones adversas, cierto porcentaje de aborto en flores. Asimismo, dichos productos

permiten expresar el potencial genético de la planta, incrementando la diferenciación floral, división celular y expansión celular, y consecuentemente el número de frutos por planta. Por otro lado, Galván *et al.* (2009), argumentan que el amarre de frutos resulta de la unión de dos factores: a) la concentración de un complejo hormonal apropiado, que estimule el crecimiento del fruto e impida su abscisión; y b) el suministro de metabolitos suficientes para atender las necesidades nutricionales. La eficacia para lograr estos factores se incrementa con la aplicación de productos hormonales complejos (auxinas + citoquininas + giberelinas), a diferencia de la aplicación de productos que contienen una sola hormona vegetal. Estos fundamentos teóricos explican los resultados obtenidos en la presente investigación.

Cueva y Quiroz (2017), al evaluar el efecto de tres dosis de aplicación del producto “Stimulate” en el cultivo de arveja (variedad Alderman), concluyeron que la dosis de 0.5 L.ha<sup>-1</sup> obtuvo el mayor número de vainas respecto al testigo, obteniendo 20.10 y 14.33 vainas.plantas<sup>-1</sup>, respectivamente; y también fue superior a los otros dos tratamientos con dosis 1.0 L.ha<sup>-1</sup> (18.00 vainas.planta<sup>-1</sup>) y 1.5 L.ha<sup>-1</sup> (19.63 vainas.planta<sup>-1</sup>). Estos valores son similares a los obtenidos en el presente estudio, así como la dosis que tuvo el mejor comportamiento (0.5 L.ha<sup>-1</sup>). Sin embargo, es preciso considerar que Cueva y Quiroz, en su estudio aplicaron con un criterio diferente los tratamientos: cuatro aplicaciones (25, 40, 55, y 70 días después de la siembra) con una frecuencia de cada 15 días; mientras que, en la presente la aplicación fue de acuerdo a la ficha técnica del producto. El impacto de la aplicación de dicho producto sobre la variable en discusión, podría deberse a que las pulverizaciones coincidieron con etapas fenológicas (crecimiento vegetativo, prefloración, floración y cuajado de frutos) que determinan la cantidad de frutos por planta. Además, se debe tener en cuenta que Cueva y Quiroz, no emplearon la técnica del tutorado para la conducción del cultivo; mientras que, en la presente investigación si se empleó dicha técnica. Este sistema al permitir mantener en posición vertical las plantas, pudo favorecer la aplicación de los tratamientos en estudio, debido a una mejor cobertura de aplicación.

Lirio (2019), al estudiar el efecto de diferentes dosis de aplicación del producto hormonal “Triggr trihormonal” sobre el rendimiento en el cultivo de arveja (variedad INIA-USUI), determinó que el tratamiento con la dosis 0.7 L.ha<sup>-1</sup> obtuvo el mayor número de vainas en

relación al testigo, con 31.20 y 14.87 vainas.planta<sup>-1</sup>, respectivamente; asimismo, fue superior a los demás tratamientos con dosis: 0.3 L.ha<sup>-1</sup> (26.87 vainas.planta<sup>-1</sup>), 0.4 L.ha<sup>-1</sup> (27.23 vainas.planta<sup>-1</sup>), 0.5 L.ha<sup>-1</sup> (30.97 vainas.planta<sup>-1</sup>) y 0.6 L.ha<sup>-1</sup> (30.97 vainas.planta<sup>-1</sup>). Estos valores guardan relación con los alcanzados en la presente investigación, en la medida que Stimulate y Triggrr trihormonal son productos trihormonales (a base de auxinas, citoquininas y giberelinas) que obtuvieron un mejor efecto sobre la variable en discusión; pudiendo ser la composición química compleja de estos productos la razón de un mayor número de vainas por planta en la variedad INIA-USUI. No obstante, el criterio de aplicación trabajado por Lirio fue distinto; realizó dos aplicaciones, la primera 20 días después de la siembra y la segunda 30 días después de la primera.

Por su parte, Arpasi (2015), evaluó la respuesta del cultivo de vainita (variedad Venus) ante la aplicación de tres productos hormonales; determinó que el tratamiento con Stimulate (23.28 vainas.planta<sup>-1</sup>) obtuvo el mayor número de vainas por planta en relación a los demás tratamientos en estudio: testigo sin aplicación (12.04 vainas.planta<sup>-1</sup>), Biozyme TF (19.88 vainas.planta<sup>-1</sup>), y Stimplex (19.41 vainas.planta<sup>-1</sup>). Dichos resultados coinciden con los obtenidos en la presente investigación, siendo Stimulate para ambos estudios superior a los demás tratamientos; esto podría deberse a la composición química (auxinas, citoquininas y giberelinas) que posee Stimulate. Aunque la dosis comercial empleada fue la misma para ambos estudios, el número de aplicaciones fue distinto; Arpasi realizó únicamente tres aplicaciones (cuarta hoja verdadera, prefloración y inicio de formación de vainas).

Por otro lado, Belakbir (1998), en un ensayo con fitorreguladores sobre el rendimiento del cultivo de pimiento (variedad Bell Pepper), encontró que el mayor número de frutos por planta lo obtuvo el tratamiento con Biozyme TF (9.47 frutos.planta<sup>-1</sup>); respecto a los otros tratamientos: ácido naftalenacético (NAA), ácido giberélico (GA<sub>3</sub>), cloruro de cloromepiquat (CCC) y el testigo, que lograron 7.60, 7.74, 7.86 y 6.63 frutos.planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Este comportamiento coincide con el obtenido en el presente estudio, donde el producto trihormonal “Biozyme TF” superó a los tratamientos que poseen en su composición química, solo una de las tres hormonas vegetales. La composición compleja de dicho producto promueve la diferenciación celular induciendo una mayor cantidad de botones florales; además, contiene microelementos (Mg, B, Zn, Mn, Fe y S) que favorecen

la polinización y cuajado de frutos. La dosis (250 ml.200 L<sup>-1</sup>) de Biozyme TF utilizada por Belakbir en su experimento, es la misma que fue aplicada en el presente; no obstante, el momento de la aplicación difiere: (a) inicio de floración y 30 días después de la primera, (b) inicio de floración y dos semanas después de la primera, respectivamente para ambos estudios, respectivamente.

Por su parte, Graillet *et al.* (2014), reporta que la aplicación del regulador de crecimiento “Biozyme TF” sobre el cultivo de chile habanero, incrementó la variable “número de frutos por planta” con respecto al testigo, con 85.20 y 51.30 frutos.planta<sup>-1</sup>, respectivamente; superando también a los otros tratamientos: Maxigrow (76.50 frutos.planta<sup>-1</sup>) y Activador (72.50 frutos.planta<sup>-1</sup>). De similar manera, Biozyme TF obtuvo resultados favorables en la presente investigación; sin embargo, la dosis y el momento de aplicación empleado por Graillet *et al.* fue distinto: dosis de 500 ml.200 L<sup>-1</sup> pulverizado en inicio de floración y 16 días después de la primera aplicación.

Peña (2011), al estudiar el efecto de cuatro fitorreguladores sobre el número de capítulos por planta en el cultivo de alcachofa (variedad Criolla con espinas), determinó que el tratamiento con Fullgib “ácido giberélico” fue superior al testigo, con 7.05 y 5.95 frutos.planta<sup>-1</sup>, respectivamente; de igual forma superó a los demás tratamientos: X-Cyte (6.60 frutos.planta<sup>-1</sup>), Cytex “citoquininas” (6.15 frutos.planta<sup>-1</sup>) y Biozyme TF (6.08 frutos.planta<sup>-1</sup>). Estos resultados difieren a los obtenidos en la presente investigación, donde el producto trihormonal Biozyme TF obtuvo un mayor número de vainas en comparación a los tratamientos con Gib-bex “giberelinas” y Triggrr foliar “citoquininas”. Esto podría deberse a que el cultivo de alcachofa requiere de una alta concentración de giberelinas para suplir las necesidades de horas frío, lo cual permite la inducción floral y posterior formación de capítulos (órgano cosechable). Por lo tanto, Fullgib al ser aplicado en dos momentos (a los 74 y 95 DDT) y a una dosis de 600 ml.200 L<sup>-1</sup>, a diferencia de Gib-bex (solo a los 90 días DDT, y a una dosis de 125 ml.200 L<sup>-1</sup>) incrementó la cantidad de capítulos por planta.

#### 4.1.2. Peso de vaina

Las medias aritméticas para la variable peso de vaina (Tabla 25), fluctuaron entre 7.65 a 8.65 g, correspondiendo al T0 (testigo) y al T4 (Promalina), respectivamente; el producto hormonal Promalina no solo fue superior al testigo, sino también, a los demás tratamientos: T1 (Biozyme TF: 8.58 g), T2 (Stimulate: 8.40 g), T3 (Gib-bex: 7.71 g) y T5 (Triggrr foliar: 8.01 g). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Del Aguila (2013), quien al estudiar el efecto de “Promalina” sobre el peso de tubérculos en el cultivo de papa (variedad UNICA); obtuvo que el tratamiento con Promalina (aplicado a una dosis de 90 ml.ha<sup>-1</sup>) fue superior al testigo, con 171.69 y 163.60 g, respectivamente. Este comportamiento podría estar relacionado a los siguientes criterios: a) composición química del producto hormonal, es un producto bihormonal compuesto por citoquininas y giberelinas, la acción sinérgica de ambas hormonas favorece la división y alargamiento celular, lo cual se traduce en un mayor crecimiento y peso de fruto; b) momento de aplicación del producto, en ambos experimentos las aplicaciones coincidieron con la etapa reproductiva del cultivo, de crecimiento y llenado del órgano cosechable; y c) número de aplicaciones del producto, en ambos experimentos se realizaron tres aplicaciones de Promalina, situadas en cada momento mencionado.

Por su parte, Bernaola y Cheglio (1999), evaluaron el efecto de tres reguladores vegetales y tres formas de aplicación (completa, fraccionada en dos y fraccionada en tres) sobre el rendimiento del cultivo de tomate (híbrido Heinz 3302); concluyendo para la variable en discusión, que los tratamientos aplicados en dos momentos obtuvieron los mejores valores; siendo “Promalina” el que obtuvo el mayor peso con 77.40 g, superando a los demás tratamientos: testigo (59.28 g), Triggrr foliar (70.50 g) y Agrispón (59.53 g). Dichos valores guardan relación con los obtenidos en la presente investigación, ya que Promalina superó a todos los tratamientos en estudio. Sin embargo, la dosis y el momento de aplicación fueron diferentes: (a) 125 ml.ha<sup>-1</sup> y dos momentos (58 y 78 días después de la siembra), y (b) 60 ml.200 L<sup>-1</sup> y tres momentos (inicio de floración, cuajado de frutos y llenado de frutos), respectivamente. En cuanto al efecto inferior de la aplicación fraccionada en tres momentos trabajada por Bernaola y Cheglio, este podría deberse a que la tercera aplicación fue a los 92 días después de la siembra, siendo una aplicación tardía para una variedad de tomate precoz (periodo de 127 días hasta la cosecha).

El efecto del tratamiento “Promalina” sobre el peso de fruto, lo argumenta Díaz (2009), cuando señala que, al ocurrir la fecundación y con ello el cuajado de fruto; el crecimiento vía división celular del ahora fruto se activa por un periodo poscuajado de 4 a 5 días y posteriormente no ocurre más división celular, solo alargamiento de las células que fueron formadas. Así, si un fruto joven se queda con una cantidad baja de células a esta etapa, ya está forzado a ser de tamaño pequeño o mediano, sin poder expresar totalmente su potencial genético. La aplicación de citoquininas sobre frutos jóvenes es una herramienta para elevar el número de células (citocinesis); si dicha hormona es aplicada en combinación con giberelinas, juntas incrementan el tamaño y peso de fruto no solo por división celular y luego alargamiento celular, sino también, porque promueven una mayor movilización de fotosintatos y minerales de la planta hacia el fruto recién cuajado.

Valer (2014), en su estudio efecto de la aplicación de ácido giberélico y citoquininas sobre rendimiento de tres cultivares de paprika, determinó que el efecto combinado de N-Large “ácido giberélico” + X-Cytex “citoquininas”, obtuvo el mayor peso de fruto (al 12.5 % de humedad) en los tres cultivares (Papri King: 5.00 g, Papri Queen: 5.95 g y Monarca: 5.87 g) respecto al testigo (Papri King: 4.85 g, Papri Queen: 5.50 g y Monarca: 5.69 g), y a los tratamientos con N-Large y X-Cytex por separado. Los resultados obtenidos con la combinación de N-Large + X-Cytex, coinciden con los logrados por Promalina (citoquininas + giberelinas) en el presente experimento. Sin embargo, se denota que el efecto sobre el peso de ajíes es poco significativo; esto podría deberse al criterio empleado por Valer, una sola aplicación en la etapa de crecimiento vegetativo (35 días después del trasplante) del cultivo; lo cual difiere del criterio de aplicación de “Promalina” en la presente investigación.

Por otra parte, Kikukawa (2006), al evaluar siete fitorreguladores sobre el peso de frutos en el cultivo de cebolla (variedad Roja Arequipeña), determinó que el tratamiento con Bioforte (bioestimulante) + Promalina fue superior a los demás tratamientos, con 275.43 g; presentando los otros tratamientos los siguientes pesos: Bioforte + Biozyme TF (254.50 g), Bioforte + Stimulate (253.62 g), Bioforte + Cytex (237.90 g), Bioforte + Maxigrow (238.61 g), y el testigo (248.72 g). Dichos resultados guardan relación con los alcanzados en el presente estudio; sin embargo, Kikukawa aplicó Promalina en mezcla con un bioestimulante, y con un criterio de cada 7 días (tres momentos, desde el día 60 después del trasplante). El

bioestimulante Bioforte podría haber potenciado el efecto de Promalina, debido a que posee en su composición química: ácidos húmicos, aminoácidos, ácido fólico, macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio), mesonutrientes (magnesio, calcio y azufre) y micronutrientes (zinc, hierro, manganeso, cobre, boro, molibdeno y cobalto), y vitaminas biológicamente activas (tipo B, C y D).

Fribourg (2017), al investigar el efecto de Biozyme TF (con diferente número de aplicaciones) sobre el peso de fruto en el cultivo de ají escabeche; obtuvo que el tratamiento con cinco aplicaciones (15, 30, 45, 60 y 75 días después del trasplante “DDT”) fue superior al testigo, con 52.94 y 40.84 g, respectivamente; asimismo, superó a los demás tratamientos: a) 15 DDT (43.63 g), b) 15 y 30 DDT (44.26 g), c) 15, 30 y 45 DDT (46.02 g), y d) 15, 30, 45, 60 DDT (50.11 g). A pesar de que el momento y la dosis ( $300 \text{ ml} \cdot 200 \text{ L}^{-1}$ ) de aplicación empleado por Fribourg son diferentes a los establecidos en la presente investigación (dosis de  $250 \text{ ml} \cdot 200 \text{ L}^{-1}$ , aplicado al inicio de floración y dos semanas después de la primera); ambos estudios evidencian el efecto positivo de “Biozyme TF” sobre el peso de fruto.

#### **4.1.3. Rendimiento del cultivo por hectárea**

Las medias aritméticas para la variable rendimiento por hectárea (Tabla 26), fluctuaron entre 13.69 a 19.49  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , correspondiendo al T0 (testigo) y al T2 (Stimulate), respectivamente; el producto hormonal Stimulate no solo fue superior al testigo, sino también, a los demás tratamientos: T1 (Biozyme TF: 18.42  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), T3 (Gib-bex: 14.13  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), T4 (Promalina: 19.21  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) y T5 (Triggrr foliar: 15.97  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con los obtenidos por Tonconi (2015), quien concluyó que la aplicación de Stimulate favoreció el rendimiento del cultivo de pimiento (variedad Candente), siendo este superior al testigo, con 50.77 y 31.02  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , respectivamente; superando también a los demás tratamientos (Triggrr foliar: 45.47, X-Cyte: 48.61 y Citogrower: 45.76  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). El efecto positivo de Stimulate sobre el rendimiento del cultivo, puede deberse a que las aplicaciones de dicho producto influyeron también de forma positiva sobre las variables número de frutos por planta y peso de fruto; el incremento en dichas variables ocasionó el aumento en el rendimiento del cultivo.



Asimismo, Lirio (2019), al evaluar la respuesta de diferentes dosis de aplicación del producto “Triggrr trihormonal” sobre el rendimiento en el cultivo de arveja (variedad INIA-USUI), estableció que el tratamiento con la dosis 0.7 L.ha<sup>-1</sup>, obtuvo el mayor rendimiento por hectárea en relación al testigo, con 11.44 y 3.62 t.ha<sup>-1</sup> respectivamente; además, fue superior a los otros tratamientos con dosis: 0.3 L.ha<sup>-1</sup> (7.59 t.ha<sup>-1</sup>), 0.4 L.ha<sup>-1</sup> (8.83 t.ha<sup>-1</sup>), 0.5 L.ha<sup>-1</sup> (11.08 t.ha<sup>-1</sup>) y 0.6 L.ha<sup>-1</sup> (11.20 t.ha<sup>-1</sup>). Estos resultados son similares a los obtenidos en la presente investigación, en la medida que Stimulate y Triggrr trihormonal son productos trihormonales que obtuvieron un mejor efecto sobre la variable en discusión; pudiendo ser la composición química de estos productos la razón de un mayor rendimiento por hectárea en la variedad INIA-USUI. Sin embargo, Lirio no empleó la técnica de tutorado en el cultivo de arveja; mientras que, en la presente investigación si se realizó dicha técnica. Esto pudo influir sobre el rendimiento, debido a que esta técnica permite una mejor cobertura de aplicación de los tratamientos en estudio.

Por su parte, Pino (2014), al estudiar el efecto de tres productos trihormonales sobre el rendimiento del cultivo de arveja (variedad Primus), concluyó que el tratamiento con Biostar (12.57 t.ha<sup>-1</sup>) fue superior a los demás tratamientos en estudio: Agrostemin (11.67 t.ha<sup>-1</sup>), Bioplex (12.27 t.ha<sup>-1</sup>) y testigo (10.49 t.ha<sup>-1</sup>). Estos resultados guardan relación con los logrados en la presente investigación, siendo Stimulate al igual que Biostar, productos trihormonales que incrementaron el rendimiento por hectárea del cultivo. Sin embargo, el criterio de aplicación trabajado por Pino fue distinto, aplicó los tratamientos a los 45 y 60 días después de la siembra. Además, no realizó la técnica del tutorado en el cultivo; mientras que, en la presente investigación si se llevó a cabo dicha técnica.

Del mismo modo, Penadillo (1994), en su estudio sobre el efecto de reguladores de crecimiento en el cultivo de tomate (variedad Missouri), determinó que el producto hormonal “Stimulate” incrementó el rendimiento con respecto al testigo, con 41.38 y 34.66 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente; asimismo, superó a los demás tratamientos: Biozyme TF (37.86 t.ha<sup>-1</sup>), Nitrozyme (37.31 t.ha<sup>-1</sup>) y Giberol (36.59 t.ha<sup>-1</sup>). De la misma manera, el presente estudio obtuvo un mayor rendimiento de vainas con el producto hormonal Stimulate. Aunque el momento (inicio de floración y dos semanas después de la primera) de aplicación es similar

en ambos estudios, Penadillo utilizó una dosis ( $250 \text{ ml.ha}^{-1}$ ) inferior a la empleada en el presente ( $250 \text{ ml.200 L}^{-1}$ ).

Por su parte, Presente *et al.* (2013), al evaluar el efecto de diferentes dosis de aplicación de “Stimulate” sobre el rendimiento del cultivo de fresa (variedad Oso grande), determinó que el tratamiento con Stimulate aplicado a una dosis de  $1.5 \text{ ml.L}^{-1}$  ( $38.26 \text{ t.ha}^{-1}$ ) superó a los demás tratamientos: Stimulate aplicado a  $1.0 \text{ ml.L}^{-1}$  ( $31.75 \text{ t.ha}^{-1}$ ),  $2.0 \text{ L.ha}^{-1}$  ( $30.08 \text{ t.ha}^{-1}$ ) y  $2.5 \text{ ml.L}^{-1}$  ( $21.86 \text{ t.ha}^{-1}$ ) y al testigo sin aplicación ( $24.93 \text{ t.ha}^{-1}$ ). Los resultados guardan cierta relación con la presente investigación, en la medida que se obtuvo un efecto superior en comparación al testigo, al aplicar Stimulate a una dosis similar a la recomendada en la ficha técnica del producto ( $1.5 \text{ ml.L}^{-1}$ ). Lo único que difiere es el momento de aplicación trabajado por Presente *et al.*, ya que realizó un total de ocho aplicaciones foliares, iniciando siete días después del trasplante con una frecuencia de cada 14 días.

Ataujo (1998), al evaluar el efecto de la aplicación de tres fitoreguladores sobre el rendimiento en el cultivo de papa (variedad Perricholi), concluyó que “Biozyme TF” fue superior al testigo, con  $42.59$  y  $38.68 \text{ t.ha}^{-1}$ , respectivamente; asimismo, supero a los demás tratamientos: Aminofol ( $41.14 \text{ t.ha}^{-1}$ ) y Stimulate ( $39.86 \text{ t.ha}^{-1}$ ). Dichos resultados difieren a los obtenidos en el presente estudio, debido a que “Stimulate” logro un mayor rendimiento en comparación a “Biozyme TF”. Esto podría deberse a que todos los tratamientos ensayados por Ataujo, fueron aplicados en tres momentos y en las mismas fechas, lo cual difiere de las recomendaciones técnicas en la etiqueta del producto Stimulate para dicho cultivo. De la misma manera, Caballero (1993), encontró que el tratamiento con Biozyme TF ( $31.93 \text{ t.ha}^{-1}$ ) fue superior a los tratamientos: Triggrr foliar ( $25.85 \text{ t.ha}^{-1}$ ), Agrispón ( $24.35 \text{ t.ha}^{-1}$ ) y al testigo sin aplicación ( $24.58 \text{ t.ha}^{-1}$ ); al evaluar el efectos de dichos productos hormonales sobre el rendimiento del cultivo de papa (variedad Tomasa Condemayta).

Por su parte, Limonta y Pereda (2010), en un ensayo sobre el cultivo de paprika (variedad Papri King) evaluó el rendimiento de frutos en respuesta a la aplicación del fitoregulador “Biozyme TF”, obteniendo que el tratamiento con Biozyme TF aplicado a los  $60 \text{ DDT}$  ( $20.40 \text{ t.ha}^{-1}$ ) presentó el mayor rendimiento respecto a los demás tratamientos: Biozyme TF

aplicado 30 DDT (20.23 t.ha<sup>-1</sup>), aplicado a los 90 DDT (18.88 t.ha<sup>-1</sup>) y aplicado a los 30 + 90 DDT (19.78 t.ha<sup>-1</sup>), y al testigo sin aplicación (16.83 t.ha<sup>-1</sup>). De igual forma, Biozyme TF obtuvo un efecto positivo en la presente investigación, con la misma dosis comercial de 250 ml.200 L<sup>-1</sup>. Sin embargo, el criterio de aplicación (de acuerdo a días después del trasplante) trabajado en la investigación Limonta y Pereda fue distinto a la presente. El efecto superior del tratamiento aplicado a los 60 DDT, podría deberse a que esta aplicación coincidió con la etapa de floración del cultivo de pprika, favoreciendo la producción de flores y el consecuente amarre de frutos.

Por otro lado, Cabrejos (1992), evidenció el incremento del rendimiento debido a la aplicación de un producto hormonal, al evaluar el efecto de “Triggrr foliar” sobre el cultivo de papa (variedad Tomasa Condemayta), concluyendo que el rendimiento del producto hormonal fue de 18.75 t.ha<sup>-1</sup>, con respecto al testigo (17.23 t.ha<sup>-1</sup>). El incremento en la producción de papa puede explicarse debido a que Triggrr foliar incrementa la división celular y la producción vegetal (producción de fotosintatos), favoreciendo la tuberización e incrementando el número y peso de los tubérculos, lo cual influye sobre el rendimiento del cultivo de papa. A pesar de que dicho producto hormonal también logró un efecto positivo en el presente experimento; no superó a los otros tratamientos: Stimulate, Promalina y Biozyme TF. Este aspecto podrá explicarse debido a que Triggrr foliar solo posee en su composición química una hormona vegetal (citoquininas); mientras que los otros productos contienen dos o tres de las hormonas vegetales, que en combinación provocan la regulación de otros eventos fisiológicos en la planta.

## **4.2. Fuentes sobre la variable componentes morfoagronómicos**

Los componentes morfoagronómicos en el cultivo de arveja (variedad INIA-Usui), son la longitud de vaina, el ancho de vaina y el número de bayas por vaina.

### **4.2.1. Longitud de vaina**

Las medias aritméticas para la variable longitud de fruto (Tabla 28), fluctuaron entre 84.38 a 91.21 mm, correspondiendo al T0 (testigo) y al T4 (Promalina), respectivamente; Promalina no solo fue superior al testigo, sino también, a los demás tratamientos: T1

(Biozyme TF: 89.96 mm), T2 (Stimulate: 89.23 mm), T3 (Gib-bex: 87.18 mm), y T5 (Triggrr foliar: 87.24 mm). Los resultados obtenidos se asemejan a los obtenidos por Valer (2014), que al estudiar el efecto de la aplicación de ácido giberélico y citoquininas sobre la longitud de fruto en tres cultivares de paprika, determinó que el efecto combinado de N-Large “ácido giberélico” + X-Cytex “citoquininas”, marco un incremento superior en dicha variable sobre los tres cultivares (Papri King: 150.00 mm, Papri Queen: 117.00 mm y Monarca: 120.00 mm) respecto al testigo (Papri King: 142.00 mm, Papri Queen: 110.00 mm y Monarca: 117.00 mm), y a los tratamientos con N-Large y X-Cytex por separado. El incremento de la longitud de fruto es poco notorio en el ensayo de Valer; esto podría explicarse debido a que únicamente realizó una aplicación en la etapa de crecimiento vegetativo (35 DDT); lo cual difiere al criterio de aplicación en el presente estudio.

Por otro lado, Pino (2014), al evaluar la respuesta de tres productos trihormonales sobre la longitud de vaina en el cultivo de arveja (variedad Primus), determinó que el tratamiento con Biostar (80.15 mm) fue superior a los demás tratamientos en estudio: Agrostemin (79.48 mm), Bioplex (79.30 mm) y testigo (73.85 mm). Estos valores son similares con los alcanzados en la presente investigación; siendo Promalina al igual que Biostar, productos que poseen citoquininas y giberelinas en su composición química, lo cual podría explicar el incremento en la longitud de vaina. Sin embargo, la variedad empleada fue distinta en ambos estudios; lo cual pudo influir sobre la variable en discusión; debido a que la expresión genética es distinta para ambas variedades.

El efecto de Promalina como un producto bihormonal lo argumentan Salisbury y Ross (1994), al señalar que existe un efecto sinérgico entre las hormonas citoquininas y giberelinas sobre la longitud de fruto; las citoquininas, estimulan una rápida división celular (mayor ritmo en la mitosis celular), y las giberelinas, promueven el alargamiento de las células del fruto. Otro efecto obtenido del balance de estas dos hormonas, es que la senescencia de la planta se retarda, lo cual permite que exista un mayor tiempo en la traslocación de nutrientes o fotosintatos al fruto en desarrollo. SummitAgro (2019), agrega que “Promalina” posee una mezcla equilibrada de dos hormonas, las cuales proporcionan en los frutos aplicados, un mayor tamaño y relación longitud:diámetro. El uso de este regulador

de crecimiento promueve una mayor masa foliar, con mayor capacidad fotosintética y por lo tanto una mayor capacidad de nutrir a los frutos en crecimiento.

Por otro lado, Ortega y Vergara (2019) evaluaron diferentes dosis de aplicación del producto hormonal “Agrocimax plus” (citoquininas) sobre la longitud de frutos en el cultivo de vainita (variedad Haden); concluyeron que el tratamiento con una dosis de 120 ml.200 L<sup>-1</sup> (192.67 mm) fue superior a los demás tratamientos en estudio: 80 ml.200 L<sup>-1</sup> (185.33 mm), 150 ml.200 L<sup>-1</sup> (182.53 mm), y testigo sin aplicación (180.33 mm). Estos valores son similares a los obtenidos en la presente investigación, ya que el producto hormonal Triggrr foliar (citoquininas) también fue superior al testigo. Esto podría atribuirse a la composición química de dichos productos, debido a que las citoquinas promueven la división celular del fruto. Sin embargo, Ortega y Vergara realizaron dos aplicaciones (floración y fructificación) de “Agrocimax plus”; mientras que, en la presente investigación el producto “Triggrr foliar” se aplicó tres veces.

Palma (2014), estudió diferentes dosis del regulador de crecimiento “Biozyme TF” sobre la longitud de ajíes en el cultivo de pprika (variedad Papri Queen); determinó que el tratamiento con 300 ml.200 L<sup>-1</sup> (158.65 mm) fue superior no solo al testigo (141.82 mm), sino también, a los demás tratamientos: dosis de 200 ml.200 L<sup>-1</sup> (151.08 mm), 250 ml.200 L<sup>-1</sup> (152.58 mm) y 350 ml.200 L<sup>-1</sup> (150.75 mm). De forma similar, la presente investigación obtuvo un incremento en la longitud de vainas, con la aplicación de Biozyme TF; no obstante, el criterio de aplicación trabajado por Palma fue distinto: inicio del trasplante, inicio de floración y al inicio del cuajado. En cuanto a la dosis, Palma obtuvo el mejor valor sobre dicha variable con la dosis de 300 ml.200 L<sup>-1</sup>; evidenciado que la dosis comercial recomendada en la ficha técnica (250 ml.200 L<sup>-1</sup>), no necesariamente logra los resultados esperados. Por otra parte, Fribourg (2017), concluyó que el tratamiento con cuatro aplicaciones de Biozyme TF (15, 30, 45 y 60 días después del trasplante “DDT”) sobre el cultivo de ají escabeche, fue superior al testigo con 129.20 y 119.80 mm, respectivamente.

Valerio (2016), al evaluar el producto hormonal Ryzup “giberelinas” a diferentes concentraciones sobre la variable longitud de fruto en cultivares de pprika; concluyó que el

tratamiento con Ryzup aplicado a una dosis de 15 ppm fue superior en los cultivares: Papri Queen (109.0 mm) y Sonora (141.0 mm); con respecto a los demás tratamientos: Testigo (108.0 mm y 123.0 mm), 5 ppm (103.0 mm y 127.0 mm) y 10 ppm (107.0 mm y 129.0 mm), respectivamente para ambos cultivares. De la misma manera, el presente estudio no alcanzó un resultado significativo con la aplicación de Gib-bex “giberelinas” sobre la longitud de vaina. Esto podría deberse a que la dosis aplicada en ambos estudios, no fue la suficiente para provocar cambios fisiológicos en la planta y evidenciar un aumento de longitud en el fruto. Un aspecto que difiere entre ambos estudios es el criterio de aplicación; Valerio realizó las aplicaciones en tres momentos (28, 37 y 46 DDT); mientras que, para el tratamiento Gib-bex fue de acuerdo a la información técnica del producto.

La función de las giberelinas sobre la variable en discusión lo explican Salisbury y Ross (2000), al mencionar que estas hormonas promueven el crecimiento celular debido a que incrementan el contenido fructosa y glucosa, estas hexosas contribuyen a la formación de la pared celular y disminuyen el potencial hídrico de la célula, lo que favorece la entrada del agua y provoca la expansión celular.

#### **4.2.2. Ancho de vaina**

Las medias aritméticas para la variable ancho de fruto (Tabla 29), fluctuaron entre 14.94 a 15.91 mm, correspondiendo al T0 (testigo) y al T1 (Biozyme TF), respectivamente; el producto hormonal Biozyme TF no solo fue superior al testigo, sino también, a los demás tratamientos: T2 (Stimulate: 15.54 mm), T3 (Gib-bex: 15.21 mm), T4 (Promalina: 15.82 mm) y T5 (Triggrr foliar: 15.33 mm). Los resultados obtenidos en el presente experimento fueron similares a los alcanzados por Alegría (2015), quien al evaluar el efecto del producto hormonal “Biozyme TF” sobre el diámetro de fruto en el cultivo de fresa (variedad Aroma), concluyó que el tratamiento con Biozyme TF superó al testigo, con 39.57 y 35.00 mm, respectivamente. En ambos estudios se empleó la dosis establecida en la ficha técnica (250 ml.200 L<sup>-1</sup>); sin embargo, Alegría realizó la aplicación en un solo momento (inicio de floración), a comparación del presente estudio, donde se llevaron a cabo dos aplicaciones.

Ortega y Vergara (2019), al estudiar el efecto de diferentes dosis de aplicación del producto hormonal “Agrocimax plus” sobre el ancho de fruto en el cultivo de vainita (variedad Haden); determinaron que el tratamiento con la dosis 120 ml.200 L<sup>-1</sup> (7.37 mm) fue superior a los demás tratamientos en estudio: 80 ml.200 L<sup>-1</sup> (7.17 mm), 150 ml.200 L<sup>-1</sup> (7.17 mm), y testigo sin aplicación (7.10 mm). Estos resultados guardan relación con los obtenidos en la presente investigación, en la medida que Triggrr foliar y Agrocimax (dos productos a base de citoquininas) fueron superiores al testigo sin aplicación. Esto podría deberse al efecto que poseen las citoquininas sobre la división celular del fruto. No obstante, Ortega y Vergara trabajaron sobre el cultivo de vainita; mientras que, en la presente investigación se empleó el cultivo de arveja.

Por otro lado, Fribourg (2017), al evaluar el efecto del fitoregulator “Biozyme TF” (con diferente número de aplicaciones) sobre el ancho de frutos en el cultivo de ají escabeche, obtuvo que el tratamiento con cinco aplicaciones (15, 30, 45, 60 y 75 días después del trasplante “DDT”) fue superior al testigo, con 39.90 y 35.30 mm, respectivamente; asimismo, superó a los demás tratamientos: a) 15 DDT (36.50 mm), b) 15 y 30 DDT (36.10 mm), c) 15, 30 y 45 DDT (37.40 mm), y d) 15, 30, 45 y 60 DDT (38.30 mm). Estos resultados guardan relación con los obtenidos en la presente investigación, donde el tratamiento Biozyme TF logró el mayor ancho de vaina. No obstante, se debe de tener en cuenta que Fribourg aplicó los tratamientos desde la etapa de crecimiento vegetativo; al aplicar el producto hormonal a temprana edad del cultivo, este favorece: a) desarrollo radicular, b) masa foliar (altura de planta y número de ramas) y c) tolerancia a condiciones adversas, lo cual se traduce en una mayor fuente de nutrición (fotosintatos y minerales) para la etapa de desarrollo y crecimiento de fruto.

Nina (2016), al investigar el efecto del regulador de crecimiento “Triggrr foliar” sobre la calidad de frutos en el cultivo de pimiento (variedad Candente), determinó que Triggrr foliar obtuvo el mayor ancho de frutos respecto al testigo, con 83.4 y 8.43 mm, respectivamente. Estos resultados son similares a los obtenidos en el presente experimento, donde el tratamiento “Triggrr foliar” logró un incremento sobre la variable en discusión. Sin embargo, la metodología de aplicación empleada por Nina, fue la siguiente: a) dosis: 800 ml.ha<sup>-1</sup> y b) momento de aplicación (30 días después del trasplante, inicio de floración y después de la

primera cosecha); lo cual difiere del presente estudio: a) dosis: 500 ml.200 L<sup>-1</sup> y b) momento de aplicación (inicio de floración, y repetir la aplicación dos veces más con una frecuencia de siete días).

#### 4.2.3. Número de bayas por vaina

Las medias aritméticas para la variable número de bayas por vaina (Tabla 30), fluctuaron entre 6.20 a 7.80 bayas.vaina<sup>-1</sup>, correspondiendo al T0 (testigo) y al T2 (Stimulate), respectivamente; Stimulate no solo fue superior al testigo, sino también, a los otros tratamientos: T1 (Biozyme TF: 7.20 bayas.vaina<sup>-1</sup>), T3 (Gib-bex: 6.50 bayas.vaina<sup>-1</sup>), T4 (Promalina: 7.40 bayas.vaina<sup>-1</sup>) y T5 (Triggrr foliar: 6.70 bayas.vaina<sup>-1</sup>). Los resultados obtenidos en la presente investigación guardan relación con los alcanzados por Cueva y Quiroz (2017), quienes al evaluar el efecto de la aplicación de “Stimulate” en tres dosis sobre el cultivo de arveja (variedad Alderman), concluyeron que el mayor número de bayas por vaina fue obtenido por Stimulate (aplicado a una dosis de 1.0 L.ha<sup>-1</sup>) con 6.33 bayas.vaina<sup>-1</sup>; resultó superior a los demás tratamientos: dosis de 0.5 L.ha<sup>-1</sup> (6.01 bayas.vaina<sup>-1</sup>), 1.5 L.ha<sup>-1</sup> (6.25 bayas.vaina<sup>-1</sup>), y testigo (5.19 bayas.vaina<sup>-1</sup>). Este comportamiento podría deberse a que la aplicación de “Stimulate” coincidió con los eventos fisiológicos: inicio de floración y cuajado de frutos, lo cual favoreció el proceso de fecundación y desarrollo de las bayas de arveja. La dosis (1.0 L.ha<sup>-1</sup>) con mejor comportamiento en la investigación de Cueva y Quiroz, difiere a la dosis establecida en el presente (250 ml.200 L<sup>-1</sup>).

Del mismo modo, Lirio (2019), al estudiar el efecto de diferentes dosis de aplicación de “Triggrr trihormonal” sobre los componentes morfoagronómicos del cultivo de arveja (variedad INIA-USUI), determinó que el tratamiento con la dosis 0.3 L.ha<sup>-1</sup> obtuvo el mayor número de bayas en relación al testigo, con 6.48 y 5.95 bayas.vaina<sup>-1</sup>, respectivamente; asimismo, fue superior a los demás tratamientos con dosis: 0.7 L.ha<sup>-1</sup> (6.08 bayas.vainas<sup>-1</sup>), 0.4 L.ha<sup>-1</sup> (6.05 bayas.vainas<sup>-1</sup>), 0.5 L.ha<sup>-1</sup> (6.00 bayas.vainas<sup>-1</sup>) y 0.6 L.ha<sup>-1</sup> (6.38 bayas.vainas<sup>-1</sup>). Estos valores guardan relación con los obtenidos en la presente investigación, en la medida que Stimulate y Triggrr trihormonal son productos trihormonales que obtuvieron un mayor efecto sobre la variable en discusión; pudiendo ser la composición química compleja de estos productos la razón de un mayor número bayas por vainas en la variedad INIA-USUI.



Camarena *et al.* (2008), explican que el inicio de formación de las bayas contenidas en la vaina de la arveja ocurre al momento de la fecundación; cuando el polen llega al ovario y se da paso a la fecundación, las paredes del ovario forman las futuras vainas, y los óvulos fecundados a las bayas o granos de arveja; el número de bayas formadas oscila entre 3 a 8 por vaina, dependiendo del número de óvulos fecundados. Tirado (1995), agrega que al momento de la fertilización de los óvulos, puede ocurrir aborto de granos de arveja entre un 30 a 50 %, o que al ser fecundados queden de un tamaño reducido. Ante la situación expresada, la aplicación del producto trihormonal “Stimulate” en la presente investigación, favoreció el proceso de fecundación de los óvulos al expresar el máximo potencial del cultivo, obteniéndose un mayor número de granos por vaina. Esto lo pueden sustentar Azcón y Talón (2008), al mencionar que la acción combinada de auxinas, citoquininas y giberelinas, es responsable del estímulo que promueve la división celular y la capacidad de transporte de elementos minerales y carbohidratos hacia del ovario, favoreciendo la fertilización de los óvulos y el cuajado de frutos.

Fribourg (2017), al evaluar el efecto del trihormonal “Biozyme TF” sobre el número de semillas por fruto en el cultivo de ají escabeche, con diferente número de aplicaciones; obtuvo que el tratamiento con cinco aplicaciones (15, 30, 45, 60 y 75 días después del trasplante “DDT”) fue superior al testigo, con 143 y 114 semillas.fruto<sup>-1</sup>, respectivamente; además superó a los otros tratamientos: a) 15 DDT (123 semillas.fruto<sup>-1</sup>), b) 15 y 30 DDT (124 semillas.fruto<sup>-1</sup>), c) 15, 30 y 45 DDT (127 semillas.fruto<sup>-1</sup>), y d) 15, 30, 45 y 60 DDT (121 semillas.fruto<sup>-1</sup>). Dichos resultados coinciden con los obtenidos en el presente experimento, ya que el producto Biozyme TF obtuvo un mayor número de bayas por vaina respecto al testigo sin aplicación. Este comportamiento puede deberse a que el tratamiento con cinco aplicaciones de Biozyme TF, permitió cubrir las etapas de floración y cuajado de frutos, favoreciendo la fecundación y formación de semillas.

Asimismo, Cantaro (2019), determinó que el producto Triggrr trihormonal “auxinas + citoquininas + giberelinas” potencia mejor el número de granos por vaina sobre el cultivo de arveja (variedad Rondon), con 8.7 granos.vaina<sup>-1</sup>; respecto a los productos Root-Hor “auxinas” (6.1 granos.vaina<sup>-1</sup>), Triggrr foliar (7.7 granos.vaina<sup>-1</sup>), y al testigo (5.9 granos.vaina<sup>-1</sup>). Estos resultados son similares a los obtenidos en el presente ensayo; debido

a que el tratamiento Stimulate (trihormonal) obtuvo un mayor valor en el ancho de vaina, en comparación a los otros tratamientos con una sola hormona en su composición química. No obstante, el momento de aplicación difiere en ambos ensayos; Cantaro, realizó las aplicaciones de sus tratamientos en las mismas fechas, cuarta y sexta semana después de la siembra del cultivo.

### 4.3. Fuentes sobre el análisis económico

Los parámetros Índice Beneficio/Costo “I. B/C” e Incremento de utilidad con relación al testigo “I.U.T.” (Tabla 31), fluctuaron entre 1.56 a 2.05, y 100.00 a 203.24 %, para los tratamientos T0 (testigo) y T2 (Stimulate), respectivamente; Stimulate no solo fue superior al testigo, sino también, a los demás tratamientos: T1 (Biozyme TF: 1.99 y 186.64 %), T3 (Gib-bex: 1.58 y 105.25 %), T4 (Promalina: 2.00 y 195.80 %) y T5 (Triggrr foliar: 1.69 y 132.84 %). Estos resultados guardan relación con los logrados por Cueva y Quiroz (2017), quienes al realizar un análisis económico sobre el efecto de la aplicación de “Stimulate” en tres dosis sobre el cultivo de arveja (variedad Alderman), determinaron que la dosis de 0.5 L.ha<sup>-1</sup> obtuvo el mayor I. B/C y I.U.T., con 3.13 y 201.86 %, respectivamente en comparación a los demás tratamientos: dosis de 1.0 L.ha<sup>-1</sup> (2.84 y 152.35 %), 1.5 L.ha<sup>-1</sup> (2.93 y 176.31 %) y testigo (2.53 y 100 %). Este comportamiento en los parámetros económicos mencionados, puede deberse a que el tratamiento con “Stimulate” incrementó los componentes morfoagronómicos y de rendimiento del cultivo, permitiendo también incrementar los ingresos generados en la venta del producto cosechado.

Tonconi (2015), al realizar un análisis económico en su estudio denominado “respuesta del cultivo de pimiento (variedad Candente) a la aplicación de diferentes reguladores de crecimiento”, concluyó que el producto Stimulate alcanzó el mejor I. B/C y I.U.T., con 2.89 y 241.88 %, respectivamente en relación a los otros tratamientos: Triggrr foliar (2.58 y 203.16 %), X-Cyte (2.78 y 226.85 %) y testigo sin aplicación (1.79 y 100 %). Estos valores son similares a los alcanzados en el presente estudio, donde el tratamiento Stimulate obtuvo el mayor I. B/C y I.U.T. en el cultivo de arveja. Del mismo modo, Penadillo (1994), en su estudio sobre el efecto de reguladores vegetales en el rendimiento y calidad del cultivo de tomate (variedad Missouri), estableció que “Stimulate” obtuvo el mayor I. B/C y I.U.T., con 3.92 y 129.25 %, respectivamente en comparación a los otros tratamientos: Biozyme TF

(3.61 y 115.40 %), Nitrozyme (3.56 y 112.75 %), Giberol (3.56 y 113.09 %) y al testigo (3.31 y 100 %).

Por otro lado, Bernaola y Cheglio (1999), efectuaron un análisis económico en su investigación nombrada “efecto de tres reguladores vegetales sobre rendimiento del cultivo de tomate (híbrido Heinz 3302)”; concluyendo que el tratamiento con el producto “Promalina”, alcanzó el mayor I. B/C y I.U.T., con 2.05 y 231.19 %, respectivamente en relación a los otros tratamientos, Triggrr foliar (1.80 y 177.01 %), Agrispón (1.66 y 146.05 %) y el testigo sin aplicación (1.47 y 100 %). Dichos resultados guardan relación con lo obtenido en el presente experimento, donde el tratamiento con Promalina logró el segundo mejor I. B/C y I.U.T. en el cultivo de arveja. De similar manera, Del Aguila (2013), al estudiar el efecto del producto hormonal “Promalina” sobre el rendimiento en el cultivo de papa (variedad ÚNICA); obtuvo que dicho producto incremento los parámetros económicos: I. B/C y I.U.T., con 3.86 y 116.70 %, respectivamente, en relación al testigo (3.55 y 100 %).

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

La aplicación de productos hormonales tuvo un efecto significativo en el rendimiento del cultivo de “arveja” *Pisum sativum* L. variedad INIA-USUI, bajo condiciones de Costa central, de acuerdo a las siguientes conclusiones:

1. En esta investigación se determinó que el producto hormonal con el óptimo comportamiento sobre los componentes de rendimiento, fue el producto “Stimulate”; debido a que obtuvo el mayor número de vainas por planta y rendimiento por hectárea con un promedio de 29.10 vainas.planta<sup>-1</sup> y 19.49 t.ha<sup>-1</sup>, incrementado dichas variables en un 28.19 y 42.37 %, respectivamente en comparación al testigo sin aplicación. Asimismo, dicho producto logró un peso de vaina de 8.40 g, lo cual generó un incremento del 9.80 % en relación al testigo.
2. Se determinó que no existe un único producto hormonal con un óptimo efecto sobre los componentes morfoagronómicos. Es así que, el producto “Promalina” obtuvo la mayor longitud de vaina, con un promedio de 91.21 mm; incrementando dicha variable en un 8.09 %. Mientras que, “Biozyme TF” alcanzó el mejor ancho de vaina con 15.91 mm, provocando un aumento del 6.49 %. Finalmente, el producto “Stimulate” logró el mayor número de bayas por vaina con 7.80 bayas.vaina<sup>-1</sup>, lo cual representa un incremento del 25.81 % respecto al testigo sin aplicación.
3. Referente al análisis económico de los tratamientos, se determinó que el producto hormonal “Stimulate” generó la mayor rentabilidad económica en el cultivo de arveja, con un Índice Beneficio/Costo (I. B/C) y un Incremento de Utilidad en relación al Testigo (I.U.T.) de 2.05 y 203.24 %, respectivamente en comparación al testigo sin aplicación (1.56 y 100.00 %).

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

1. Se sugiere aplicar el producto hormonal “Stimulate”, debido a que mostró el mejor comportamiento sobre los componentes de rendimiento. Asimismo, es aconsejable el empleo de los productos “Promalina” o “Biozyme TF”, como una herramienta agronómica para expresar el máximo potencial del cultivo.
2. Evaluar diferentes dosis y momentos de aplicación de los productos hormonales estudiados en la presente investigación, debido a que pueden ejercer un efecto fisiológico distinto sobre el cultivo.
3. El productor agrícola debe tener en cuenta el análisis económico del tratamiento hormonal que aplique a su cultivo; sin excederse en la dosis ni los momentos de aplicación recomendados en la información técnica del producto.
4. Estudiar el efecto de los productos hormonales en otros cultivos hortícolas y variedades, ya que la respuesta fisiológica puede variar entre cada especie vegetal.
5. Evaluar los productos hormonales en diferentes zonas del país, debido a que las condiciones climáticas propias de cada ecosistema pueden influir en el efecto fisiológico de dichos productos.

## REFERENCIAS

- Agraria. (2013). Estación Experimental Agraria Donoso se renueva y genera tecnología para pequeños y medianos agricultores. *Agraria*. Recuperado de: <http://agraria.pe/noticias/eea-donosose-renueva-y-genera-tecnologia-para-pequenos-y-me-5476>
- Agro enfoque. (1994). Cultivo de la arveja en costa central. *Agro enfoque*, 9 (62), 10.
- Alegría, M. L. (2015). *Efecto de un bioestimulante en el rendimiento y calidad de Fragaria vesca L. var. Aromas en Quirihua, Laredo – La Libertad*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Anchivilca, G. H. (2018). *Abonamiento orgánico y fertilización NPK en arveja verde (Pisum sativum L.) cv. Rondo, bajo riego por goteo en Tupicocha, Huarochirí*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Arévalo, C. y Ortega, V. (2003). *Uso de tutores en el cultivo de arveja*. Lima: Instituto Nacional de Investigación Agraria.
- Arpasi, M. L. (2015). *Influencia de tres bioestimulantes en el rendimiento de dos variedades de vainita (Phaseolus vulgaris L.) en el C.E.A. III – Los Pichones*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
- Ataujo, A. (1998). *Efecto de tres fitorreguladores sobre el crecimiento y rendimiento de papa (Solanum tuberosum cv. "Perricholi") en dos distanciamientos de siembra*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Azcón, J. y Talón, M. (2008). *Fundamentos de la fisiología vegetal*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Bayer CropScience. (2018). Ficha técnica de Promalina. Bayer CropScience. Recuperado de: <https://www.cropscience.bayer.pe/es-PE/Productos-e-innovacion/Productos/Reguladores-de-Crecimiento/Promalina.aspx>
- Belakbir, A. (1998). Yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annum L.*) in response to bioregulators. *HortScience*, 33 (1), 85 – 87.

- Bernaola, G. M. y Cheglio, V. H. (1999). *Efecto de tres formas de aplicación de tres reguladores vegetales en el rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.)*. (Tesis de grado). Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Ica, Perú.
- Bidwell, R. G. (1993). *Fisiología vegetal*. México: A. G. T. Editor.
- Boero, L., Calcha, J., Martins, L., Marzetti, M. y Bosco, C. (2019). Evaluación de la respuesta productiva en el cultivo de soja de la utilización de fitoreguladores en la localidad de Gálvez, Santa Fe, Argentina. (Tesis de grado). *Estación Experimental Agropecuaria Rafaela*, 7 (3), 36 – 43.
- Borja, C., Burbano, H., Caamaño, E. y Canavides, J. (2001). *Cultivo de arveja china (*Pisum sativum* var. *macrocarpon*)*. Honduras: El Zamorano.
- Caballero, M. M. (1993). *Efecto de Agrispón, Biozyme y Triggrr sobre el crecimiento y rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Tomasa Condemayta en la Costa Central*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Cabrejos, C. M. (1992). *Efecto de la aplicación de “Triggrr” al suelo y al follaje de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones de costa central*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Calderón, L. F., Dardón, D. E., Márquez, J. M. y Cid, M. A. (2000). *Manejo integrado del cultivo de arveja china*. Guatemala: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas.
- Camarena, F., Huaranga, A. y Mostacero, E. (2008). *Manual del cultivo de arveja*. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Camarena, F., Huaranga, A. y Osorio, U. (2008). *Innovación fitotecnia del haba (*Vicia faba* L.), arveja (*Pisum sativum* L.) y Lenteja (*Lens culinaris* Medik)*. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Camarena, F., Sedano, E. y Quincho, O. (2005). *Cultivo de arveja en la sierra*. Perú: Filadelfia.

- Cantaro, H. B. (2019). *Reguladores de crecimiento en el cultivo de arveja (Pisum sativum L.) cv. Rondo en la Molina*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Changana, O. (2013). *Huaral capital de la agricultura*. Recuperado de: <https://sites.google.com/site/huaralescieloconoscar/huaral-es-el-cielo>
- Chau, J. J. (2004). *Evaluación de densidades de siembra en arveja de vaina comestible (Pisum sativum L. var. Macrocarpon) tipo "Snap pea" cv. Corona*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Cordova, S. (2017). *Manejo fitosanitario del cultivo de arveja holantao en Huarmey*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Cueva, J. J. y Quiroz, B. C. (2017). *Efecto en el rendimiento y análisis económico de la aplicación de tres bioestimulantes con tres dosis, en el cultivo de arveja (Pisum sativum L.) en el distrito de Casa Grande, provincia de Ascope, región la Libertad*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Arequipa, Perú.
- Del Aguila, C. P. (2013). *Uso de bioestimulantes en la producción de papa (Solanum tuberosum L.) cultivar Única en siembra de primavera La Joya-2011*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística "DANE". (2015). El cultivo de la arveja en Colombia. *DANE*, (33), 1 – 78.
- Díaz, D. (2009). Función de biorreguladores en el desarrollo del cultivo. *Hortalizas.com*. Recuperado de: <https://www.hortalizas.com/miscelaneos/funcion-de-biorreguladores-en-el-desarrollo-del-cultivo/>
- Díaz, D. (2017). Las Hormonas Vegetales en las Plantas. *Intagri*. Recuperado de: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-hormonas-vegetales-en-las-plantas>
- EcuRed. (2020). Elongación celular. *EcuRed*. Recuperado de: [https://www.ecured.cu/Elongaci%C3%B3n\\_celular](https://www.ecured.cu/Elongaci%C3%B3n_celular)
- Estación Experimental Agraria Donoso "EEA Donoso". (2018). *Análisis de suelo*. Lima: Laboratorio de Suelos – INIA.



- Eyhéabide, G. H. (2012). *Bases para el manejo del cultivo del maíz*. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Farmex. (2019). Ficha técnica de Triggrr foliar. *Farmex*. Recuperado de: <http://farmex.com.pe/nuestros-productos/productividad/bioestimulantes/triggrr-foliar/>
- Flores, P. C. (2008). Requerimiento de frío en frutales efectos negativos sobre la producción de fruta. *Agromensaje*, 1 – 2.
- Fribourg, G. A. (2017) *Reguladores de crecimiento en el cultivo de ají escabeche (Capsicum baccatum var. pendulum) en el Valle de Cañete*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Galván, J., Briones, F., Rivera, P., Valdés, L., Soto, M., Rodríguez, J. y Salazar, O. (2009). Amarre, rendimiento y calidad del fruto en naranja con aplicación de un complejo hormonal. *Agricultura Técnica en México*, 35 (3), 339 – 345.
- Graillet, E. M., Hernández, J. A., Alvarado, L. C. y Retuerta, A. (2014). Evaluación de cuatro reguladores de crecimiento en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) en Acayucan, Veracruz, México. *Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2 (4), 748 – 755.
- Grupo Andina. (2018). Ficha técnica de Gib-bex. *Grupo Andina*. Recuperado de: <http://www.grupoandina.com.pe/es/productos/gib-bex/>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. (6th edición). México: McGraw-Hill Education.
- Instituto de Innovación Tecnológica en Agricultura “Intagri” (2001). Calibración de mochilas aspersoras para la aplicación de agroquímicos. *Intagri*. Recuperado de: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/calibracion-de-mochilas-aspersora-para-la-aplicacion-de-agroquimicos>
- Instituto de Innovación Tecnológica en Agricultura “Intagri”. (2013). Factores que Intervienen en la Inducción Floral en Frutales Caducifolios. *Intagri*. Recuperado de: <https://www.intagri.com/articulos/frutales/factores-enla-induccion-floral-en-frutales-caducifolios>

Instituto Nacional de Estadística e Informática “INEI”. (2014). Superficie sembrada por campaña agrícola en la provincia de Huaral. *INEI*. Recuperado de: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/.../C1207.xls](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/.../C1207.xls)

Instituto Nacional de Innovación Agraria “INIA”. (2001). *Cultivo de arveja en los valles del sur chico (Cañete, Chincha e Ica)*. Perú: Instituto Nacional de Investigación Agraria.

Instituto Nacional de Innovación Agraria “INIA”. (2018). Estación Experimental Agraria Donoso. *INIA*. Recuperado de: <http://www.inia.gob.pe/ubicanos/gobierno-regional-de-lima/huaral/eea/donosos/>

Integrated Taxonomic Information System “ITIS”. (2018). *Pisum sativum* (L.). *ITIS*. Recuperado de: [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=26867#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=26867#null)

Jordán, M. y Casaretto, J. (2006). *Fisiología vegetal*. Chile: Ediciones Universidad de La Serena

Kikukawa, C. L. (2006). *Influencia de siete fitorreguladores en el rendimiento de cebolla roja arequipeña (Allium cepa var. perilla americana)*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Limonta, E. A. y Pereda, A. H. (2010). Bioestimulante Biozyme T. F. y el cultivo de paprika (*Capsicum annuum* L.) var. Papri King. *Pueblo Continente*, 21(1), 215 – 220.

Lirio, F. A. (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 de grado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú.

Lomanto, L. D., Ortiz, O. L., Bretón, C. O., Gómez, A. I. y Mesa, V. M. (2003). Ciclo celular. *Revista MedUNAB*, 6 (16), 1 – 9.

Maroto, J. V. (2002). *Horticultura herbácea especial*. Madrid: Mundi-Prensa.

- Ministerio de Agricultura y Riego “MINAGRI”. (2016). *Leguminosas de grano “semillas nutritivas para un futuro sostenible”*. Lima: Galu Graf.
- Ministerio de Agricultura y Riego “MINAGRI”. (2018). *Anuario estadístico de la producción agrícola 2018*. Lima: MINAGRI.
- Monje, C. A. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa*. Colombia: Universidad Surcolombiana.
- Nicho, P. E. (2018a). *Elección de la variedad de arveja INIA-Usui por el Programa Nacional de Investigación en Hortalizas (PNIH)*. Huaral: Estación Experimental Agraria Donoso – Huaral.
- Nicho, P. E. (2018b). *Determinación de los productos hormonales por el Programa Nacional de Investigación en Hortalizas (PNIH)*. Huaral: Estación Experimental Agraria Donoso – Huaral.
- Nina, B. S. (2016). *Efecto de cuatro bioestimulantes en el rendimiento del pimiento (Capsicum annum L.) cultivar Candente, en el centro experimental agrícola III, Los Pichones, Tacna*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
- Ofosu-Anim, J., Blay, E. T. y Bening, L. (2007). Effect of Biozyme T.F. on yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum L.*). *Ghana Journal of Agricultural Science*, 40, 113 – 117.
- Ortega, J. M. y Vergara, L. G. (2019). *Efecto de la citoquinina en el desarrollo y rendimiento del cultivo de vainita (Phaseolus vulgaris L.) var. Haden en el valle de Huaral-2016*. (Tesis de grado). Universidad San Pedro, Huacho, Perú.
- Palacios, M. M. (1997). *Ensayo comparativo de dos variedades de arveja (Pisum sativum L.) en distintas modalidades y densidades de siembra en condiciones de La Molina*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Palma, A. R. (2014). *Efecto de la aplicación del regulador de crecimiento Biozyme TF en el rendimiento de paprika (Capsicum annum L.) en el sector de Yarada Baja*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.

- Paredes, A. F. (1982). *Evaluación de tres grupos de arveja (Pisum sativum L.) para grano verde y seco en la costa central*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Penadillo, M. A. (1994). *Efecto de reguladores vegetales en rendimiento y calidad del tomate (Lycopersicon esculentum L.) cv. Missouri*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Peña, B. R. (2011). *Efecto de fitorreguladores en el rendimiento del cultivo de alcachofa con espinas (Cynara scolymus L.), bajo condiciones de Chanca y Huaral*. (Tesis de grado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú.
- Pinillos, E. O. (2004). *Manejo integrado de la pudrición radicular en el cultivo de arveja*. Perú: Instituto Nacional de Investigación Agraria.
- Pino, A. J. (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 grado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Junín, Perú.
- Porta, H. y Jiménez, G. (2019). Papel de las hormonas vegetales en la regulación de la autofagia en plantas. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 22, 1 - 11.
- Presente, P. J., Cezarvieira, A., Nunes, H. G., Santos, E., Silveira, D. y Serpa, M. C. (2013). Produção de pseudofrutos de morangueiro (Fragaria ananassa var. Oso grande) com a aplicação de reguladores vegetais. *Revista Eletrônica Thesis*, 20, 93 – 107.
- Ramírez, E., Castillo, C., Aceves, E. y Carrillo, E. (2004). Efecto de productos con reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en chile ‘habanero’. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11 (1), 93 – 98.
- Real Academia Española [RAE]. (2020). Sinergismo. *RAE*. Recuperado de: <https://dle.rae.es/sinergismo>
- Redagícola. (2017). Fitohormonas: reguladores de crecimiento y bioestimulantes. *Redagícola*. Recuperado de: <http://www.redagricola.com/cl/fitohormonas-reguladores-de-crecimiento-y-bioestimulantes/>

- Rodríguez, L. E. y Moreno, L. P. (2010). Factores y mecanismos relacionados con la dormancia en tubérculos de papa. *Agronomía Colombiana*, 28 (2), 189 – 197.
- Rojas, M. (1993). *Fisiología vegetal aplicada*. México: Mc Graw Hill.
- Rueda, N. (2019). *Actualización de los conceptos asociados con la regeneración celular en plantas*. (Tesis de grado). Universidad de Santander, Colombia.
- Ruíz, J. G. (2017). *Evaluación del efecto de tres productos comerciales que contienen auxinas, giberelinas, citoquininas y nutrientes en la producción y calidad del fruto en el cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum L.) en el Amatillo, Agua Blanca, Jutiapa, Guatemala*. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Salisbury, F. B. y Ross, C. W. (1994). *Fisiología vegetal*. México: Iberoamericana.
- Salisbury, F. B. y Ross, C. W. (2000). *Fisiología de las plantas*. Madrid: Paraninfo.
- SENAMHI. (2019). Datos climáticos de la estación Huayán, provincia de Huaral. *SENAMHI*. Recuperado de: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- Stoller. (2017). *Ficha técnica de Stimulate*. Recuperado de: <http://www.stollermexico.com/stimulate.html>
- SummitAgro. (2019). Promalina. *SummitAgro*. Recuperado de: <https://www.summitagro.com.ar/producto.php?id=29>
- Taiz, L. y Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal*. España: Universitat Jaume I.
- Tecnología Química y Comercio “TQC”. (2017). *Ficha técnica de Biozyme T.F.* Recuperado de: <https://www.tqc.com.pe/categoria/reguladores-de-crecimiento/bioestimulantes/biozyme-tf.html>
- Tirado, A. (1995). *Ensayo comparativo de 15 variedades de arveja (Pisum sativum L), para grano seco en condiciones de costa central*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

- Tonconi, F. (2015). *Respuesta del cultivo de pimiento (Capsicum annum L.) variedad Candente a la aplicación de diferentes bioestimulantes en la CEA III Los Pichones*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
- Ugás, R., Siura, S., Delgado, F., Casas, A. y Toledo, J. (2000). *Hortaliza: Datos básicos*. Lima: Ediagraria.
- Valer, W. (2014). *Efecto de la aplicación de ácido giberélico y citoquininas en el crecimiento y rendimiento de tres cultivares de pimiento para pprika (Capsicum annum L.)*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Valerio, R. A. (2016). *Efecto de la concentración de ácido giberélico en el crecimiento y rendimiento de tres cultivares de pimiento pprika (Capsicum annum L.)*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Vejarano, A. H. y Martínez, C. A. (1983). *Reguladores vegetales del crecimiento y desarrollo*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Vicente, J. J. y Sandy, W. (2013). Caracterización de la colección de arveja (*Pisum sativum*). *Info Iniaf*, 1 (1), 33 – 38.
- Wilson, C. Y., Zavaleta, H. A., López, H. y Hernández, A. (2008). La citocinina BAP retrasa senescencia, aumenta antioxidantes, proteína y crecimiento en el pasto ovilla (*Dactylis glomerata L.*). *Agrociencia*, 42 (7), 1 – 8.

## TERMINOLOGÍA

**Abscisión:** Proceso de separación y posterior caída de un órgano (hojas, flores, frutos) de la planta misma; la región de abscisión se ubica cerca de la base del pecíolo de las hojas (Taiz y Zeiger, 2006).

**Acropétalo:** Movimiento de compuestos o moléculas químicas de la zona radicular hacia el ápice de la planta, es un movimiento endógeno hacia arriba (Díaz, 2017).

**Basipétalo:** Movimiento de compuestos o moléculas químicas de la zona apical hacia la base de la planta, es un movimiento endógeno hacia abajo (Díaz, 2017).

**Bioestimulante:** Productos sintéticos que contienen un cóctel de compuestos estimulantes: hormonas vegetales en muy pequeñas cantidades, aminoácidos, azúcares, vitaminas, extractos de algas, nutrientes minerales, entre otros. Por sus características de “cóctel” sus efectos sobre las plantas suelen ser el de estimular su desarrollo general, sin necesariamente incidir de forma directa en un proceso fisiológico en la planta (Redagráfica, 2017).

**Citocinesis:** Proceso de división celular a través del cual ocurre la división del citoplasma de una célula, para dar lugar a dos células hijas idénticas a la célula madre (Lomanto *et al.*, 2003).

**Diferenciación floral:** Proceso por el cual las yemas de las plantas sufren alteraciones morfológicas externas; a nivel celular, la célula cambia sus características de forma permanente, adquiriendo características propias, funcionales y morfológicas (Intagri, 2013).

**Dominancia apical:** Tendencia de las plantas a mostrar un incremento en el tamaño, debido al crecimiento del brote apical y la inhibición de las yemas laterales (axilares) de la planta. Este fenómeno se rompe al decapitar el brote apical (Taiz y Zeiger, 2006).

**Dormancia:** Estado de reposo o ausencia de crecimiento visible en el cual entran las plantas o semillas, ante condiciones adversas edafoclimáticas; la reanudación de la actividad de crecimiento ocurre al mejorar dichas condiciones (Rodríguez y Moreno, 2010).

**Elongación celular:** También llamada “expansión celular”, proceso que sucede en dos etapas; primera etapa, toma osmótica de agua a través de la membrana plasmática de la célula; y segunda fase, se produce la expansión de la pared celular (EcuRed, 2020).

**Horas frío:** Las plantas expuestas a bajas temperatura en la época de otoño entran en dormancia o reposo; para romper dicha dormancia las plantas de acuerdo a la especie y variedad, necesitan cubrir una demanda de horas frío (acumulación de horas de frío) (Flores, 2008).

**Hormona vegetal:** Son moléculas sintetizadas por la planta, para controlan procesos fisiológicos y bioquímicos como la división celular, diferenciación de células, senescencia, floración, cuajado de frutos, etc.; actúan en pequeñas concentraciones para activar o deprimir algún proceso fisiológico (Porta y Jiménez, 2019).

**Inducción floral:** Proceso mediante el cual las yemas inicialmente vegetativas en las plantas, sufren cambios metabólicos que las preparan para transformarse en yemas florales, que dan origen a las flores de la planta (Intagri, 2013).

**Meristemos:** Son una pequeña población de células isodiamétricas, es decir que poseen dimensiones iguales en todos sus lados, que poseen características embrionarias. No solo producen los tejidos que formarán el cuerpo de la raíz y el brote, sino que también se regeneran a sí mismos continuamente (Rueda, 2019).

**Órgano blanco:** Llamados también órganos diana, son tejidos de la estructura vegetal que responde a un estímulo interno o externo, de acuerdo a la concentración de la hormona vegetal detectada (Taiz y Zeiger, 2006).

**Producto trihormonal:** Producto sintético que posee en su composición química una combinación de los tres principales fitorreguladores, auxinas, citoquininas y giberelinas (Cantaro, 2019).

**Regulador de crecimiento:** son compuestos sintéticos que replican la acción de las hormonas vegetales; son sintetizados u extraídos de las mismas plantas u otros organismos,



producidos en cantidades industriales; y son compuestos en general, más potentes que sus análogos naturales (Redagícola, 2017).

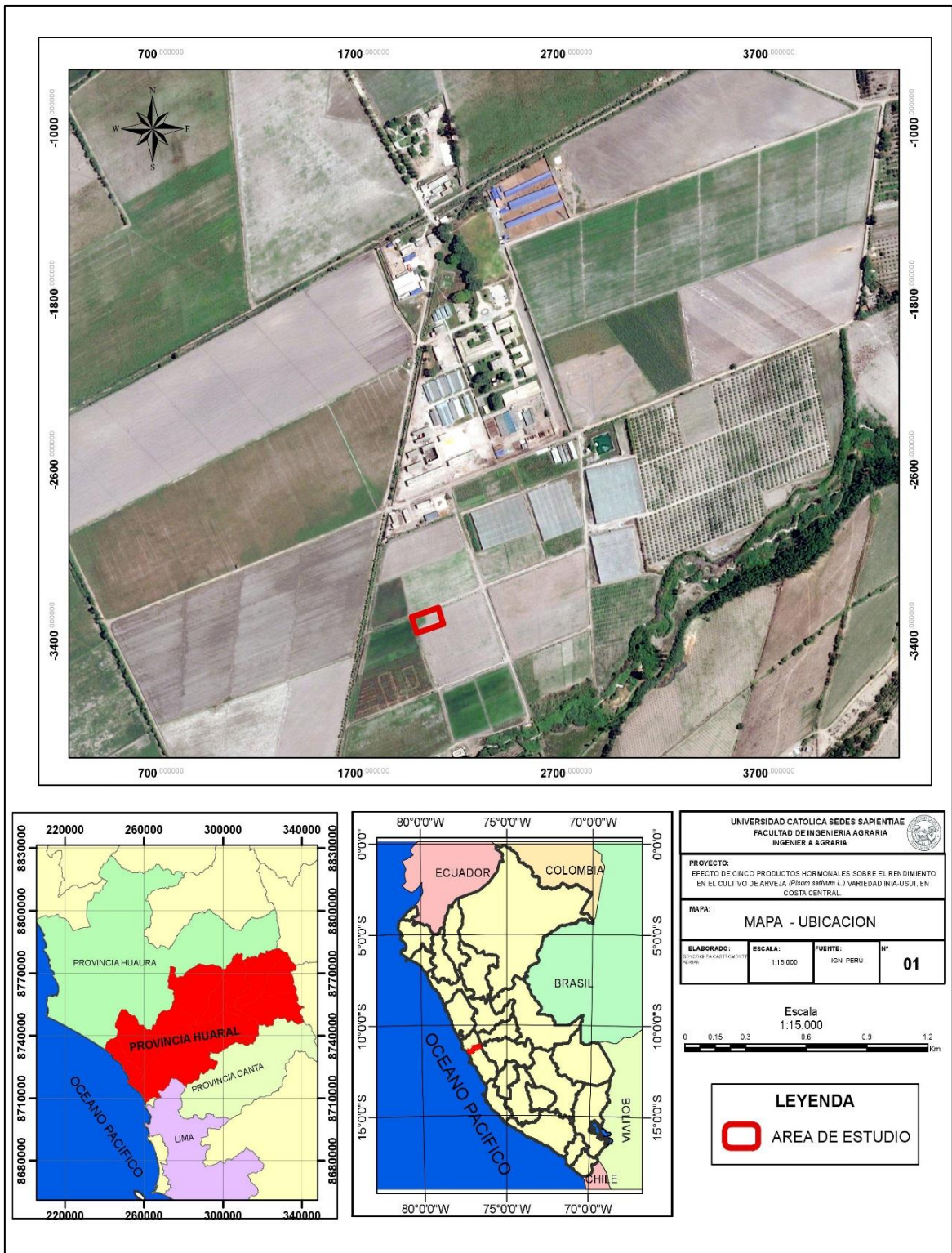
**Senescencia foliar:** El área foliar en las plantas sufre un envejecimiento después de la madurez, es un tipo de muerte celular programada y un proceso degenerativo genéticamente regulado; con la senescencia ocurre pérdida de clorofila y capacidad fotosintética del área foliar de la planta (Wilson *et al.*, 2008).

**Sinergismo:** Interacción entre dos o más sustancias cuyo efecto combinado de ellas sobre el organismo sea mayor a la suma de los efectos individuales (Real Academia Española “RAE”, 2020).

**Triptófano:** Aminoácido esencial en el balance nitrogenado de las plantas, del cual se sintetiza la hormona natural “auxina”, específicamente el ácido indolacético (Salisbury y Ross, 2000).

# APÉNDICE

## Apéndice 1. Mapa satelital del campo experimental



Fuente: Elaboración propia a partir de Earth Explorer.

**Apéndice 2. Actividades realizadas durante el ensayo en campo.**

Fecha	Días después del inicio de actividades	Días después de la siembra	Labores
01/05/2019	0	-	Selección del área para el ensayo Aplicación de herbicida
07/05/2019	6	-	Riego de machaco
09/05/2019	8	-	Preparación de terreno (arado, gradeo)
10/05/2019	9	-	Preparación de terreno (surcado) Demarcación de parcelas (uso de palos y cal)
13/05/2019	12	-	Riego de enseño
14/05/2019	13	0	Desinfección de semillas Siembra de arveja (variedad Usui – INIA)
24/05/2019	23	10	Fertilización N° 1 (80 N – 100 P – 100 K) Riego N° 1
25/05/2019	24	11	Aplicación sanitaria (Monitor)
28/05/2019	27	14	Primera aplicación del Tratamiento “T2”
04/06/2019	34	21	Segunda aplicación del Tratamiento “T2” Riego N° 2
08/06/2019	38	25	Plantado de palos (tutoreo) Aplicación sanitaria (Cipermex y Movento)
11/06/2019	41	28	Pasaje de rafia (tutoreo) Colocación de trampas pegantes (Mosca minadora)
15/06/2019	45	32	Aporque y fertilización N° 2 (80 N – 100 P – 100 K) Riego N° 3
20/06/2019	50	37	Pasaje de rafia (tutoreo) Aplicación sanitaria (Confidor y Triggarr)
28/06/2019	58	45	Pasaje de rafia (tutoreo) Riego N° 4
02/07/2019	62	49	Aplicación sanitaria (Ciclon y Movento)
05/07/2019	65	52	Pasaje de rafia (tutoreo)
09/07/2019	69	56	Desmalezado manual Riego N° 5

Fuente: Elaboración propia.

**Actividades realizadas durante el ensayo en campo (continuación)**

11/07/2019	71	58	Pasaje de rafia (tutoreo)
16/07/2019	76	63	Marcaje de plantas (al azar, para la evaluación de las variables en estudio) Tercera aplicación del Tratamiento “T2”
19/07/2019	79	66	Pasaje de rafia (tutoreo) Aplicación sanitaria (Monitor, Reto y Sulfa) Riego N° 6
23/07/2019	83	70	Cuarta aplicación del Tratamiento “T2”
24/07/2019	84	71	Primera aplicación del Tratamiento “T1” Primera aplicación del Tratamiento “T4” Primera aplicación del Tratamiento “T5”
25/07/2019	85	72	Pasaje de rafia (tutoreo)
28/07/2019	88	75	Aplicación sanitaria (Dardo, Triggarr y Tebucoz) Riego N° 7
30/07/2019	90	77	Quinta aplicación del Tratamiento “T2”
31/07/2019	91	78	Segunda aplicación del Tratamiento “T4” Segunda aplicación del Tratamiento “T5”
01/08/2019	92	79	Pasaje de rafia (tutoreo)
07/08/2019	98	85	Riego N° 8 Segunda aplicación del Tratamiento “T1” Tercera aplicación del Tratamiento “T5”
11/08/2019	101	89	Pasaje de rafia (tutoreo) Aplicación sanitaria (Cipermex y Movento)
12/08/2019	103	90	Riego N° 9 Primera aplicación del tratamiento “T3” Tercera aplicación del tratamiento “T4”
28/08/2019	119	104	Primera cosecha de arvejas Medición de las variables en estudio Riego N° 10
07/09/2019	129	114	Segunda cosecha de arvejas Medición de las variables en estudio Riego N° 11
17/09/2019	139	124	Tercera cosecha de arvejas Medición de las variables en estudio

Fuente: Elaboración propia.

### Apéndice 3. Costo de producción del cultivo de arveja variedad INIA-Usui

	Actividad	Unidad de medida	Costo unitario (S/.)	Cantidad utilizada. ha <sup>-1</sup>	Costo total.ha <sup>-1</sup> (S/.)
<b>I</b>	<b>Costos directos</b>				<b>13 127.0</b>
<b>A</b>	<b>Mano de obra</b>				<b>3 680.00</b>
<b>1</b>	<b>Preparación de terreno</b>				<b>120.00</b>
	Aplicación de herbicida	Jornal	40.00	2	80.00
	Riego machaco	Jornal	40.00	1	40.00
<b>2</b>	<b>Siembra</b>	Jornal	40.00	3	<b>120.00</b>
<b>3</b>	<b>Labores culturales</b>				<b>2 960.00</b>
	Tutorado	Jornal	40.00	32	1 280.00
	Riego	Jornal	40.00	11	440.00
	Fertilización y aporque	Jornal	40.00	6	240.00
	Deshierbo	Jornal	40.00	4	160.00
	Aplicación fitosanitaria	Jornal	40.00	21	840.00
<b>4</b>	<b>Cosecha</b>	Jornal	40.00	12	<b>480.00</b>
<b>B</b>	<b>Maquinaria agrícola</b>				<b>580.00</b>
	Arado	Hora.Maquina <sup>-1</sup>	80.00	3	240.00
	Gradeo	Hora.Maquina <sup>-1</sup>	120.00	1.5	180.00
	Surcado	Hora.Maquina <sup>-1</sup>	80.00	2	160.00
<b>C</b>	<b>Insumos</b>				<b>7 367.00</b>
<b>1</b>	<b>Semillas</b>	Kilogramo	8.00	65	<b>520.00</b>
<b>2</b>	<b>Tutorado</b>				<b>4 150.00</b>
	Palos				2 500.00
	Rafia	Rollos	22.00	75	1 650.00
<b>3</b>	<b>Fertilizantes</b>				<b>1 190.00</b>
	Sulfato de amonio	Saco (50 kg)	45.00	4	180.00

Fuente: Elaboración propia.

**Costo de producción del cultivo de arveja variedad INIA-Usui (continuación)**

	Fosfato diamonico	Saco (50 kg)	90.00	5	450.00
	Sulfato de potasio	Saco (50 kg)	140.00	4	560.00
<b>4</b>	<b>Agroquímicos</b>				<b>1 232.00</b>
	BB5 (pH)	Litro	30.00	2	60.00
	Fertileaf (Adherente)	Litro	80.00	1	80.00
	Lorsban (Clorpirifos)	Litro	48.00	1	48.00
	Iguana (Paraquat)	Litro	25.00	1	25.00
	Benomilo (Benomil)	Kilogramo	80.00	1	80.00
	Cipermex (Alfa-Cipermetrina)	Litro	53.00	2	106.00
	Ciclón (Dimetoato)	Litro	40.00	2	80.00
	Monitor (Metamidophos)	Litro	45.00	1	45.00
	Reto (Abamectina)	Litro	81.00	1	81.00
	Movento (Spirotetramat)	1/4 Litro	158.00	1	158.00
	Triggar (Ciromazina)	70 gramos	84.00	1	84.00
	Dardo (Fipronil)	1/2 Litro	85.00	1	85.00
	Confidor (Imidacloprid)	Litro	215.00	1	215.00
	Sulfa (azufre micronizado)	Medio kilo	45.00	1	45.00
	Tebucoz (Tebuconazole)	1/4 Litro	40.00	1	40.00
<b>5</b>	<b>Agua</b>	Cano	125.00		<b>125.00</b>
<b>6</b>	<b>Otros</b>				<b>150.00</b>
	Flete traslado de insumos	Taxi			150.00
<b>D</b>	<b>Alquiler del terreno</b>	Hectárea	1 500.00	1	<b>1 500.00</b>
<b>II</b>	<b>Costo indirectos</b>				<b>656.35</b>
<b>A</b>	<b>Imprevistos</b>	5 %			656.35
<b>Costo total S/.</b>					<b>13 783.35</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### Apéndice 4. Volumen de aplicación y cantidad del producto hormonal empleado

Productos hormonales	Momento de aplicación	Volumen de aplicación (L.ha <sup>-1</sup> )	Volumen de aplicación total (L.ha <sup>-1</sup> )	Dosis del producto (ml.L <sup>-1</sup> )	Cantidad del producto utilizado (L.ha <sup>-1</sup> )
Biozyme TF	1° Inicio de floración	600	1300	1.250	1.625
	2° Dos semanas después	700			
Stimulate	1° Cuarta hoja verdadera	150	2100	1.250	2.625
	2° Siete días después de la 1°	200			
	3° Pre-floración	500			
	4° Siete días después de la 3°	600			
	5° Siete días después de la 4°	650			
Gib-bex	1° Aplicar 90 días después de la siembra	700	700	0.625	0.437
Promalina	1° Inicio de floración	600	1950	0.300	0.585
	2° Etapa de cuajado de frutos	650			
	3° Etapa de llenado de frutos	700			
Trigrrr foliar	1° Inicio de floración	600	1950	2.500	4.875
	2° Aplicar siete días después	650			
	3° Aplicar siete días después	700			

Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice 5. Costo de la aplicación de los tratamientos en estudio

Tratamientos (T) en estudio						
Parámetros		T1	T2	T4	T5	T6
Producto hormonal	Unidad de medida	Litro	Litro	1/4 de litro	1/2 litro 125 ml	Litro
	Costo unitario (S/.)	178.00	175.00	32.00	560.00 140.00	93.00
	Cantidad utilizada.ha <sup>-1</sup>	2	3	2	1 1	5
	Costo del producto.ha <sup>-1</sup> (S/.)	356.00	525.00	64.00	560.00 140.00	465.00
Regulador de pH	Unidad de medida	Litro	Litro	Litro	Litro	Litro
	Costo unitario (S/.)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	Cantidad utilizada.ha <sup>-1</sup>	1	2	1	2	2
	Costo del producto.ha <sup>-1</sup> (S/.)	30.00	60.00	30.00	60.00	60.00
Surfactante	Unidad de medida	Litro	Litro	Litro	Litro	Litro
	Costo unitario (S/.)	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
	Cantidad utilizada.ha <sup>-1</sup>	1	1	1	1	1
	Costo del producto.ha <sup>-1</sup> (S/.)	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Mano de obra para la aplicación	Unidad de medida	Jornal	Jornal	Jornal	Jornal	Jornal
	Costo unitario (S/.)	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
	Cantidad utilizada.ha <sup>-1</sup>	7	12	4	11	11
	Costo de mano de obra.ha <sup>-1</sup> (S/.)	280.00	480.00	120.00	440.00	440.00
<b>Costo total de aplicación.ha<sup>-1</sup> (S/.)</b>		<b>746.00</b>	<b>1 145.00</b>	<b>294.00</b>	<b>1 280.00</b>	<b>1 045.00</b>

Fuente: Elaboración propia.



### Apéndice 6. Ingresos generados por los tratamientos en estudio

Tratamientos (T)	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (kg.ha <sup>-1</sup> )	Precio por kilogramo (S/.)*	Ingresos (S/.)
T1: Biozyme TF	18.418	18 418	1.57	28 916.26
T2: Stimulate	19.487	19 487	1.57	30 594.59
T3: Gib-bex	14.134	14 134	1.57	22 190.38
T4: Promalina	19.208	19 208	1.57	30 156.56
T5: Triggrr foliar	15.967	15 967	1.57	25 068.19
T0: Testigo	13.689	13 689	1.57	21 491.73

*Fuente:* Elaboración propia.

Precio por kilogramo \* - *Fuente:* MINAGRI, 2018.

## Apéndice 7. Análisis de varianza para las variables en estudio

Análisis de varianza para la variable número de vainas por planta

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Productos hormonales	321.550	5	64.310	4.208	*
Error	825.300	54	15.283		
Total	1146.850	59			

*Fuente:* Elaboración propia a partir del SPSS versión 2019.

Análisis de varianza para la variable peso de vaina

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Productos hormonales	9.582	5	1.916	4.360	*
Error	23.737	54	0.440		
Total	33.319	59			

*Fuente:* Elaboración propia a partir del SPSS versión 2019.

Análisis de varianza para la variable rendimiento del cultivo por hectárea

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Productos hormonales	331.129	5	66.226	6.982	*
Error	512.225	54	9.486		
Total	843.354	59			

*Fuente:* Elaboración propia a partir del SPSS versión 2019.

Análisis de varianza para la variable longitud de vaina

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Productos hormonales	298.246	5	59.649	4.716	*
Error	681.184	54	12.647		
Total	981.184	59			

*Fuente:* Elaboración propia a partir del SPSS versión 2019.

Análisis de varianza para la variable ancho de vaina

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Productos hormonales	6.863	5	1.373	4.267	*
Error	17.371	54	0.322		
Total	24.235	59			

*Fuente:* Elaboración propia a partir del SPSS versión 2019.

Análisis de varianza para la variable número de bayas por vaina

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Productos hormonales	18.133	5	3.627	4.471	*
Error	43.800	54	0.811		
Total	61.933	59			

*Fuente:* Elaboración propia a partir del SPSS versión 2019.

## Apéndice 8. Fotos del experimento en campo

### Primera fertilización en el cultivo de arveja



*Fuente:* Elaboración propia.

### Riego por gravedad en el cultivo de arveja



*Fuente:* Elaboración propia.



## Fotos del experimento en campo (continuación)

### Pasaje de rafia (tutorado)



Fuente: Elaboración propia.

### Etapa de inicio de floración (10 % de flores) en el cultivo de arveja



Fuente: Elaboración propia.



## Fotos del experimento en campo (continuación)

Maduración fisiología del cultivo de arveja (Inicio de cosecha)



Fuente: Elaboración propia.



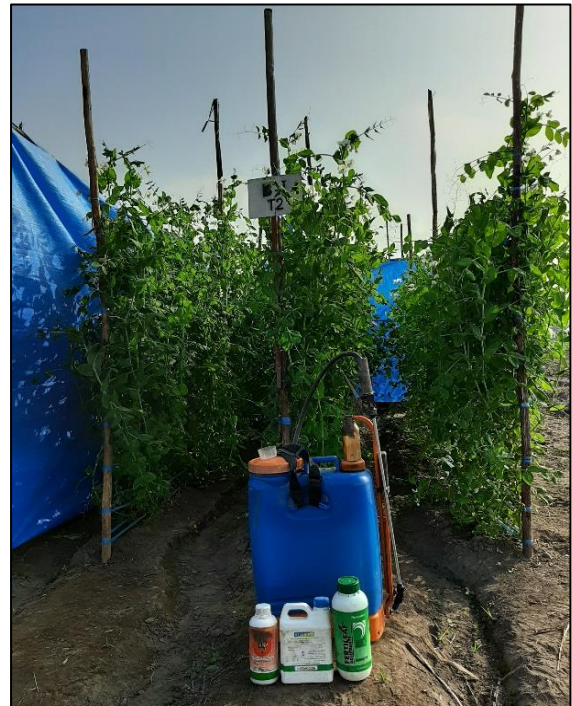
## Apéndice 9. Fotos de la aplicación de los tratamientos en estudio

Aplicación del “T1” (Biozyme TF)



Fuente: Elaboración propia.

Aplicación del “T2” (Stimulate)



Fuente: Elaboración propia.

Uso del equipo de protección personal



Fuente: Elaboración propia.

Aplicación del “T3” (Gib-bex)



Fuente: Elaboración propia.



## Fotos de la aplicación de los tratamientos en estudio (continuación)

Aplicación del “T4” (Promalina)



*Fuente:* Elaboración propia.

Aplicación del “T5” (Trigrr foliar)



*Fuente:* Elaboración propia.



## Apéndice 10. Representación de la metodología de muestreo

Marcaje de las plantas a evaluar



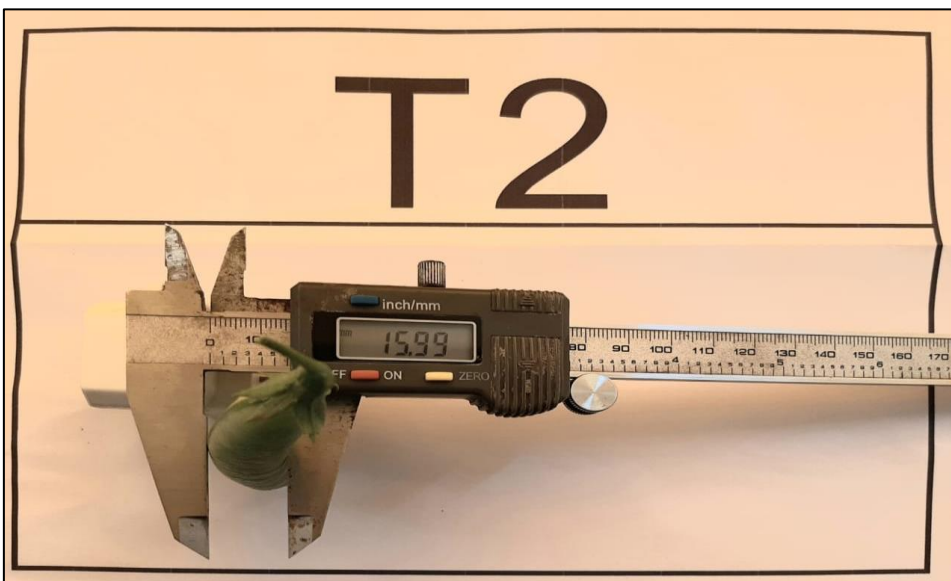
Fuente: Elaboración propia.

Pesaje de vainas



Fuente: Elaboración propia.

Medición del largo de vaina



Fuente: Elaboración propia.

## Representación de la metodología de muestreo (continuación)

Medición del ancho de vaina



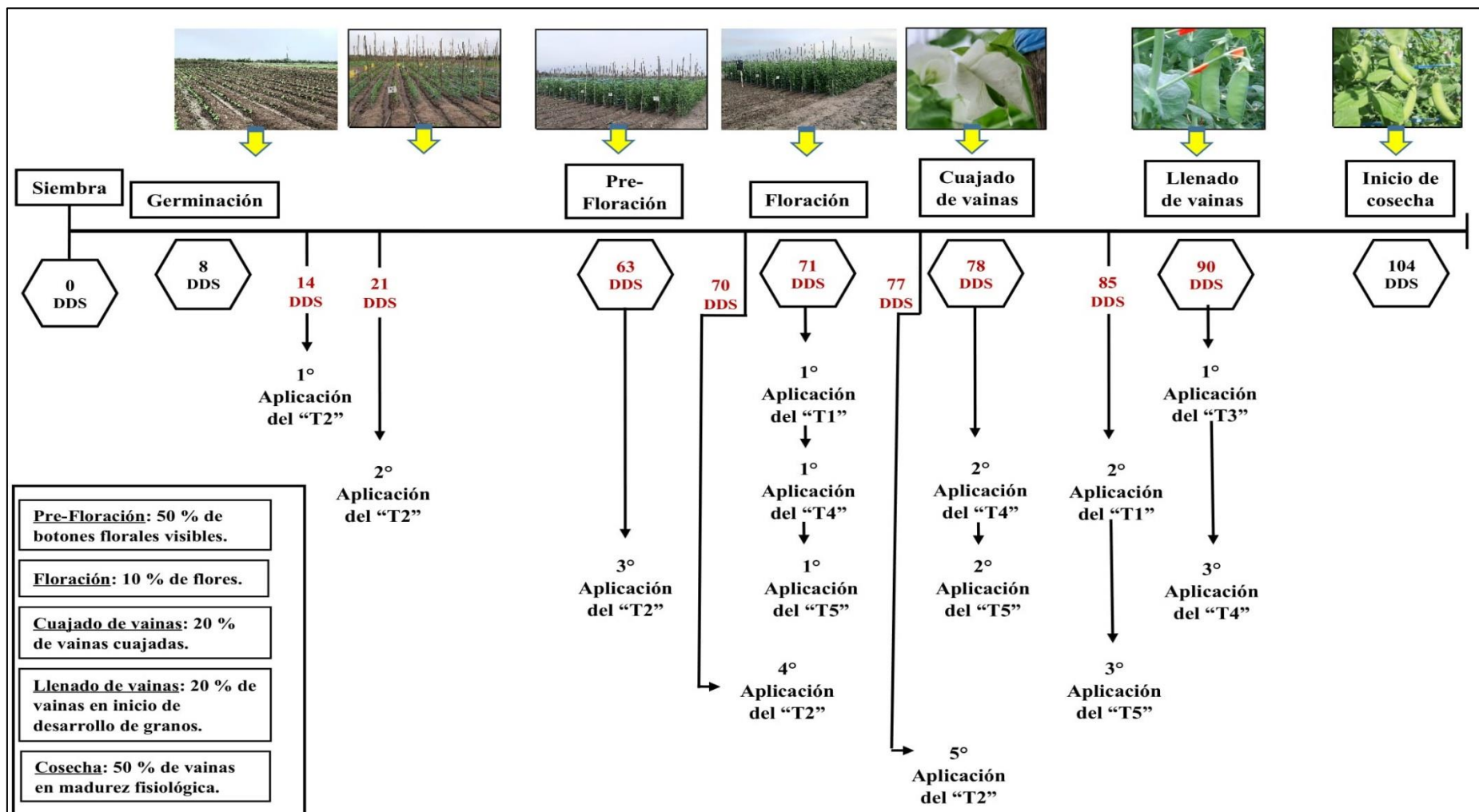
Fuente: Elaboración propia.

Conteo de bayas en cada vaina



Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice 11. Representación cronológica de la aplicación de los productos hormonales



Fuente: Elaboración propia.  
 DDS: Días Después de la Siembra

## Apéndice 12. Análisis de suelo del campo experimental

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA DONOSO KIYOTADA MIYAGAWA HUARAL

LABORATORIO DE SUELOS

### ANÁLISIS BÁSICO DE FERTILIDAD

NOMBRE: PROYECTO 0206-PI/ING<sup>o</sup> REYMUNDO COSME FECHA : 03/12/2018  
 DIRECCION: EE.A. DONOSO - HUARAL LOTE: 09

Nº LAB.	C.E. mS/cm 1:2.5	pH 1:2.5	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CaCO3 %	CATIONES INTERCAMBIABLES meq/100 gr suelo				CIC-E
								Ca	Mg	Na	K	
685	0.35	7.66	0.81	0.04	60	281	12.76	16.37	0.16	0.12	0.72	17.37

REACCIÓN DEL SUELO (pH) : Ligeramente alcalino  
 SALINIDAD (C.E.) : Sin peligro de sales  
 MATERIA ORGANICA (M.O.) : Bajo  
 NITROGENO (N) : Bajo  
 FOSFORO DISPONIBLE (P) : Alto  
 POTASIO DISPONIBLE (K) : Alto  
 CARBONATO DE CALCIO (CaCO3): Alto



Ing. Rafael Juan Calderón Espinoza  
 Laboratorio de Suelos ( r )

Fuente: EEA Donoso, 2018.

**Apéndice 13. Temperatura máxima, mínima, media y humedad relativa de la provincia de Huaral (2019)**

Mes	Temperatura (°C)			Humedad
	Máxima	Mínima	Media	Relativa (%)
Mayo	24.26	15.61	19.94	96.13
Junio	20.26	14.33	17.29	97.01
Julio	18.95	13.69	16.27	96.81
Agosto	20.42	12.68	16.55	96.55
Setiembre	22.61	13.72	18.17	96.55
Media	21.30	14.01	17.64	96.61

*Fuente:* Estación Huayán – SENAMHI, Provincia de Huaral, 2019.