

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“MICRONUTRIENTES Y ALGAS MARINAS EN EL RENDIMIENTO Y  
CALIDAD DE FRIJOL CASTILLA (*Vigna unguiculata*) BAJO  
CONDICIONES DE CHANCAY - HUARAL”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERA AGRÓNOMA**

**DORIS NELIDA CÁRDENAS TORRES**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

# MICRONUTRIENTES Y ALGAS MARINAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRIJOL CASTILLA (*Vigna unguiculata*) BAJO CONDICIONES DE CHANCAY - HUARAL

## ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

18%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Internet Source

5%

2

[repositorio.lamolina.edu.pe](https://repositorio.lamolina.edu.pe)

Internet Source

4%

3

[www.dspace.uce.edu.ec](http://www.dspace.uce.edu.ec)

Internet Source

1%

4

[docplayer.es](https://docplayer.es)

Internet Source

1%

5

[repositorio.ug.edu.ec](https://repositorio.ug.edu.ec)

Internet Source

1%

6

Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion

Student Paper

1%

7

[repositorio.unp.edu.pe](https://repositorio.unp.edu.pe)

Internet Source

1%

8

[repositorio.unheval.edu.pe](https://repositorio.unheval.edu.pe)

Internet Source

1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“MICRONUTRIENTES Y ALGAS MARINAS EN EL RENDIMIENTO  
Y CALIDAD DE FRIJOL CASTILLA (*Vigna unguiculata*) BAJO  
CONDICIONES DE CHANCAY - HUARAL”**

**Doris Nelida Cárdenas Torres**

Tesis para optar el título de

**INGENIERA AGRÓNOMA**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

---

Ing. M. S. Braulio La Torre Martínez  
**PRESIDENTE**

---

Ing. M. S. Andrés Casas Díaz  
**ASESOR**

---

Ing. Mg. Sc. Juan Carlos Jaulis Cancho  
**MIEMBRO**

---

Ing. Mg. Sc. Sarita Maruja Moreno Llacza  
**MIEMBRO**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

## DEDICATORIA

*A mis padres Raúl Cárdenas y Sonia Torres, por ser los forjadores de mi educación, por su sacrificio para darnos a todos sus hijos lo mejor que pudieron. Su ejemplo de esfuerzo y perseverancia siempre los tengo presente.*

*A Fernando Solis Leyva, mi amado esposo quién llegó a mi vida para enseñarme el verdadero sentido y significado del amor, le estaré siempre agradecida por ayudarme siempre a mejorar como persona y profesional, mi inspiración constante para seguir creciendo día a día.*

*A Vasco Solis Cárdenas, mi pequeño amado hijo, con quien aprendo día a día a ser la mamá que él necesita para seguir creciendo sano, fuerte y feliz, quien a su vez es la motivación para seguir siempre firme en lograr mis objetivos.*

*A mis hermanos, Sósimo, Wilson y José Fernando, quienes siempre están presentes en las diferentes etapas de mi vida y son motivo de orgullo para mí y mis padres.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al profesor Ing. Mg. Sc Andrés Casas Díaz por su asesoría y apoyo en la realización del presente trabajo de tesis.*

*A mis padres, por siempre estar recordándome que no debo detenerme para lograr mis objetivos profesionales y personales.*

*A mi esposo Ing. Fernando Solis, por su incondicional apoyo técnico y moral desde el inicio de este proyecto, fue el eje motivador y constante para culminar con la elaboración de este trabajo de tesis.*

*A mis jurados, Ing. Mg. Sc. Braulio La Torre Martínez, Ing. Mg. Sc. Juan Carlos Jaulis Cancho Y Ing. Mg. Sc. Sarita Moreno Llacza, por su tiempo y dedicación en la revisión y alimentación del presente trabajo.*

*Al señor Carlos Flores, por su apoyo, guía y disposición para la realización de la parte experimental en laboratorio del presente trabajo de tesis.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 DEL CULTIVO .....	3
2.1.1 Origen del frijol Castilla .....	3
2.1.2 Clasificación taxonómica .....	3
2.1.3 Morfología del frijol castilla.....	3
2.1.4 Ecología de frijol castilla.....	4
2.1.5 Requerimientos del cultivo.....	4
2.1.6 Rendimiento del cultivo.....	7
2.2 FENOLOGÍA.....	7
2.2.1 Conceptos generales .....	7
2.3 DESCRIPCIÓN AGRONÓMICA.....	8
2.4 FERTILIZACIÓN FOLIAR .....	9
2.4.1 Definición .....	9
2.4.2 Factores que influyen en la fertilización foliar .....	10
2.4.3 Descripción general .....	11
2.5 IMPORTANCIA DE LOS MICRONUTRIENTES EN LAS PLANTAS .....	14
2.5.1 Funciones de los micronutrientes de las plantas.....	14
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
3.1 MATERIALES .....	17
3.1.1 Ubicación del campo experimental .....	17
3.1.2 Características del suelo .....	17
3.1.3 Características del Agua de riego .....	19
3.1.4 Características climatológicas de la zona .....	20
3.1.5 Sistema de riego .....	20
3.1.6 Fertilización .....	20

3.1.7	Características de los productos en prueba.....	21
3.2	METODOLOGÍA.....	23
3.2.1	Conducción del campo experimental .....	23
3.2.2	Tratamientos evaluados .....	23
3.2.3	Características del campo experimental .....	24
3.2.4	Evaluación de las variables en estudio .....	24
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>26</b>
4.1	NÚMERO DE VAINAS.....	26
4.2	NÚMERO DE GRANOS POR VAINA.....	28
4.3	NÚMERO DE LÓCULOS POR VAINA.....	30
4.4	PESO DE 100 SEMILLAS (g) .....	32
4.5	ÍNDICE DE COSECHA (IC) .....	33
4.6	ALTURA DE PLANTA (cm).....	35
4.7	LONGITUD DE VAINA (cm) .....	36
4.8	PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN LA HOJA (%).....	38
4.9	PORCENTAJE DE MATERIA SECA DEL TALLO (%).....	40
4.10	PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN FRUTOS (%) .....	41
4.11	RENDIMIENTO POR HECTÁREA .....	43
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>46</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>47</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>.....</b>	<b>56</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis físico-químico del suelo campo experimental.....	18
Tabla 2: Análisis de agua de riego.....	19
Tabla 3: Datos meteorológicos de la zona de investigación.....	20
Tabla 4: Número de Vainas de frijol castilla (V. unguiculata) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) en forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021 .....	27
Tabla 5: Número de granos por vaina de frijol castilla (V. unguiculata) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021 .....	29
Tabla 6: Número de lóculos de frijol castilla (V. unguiculata) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021.....	31
Tabla 7: Peso de 100 semillas de frijol castilla (V. unguiculata) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021 .....	32
Tabla 8: Índice de cosecha de frijol castilla (V. unguiculata) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021.....	34
Tabla 9: Altura (cm) del frijol castilla (V. unguiculata) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021 .....	35
Tabla 10: Longitud de vaina (CM) del frijol castilla (V. unguiculata) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021 .....	37
Tabla 11: Porcentaje de materia seca en la hoja de frijol castilla (V. unguiculata) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021 .....	39
Tabla 12: Porcentaje de materia seca del tallo de frijol castilla (V. unguiculata) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021 .....	40

Tabla 13: Porcentaje de materia seca en frutos de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021 ..... 42

Tabla 14. Rendimiento por hectárea de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021 ..... 44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Número de Vainas de frijol castilla ( <i>Vigna unguiculata</i> ) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021 .....	28
Figura 2: Número de granos de frijol castilla ( <i>V. unguiculata</i> ) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021 .....	30
Figura 3: Número de lóculos de frijol castilla ( <i>V. unguiculata</i> ) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021 .....	31
Figura 4: Peso (g) de 100 semillas de frijol castilla ( <i>V. unguiculata</i> ) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021 .....	33
Figura 5: Índice de frijol castilla ( <i>V. unguiculata</i> ) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021 .....	34
Figura 6: Altura de frijol castilla ( <i>V. unguiculata</i> ) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021 .....	36
Figura 7: Longitud de vaina de frijol castilla ( <i>V. unguiculata</i> ) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021 .....	38
Figura 8: Porcentaje de materia seca en la hoja de frijol castilla ( <i>V. unguiculata</i> ) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021 .....	39
Figura 9: Porcentaje de materia seca del tallo de frijol castilla ( <i>V. unguiculata</i> ) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021 .....	41

Figura 10: Porcentaje de materia seca en frutos de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021 ..... 43

Figura 11: Rendimiento por hectárea de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021 ..... 45

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Croquis de localización del campo experimental, Centro poblado Hatillo, distrito de Chancay, provincia de Huaral, departamento de Lima – Perú. ....	56
Anexo 2: Distribución del campo experimental. ....	57
Anexo 3: Marcado de campo en chancay .....	58
Anexo 4: Productos usados en la investigación de tesis.....	58
Anexo 5: Cronograma de actividades de frijol castilla en el norte chico, campaña enero – abril del 2021. ....	59
Anexo 6: Análisis de agua de riego de campo.....	60
Anexo 7: Análisis de variancia de las evaluaciones experimentales.....	61

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el departamento de Lima provincia de Huaral distrito de Chancay, centro poblado Hatillo. El objetivo del trabajo de investigación fue determinar el rendimiento y calidad del cultivo de Frijol castilla haciendo uso de micronutrientes “Microsil” y Algas Marinas “Almarin” aplicados en diferentes dosis de manera separada y en mezcla evaluando variables del cultivo en estudio: Número de vainas por planta, número de granos por vaina, número de lóculos por vaina, peso de 100 gramos de semillas, índice de cosecha, altura de planta, longitud de vainas, materia seca de hojas, materia seca de tallos y materia seca de fruto para determinar el efecto de la aplicación foliar de algas marinas (*Eklonia maxima* y *Laminaria digitata*.) y micronutrientes en los parámetros de calidad y rendimiento de frijol castilla. El diseño estadístico experimental que se usó en la investigación fue el DBCA, con 7 tratamientos y 4 repeticiones con un total de 28 unidades experimentales. La mayoría de los tratamientos empleados en las ocho variables evaluadas para determinar la calidad y rendimientos del cultivo de frijol no tuvieron diferencia estadística significativa con respecto al tratamiento testigo T0, sin embargo, los tratamientos T4 (Microsil a 1 l/200l) , T6 (Almarin 1 l/200l + Microsil 1 l/200l) y T5 (Almarin 500 ml/200l + Microsil 500 ml/200l) tuvieron significancia estadística sobre las variables: número de vainas por planta con 25.3, longitud de vainas con 18.06 cm y materia seca de tallos con 16.29 % frente a los otros tratamientos y variables evaluadas.

**Palabras clave:** Frijol castilla, micronutrientes, algas marinas, rendimiento, calidad.

## ABSTRACT

The present research work was carried out in the department of Lima, province of Huaral, district of Chancay, Hatillo populated center. The objective of the research work was to determine the yield and quality of the Castilla Bean crop using micronutrients "Microsil" and Seaweed "Almarin" applied in different doses separately and in a mixture, evaluating variables of the crop under study: Number of pods per plant, number of grains per pod, number of locules per pod, weight of 100 grams of seeds, harvest index, plant height, pod length, leaf dry matter, stem dry matter and fruit dry matter to determine the effect of foliar application of marine algae (*Eklonia maxima* and *Laminaria digitata*.) and micronutrients on the quality and yield parameters of castilla beans. The experimental statistical design that was used in the investigation was the DBCA, with 7 treatments and 4 repetitions with a total of 28 experimental units. Most of the treatments used in the eight variables evaluated to determine the quality and yields of the bean crop had no significant statistical difference with respect to the control treatment T0, however, the treatments T4 (Microsil at 1 l/200l), T6 (Almarin 1 l/200l + Microsil 1 l/200l) and T5 (Almarin 500 ml/200l + Microsil 500 ml/200l) had statistical significance on the variables: number of pods per plant with 25.3, length of pods with 18.06 cm and stem dry matter with 16.29% compared to the other treatments and variables evaluated.

**Keywords:** Castilla beans, micronutrients, seaweed, yield, quality.

## I. INTRODUCCIÓN

El frijol Castilla es muy antiguo en diversas partes del mundo desde muchos años atrás, siendo aún más importante es los países asiáticos como China e la Indica, pero su origen se remonta a África Central. Dentro del frijol Castilla existen diversas variedades; aquellas que tienen un tiempo de desarrollo vegetativo de 70 días en promedio son considerados de tipo determinado y las variedades con un tiempo de desarrollo vegetativo mayor (6 a 8 meses) son considerados de tipo indeterminado. El frijol juega un rol bastante importante en la alimentación mundial debido a que contiene altas cantidades de proteínas de buena calidad (22 a 28 %) siendo tres veces más que los cereales, además de tener vitaminas A, riboflavina, ácido ascórbico, altos niveles de tiamina y minerales como Fe y Ca, además de contar con altos contenidos de aminoácidos como la lisina (Ausente en cereales) (Stanton, 1996; Laulate, J., 2000).

El frijol Castilla tiene una alta importancia en la alimentación humana, siendo cultivado en diferentes zonas del Perú estando sometido muchas veces a condiciones estresantes del tipo biótico y abiótico. Estos factores están íntimamente ligados al desempeño de la planta cultivada, motivo por el cual los agricultores y profesionales involucrados en este campo buscan la manera de darle a los cultivos un manejo adecuado que potencie su capacidad productiva y a la vez mitigue el efecto de factores causantes de estrés que provocan mermas en el rendimiento (Solis, F., 2015) y calidad. Tras este objetivo diversas instituciones académicas y empresas privadas han desarrollado diferentes productos bioestimulantes y nutricionales con el fin de mitigar los factores estresantes, así como corregir las deficiencias nutricionales como los aminoácidos, promotores de hormonas, algas marinas, micronutrientes, entre otros.

Del grupo mencionado las algas marinas y micronutrientes forman parte de un grupo importante de bioestimulantes y correctores nutricionales empleados en diferentes cultivos con la finalidad de mitigar los factores de estrés y deficiencias nutricionales, así como potenciar algunos procesos fisiológicos como la fotosíntesis y la síntesis de proteínas promoviendo una mejor floración, cuajado y rendimiento de diferentes cultivos.

Estos compuestos se emplean ampliamente en la agricultura mundial, pero se conoce poco de su efecto en el cultivo de frijol castilla para mejorar el rendimiento y calidad bajo condiciones del valle de Chancay en la provincia de Huaral.

Por lo expuesto, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo la determinación del efecto de la aplicación de fuentes de micronutrientes y algas marinas en diferentes dosis aplicadas de manera separada y en mezcla sobre el rendimiento y calidad del cultivo frijol castilla (*Vigna unguiculata*) bajo condiciones de costa central.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 DEL CULTIVO**

#### **2.1.1 Origen del frijol Castilla**

El frijol Castilla es muy antiguo en diversas partes del mundo desde muchos años atrás, siendo aún más importante en los países asiáticos como China e India, pero su origen se remonta a África Central.

#### **2.1.2 Clasificación taxonómica**

El género *Vigna*, a la que pertenece el frijol Castilla o caupí, según diferentes fuentes bibliográficas indican que presentan un exagerado poliformismo por lo que actualmente no está definido morfológicamente siendo integrado por un grupo bastante heterogéneo de especies como relacionadas.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente según Summerfield *et. al.* (1974) se considera que el frijol Castilla o caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) pertenece a la familia Papilionaceae. Esta familia es considerada la más grande de las tres divisiones de las leguminosas. Por otro lado, aunque el frijol Castilla es actualmente clasificado dentro de esta especie botánica su clasificación y nomenclatura a nivel intraespecífico aún se discuten.

#### **2.1.3 Morfología del frijol castilla**

Dentro del frijol Castilla existen diversas variedades; aquellas que tienen un tiempo de desarrollo vegetativo de 70 días en promedio son considerados de tipo determinado y las variedades con un tiempo de desarrollo vegetativo mayor (6 a 8 meses) son considerados de tipo indeterminado. Esta última variedad presenta una floración des uniforme por lo que la maduración de los frutos sigue el mismo patrón. Este tipo de frijol presenta diversos hábitos de crecimiento herbáceo y anual según Camarena *et al.* (1994) y Kay (1985) que además rescatan que las plantas con un tipo de crecimiento erecto y semierecto pueden alcanzar de 25 a 80 cm; mientras que aquellas plantas con un tipo de crecimiento rastrero no presentan altura de planta.

El sistema radicular del frijol Castilla es bastante abundante presentando una raíz pivotante principal con muchas ramificaciones laterales ubicado en los primeros 30 cm del suelo como en la mayoría de los cultivos, pero además presentan abundantes nódulos típico de las leguminosas con la cual fijan el nitrógeno atmosférico. Este tipo de frijol tiene una excelente tolerancia a las condiciones de sequía debido a que poseen una abundante cabellera radicular con una raíz principal que puede llegar a una longitud de 1.95 m teniendo una alta capacidad de anclaje y exploración del suelo.

#### **2.1.4 Ecología de frijol castilla**

Debido a sus características casi únicas como un gran sistema radicular, tolerancia al estrés hídrico, bajos requerimientos nutricionales Camaná *et al.* (1994) resalta que este cultivo tiene una excelente capacidad de adaptación ecológica por lo que se podría cultivar en diversas partes del mundo siendo una importante fuente de alimento y proteínas teniendo el mayor potencial de las todas las leguminosas para ser cultivado en zonas con características diferentes como tropicales y/o subhúmedas.

#### **2.1.5 Requerimientos del cultivo**

##### **a. Clima**

Condiciones adversas como abundante lluvia o riego excesivo pueden dañar a las plantas del frijol castilla retrasando la cosecha o reduciendo el rendimiento y calidad de esta por lo que Salle y Smith (1969) indican que este cultivo está adaptado a climas de valles con baja precipitación. Es así que siguiendo la misma línea Litzenberger (1975) indica que el frijol Castilla está adaptado a suelos ligeros, arenosos y con buen drenaje; además de estar adaptado a climas con altas temperaturas teniendo la capacidad de tolerar sequías y bajas precipitaciones.

Las características descritas anteriormente nos indican porque el frijol Castilla o caupí son bastante tolerantes a condiciones de altas temperaturas y a periodos de sequías bastante largos como las que presentan muchos valles de la costa peruana; sin embargo, pese a la alta tolerancia de este frijol a condiciones de baja disponibilidad de agua su rendimiento se puede ver mermado a diferencia de campos que son regados de forma adecuada que pueden llegar a tener mejores rendimientos como se observó en el valle de Chancay en donde los terrenos con un mejor riego (No en exceso) y mejor capacidad de retención de la humedad que suelos arenosos el frijol tiene un desarrollo más frondoso así como una mejor floración teniendo como resultado rendimientos más altos lo que representa un mejor retorno para el agricultor.

## **b. Temperatura**

Según Chávez (1997) este tipo de frijol desarrolla bien a temperaturas que oscilaran entre 25 a 35 °C siendo estas las que se presentan en el valle de Chancay entre los meses de noviembre hasta abril con picos de temperatura durante enero y febrero por lo que el frijol Castilla desarrolla muy bien durante estos meses. Mientras que Valladolid (1993), menciona que en variedades tardías las temperaturas por encima de los 30 °C pueden ocasionar alteraciones fisiológicas y diferentes tipos de estrés lo que trae como resultado una menor floración y cuajado de estos; además de reducir el tamaño y número de granos por vaina mermando así el rendimiento por hectárea. Este problema se debe probablemente a que en algunas variedades las altas temperaturas ocasionan una excesiva transpiración de la planta desencadenando un gasto de energía en dar respuesta al estrés por altas temperaturas y a la formación de radicales libres de oxígeno que dañan las membranas celulares; además las temperaturas altas pueden disminuir el desarrollo radicular con lo que reduce la capacidad de exploración del suelo en busca de agua y nutrientes y se afecta la producción de hormonas claves como las citoquininas. Frente a esto Litzenberger (1975), señala que el frijol castilla tiene una mejor capacidad de tolerar las altas temperaturas y periodos bastante largos de sequía en comparación a los frijoles comunes. Esto se puede observar en el valle de Chancay en donde el frijol Castilla se siembra en las zonas más áridas a diferencia del frijol canario que demanda suelos más retentivos de humedad y con mejor riego.

Como ya se ha señalado el frijol Castilla demanda temperaturas altas para un buen desarrollo de la planta es así que Litzenberger (1975) y Salles y Smith (1969), indican que la mejor época para sembrar este cultivo es en primavera pues las siembras en invierno pueden dañar la cosecha limitando su desarrollo vegetativo y productivo además de enfrentarse a enfermedades agresivas como *Botrytis cinerea* que se ven favorecidas por altas humedades relativas. Este cultivo, como cualquier otro, tiene un rango de temperatura para sus diferentes etapas de desarrollo siendo en frijol Castilla según Chiappe *et al.* (1990) 8°C para el momento de la germinación y 15 ° en la etapa de madurez, siendo la temperatura óptima de desarrollo entre los 18 a 21 ° C.

## **c. Luz**

En todo cultivo la luz es fundamental para su desarrollo debido a que hace posible que la fotosíntesis se produzca y se produzca los hidratos de carbono es así que Spedding (1979) señala que la luz influye en el crecimiento de la planta y floración. Un déficit en iluminación

puede ocasionar que las plantas desarrollen con un color clorótico por el bajo contenido de clorofila disminuyendo la floración y cuajado lo que se traduce en menor número de vainas por planta, así como un menor número de granos por vaina. Litzenberger (1976) indica que la baja luminosidad puede ocasionar que el frijol Castilla tenga un hábito de desarrollo rastrero. Esto probablemente se deba a que la baja luminosidad favorece el crecimiento vegetativo en desmedro del desarrollo productivo en busca de una mayor área foliar para abastecer a la planta de su demanda de carbohidratos.

#### **d. Suelo**

El frijol Castilla es un cultivo bastante noble y está adaptado a una gran diversidad de suelos: Suelos ligeros, arcillosos y limosos según señalan diversos autores como Salle y Smith (1969), Litzenberger (1976), Bullón (1987) y Camarena et al. (1994). Sin embargo, los suelos pesados o arcillosos pueden complicar su manejo debido a que la saturación del suelo limita la absorción de ciertos nutrientes como el hierro, además de favorecer el desarrollo de enfermedades fungosas como el complejo de chupaderas que pueden ocasionar la muerte de plántulas y hasta plantas en etapa de producción.

Camarena *et al.* (1994), mencionan que el frijol castilla es una planta rústica que se adapta a suelos de gran diversidad, y que puede tolerar razonablemente la acidez, pero no suelos salinos y/o alcalinos. Es así que los suelos con alto contenido de sales limitan el desarrollo de la planta al afectar el desarrollo radicular y la absorción de elementos tóxicos como el sodio y cloro que afectan la integridad de la membrana celular ocasionando un deterioro general de la planta. Este cultivo, si bien se adapta a una amplia variedad de suelos y condiciones, se desarrolla mejor en suelos neutros y ligeramente ácidos que tengan un pH entre 5.5 a 6.6. además de contar con un buen drenaje.

#### **e. Agua**

El déficit hídrico o el exceso de agua afectan el desarrollo de la planta. El frijol Castilla es especialmente sensible al exceso de humedad o suelos saturados por varias horas Salle y Smith (1969). Este exceso de humedad retarda el desarrollo radicular provocando un medio anóxico lo que dificulta la respiración y desarrollo de las raíces, afectando la fijación biológica del nitrógeno, así como favoreciendo la aparición de enfermedad fúngicas en la raíz.

En el valle de Chancay el frijol Castilla es cultivado principalmente bajo riego por gravedad no siendo importante la presencia de lluvias. Bajo estas condiciones un buen manejo del riego es importante para evitar saturación por exceso de riego o déficit hídrico por un tiempo o frecuencia de riego insuficiente y que según Pandey (1990) la sequía prolongada durante las primeras etapas de crecimiento como la germinación y el desarrollo vegetativo puede reducir considerablemente el rendimiento.

### **2.1.6 Rendimiento del cultivo**

El rendimiento potencial del frijol castilla de grano seco en el valle de Chancay puede oscilar entre 1.5 a 3.6 toneladas por hectárea y según la FAO (1977) consideran que bajo condiciones favorables los rendimientos fluctúan entre 2620 a 3660 kg/ha. Los rendimientos alcanzados dependen de la época de siembra, densidad de plantas, manejo fitosanitario de malezas y plagas, propiedades físicas y tipo de suelo como señala (Camarena et al., 1994). Además, el tipo de nutrición también influye fuertemente en el rendimiento, es así que cultivos con un adecuado aporte de nutrientes esenciales de forma edáfica y foliar pueden aumentar considerablemente su rendimiento.

## **2.2 FENOLOGÍA**

### **2.2.1 Conceptos generales**

El proceso que comprende cambios morfológicos que se van produciendo según los individuos van satisfaciendo sus necesidades y estímulos meteorológicos se le conoce como fenología siendo este importante en el manejo del cultivo. Entonces la fenología es conocida como la ciencia que estudia la relación entre la periodicidad de eventos climáticos y las plantas, siendo esto importante para la toma de decisiones agrícolas. Los cambios morfológicos como aumento de volumen y peso, cambio de forma y estructura se dan a lo largo del desarrollo de los cultivos es así que Ortega (1985) señala que las exigencias con respecto a los elementos meteorológicos serán distintos según el momento del ciclo que se encuentre.

Las diferentes etapas fenológicas del cultivo son afectadas por diversos factores como el genotipo de la planta y el clima. Entre los elementos de este último factor se encuentran la intensidad y tiempo de luz y la temperatura como los que más influyen en las diferentes etapas fenológicas. El conocimiento de la fenología de las plantas permite estudiar la acción de elementos como el clima sobre el comportamiento de las plantas utilizándolas a estas

como indicadores biológicos según señalan Castillo y Castellví (2001), citados por Quillatupa (2009). Es así como el conocimiento adecuado de la fenología de los cultivos permite tomar mejores decisiones agrícolas en cuanto a que fecha sembrar, cosechar; así como las labores agrícolas y el requerimiento de personal según la etapa en la que se encuentre el cultivo, así como también nos permite tomar decisiones de qué tipo de cultivos sembrar en determinadas zonas según los requerimientos agroecológicos.

### **2.3 DESCRIPCIÓN AGRONÓMICA**

**Raíz:** El sistema radicular del frijol Castilla es bastante abundante presentando una raíz pivotante principal con muchas ramificaciones laterales ubicado en los primeros 30 cm del suelo como en la mayoría de los cultivos, pero además presentan abundantes nódulos típico de las leguminosas con la cual fijan el nitrógeno atmosférico. En el sistema radicular se encuentran alojadas bacterias del género *Rhizobium* que establecen una relación de simbiosis con la planta para fijar nitrógeno atmosférico que utilizan para su nutrición según lo indica (Aspromor, 2012).

Armendiz et al 2003, Agronet (2010). Menciona que el frijol castilla es una planta con un sistema radicular bastante desarrollado y cuenta con una gran raíz principal y abundante raíces secundarias que se encuentran principalmente en los primeros 30 cm del suelo.

**Tallo principal:** El frijol Castilla puede tiene un tallo principal de crecimiento erecto; además pueden presentar pelos cortos y largos o ser glabros (Aspromor, 2012; Huamán, 2019).

**Ramas:** Tiene un número variado de ramas secundarias las cuales tienen un menor diámetro que el tallo principal. Estas comienzan a desarrollarse cuando las plantas presentan de 3 a 4 nódulos en el tallo principal. Estas ramas son de vital importancia para la producción de vainas (Aspromor, 2012; Huamán, 2019). Es así que una planta con una buena ramificación puede tener un mejor rendimiento.

**Hojas:** Las leguminosas, como el frijol castilla, tienen una germinación del tipo epigea; es decir las primeras hojas son los cotiledones que presentan forma acorazonada que tiene la función de brindar las reservas iniciales a la plántula y luego de unos días pierden su función y son reemplazada por las hojas verdaderas, los folíolos según indica (GUAMÁN, *et al.*, 2004). La forma de este tipo de hojas puede ser lanceolada, ovalada o lineal siendo su orientación del tipo plano; además el área foliar se incrementa con el desarrollo de la planta.

Debido al abundante follaje que desarrolla la planta este frijol también puede emplearse como abono orgánico mejorando el contenido de materia orgánica del suelo, así como también puede emplearse como forraje para el ganado.

**Inflorescencia y flor:** Las flores pueden ser de diferentes colores según la variedad es así que se tiene flores blancas, blancas con manchas moradas, moradas o amarillas. Los 5 pétalos que la forman reciben nombres específicos es así que tienen un estandarte, dos alas y dos pétalos soldados que en conjunto forman la quilla (Aspromor, 2012; Huamán, 2019). Las flores del frijol castilla son autógamas; es decir hermafroditas, presentando un máximo de 5 % de polinización cruzada debido al viento e insectos (Aspromor, 2012; Huamán, 2019).

**Fruto:** Es una vaina que puede alcanzar un tamaño de 10 a 25 cm de longitud siendo recta o encorvada. Cada vaina puede contener de 6 a 21 granos siendo bastante variable según el grado de polinización y manejo del cultivo. Las vainas pueden presentar un color verde o presentar ligeras manchas purpuras en la sutura y valvas. Están valvas pueden formar un ángulo de 30 a 90° con el pedúnculo. Dentro de las vainas se encuentran las semillas que pueden tardar entre 20 a 25 días para desarrollarse (Aspromor, 2012; Huamán, 2019). Este tiempo de desarrollo depende de las condiciones climáticas que se presentan durante esa etapa de desarrollo.

**Semilla:** La semilla tiene forma de riñón, tiene la superficie lisa y generalmente es de color crema con un ojo negro. Está comprendida de una cubierta o cáscara, los dos cotiledones y un embrión. La semilla contiene altas cantidades de proteínas y almidón lo que la hacen apetecible en la alimentación humana.

## **2.4 FERTILIZACIÓN FOLIAR**

### **2.4.1 Definición**

La fertilización foliar se ha tomado como una práctica estándar para muchos cultivos siendo un tema de investigación tanto bajo condiciones controladas como de campo (Alexander, 1985; Fernández y Brown, 2013) desde su primer registro de uso en las prácticas agrícolas a fines del siglo 19 (Gris, 1843).

La fertilización foliar, hoy en día es una práctica habitual y extendida en todo el mundo y el Perú no es una excepción. La fertilización foliar es una práctica importante; sin embargo, es recomendable usarlo con un objetivo bien definido y tener en cuentas las siguientes

consideraciones: 1) Si el suelo limita la disponibilidad de nutrientes que se han aplicado de forma edáfica y las que naturalmente están en ella; 2) Cuando por diversas condiciones agronómicas, climáticas o alguna otra razón hay una gran pérdida de nutrientes que se aplican al suelo; 3) Cuando, en una etapa crítica del cultivo, la demanda de los nutrientes es mayor a lo que el suelo puede proporcionar y la planta puede absorber. Además, actualmente las aplicaciones foliares también incluyen el uso de reguladores de crecimiento y bioestimulantes agrícolas que deben de ser aplicados en un momento oportuno y con un objetivo bien definido para lograr los resultados esperados. Bajo este escenario es importante determinar el punto medio entre el costo financiero de corregir la deficiencia de uno o unos nutrientes y la eficacia percibida de la fertilización foliar (Fernández, *et al.* 2015).

La fertilización foliar tiene como objetivo de corregir de forma inmediata las deficiencias nutricionales a causa de que el suelo por alguna razón no pueda abastecer en cantidades suficientes o la demanda de la planta es mayor a la absorción. En la fertilización foliar los nutrientes son aplicados directamente al tejido vegetal; sin embargo, la necesidad de aplicar un nutriente foliar puede estar bien definida, pero la determinación de su eficacia puede ser bastante incierta (Fernández, *et al.* 2015).

#### **2.4.2 Factores que influyen en la fertilización foliar**

**a. Rol de la morfología y estructura de la planta:** Cuando se aplica un producto vía fertilización foliar puede ingresar a la hoja a través de diferentes rutas como la cutícula por sí misma, a través de grietas o imperfecciones presentes en la cutícula, o a través de estructuras epidérmicas modificadas como lo son los estomas, tricomas y lenticelas. En la estructura de la hoja la cutícula tiene la función de evitar la pérdida de agua y por lo tanto también es una limitante de la absorción de nutrientes aplicados de manera foliar. Bajo este escenario, la presencia de alguna grieta cuticular o la presencia de estructuras epidérmicas modificadas contribuyen a aumentar la tasa de absorción de nutrientes (Fernández, *et al.* 2015).

**b. Vías y mecanismos de penetración:** En las secciones siguientes se menciona de forma general las vías de penetración superficial más importante de las pulverizaciones con fertilizantes foliares poniendo énfasis en los mecanismos de permeabilidad cuticular y absorción estomática: Permeabilidad cuticular, permeabilidad de compuestos lipofílicos, permeabilidad de electrolitos hidrofílicos, permeabilidad de las estomas y otras estructuras de la superficie de la planta. Para mayor información revisar (Fernández, *et al.* 2015).

### **2.4.3 Descripción general**

Los fertilizantes o biofertilizantes a base de algas marinas promueven la germinación de semillas, incrementan el desarrollo y mejoran el rendimiento de los cultivos. Estos compuestos son bioactivos naturales y solubles en agua (Norrie y Keathley, 2005), citado por Zermeño, A. *et al.* (2015). Los extractos de algas marinas son utilizados de forma líquida y sólida y puede ser aplicado vía foliar o dirigido al suelo como suplementos nutricionales, bioestimulantes o biofertilizantes en la agricultura convencional u orgánica (Hernández et al., 2014), citado por Zermeño, A. *et al.* (2015). A lo largo de la evolución del uso de bioestimulantes y fertilizantes a base de algas marinas se ha desarrollado una serie amplia de investigaciones en donde se ha encontrado que estos compuestos aportan múltiples beneficios a la planta como compuestos vitamínicos, minerales, hormonas reguladoras de crecimiento, compuestos orgánicos (aminoácidos), coloides, ácido algínico y manitol, ayuda a la retención de la humedad, superación al estrés abiótico y biótico, mejora de procesos fisiológicos y metabólicos, entre otros.

#### **a. Las algas marinas**

Las algas son organismos fotosintetizadores de una organización sencilla pertenecientes al reino protista. Viven en el agua como ríos, lagunas y el océano siendo la fuente principal de las algas empleadas en la agricultura.

El uso de las algas marinas en la agricultura se remonta al siglo XX en donde los habitantes de los pueblos costeros recogían las algas que eran arrastradas por la marea para llevarlas a sus campos agrícolas en donde lo incorporaban a sus terrenos agrícolas observando efectos beneficiosos en sus cultivos y en el suelo (Lembi. C., 1988; Lopez, I. 2020).

En la agricultura moderna las algas marinas ocupan un lugar importante en las estrategias de manejo del cultivo. Estos compuestos son reconocidos como bioestimuladores vegetales de origen natural y sus beneficios son múltiples tales como: Promoción del crecimiento vegetal, aumenta la fotosíntesis, estimula la absorción de nutrientes, mejora la floración, incrementa los rendimientos y calibre de las frutas, ayuda a la producción de hormonas vegetales y regula aquellas que causan la senescencia (Etileno, ácido abscísico), extienden la vida anaquel de las frutas y además aplicado junto a plaguicidas actúan como coadyuvantes mejorando la penetración en la hoja. Con el avance de las investigaciones se ha encontrado que las algas marinas también estimulan la inducción de resistencia a enfermedades y plagas

agrícolas, así como mejorar la respuesta a diferentes tipos de estrés abiótico y bióticos. Renuka (2018) citado por Lopez (2020) señala que las algas verdes y las cianobacterias están involucradas en la producción de metabolitos secundarios tales como hormonas vegetales (Auxinas, citoquininas, giberelinas) polisacáridos (Manitol, sorbitol, entre otros), compuestos antimicrobianos, entre otros, que juegan un papel importante en la fisiología de plantas y en la proliferación de comunidades microbianas en el suelo. Además, estos compuestos también influyen en la inducción de la resistencia al ataque de patógenos e insectos plaga.

Las algas marinas no solo tienen un efecto benéfico aplicado de manera foliar. Cuando se aplica extractos de algas marinas al suelo se estimula una mayor actividad de microorganismos por el aporte de materia orgánica y carbono, induce una mayor disponibilidad de nutrientes al mejorar la capacidad de intercambio catiónico del suelo lo que favorece su absorción, reduce la compactación aumentando los poros del suelo lo que favorece su aireación y además también se mejora la capacidad de retención del agua (Selvaraj *et al.*, 2004; Khan *et al.*, 2009; Zermeño, A. *et al.* 2015). El aporte de algas marinas al suelo promueve un mejor desarrollo radicular no solo por las hormonas que tienen, sino también por el aporte de materia orgánica que promueve una mayor diversidad de microorganismos del suelo mejorando el microbioma lo que también estimula el crecimiento radicular, además de aumentar su resistencia al ataque de diversos patógenos.

#### **b. Importancia de las algas marinas en la agricultura**

El uso de algas marinas en la agricultura se ha extendido a nivel mundial. Diversos estudios han demostrado que el contenido de clorofila y la capacidad fotosintética son más altos en plantas tratadas con extracto de algas marinas con aplicaciones foliares y al suelo (Spinelli *et al.*, 2009; Thirumaran *et al.*, 2009; Sunarpi *et al.*, 2010; Bai *et al.*, 2011; Kumari *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2014). Sabir *et al.* (2014), citado por Zermeño, A. *et al.* (2015), observaron que la aplicación de algas marinas a base de *Ascophyllum nodosum* incrementó el rendimiento y calidad de los frutos de la vid. Por el mismo camino, actualmente existen una diversidad de productos bioestimulantes foliares a base de extractos de diferentes tipos de algas marinas que aportan herramientas valiosas en el manejo de los cultivos frente a un escenario de cambio climático, aumento de temperaturas y radicación; así como a la escases de agua de calidad para los riegos que incrementan los factores de estrés que pueden reducir

el rendimiento de los cultivos, pero el empleo de estas sustancias a base de algas marinas han dado resultados bastante positivos en mitigar estos impactos negativos.

### **c. Utilización de las algas marinas como fertilizantes**

Russo y Berlyn, (1990), afirman que los bioestimulante de origen orgánico, como las algas marinas, mejoran el crecimiento de la raíz y los brotes promoviendo un mejor desarrollo vegetativo y reproductivo de los cultivos. Como se ha mencionado anteriormente las algas marinas ayudan a incrementar la resistencia al estrés (tanto biótico como abiótico), reduciendo y previniendo los daños causados por los radicales libres de oxígeno que se generan en las células a consecuencia de un estrés (Zhang, 1997; Zhang y Schmidt, 1997). Estos radicales libres son productos de habituales del metabolismo celular, pero cuando existen un factor estresante se incrementa exponencialmente las cantidades producidas siendo el mecanismo de barrido incapaz de dar una respuesta efectiva para evitar daños a nivel celular. En estas condiciones de estrés para el barrido de radicales libres la planta dispone de mecanismos enzimáticos y no enzimáticos, la aplicación de algas marinas favorece el segundo mecanismo disminuyendo considerablemente el daño en las membranas celulares a causa de los radicales libres.

Las auxinas y citoquininas son hormonas vegetales ampliamente conocidas con funciones claves en la planta promoviendo su crecimiento y desarrollo. Se sabe que las auxinas estimulan el desarrollo radicular y la dominancia apical; mientras que las citoquininas estimulan la división celular, la morfogénesis y aumenta la eficiencia fotosintética en condiciones de estrés (Zhang y Ervin, 2004). El aporte de algas marinas aplicados de manera foliar o al suelo es importante por las cantidades de hormonas que tienen y a su vez por estimular que la planta genere las propias. Además, los bioestimulantes a base de algas marinas contribuyen a un mejor equilibrio hormonal en la planta, ya que no basta la sola presencia de una hormona para tener efectos positivos sino el equilibrio y su interacción con otras. Las algas marinas son reconocidas como “bioestimuladores de las plantas”.

Ellos inducen respuestas fisiológicas en las plantas, tales como un mejor crecimiento vegetal, mayor floración, cuajado y rendimiento, estimula la calidad mejorando el contenido nutricional de las cosechas; además de prolongar la vida postcosecha y favorecer la tolerancia a un amplio rango de estrés abiótico (López, *et al* 2020).

Los extractos de algas marinas (SE) son un tipo de bioestimulante extraído de las algas marinas (especialmente las algas pardas) que pueden promover el crecimiento de los cultivos, mejorar la calidad de los cultivos y mejorar la resistencia al estrés de los cultivos. Los SE contienen principalmente hormonas naturales, como auxina, citoquinina, giberelina, ácido abscísico y otras sustancias activas como polisacáridos de algas, alcohol de azúcar, betaína y compuestos fenólicos (Crouch y van Staden, 1993; Jardín, 2012; Battacharyya et al., 2015), que se han utilizado en la agricultura durante muchos años (Friedlander y Ben-Amotz, 1990; Mukherjee y Patel, 2020). Los estudios han demostrado que los SE fueron beneficiosos para la mejora del suelo y el crecimiento de los cultivos. Se encontró que los recuentos de colonias en el suelo y las actividades metabólicas de los microbios del suelo aumentaron después de las aplicaciones de SE, lo que contribuyó a aumentar el crecimiento de las raíces y los brotes de las plantas (Alam et al., 2013). citados por (Chen, D. 2021).

## **2.5 IMPORTANCIA DE LOS MICRONUTRIENTES EN LAS PLANTAS**

Kyrkby, E. y Romheld, V. (2007) señalan que recientemente el interés específico por los micronutrientes ha crecido por parte de los especialistas en nutrición y fisiología vegetal. A diferencia de los macronutrientes que cumplen más un rol estructural, los micronutrientes tienen funciones más específicas como parte o activador de una enzima, catalizadores metabólicos o transportadores de electrones. Estos compuestos son fundamentales para el crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas y su importancia sigue siendo bastante investigado por haber aún mucho por descubrir y explicar. Esta gran importancia de los micronutrientes los coloca en una posición interesante para su investigación sobre el rol que cumplen estos compuestos en la fisiología y metabolismo de la planta.

### **2.5.1 Funciones de los micronutrientes de las plantas**

Los micronutrientes tienen un papel diferente en el crecimiento y metabolismo de las plantas. A diferencia de los macronutrientes su contenido en los tejidos vegetales es bastante más bajas lo que podría implicar que cada uno de estos tengan un papel diferente como constituyentes de los grupos protéticos en las metaloproteínas y como activadores de reacciones enzimáticas (Kyrkby E. y Romheld V.; 2007).

### **a. Hierro (Fe)**

El Fe es un elemento esencial en la nutrición vegetal. Los síntomas iniciales de deficiencia aparecen como clorosis (amarillamiento) en las hojas jóvenes debido a que este elemento es poco móvil dentro de la planta. Los síntomas aparecen en los bordes de las nervaduras mientras estas permanecen verdes a diferencia de un fondo verde claro o amarillo de la hoja. El 80% del Fe de las hojas está localizado en los cloroplastos por lo que no es sorpresa que la deficiencia de este elemento afecte la estructura de estos organelos (Kyrkby E. y Romheld V. 2015) lo que afecta directamente la capacidad fotosintética de la planta disminuyendo la cantidad de fotoasimilados y aumentando la producción de radicales libres de oxígeno a consecuencia del estrés y a la disminución de la actividad de la enzima Fe-Superóxido dismutasa.

### **b. Manganeso (Mn)**

El papel más conocido, documentado y estudiado del Mn en las plantas es reacción de Hill que es la quiebra de la molécula de agua en el proceso de la fotosíntesis en donde se produce el oxígeno que se libera al medio ambiente. Su deficiencia leve afecta directamente el proceso de fotosíntesis y por consiguiente la producción de carbohidratos (Fotoasimilados), pero aportes foliares o edáficos de este elemento corrige la deficiencia volviendo activar la fotólisis y con ello la evolución del oxígeno en la fotosíntesis. En cambio, una deficiencia severa de este elemento puede ocasionar un colapso de la estructura de los cloroplastos siendo esta condición irreversible. Así como la evolución del oxígeno, la deficiencia de Mn afecta la fotofosforilación y la reducción del CO<sub>2</sub>, nitrito y sulfito. El nitrito acumulado puede controlar el nitrato reductasa de modo que el nitrato se acumula como se observa algunas veces en plantas con deficiencia de Mn. (Kyrkby E. y Romheld V. 2015).

### **c. Cobre (Cu)**

Existen varias proteínas que contiene cobre y desempeñan un papel fundamental en diferentes procesos tales como la fotosíntesis, respiración, desintoxicación de radicales superóxidos (A través de la enzima Cu-Superóxido dismutasa) y lignificación; además el papel del Cu en el metabolismo secundario es importante e la producción de fitoalexinas y la formación de lignina que actúa como barrera mecánica al ingreso de patógenos (Kyrkby E. y Romheld V. 2015).

Una deficiencia de este elemento puede causar la reducción drástica en la actividad de las enzimas polifenol oxidasa, ascobarto oxidasa y diamino oxidasa; además de afectar el

transporte de electrones debido a que el Cu forma parte de la plastocianina, disminuyendo así la fijación de CO<sub>2</sub> con lo que se reduce el contenido de fotosintatos (Sacarosa) y almidón lo que afecta la acumulación de materia seca en las plantas.

#### **d. Molibdeno (Mo)**

En la actualidad, solo se han encontrado dos enzimas que contienen Mo en las plantas superiores: El nitrato reductasa y la nitrogenasa (Presente en las leguminosas noduladas) por lo que su presencia en la planta es fundamental en el metabolismo del nitrógeno permitiendo la síntesis de aminoácidos esenciales y proteínas. Las enzimas que contienen Mo se pueden describir como proteínas multicentro de transferencia de electrones (Kyrkby E. y Romheld V. 2015).

#### **e. Zinc (Zn)**

A diferencia del Fe, Mn, Cu y Mo, el Zn es un elemento de transición que no está sujeto a cambios de valencia y está presente en las plantas solamente con Zn (II) (Kyrkby E. y Romheld V. 2015). El zinc está relacionado como piensa fundamental al barrido de radicales libres de oxígeno, así como a la síntesis de auxinas y giberelinas por lo que su deficiencia puede causar daños en la membrana celular y provocar entrenudos cortos y arrosetados en diferentes cultivos. El Zn también es requerido para el crecimiento generativo y la viabilidad del polen es altamente dependiente de este elemento (Sharma et al., 1990).

#### **f. Boro (B)**

Las funciones en la que participa el boro son diversas como: El transporte de azúcares, lignificación y estructuración de la pared celular, metabolismo de los carbohidratos y del ARN, respiración, metabolismo del AIA, metabolismo de los fenoles, función de la membrana, fijación de N<sub>2</sub>, metabolismo de ascorbato y disminución de la toxicidad del Al (Kyrkby E. y Romheld V. 2015). Un adecuado suministro de B en las plantas favorece la polinización y el cuajado de frutos; así como a la formación de semillas y fortalecimiento de la pared celular.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIALES**

##### **3.1.1 Ubicación del campo experimental**

El presente experimento se realizará en el Centro poblado de Hatillo, distrito de Chancay, provincia de Huaral departamento de Lima- Perú.

Altitud	:	58 msnm.
Latitud	:	-11.464723752113334
Longitud	:	-77.31737400424642
Departamento	:	Lima
Provincia	:	Huaral
Distrito	:	Chancay

##### **3.1.2 Características del suelo**

El análisis del suelo se hizo en el laboratorio de análisis de suelo y agua de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para la cual se realizó un muestreo al azar del área de investigación en estudio obteniendo una muestra representativa. Los resultados se presentan en la tabla 1.

Los resultados obtenidos del análisis del suelo del campo experimental nos indica que el suelo es de textura Arenosa, con baja retención de humedad, baja permeabilidad con velocidad de infiltración moderada a baja y alta aireación, el suelo es ligeramente alcalina (7.19) con un porcentaje moderado de  $\text{CaCO}_3$  (4.77%), el cual no afecta al cultivo de frijol. La conductividad eléctrica del suelo (0.68 dS/m) indica baja salinidad estando dentro de los parámetros tolerables para desarrollo del cultivo de frijol, por otro lado, el contenido de materia orgánica (0.63 %) es baja.

**Tabla 1: Análisis físico-químico del suelo campo experimental**

pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> (%)	M.O. (%)	P (ppm)	K (ppm)	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma De cationes	Suma De Bases	% Sat. De Bases
						Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
<b>7.19</b>	<b>0.68</b>	<b>4.77</b>	<b>0.63</b>	<b>55.7</b>	<b>228</b>	<b>89</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>A.</b>	<b>4.00</b>	<b>1.94</b>	<b>1.13</b>	<b>0.79</b>	<b>0.13</b>	<b>0.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Laboratorio de análisis de suelos, planta, agua y fertilizantes UNALM.

A= Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr. A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr. L. = Franco Limoso; L. = Limoso; Fr. Ar. A. Franco Arcillo Arenoso; Fr. Ar. = Franco Arcilloso; Fr. Ar. L. = Franco Arcillo Limoso; Ar. A. = Arcillo Arenoso; Ar. L. = Arcillo Limoso; Ar. = Arcilloso.

### 3.1.3 Características del Agua de riego

El agua usada en el campo experimental proviene del canal de riego del centro poblado Hatillo, el mismo que se usa para riego de todos los campos de la zona, para el análisis se colectó una muestra de un litro de agua en una botella de plástico, este fue analizado en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua, Fertilizantes del Departamento de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de La Molina. En la tabla 2 se detalla los resultados obtenidos.

**Tabla 2: Análisis de agua de riego**

<b>Componentes</b>	<b>Valor</b>
pH	7.10
C.E.	0.91 dS/m
Calcio	2.21 meq/L
Magnesio	0.72 meq/L
Potasio	0.26 meq/L
Sodio	5.96 meq/L
SUMA DE CATIONES	0.00
Nitratos	0.09 meq/L
Carbonatos	0 meq/L
Bicarbonatos	4.28 meq/L
Sulfatos	3.34 meq/L
Cloruros	1.5 meq/L
SUMA DE ANIONES	0.00
Sodio	0.65
RAS	4.93
Boro	0.63 ppm
Clasificación	C3-S1

**Fuente:** Laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes UNALM. 2021

### 3.1.4 Características climatológicas de la zona

Los datos meteorológicos fueron tomados de la estación meteorológica del Senamhi correspondiente a los meses de febrero hasta mediados de mayo del 2021 cuando se llevó a cabo este trabajo de investigación. La tabla 3 nos muestra los datos meteorológicos como temperatura máxima y mínima, humedad relativa y precipitación las cuales mostraron variaciones quincenales. Temperatura máximo y mínimo oscilaron entre 15.13 °C a 29.92 °C. Humedad relativa entre 86.91 % a 96.13 %, Precipitación de 0 mm/día a 0.10 mm/día.

**Tabla 3: Datos meteorológicos de la zona de investigación**

MES (2021)	TEMPORADA	TEMPERATURA		HUMEDAD	PRECIPITACIÓN
		(°C)		RELATIVA	(MM/DÍA)
		MAX	MIN	(%)	TOTAL
Febrero	Primera quincena	29.92	18.55	89.21	0.02
	Segunda quincena	29.82	17.7	86.91	0
Marzo	Primera quincena	25.13	15.23	92.86	0
	Segunda quincena	22.33	15.13	96.13	0.1
Abril	Primera quincena	28.76	18.09	89.75	0.01
	Segunda quincena	27.54	15.97	90.59	0
Mayo	Primera quincena	25.13	15.23	92.86	0
<b>PROMEDIO</b>	-	<b>26.95</b>	<b>16.56</b>	<b>91.19</b>	<b>0.02</b>

Fuente: Estación meteorológica SENAMHI.

### 3.1.5 Sistema de riego

El riego en el campo de cultivo de realizó por gravedad cada 7 días según el turno de agua de la zona.

### 3.1.6 Fertilización

La fertilización aplicada por el agricultor fue edáfica y según las prácticas habituales de los agricultores locales.

Siendo la siguiente: 

84 N – 52 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 60 K <sub>2</sub> O
---

### 3.1.7 Características de los productos en prueba

#### a. Almarin:

El producto comercial que se usó en el presente estudio es de la casa comercial Silvestre Perú S.A.C., el cual cuenta con las siguientes características:

Producto	: ALMARÍN
Composición	: Extracto de algas: <i>Ecklonia máxima</i> : 25.0 % p/p <i>Laminaria digitata</i> : 75.0 % p/p
Formulación	: Concentrado Soluble - SL
Clase de uso	: Bioestimulante

#### Características

ALMARÍN es un es un producto concentrado a base de extractos de algas marinas de las especies *Ecklonia máxima* y *Laminaria digitata*. Esta combinación sinérgica estimula un mayor desarrollo radical y aéreo de la planta, ayudándole a sobreponerse a distintas situaciones de estrés; por otra parte, favorece el crecimiento del tubo polínico, cuajado y desarrollo de frutos, mejorando el tamaño y calidad de los frutos en una amplia gama de cultivos.

ALMARÍN, por su alto contenido de *Ecklonia maxima*, proporciona a las plantas significativa cantidades de precursores de auxinas y citoquininas, las cuales estimulan equilibradamente el desarrollo vegetativo. La presencia de *Laminaria digitata*. potencia aún más el efecto bioestimulante, gracias a que contiene alginatos, manitol, yodo y principalmente laminaranos. Este último, es un polisacárido con efecto elicitor, que se asemeja a un compuesto contenido en las paredes celulares de los hongos patógenos, de modo que los laminaranos actúa en la planta como si fuera una vacuna contra el ataque de estos microorganismos, estimulando mayor síntesis de fitoalexinas.

ALMARÍN, posee alginatos que tiene la propiedad de mejorar la absorción de nutrientes de los fertilizantes foliares cuando son aplicados en mezcla; teniendo a su vez, un efecto amortiguador al golpe de estrés que producen los pesticidas. Finalmente, es importante mencionar que este producto emplea la tecnología de bio-disponibilidad avanzada (eba), la cual utiliza materias primas y coadyuvantes avanzados que aseguran la óptima absorción y performance en el cultivo.

La dosis recomendada para Frijol es de 1.0 a 2.0 Litros por hectárea, y 0.5 litros por cilindro de 200 Litros.

El momento de aplicación recomendada es a partir de 4 hojas verdaderas.

#### **b. Microsil:**

El producto comercial que se usó en el presente estudio es de la casa comercial Silvestre Perú S.A.C., el cual cuenta con las siguientes características:

Producto: MICROSIL

Composición:

Hierro (Fe)	:2.60 % p/v
Zinc (Zn)	: 2.60 % p/v
Manganeso (Mn)	: 1.95% p/v
Boro (B)	: 0.99% p/v
Cobre (Cu)	: 0.33% p/v
Molibdeno (Mo)	: 0.033 % p/v
Magnesio (MgO)	: 1.32 % p/v
Azufre (S)	: 1.85 % p/v

Formulación: Suspensión concentrada

Clase de uso: Fertilizante foliar

#### **Características**

MICROSIL, es un fertilizante foliar en suspensión concentrada que contiene MICRONUTRIENTES esenciales quelatados (con EDTA), magnesio y azufre, cuya acción conjunta logra un metabolismo equilibrado de la planta, durante la fotosíntesis, respiración y síntesis de aminoácidos. Este producto funciona con la tecnología biodisponibilidad avanzada (eba), la cual utiliza materias primas y coadyuvantes avanzados que aseguran la óptima absorción y asimilación de nutrientes.

MICROSIL, Por su alto contenido en HIERRO (Fe), juega un papel crucial en los sistemas redox en las células y en diversas enzimas, destacándose como activador enzimático en la síntesis de clorofila. El MANGANESO (Mn) y el COBRE (Cu) son importantes para los sistemas redox, como activadores de diversas enzimas involucradas en el metabolismo de los carbohidratos y proteínas, incluidas las asociadas con la desintoxicación de radicales superóxidos, y para la síntesis de lignina. El ZINC (Zn) también desempeña un papel en la

desintoxicación de los radicales de superóxido, la integridad de las membranas; y la síntesis de proteínas y la fitohormona ácido indol acético (IAA). El BORO (B) es crucial para la integridad de la pared celular y la membrana. El MOLIBDENO (Mo) es importante para el metabolismo del Nitrógeno como componente metálico de las enzimas nitrogenasas (fijación biológica del nitrógeno) y nitrato reductasa. El MAGNESIO (Mg) es un componente vital de la clorofila de las plantas; activa muchas reacciones enzimáticas y participa en síntesis de proteínas, ácidos nucleicos y aceite esenciales. Finalmente, el AZUFRE (S), es importante para la formación de proteínas, aminoácidos, algunas vitaminas y enzimas.

La dosis recomendada para Frijol es de 0.5 a 1.0 Litros por hectárea, y 0.25 – 0.5 litros por cilindro de 200 Litros. El momento de aplicación recomendada es a partir de 5 hojas verdaderas.

## **3.2 METODOLOGÍA**

### **3.2.1 Conducción del campo experimental**

El campo experimental se instaló realizando la siembra en forma directa y manual, por golpes a una sola hilera en costilla de surco, utilizándose 3 semillas por golpe por parcela de 3 surcos cada uno.

### **3.2.2 Tratamientos evaluados**

Los tratamientos que se evaluaron en el presente ensayo se mencionan a continuación.

T0: Testigo

T1: Algas marinas a una dosis de 500 ml/200l

T2: Micronutrientes a una dosis de 500 ml/200l

T3: Algas marinas a una dosis de 1 l/200l

T4: Micronutrientes a una dosis de 1 l/200l

T5: Algas marinas a 500 ml/200l + Micronutrientes a 500 ml/200l

T6: Algas marinas a 1 l/200l + Micronutrientes a 1 l/200l

### 3.2.3 Características del campo experimental

#### • Características de la Parcela:

Número de parcelas	: 28
Número de surcos	: 3
Ancho de parcelas	: 2.15 m
Largo de parcela	: 3.5 m
Distancia entre golpes	: 0.25 m
Distancia entre surcos	: 0.7 m
Numero de semillas entre golpes	: 3
Área de parcela	: 7.5 m <sup>2</sup>
Área total de parcelas	: 210 m <sup>2</sup>

#### • Características del Bloque

Número de bloques	: 4
Número de parcelas por bloque	: 7
Ancho de Bloque	: 2.15 m
Largo de Bloque	: 24.5 m
Distancia entre bloques	: 0.72 m
Área total	: 263.62 m <sup>2</sup>

### 3.2.4 Evaluación de las variables en estudio

En Fresco:

#### a. Número de vainas por planta

Se extrajeron 10 plantas por hilera conteniendo vainas maduras y granos llenos de los cuales se contabilizaron las vainas por planta para cada tratamiento y repetición, obteniendo el promedio para realizar el análisis de datos.

#### b. Número de granos por vaina

Se contabilizó el número de granos por vaina de la muestra representativa de veinte vainas de cada tratamiento, donde se obtuvo un promedio de 8.66 granos por vaina; se tuvo en cuenta todos los granos indiferentes al tamaño.

### **c. Número de lóculos por Vaina**

Al retirar las veinte vainas de las plantas también se contabilizaron el número de lóculos por vaina incluso las que no contenían granos, donde se obtuvo un promedio de 10.51 lóculos por vaina.

### **d. Peso de 100 granos de semillas**

Se tomó al azar cien semillas por tratamiento para tomar y registrar el peso fresco y seco, donde se obtuvo un promedio de 40.75 gramos por 100 semillas.

### **e. Índice de cosecha**

De 10 plantas al azar por tratamiento se pesó la planta completa en seco y los granos a 70° C por tres días, estableciéndose una relación de peso seco de granos sobre peso seco total de planta. Se registró para cada una de las parcelas experimentales. Se obtuvo un promedio de 0.42 % de índice de cosecha.

### **f. Altura de planta (cm)**

Se determinó la altura de las diez plantas al final del periodo de crecimiento, inmediatamente antes de la cosecha obteniéndose 20.29 cm de promedio, considerando altura de planta a la distancia entre el ápice de la guía principal y la superficie del suelo (cuello de planta).

### **g. Longitud de Vainas (cm)**

Se determinó la longitud de las 20 vainas de las plantas extraídas al azar de cada tratamiento en estudio. Las medidas se tomaron desde el final del peciolo hasta el ápice.

En seco:

### **h. Materia seca de hojas:**

Se extrajo las hojas frescas de dos plantas por tratamiento de 100 g y se llevó a estufa a 70°C por tres días. Para el cálculo de la materia seca, obteniéndose un promedio de 12.35%.

### **i. Materia seca de tallos**

Se extrajo los tallos frescos de dos plantas por tratamiento de 100 g y se llevó a estufa a 70°C por tres días. Para el cálculo de la materia seca, obteniéndose un promedio de 15.27%.

### **j. Materia seca de frutos**

Se extrajo los frutos frescos de dos plantas por tratamiento de 100 g y se llevó a estufa a 70°C por tres días. Para el cálculo de la materia seca, obteniéndose un promedio de 39.24%.

### **k. Rendimiento por hectárea**

En la cosecha, se tomó el total de vainas de 10 plantas y se procedió a retirar los granos para pesarlos. Con el peso obtenido y el número conocido de plantas por hectárea se calculó el rendimiento de cada tratamiento.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 NÚMERO DE VAINAS**

Las algas marinas incrementan considerablemente el crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas mejorando la actividad de enzimas claves en el cultivo, así como la producción de hormonas vegetales lo que aumenta el rendimiento y calidad de las cosechas (Abramonte, 2022). Espinoza (2022), afirma que el empleo de las algas marinas en la agricultura podría asegurar una buena calidad, mejores producciones y rendimientos en los cultivos. Así mismo, una serie de bibliografía señala la importancia del rol de los micronutrientes en diferentes procesos metabólicos y fisiológicos de la planta como la fotosíntesis, metabolismo del nitrógeno, respuestas al estrés abiótico y biótico, entre otras importantes funciones.

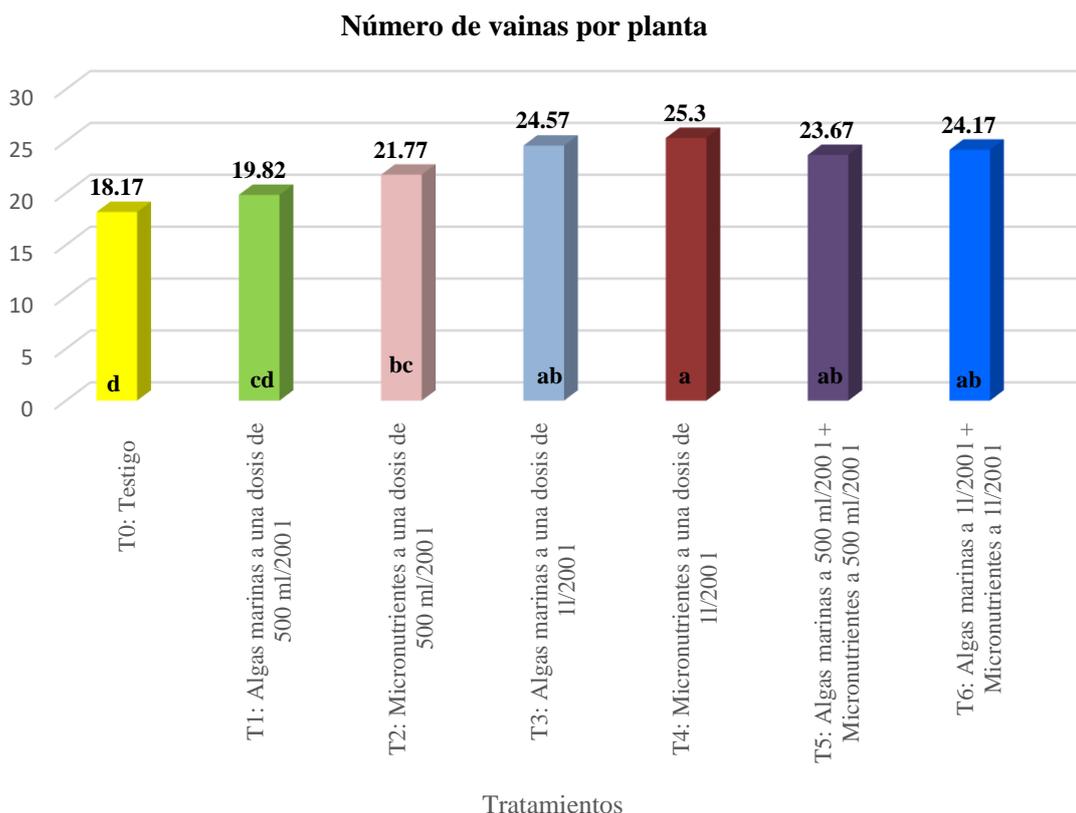
En la Tabla 4 y Gráfico N° 1 se muestra el efecto de la aplicación individual y la aplicación en mezcla de dos dosis de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Se encontró que todos los tratamientos a excepción del T1 (Almarin a 500 ml/200l) mostraron diferencias significativas según la prueba de medias de Tukey con el testigo sin aplicación T0 mientras que en los otros tratamientos se obtuvo un aumento significativo del número de vainas en el frijol castilla indicando un efecto positivo de los productos empleados. Kyrby, y Romheld (2007) señalan que los micronutrientes son vitales para el crecimiento reproductivo de las plantas. Abramonte (2022) encontró que la aplicación de Ferialga incrementó el número de vainas por planta lo que coincide lo encontrado por Vásquez (2021) en donde la aplicación de Aminogol en vainita incrementó el número de vainas. Estos resultados son similares a lo hallado en este trabajo en donde la aplicación de Almarin de forma individual, así como la aplicación en mezcla con diferentes dosis de Microsil aumentaron el número de vainas por planta alcanzando un promedio de 25.3 vainas/planta en el mejor tratamiento T4.

**Tabla 4: Número de Vainas de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) en forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021**

NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA		
T0: Testigo	18.17	<b>d</b>
T1: Algas marinas a una dosis de 500 ml/200l	19.82	<b>cd</b>
T2: Micronutrientes a una dosis de 500 ml/200l	21.77	<b>bc</b>
T3: Algas marinas a una dosis de 1 l/200l	24.57	<b>ab</b>
T4: Micronutrientes a una dosis de 1 l/200l	25.3	<b>a</b>
T5: Algas marinas a 500 ml/200l + Micronutrientes a 500 ml/200l	23.67	<b>ab</b>
T6: Algas marinas a 1 l/200l + Micronutrientes a 1 l/200l	24.17	<b>ab</b>
	<b>Media 22.50</b>	
	<b>CV 5.93</b>	

**Nota:** Letras diferentes indican significancia estadística. C.V.: Coeficiente de variabilidad. Nivel de confianza del 95% según la prueba de comparación de medias de Tukey.

En la Fig. 1 se muestra el efecto de la aplicación individual y la aplicación en mezcla de dos dosis de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Se encontró que todos los tratamientos a excepción del T1 (Almarin a 500 ml/200l) mostraron diferencias significativas según la prueba de medias de Tukey con el testigo sin aplicación (T0) mientras que en los otros tratamientos se obtuvo un aumento significativo del número de vainas en el frijol castilla indicando un efecto positivo de los productos empleados. Kyrby, E. Romheld, V. (2007) señalan que los micronutrientes son vitales para el crecimiento reproductivo de las plantas. Abramonte (2022) encontró que la aplicación de Ferialga incrementó el número de vainas por planta lo que coincide lo encontrado por Vásquez (2021) en donde la aplicación de Aminogol en vainita incrementó el número de vainas. Estos resultados son similares a lo hallado en este trabajo en donde la aplicación de Almarin de forma individual, así como la aplicación en mezcla con diferentes dosis de Microsil aumentaron el número de vainas por planta alcanzando un promedio de 25.3 vainas/planta en el mejor tratamiento (T4).



**Figura 1: Número de Vainas de frijol castilla (*Vigna unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021**

El aumento en el número de vainas en los tratamientos donde se aplicó Almarín y Microsil de forma individual y en mezcla se debe a que la composición de esos productos actúa a nivel fisiológico y metabólico de la planta incremento procesos vitales como la fotosíntesis y aprovechamiento del agua lo que da como respuesta una planta más vigorosa y con mayor capacidad productiva.

#### **4.2 NÚMERO DE GRANOS POR VAINA**

El número de granos por vaina hace referencia a la cantidad de granos que contiene una vaina. Esta variable está dominada por factores genéticos por lo cual solo es posible alterarlo debido a una serie de condiciones ambientales a lo largo del desarrollo del cultivo Hernández y Barquero (2003). El número de granos por vaina junto al número de vainas por planta definen en su mayoría el rendimiento del frijol castilla. Esto no coincide con lo reportado por Abramonte (2022) que con la aplicación de Fertilga incrementó el número de granos por vaina de forma significativa superando al tratamiento sin aplicación. En el presente ensayo se obtuvo resultados variables en donde solo los tratamientos T5 y T6 lograron

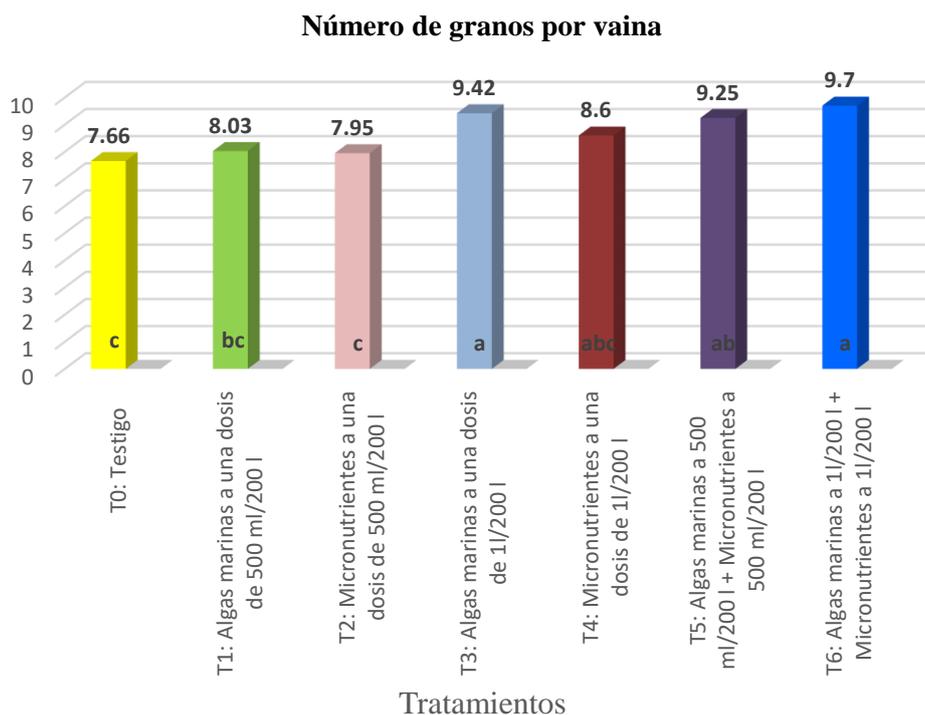
diferencias significativas según la prueba de medias de Tukey respecto al testigo T0 incrementando el número de granos por vaina (Tabla 5, Fig. 2). Es sabido que el rendimiento de frijol está dado básicamente por el número de vainas por planta y el número de granos por vaina.

La aplicación de micronutrientes (Microsil) ayuda al proceso de polinización al tener en su composición elementos como el zinc y el boro que contribuyen a la germinación y crecimiento del tubo polínico por lo que se puede esperar una mayor cantidad de granos por vaina. Por otro lado, Almarin (Algas marinas) contribuyen al buen desempeño fisiológico y metabólico del cultivo aportando energía y promoviendo la formación de hormonas vegetales y contribuyendo a un buen equilibrio fisiológico lo que se traduce en un adecuado proceso de floración, polinización y formación de granos.

**Tabla 5: Número de granos por vaina de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021**

NÚMERO DE GRANOS POR VAINA		
T0: Testigo	7.66	<b>c</b>
T1: Algas marinas a una dosis de 500 ml/200l	8.03	<b>bc</b>
T2: Micronutrientes a una dosis de 500 ml/200l	7.95	<b>c</b>
T3: Algas marinas a una dosis de 1 l/200l	9.42	<b>a</b>
T4: Micronutrientes a una dosis de 1 l/200 l	8.6	<b>abc</b>
T5: Algas marinas a 500 ml/200l + Micronutrientes a 500 ml/200l	9.25	<b>ab</b>
T6: Algas marinas a 1 l/200l + Micronutrientes a 1 l/200l	9.7	<b>a</b>
<b>Media</b>	<b>8.66</b>	
<b>CV</b>	<b>6.17</b>	

**Nota:** Letras diferentes indican significancia estadística. C.V.: Coeficiente de variabilidad. Nivel de confianza del 95%. Se usó prueba de comparación de medias Tukey.



**Figura 2: Número de granos de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021**

### 4.3 NÚMERO DE LÓCULOS POR VAINA

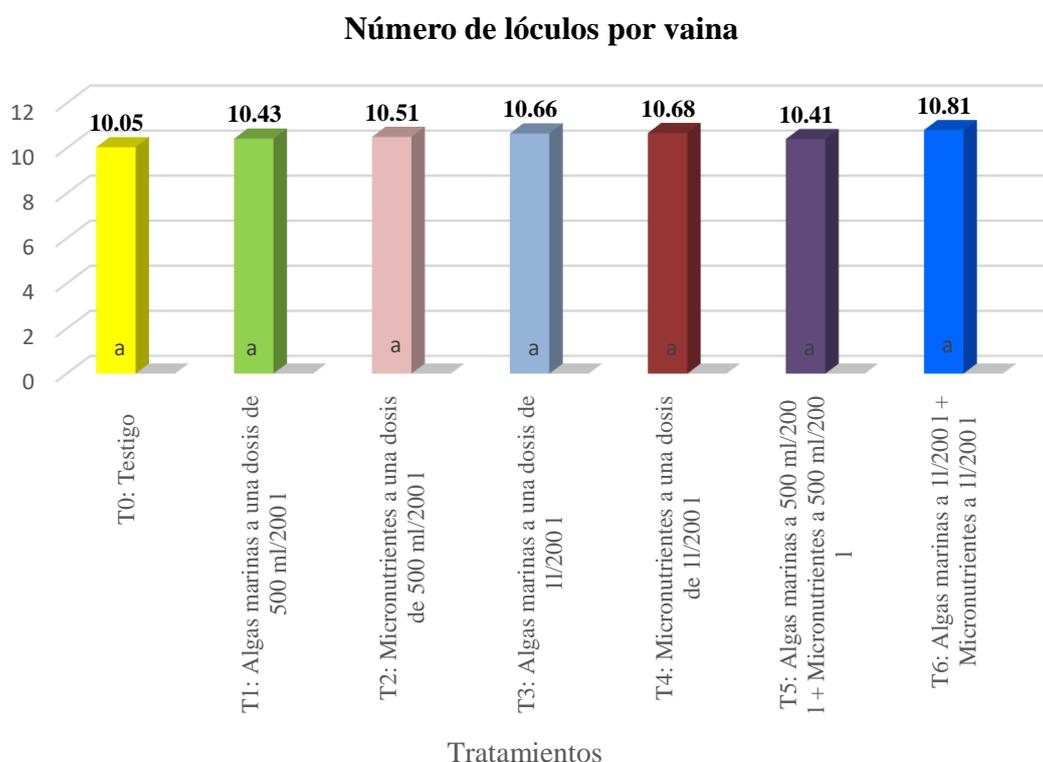
El número de lóculos por vaina es un indicador del rendimiento potencial del cultivo de frijol. Sin embargo, este está determinado por factores genéticos siendo vital la calidad de la semilla empleada. Hernández y Barquero (2003) nuevamente mencionan que esta variable está dominada por condiciones genéticas de cada variedad pudiéndose alterar solo con la interacción de diferentes condiciones ambientales presentes en el tiempo que dura el cultivo en campo.

En las evaluaciones realizadas en campo no se encontró diferencias significativas según la prueba de medias de Tukey entre los tratamientos aplicados (Tabla 6) y el tratamiento testigo T0 confirmando lo indicado por la bibliografía que esta variable está determinada por factores genéticos (Fig. 3). Sin embargo, el número de lóculo encontrado en el tratamiento T0 fue de 10.05 mientras que el tratamiento T6 presentó 10.81 lóculos por vaina. La media encontrada fue de 10.51 lóculos por vaina y el coeficiente de variación fue de 7.21% según la prueba de medias de Tukey, indicando la baja variabilidad del número de lóculos por vaina confirmando lo anteriormente mencionado Hernández y Barquero (2003).

**Tabla 6: Número de lóculos de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021**

NÚMERO DE LOCULOS POR VAINA			
T0: Testigo		10.05	<b>a</b>
T1: Algas marinas a una dosis de 500 ml/200l		10.43	<b>a</b>
T2: Micronutrientes a una dosis de 500 ml/200l		10.51	<b>a</b>
T3: Algas marinas a una dosis de 1 l/200l		10.66	<b>a</b>
T4: Micronutrientes a una dosis de 1 l/200l		10.68	<b>a</b>
T5: Algas marinas a 500 ml/200l + Micronutrientes a 500 ml/200l		10.41	<b>a</b>
T6: Algas marinas a 1 l/200l + Micronutrientes a 1 l/200l		10.81	<b>a</b>
	<b>Media</b>	<b>10.51</b>	
	<b>CV</b>	<b>7.21</b>	

**Nota:** Letras iguales indican que no hubo significancia estadística. C.V.: Coeficiente de variabilidad. Nivel de confianza del 95%. Se usó prueba de comparación de medias Tukey.



**Figura 3: Número de lóculos de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021**

#### 4.4 PESO DE 100 SEMILLAS (g)

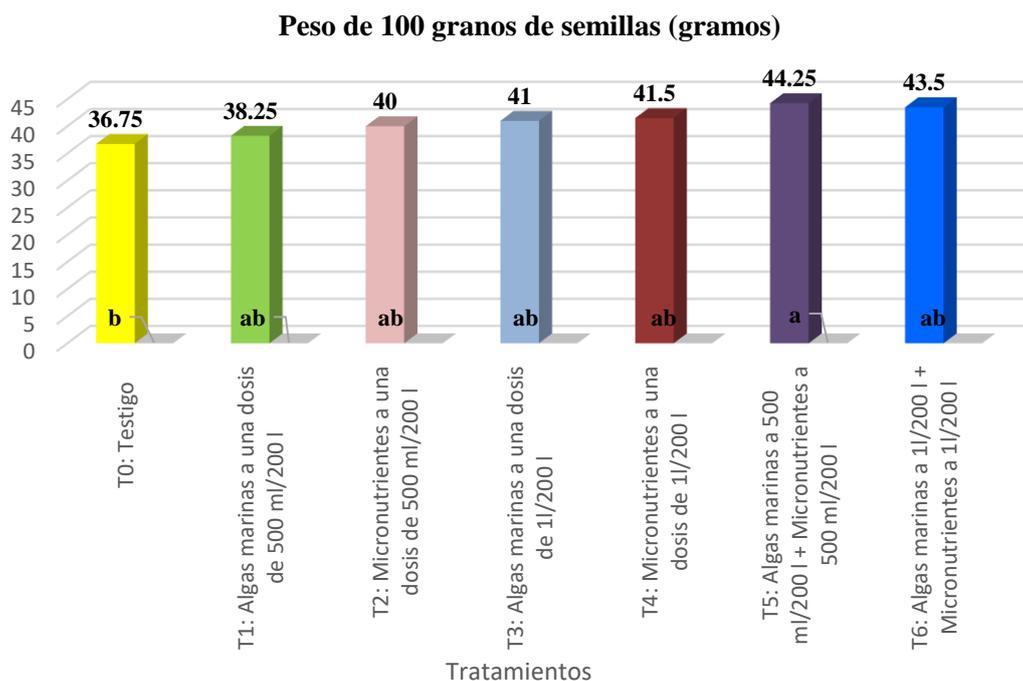
La variable, peso de cien semillas está influenciada por factores como: luz, humedad, nutrición y espacio, los que establecen que no demore el crecimiento de partes de los órganos de la flor, obteniendo mejores resultados en el desarrollo y cuajado de grano con mayor peso. Este componente es hereditario y se adquiere como indicador en el que ejecuta el medio ambiente (Estrada y Peralta 2004, Aleman y Calero, 2021). Pasco (2019) encontró que el peso de cien semillas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L. var cápsula) aumentó significativamente al aplicar diferentes fuentes bioestimulantes a base de algas marinas en donde el tratamiento testigo ocupó el último lugar con el peso más bajo de cien semillas (g). Abramonte (2022), encontró que la aplicación de Ferialga en Frijol Loctao (*Vigna radiata*) a diferentes dosis logró diferencias significativas en el peso de cien semillas con el testigo sin aplicación, pero no hubo diferencias entre las diferentes dosis aplicadas del producto en mención.

En el presente estudio se encontró que el único tratamiento que se diferenció significativamente según la prueba de medias de Tukey del testigo (T0) fue el tratamiento T5 con 44.25 g por cien semillas (tabla 7); sin embargo, este tratamiento no mostró diferencias estadísticas con los otros tratamientos aplicados (Fig. 4).

**Tabla 7: Peso de 100 semillas de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021**

PESO DE 100 SEMILLAS (g)		
T0: Testigo	36.75	<b>b</b>
T1: Algas marinas a una dosis de 500 ml/200l	38.25	<b>ab</b>
T2: Micronutrientes a una dosis de 500 ml/200l	40	<b>ab</b>
T3: Algas marinas a una dosis de 1 l/200l	41	<b>ab</b>
T4: Micronutrientes a una dosis de 1 l/200l	41.5	<b>ab</b>
T5: Algas marinas a 500 ml/200l + Micronutrientes a 500 ml/200l	44.25	<b>a</b>
T6: Algas marinas a 1 l/200l + Micronutrientes a 1 l/200l	43.5	<b>ab</b>
	<b>Media</b>	<b>40.75</b>
	<b>CV</b>	<b>7.48</b>

**Nota:** Letras diferentes indican significancia estadística. C.V.: Coeficiente de variabilidad Nivel de confianza del 95%. Se usó prueba de comparación de medias Tukey.



**Figura 4: Peso (g) de 100 semillas de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021**

#### 4.5 ÍNDICE DE COSECHA (IC)

En los resultados obtenidos en campo no se encontró diferencias significativas según la prueba de medias de Tukey entre los tratamientos aplicados y el tratamiento testigo (T0) (Tabla y gráfico N° 5). La media obtenida en esta variable fue de 42% con un máximo de 45% obtenido en el tratamiento T5 y un mínimo de 40% en el tratamiento T3. Según Maqueira (2017) los valores para el frijol del IC normalmente están entre un rango de 50 y 60 %: índices por debajo de estos valores indican una pobre formación de las vainas o semillas en relación al desarrollo total del cultivo. Sin embargo; este parámetro está influenciado por la variedad del cultivo, hábito de crecimiento, manejo agronómico, condiciones agroecológicas, entre otros.

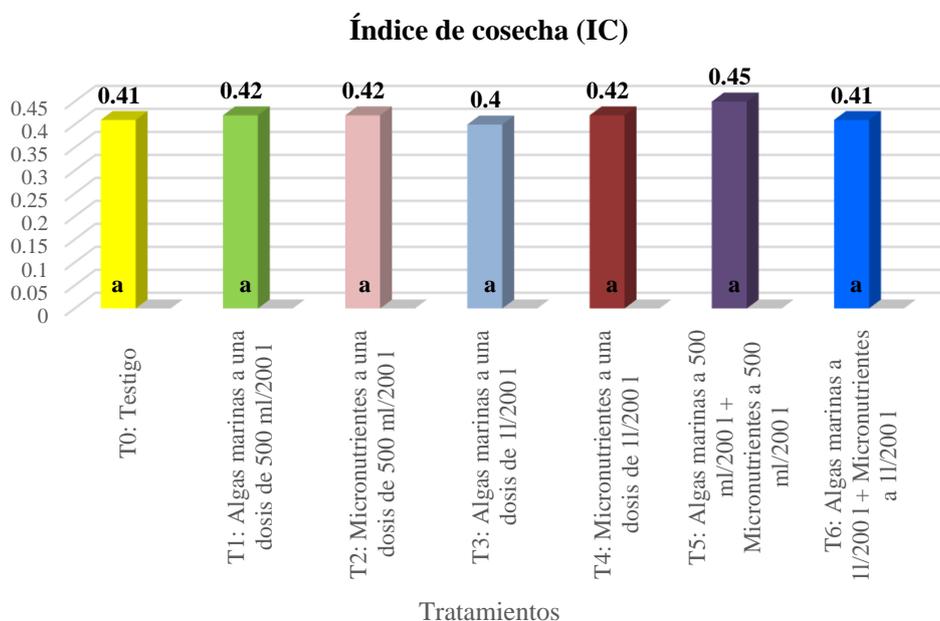
En el presente ensayo las aplicaciones de algas marinas, microelementos de forma individual y combinados a diferentes dosis no influyeron de forma significativa al IC, pese a que en diferentes revisiones bibliográficas se ha encontrado que estos compuestos tienen un impacto positivo en los cultivos mejorando sus parámetros de crecimiento, respuesta al estrés, desempeño fisiológico entre otros parámetros que en resumen incrementan el rendimiento y calidad de los cultivos; sin embargo, las aplicaciones foliares tienen un fin complementario

pudiendo tener respuesta en algunas variables y en otras no según el manejo agronómico del cultivo en el campo (Tabla 8, Fig. 5).

**Tabla 8: Índice de cosecha de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021**

INDICE DE COSECHA (IC)		
T0: Testigo	0.41	<b>a</b>
T1: Algas marinas a una dosis de 500 ml/200l	0.42	<b>a</b>
T2: Micronutrientes a una dosis de 500 ml/200l	0.42	<b>a</b>
T3: Algas marinas a una dosis de 1 l/200l	0.4	<b>a</b>
T4: Micronutrientes a una dosis de 1 l/200l	0.42	<b>a</b>
T5: Algas marinas a 500 ml/200l + Micronutrientes a 500 ml/200l	0.45	<b>a</b>
T6: Algas marinas a 1 l/200l + Micronutrientes a 1 l/200l	0.41	<b>a</b>
<b>Media</b>	<b>0.42</b>	
<b>CV</b>	<b>10.54</b>	

**Nota:** Letras iguales indican que no hubo significancia estadística. C.V.: Coeficiente de variabilidad. Nivel de confianza del 95%. Se usó prueba de comparación de medias Tukey.



**Figura 5: Índice de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes) de forma individual y en mezcla a dos diferentes dosis. Chancay, 2021**

#### 4.6 ALTURA DE PLANTA (cm)

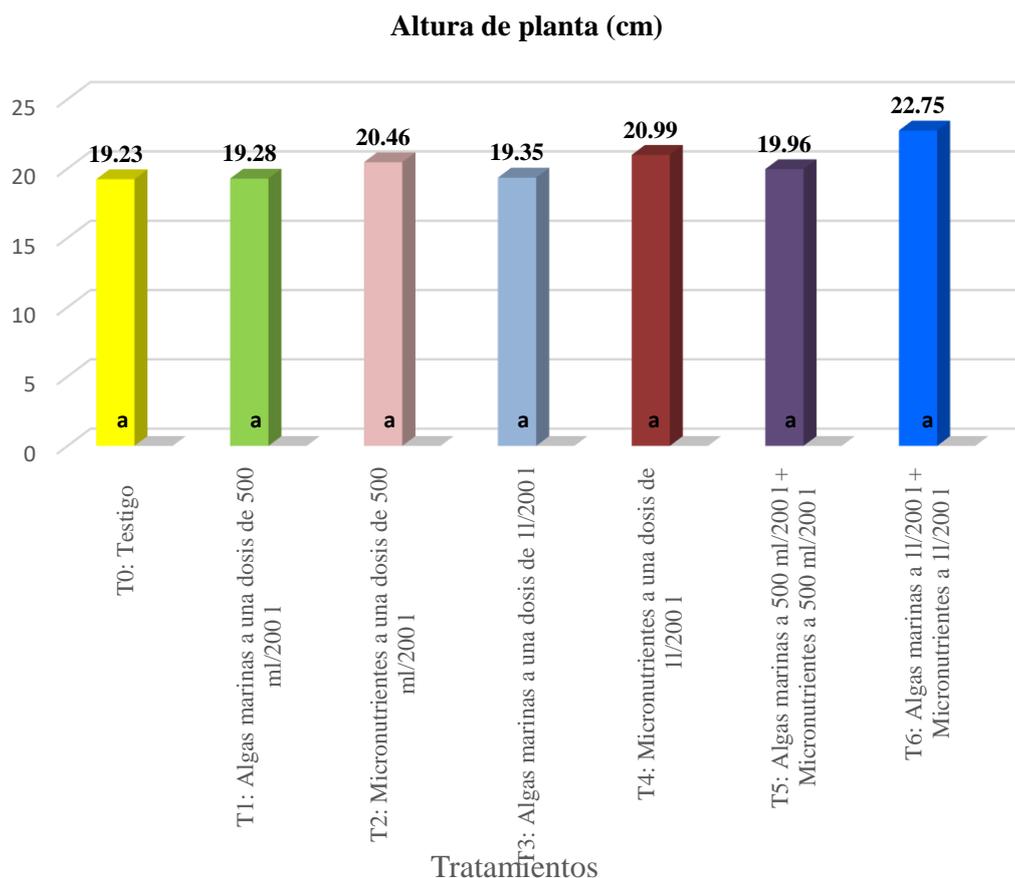
Según Abramonte (2022) al aplicar diferentes dosis de extracto de algas marinas sobre frijol Loctao (*Vigna radiata*) no encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos. Esto coincide con lo encontrado en el presente trabajo de investigación en donde ninguno de los tratamientos mostró diferencias estadísticas significativas encontrándose una media de 20.29 cm con un coeficiente de variabilidad de 7.76%, lo que demuestra la precisión de los datos tomados en campo (Tabla 9).

Lo encontrado también coincide con Bravo y Saltos (2022) quienes aplicaron diferentes dosis de algas marinas sobre frijol caupí (*Vigna unguiculata*) no encontrando diferencias significativas entre los tratamientos. El estudio conducido por Pasco (2019), en donde se aplicó de manera foliar diferentes bioestimulantes sobre frijol común (*Phaseolus vulgaris* L. var. Cápsula) no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos aplicados con el testigo sin aplicación (Fig. 6). Sin embargo, pese a que no se encontró diferencias estadísticas según la prueba de medias de Tukey de los tratamientos con el testigo T0, en el presente estudio, se evidenció que todos los tratamientos presentaron una altura de planta ligeramente mayor al testigo (T0), en donde el tratamiento T6 fue el mejor con una altura de 22.75 cm frente a los 19.23 cm del testigo.

**Tabla 9: Altura (cm) del frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021**

ALTURA DE PLANTA (cm)		
T0: Testigo	19.23	<b>a</b>
T1: Algas marinas a una dosis de 500 ml/200l	19.28	<b>a</b>
T2: Micronutrientes a una dosis de 500 ml/200l	20.46	<b>a</b>
T3: Algas marinas a una dosis de 1 l/200l	19.35	<b>a</b>
T4: Micronutrientes a una dosis de 1 l/200l	20.99	<b>a</b>
T5: Algas marinas a 500 ml/200l + Micronutrientes a 500 ml/200l	19.96	<b>a</b>
T6: Algas marinas a 1 l/200l + Micronutrientes a 1 l/200l	22.75	<b>a</b>
	<b>Media</b>	<b>20.29</b>
	<b>CV</b>	<b>7.76</b>

**Nota:** Letras iguales indican que no hubo significancia estadística. C.V.: Coeficiente de variabilidad. Nivel de confianza del 95%. Se usó prueba de comparación de medias Tukey.



**Figura 6: Altura de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021**

#### **4.7 LONGITUD DE VAINA (cm)**

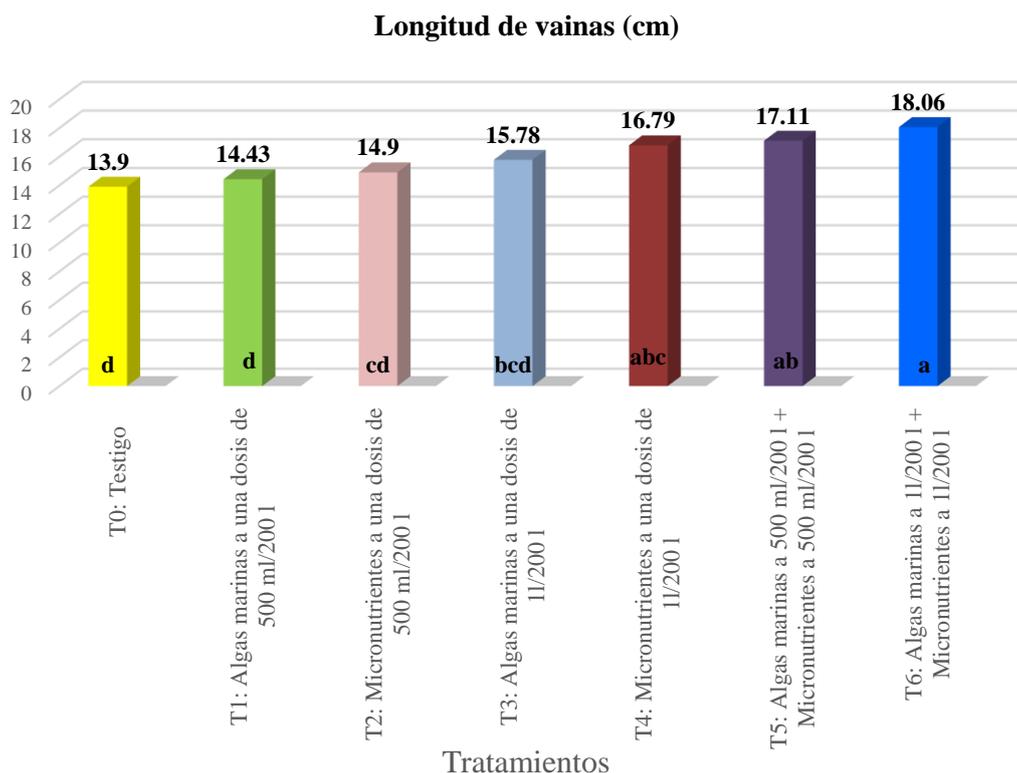
Luego de la prueba de comparación de se encontró que los tratamientos T4, T5 y T6 lograron diferencias estadísticas según la prueba de medias de Tukey con el testigo sin aplicación T0. Esta variable obtuvo una media de 15.85 cm de longitud de vaina; mientras que el testigo T0 tuvo un promedio de 13.9 cm a diferencia del tratamiento T6 que alcanzó una longitud de vaina de 18.06 cm siendo este el mejor tratamiento (Tabla 10, Fig. 7).

**Tabla 10: Longitud de vaina (CM) del frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021**

LONGITUD DE VAINA (cm)		
T0: Testigo	13.9	<b>d</b>
T1: Algas marinas a una dosis de 500 ml/200l	14.43	<b>d</b>
T2: Micronutrientes a una dosis de 500 ml/200l	14.9	<b>cd</b>
T3: Algas marinas a una dosis de 1 l/200l	15.78	<b>bcd</b>
T4: Micronutrientes a una dosis de 1 l/200l	16.79	<b>abc</b>
T5: Algas marinas a 500 ml/200l + Micronutrientes a 500 ml/200l	17.11	<b>ab</b>
T6: Algas marinas a 1 l/200l + Micronutrientes a 1 l/200l	18.06	<b>a</b>
	<b>Media</b>	<b>15.85</b>
	<b>CV</b>	<b>5.14</b>

**Nota:** Letras diferentes indican significancia estadística. C.V.: Coeficiente de variabilidad. Nivel de confianza del 95%. Se usó prueba de comparación de medias Tukey.

Los efectos positivos de los tratamientos sobre la longitud de vaina coinciden con lo reportado por Pérez (2022) quien aplicando extracto de algas marinas sobre frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) encontró diferencias significativas con el tratamiento control al igual que lo reportado por Vásquez (2021) que encontró aumento significativo en la longitud de vaina de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) al aplicar bioestimulantes. Méndez (2013) menciona que entre los efectos benéficos que se atribuyen a los extractos de *Ascophyllum nodosum* se encuentran las fitohormonas naturales de crecimiento, como son las citoquininas y auxinas, además de varios bioestimulantes, como poliamina, betaína, oligosacáridos, que pueden aumentar la tolerancia y la resistencia de las plantas a diversas plagas y enfermedades, es por esto que, al aplicar las algas marinas en el cultivo, estas estimulan a la planta produciendo así vainas de mayor longitud que generalmente representan rendimientos mayores. Además, los micronutrientes tienen una función fundamental en la fisiología vegetal mejorando el desempeño fisiológico y procesos como la fotosíntesis lo que se traduce en mejores rendimientos y calidad del frijol.



**Figura 7: Longitud de vaina de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021**

#### **4.8 PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN LA HOJA (%)**

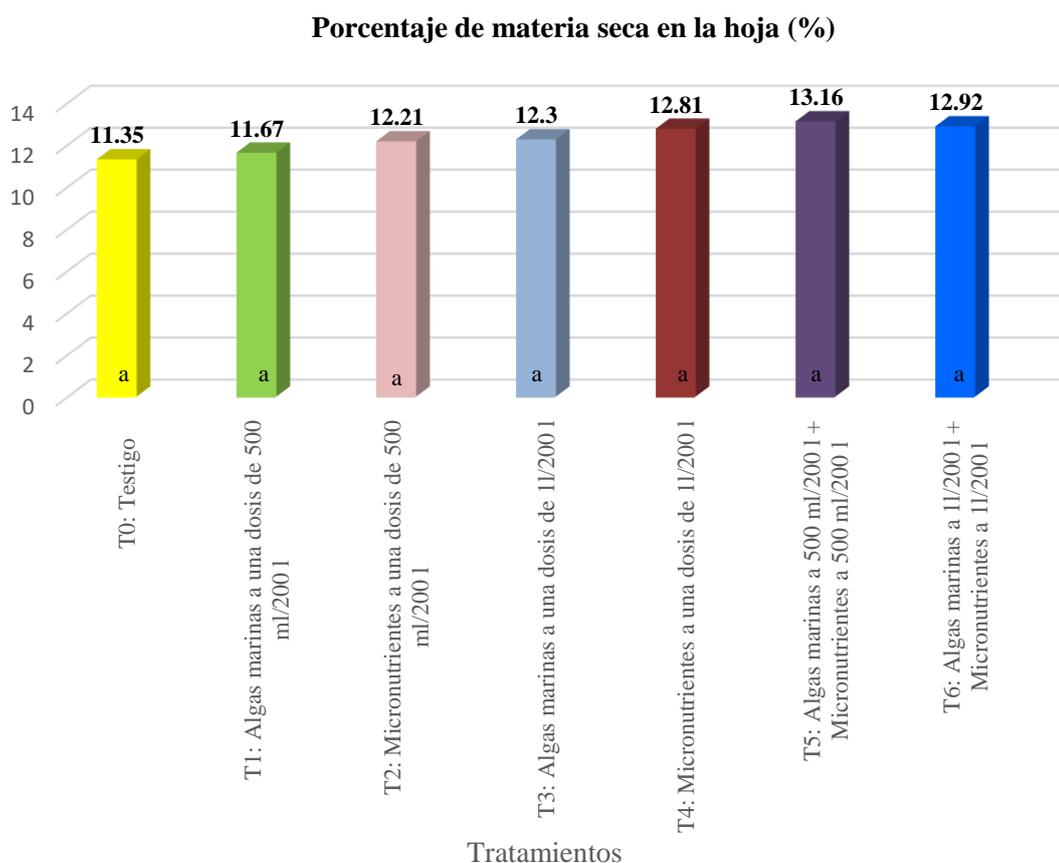
Al analizar estadísticamente el porcentaje de materia seca en los diferentes tratamientos no se encontró diferencias significativas según la prueba de medias de Tukey con el testigo sin aplicación T0 (Tabla 11). La media encontrada fue de 12.35% con un coeficiente de variabilidad de 6.93% indicando uniformidad de la variable evaluada (Fig. 8).

La no diferencia estadística en el porcentaje de materia seca en la hoja (%) indica que, si bien, la aplicación de algas marinas y micronutrientes mejora algunos parámetros de rendimiento no aumenta la acumulación de materia seca en las hojas. Esto coincide con lo encontrado por Gutiérrez (2016) que al aplicar extracto de algas marinas sobre el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) no encontró diferencias significativas entre los tratamientos y el control.

**Tabla 11: Porcentaje de materia seca en la hoja de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021**

PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN LA HOJA		
T0: Testigo	11.35	a
T1: Algas marinas a una dosis de 500 ml/200l	11.67	a
T2: Micronutrientes a una dosis de 500 ml/200l	12.21	a
T3: Algas marinas a una dosis de 1 l/200l	12.3	a
T4: Micronutrientes a una dosis de 1 l/200l	12.81	a
T5: Algas marinas a 500 ml/200l + Micronutrientes a 500 ml/200l	13.16	a
T6: Algas marinas a 1 l/200l + Micronutrientes a 1 l/200l	12.92	a
<b>Media</b>	<b>12.35</b>	
<b>CV</b>	<b>6.93</b>	

**Nota:** Letras iguales indican que no hubo significancia estadística. C.V.: Coeficiente de variabilidad. Nivel de confianza del 95%. Se usó prueba de comparación de medias Tukey.



**Figura 8: Porcentaje de materia seca en la hoja de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021**

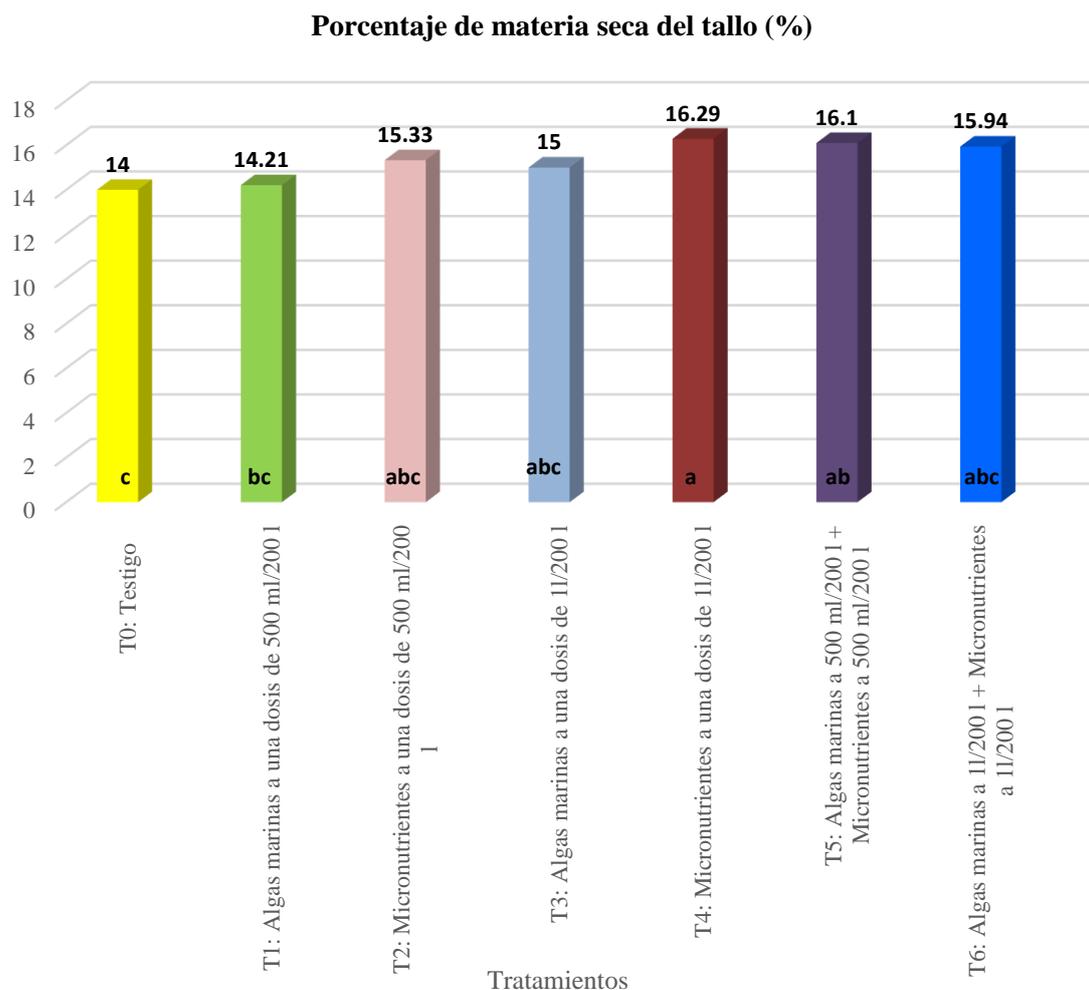
#### 4.9 PORCENTAJE DE MATERIA SECA DEL TALLO (%)

Al analizar los promedios obtenidos al evaluar el porcentaje de materia seca del tallo (%) se encontró una media de 15.27% y un coeficiente de variabilidad de 5.48% indicando uniformidad de los datos recolectados en campo (Tabla 12). Los mejores tratamientos fueron T4 y T5 con un promedio de 16.29% y 16.1% diferenciándose estadísticamente del testigo sin aplicación T0 según la prueba de medias de Tukey, que obtuvo un promedio de 14% de materia seca en el tallo (Fig. 9). Los resultados hallados no coinciden con lo encontrado por Gutiérrez (2016) que al aplicar extracto de algas marinas sobre el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) no encontró diferencias significativas entre los tratamientos y el control.

**Tabla 12: Porcentaje de materia seca del tallo de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021**

PORCENTAJE DE MATERIA SECA DEL TALLO (%)		
T0: Testigo	14	c
T1: Algas marinas a una dosis de 500 ml/200l	14.21	bc
T2: Micronutrientes a una dosis de 500 ml/200l	15.33	abc
T3: Algas marinas a una dosis de 1 l/200l	15	abc
T4: Micronutrientes a una dosis de 1 l/200l	16.29	a
T5: Algas marinas a 500 ml/200l + Micronutrientes a 500 ml/200l	16.1	ab
T6: Algas marinas a 1 l/200l + Micronutrientes a 1 l/200l	15.94	abc
	<b>Media</b>	<b>15.27</b>
	<b>CV</b>	<b>5.48</b>

**Nota:** Letras diferentes indican significancia estadística. C.V.: Coeficiente de variabilidad. Nivel de confianza del 95%. Se usó prueba de comparación de medias Tukey.



**Figura 9: Porcentaje de materia seca del tallo de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021**

#### **4.10 PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN FRUTOS (%)**

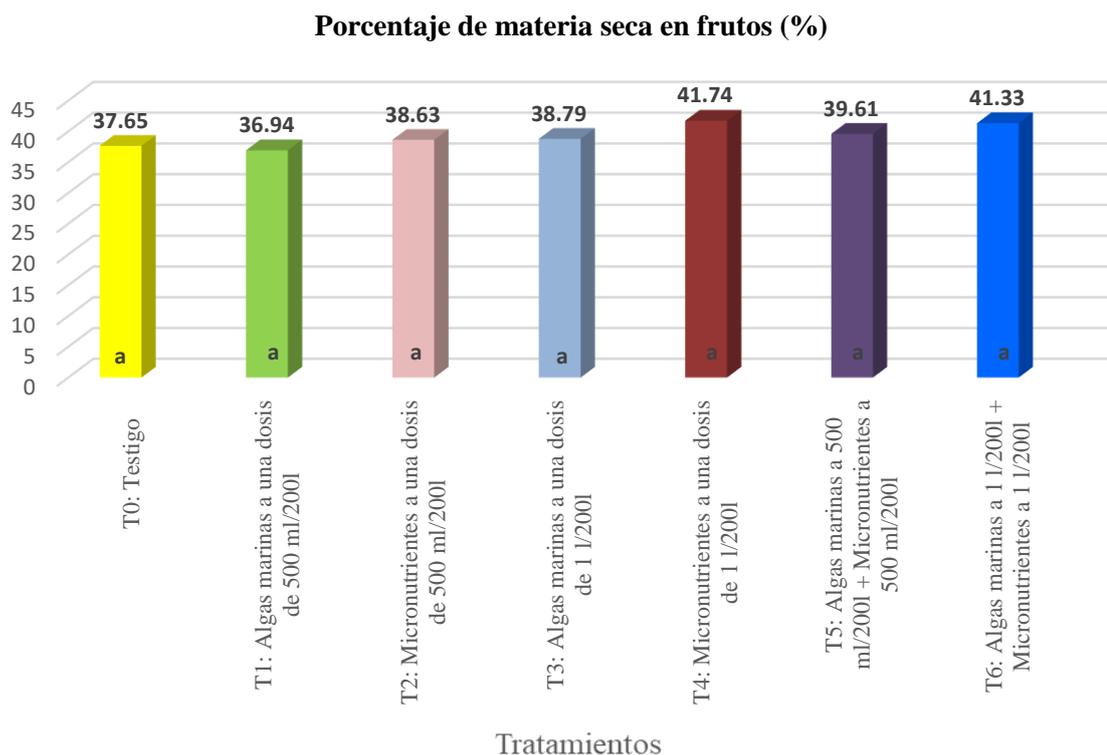
Al analizar estadísticamente el porcentaje de materia seca en los frutos en los diferentes tratamientos no se encontró diferencias significativas según la prueba de medias de Tukey con el testigo sin aplicación T0 (Tabla 13). La media encontrada fue de 39.24% con un coeficiente de variabilidad de 12.10% indicando uniformidad de la variable evaluada (Fig. 10).

**Tabla 13: Porcentaje de materia seca en frutos de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021**

PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN FRUTOS		
T0: Testigo	37.65	<b>a</b>
T1: Algas marinas a una dosis de 500 ml/200l	36.94	<b>a</b>
T2: Micronutrientes a una dosis de 500 ml/200l	38.63	<b>a</b>
T3: Algas marinas a una dosis de 1 l/200l	38.79	<b>a</b>
T4: Micronutrientes a una dosis de 1 l/200l	41.74	<b>a</b>
T5: Algas marinas a 500 ml/200l + Micronutrientes a 500 ml/200l	39.61	<b>a</b>
T6: Algas marinas a 1 l/200l + Micronutrientes a 1 l/200l	41.33	<b>a</b>
	<b>Media</b>	<b>39.24</b>
	<b>CV</b>	<b>12.1</b>

**Nota:** Letras iguales indican que no hubo significancia estadística. C.V.: Coeficiente de variabilidad. Nivel de confianza del 95%. Se usó prueba de comparación de medias Tukey.

La no diferencia estadística según Tukey en el porcentaje de materia seca en la fruta (%) en el presente estudio coincide con lo encontrado por Gutiérrez (2016) que al aplicar extracto de algas marinas sobre el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) no encontró diferencias significativas entre los tratamientos y el control. Si bien, los efectos positivos de la aplicación de algas marinas y micronutrientes sobre diferentes cultivos están ampliamente documentado y algunas variables del presente estudio lo confirman, cuando se evaluó el porcentaje de materia seca de los frutos no logró mejoras significativas, aunque numéricamente el tratamiento T6 tuvo un mayor porcentaje de materia seca en frutos con un 41.33% siendo superior al tratamiento T0 y T1 que fueron los más bajos con 37.65% y 36.94% respectivamente.



**Figura 10: Porcentaje de materia seca en frutos de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021**

#### 4.11 RENDIMIENTO POR HECTÁREA

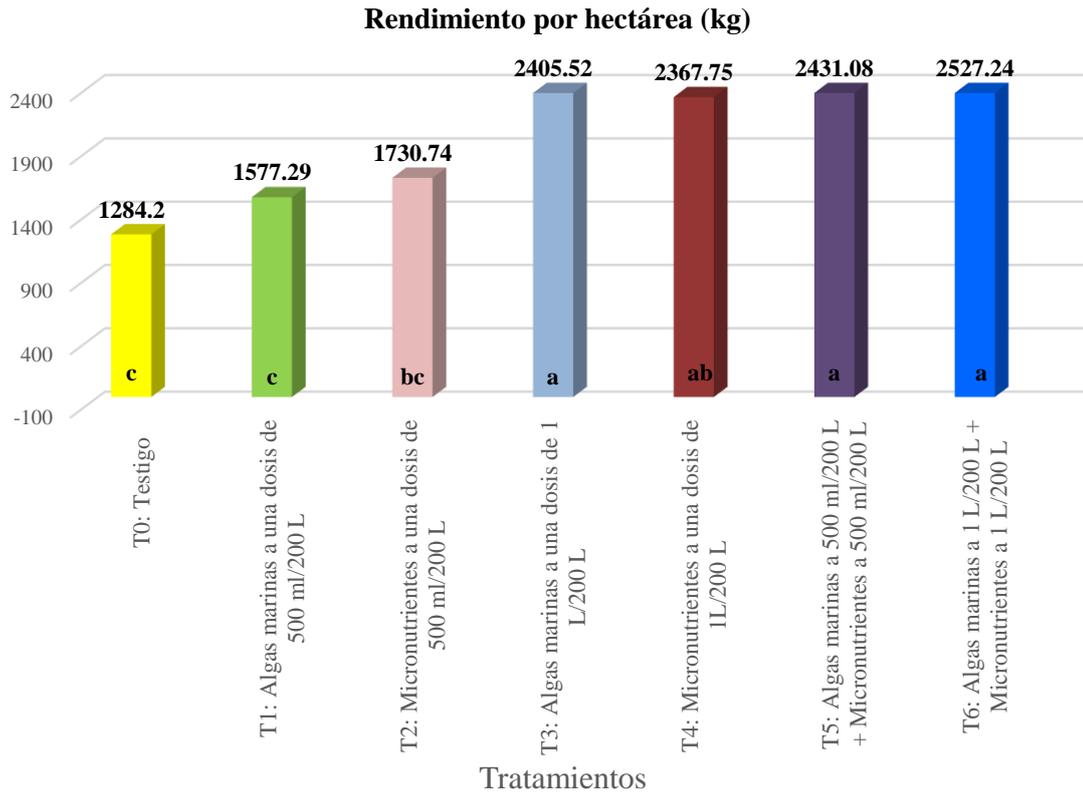
En el estudio realizado y bajo las condiciones agroecológicas descritas se encontró que los tratamientos T3, T4, T5 y T6 mostraron diferencias significativas con el testigo sin aplicación (T0) que logró un rendimiento de 1284.2 Kg/Ha de grano seco; mientras que los mejores tratamientos (T3, T4, T5 y T6) presentaron rendimientos de 2405.52, 2367.75, 2431.08 y 2527.24 kg/ha no habiendo diferencias estadísticas entre estos tratamientos; mientras que el tratamiento T2 (1730.74 kg/Ha) no presentó diferencias estadísticas con los tratamientos T0, T1 y tampoco con T4. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Abramonte (2022) quien aplicó diferentes dosis de extractos de algas marinas sobre frijol Loctao (*Vigna radiata*) en condiciones del valle de Chulucanas en Piura, pero no coincide con lo encontrado por Bravo y Saltos (2022) quienes al aplicar diferentes bioestimulantes a base de algas marinas sobre fréjol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) no encontró ninguna diferencia estadística entre los tratamientos aplicados y el testigo sin aplicación (Tabla 14) y (Fig. 11).

**Tabla 14. Rendimiento por hectárea de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021**

<b>RENDIMIENTO POR HECTÁREA</b>		
T0: Testigo	1284.2	<b>c</b>
T1: Algas marinas a una dosis de 500 ml/200l	1577.29	<b>c</b>
T2: Micronutrientes a una dosis de 500 ml/200l	1730.74	<b>bc</b>
T3: Algas marinas a una dosis de 1 l/200l	2405.52	<b>a</b>
T4: Micronutrientes a una dosis de 1 l/200l	2367.75	<b>ab</b>
T5: Algas marinas a 500 ml/200l + Micronutrientes a 500 ml/200l	2431.08	<b>a</b>
T6: Algas marinas a 1 l/200l + Micronutrientes a 1 l/200l	2527.24	<b>a</b>
	<b>Media</b>	<b>2046.26</b>
	<b>CV</b>	<b>13.82</b>

**Nota:** Letras iguales indican que no hubo significancia estadística. C.V.: Coeficiente de variabilidad. Nivel de confianza del 95%. Se usó prueba de comparación de medias Tukey.

La aplicación foliar de diferentes productos nutricionales y bioestimulantes a base de algas marinas se han convertido en una herramienta valiosa para mitigar el estrés en la planta y mejorar el desempeño fisiológico, obteniendo cosechas de mejor calidad y mayor rendimiento en el contexto de cambio climático; sin embargo, los resultados pueden ser variados dependiendo del momento de aplicación, cultivo, variedad, dosis, número de aplicaciones, fuente de bioestimulante, entre otros factores. En el presente estudio se encontró que las aplicaciones de algas marinas a dosis de 1 l/200l y la mezcla de micronutrientes + algas marinas a dosis de 500 ml/200l y 1 l/200l respectivamente mostraron los mejores resultados debido a que las algas marinas actúan aportando diferentes hormonas vegetales que mejoran el desempeño fisiológico del cultivo, así como aminoácidos y metabolitos que actúa mitigando el estrés e induciendo resistencia a condiciones adversas; mientras que el aporte de micronutrientes en etapas claves y de mayor demanda actúan favoreciendo la fotosíntesis, síntesis de proteínas, aminoácidos entre otros; además favorecen a la respuestas al estrés como el zinc, manganeso y hierro formando parte estructural de las enzimas neutralizadores de radicales libres de oxígeno que se forman en mayor medida en situaciones de estrés.



**Figura 11: Rendimiento por hectárea de frijol castilla (*V. unguiculata*) después de la aplicación foliar de Almarin (Algas marinas) y Microsil (Micronutrientes). Chancay, 2021**

## V. CONCLUSIONES

- El mayor rendimiento se obtuvo aplicando algas marinas a 1 l/200l en combinación con 1 l/ 200 l de micronutrientes, obteniéndose 2.53 t/ha, con diferencias estadísticas con los tratamientos testigo, con aplicación de algas marinas 1 l/200l y con aplicación de micronutrientes 1 l/ 200 l.
- Las aplicaciones de algas marinas y micronutrientes por separado y en mezcla a diferentes dosis tuvo diferencias estadísticas significativas sobre las variables: Número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos de semillas (g), longitud de vainas (cm.), materia seca de tallos (%) y rendimiento frente al tratamiento sin aplicar.
- Las dosis aplicadas que tuvieron diferencia estadística significativa frente a T0 (Testigo) fueron: T4 (Micronutrientes a una dosis de 1 l/200l), T5 (Algas marinas a 500 ml/200l + Micronutrientes a 500 ml/200l) y T6 (Algas marinas a 1 l/200l + Micronutrientes a 1 l/200l), sobre las seis variables mencionadas.
- Las aplicaciones de algas marinas y micronutrientes por separado y en mezcla no afectaron las variables número de lóculos por vaina, índice de cosecha, Altura de planta, Porcentaje de materia seca en la hoja y Porcentaje de materia seca en frutos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar de 3 a 5 aplicaciones de los productos a base de algas marinas y micronutrientes de manera separada y en mezcla para observar los efectos sobre el cultivo de frijol castilla.
- Realizar aplicaciones de fuentes de algas marinas y micronutrientes de manera separada y en mezcla a dosis mayores a las aplicadas en el presente trabajo de tesis en el cultivo de frijol castilla.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMONTE, A. G. (2022) Comportamiento agronómico del frijol loctao (*Vigna radiata* (L) R. Wilczek), Var. Jumbo a diferentes dosis de extracto de algas marinas. Caserío Sol – Chulucanas 2022 (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura). Recuperada de <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3998>
- ALBREGTS, E; C. HOWARD and C. CHANDLER. 1988. Effect of bioestimulants on fruiting of strawberry. Proc. Fla. State Hort. Soc. 101:370-372.
- ALAM, M, BRAUN, G., NORRIE, J. Y HODGES, DM (2013). Effect of Ascophyllum extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry. Recuperada en: DOI: 10.4141/cjps2011-260.
- ALVARADO, B. 2021. Extracto de algas marinas en el rendimiento y calidad de coliflor (*Brassica oleracea* L. var. *Btrytis*) cv. NEVADA. Universidad Nacional La Molina. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4976/alvarado-delgado-bruno-sebastian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ARMENDIZ, H. ROBLES y CABRALES. 2003. Caracterización del frijol Caupi (*Vigna unguiculata* (L). Por su contenido de proteína. Fitotecnia Colombiana pag. 3(2)17-23
- ASPROMOR, 2012, Dirección Regional Agraria-Piura: Dirección de Información Agraria-2012.
- BAI, N. R., CHRISTI, R. M. and KALA, T. C. 2011. Seaweed liquid fertilizer as an alternate source of chemical fertilizer in improving the yield of *Vigna radiata* L. Plant Archives. 11(2): 895-898. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/287552910\\_Seaweed\\_liquid\\_fertilizer\\_as\\_an\\_alternate\\_source\\_of\\_chemical\\_fertilizer\\_in\\_improving\\_the\\_yield\\_of\\_Vigna\\_radiata\\_L](https://www.researchgate.net/publication/287552910_Seaweed_liquid_fertilizer_as_an_alternate_source_of_chemical_fertilizer_in_improving_the_yield_of_Vigna_radiata_L)

- BATTACHARYYA D, BABGOHARI MZ, RATHOR P, PRITHIVIRAJ B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*. 2015;30(196):39-48. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.012.
- BEYRA, A. & REYES, G. 2001.Revisión taxonómica de los géneros *Phaseolus* y *Vigna* (Leguminosae-Papilionoideae) en Cuba. *Anales del jardín botánico de Madrid* 61(2): 135-154. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/556/55661204.pdf>
- BULA, G. 2014. Las macroalgas marinas en la agronomía y el uso potencial del *Sargassum* flotante en la producción de fertilizantes en el archipiélago de San Andrés y Providencia, Colombia. Recuperado de <https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/461>
- Camarena, F.; A. Huaranga; E. Mostacero; L. Chiappe 1994. Manual del Cultivo de Frijol Castilla (*Vigna unguiculata* L. Walp). Programa de Investigación Social de Leguminosas de Grano y Oleaginosas. La Melina, Lima - Perú. 2 - 23 pp.
- CARVALHO, M., SGARBIERI, V. (1998). Relative importance of phytohemagglutinin (lectin) and trypsin-chymotrypsin inhibitor on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein absorption and utilization by the rat. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 44(5): 685-696 Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9919488/>
- Castillo, E. Y F. Castellví. 2001. *Agrometeorología*. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España, 517 p.
- Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (AJO). Primera Edición en español. México.
- Chávez, M., et al. Evaluación de la cadena de Exportación de frijol castilla al Mercado de la Unión Europea. Lima, Perú. 1997.
- CHEN, D.; ZHOU, W.; YANG, JIN.; AO, J.; HUANG, Y.; SHEN, D.; JIANG, Y.; HUANG, Z.; SHEN, H. 2021. Efecto de los extractos de algas marinas sobre el crecimiento, la actividad fisiológica, el rendimiento de la caña y el contenido de sacarosa de la caña de azúcar en China. Volumen 12. [doi.org/10.3389/fpls.2021.659130](https://doi.org/10.3389/fpls.2021.659130).

- Chiappe, L.; Camarena, F. y Huaranga, A. 1990. Separata sobre el curso de Leguminosas de grano. UNA La Malina. Lima-Perú.
- CROUCH, IJ y VAN STADEN, J. (1993). Evidencia de la presencia de reguladores del crecimiento vegetal en productos comerciales de algas marinas. Regulación del crecimiento de las plantas. 13, 21–29.
- CUBERO, I. y MORENO, T. 1996. Leguminosas de grano. Edición: Mundi – Prensa, Madrid – España 359p.
- DHARGALKAR, V. K. and PEREIRA, N. 2005. Seaweed: promising plant of the millennium. Science Cult. 71:60-66.
- Dolores, D.; Rojas, H. y Torres, G. Cultivo de frijol Castilla Informe, página web: <https://es.calameo.com/read/0046773489cbfb2965f45>, revisado en marzo del 2021.
- ELLIOT, M. and M. PREVATE. 1996. Response of “Tifdwarf” bermuda grass to seaweedderived bioestimulants. HortTechnology. 6: 261-263.
- ESPINOZA, A., HERNÁNDEZ, R., GONZÁLEZ, M. 2020. Extractos bioactivos de algas como bioestimulantes del crecimiento y protección de las plantas. Biot. Vegetal. vol.20 no.4 Villa Clara oct.-dic. Publicación electrónica 2020 01-dic-2020. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2074-86472020000400257](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472020000400257)
- FAO (1977). Tabulated Information no Tropical and· Subtropical Grain Legumes. Plant Production Division, Roma-Italia. Pag. (806-848).
- FAO (Crecimiento demográfico y crisis alimentaria), Revisado en: <http://www.fao.org/3/u3550t/u3550t04.htm#references>. Mayo 2021.
- FERNANDEZ, V. SOTIROPOULOS, T. Y BROWN, P. Fertilización Foliar Principios científicos y práctica de campo. Paris, Francia, 2015.
- FRIEDLANDER, M. Y BEN-AMOTZ, A. (1990). Aclimatación de algas pardas en un sistema de cultivo al aire libre y su actividad similar a la de las citoquininas. Aplicación J. Phycol. 2, 145–154. doi: 10.1007/BF00023376.

- GUAMÁN, R. ANDRADE, C. ALAVA, J. Guía para el cultivo de fréjol en el litoral ecuatoriano, Estación 40 Experimental Boliche INIAP. Boletín divulgativo N°-316. Guayaquil – Ecuador, 2004.
- GUTÉRREZ, Y. 2016. Extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de vainita (*phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de La Molina. Universidad Nacional La Molina. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2590/F04-G8834-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- HERNÁNDEZ, H. R. M.; SANTACRUZ, R. F.; RUIZ, L. M. A.; NORRIE, J. and HERNANDEZ, C. G. 2014. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). J. Appl. Phycol. 26(1):619-628.
- HOLLOWELL E. Y HENSON, P. H. 1972. Otras leguminosas. Forrajes: La Ciencia de la Agricultura Basada en la Producción de Pastos. Editora Continental, Calz. De Tlalpam N°4620. México 22, D.F., 241-249 p.
- JARDÍN, PD (2012). La ciencia de los bioestimulantes vegetales: un análisis bibliográfico, informe de estudio ad hoc. Bruselas: Comisión Europea.
- KAY, D. 1985. Legumbres Alimenticias. Editorial ACRIBIA. ZARAGOZA-ESPAÑA.
- KIRKBY, E.A. and ROMHELD V. 2007. Art. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. Pág. 3.
- KUMARI, R.; KAUR, I. and BHATNAGAR, A. K. 2011. Effect of aqueous extract of *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner on growth, yield and quality of *Lycopersicon esculentum* Mill. J. Appl. Phycol. 23(3):623-633.
- LAULATE, J. 2000. Densidad de siembra en el cultivo de Frijol Castilla (*Vigna unguiculata* L. Walp) INIA-Ucayali-1, en un Ultisol de Pucallpa. Universidad Nacional de Ucayali. Recuperado de <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/1738>
- LEMBI CA, WAALAND JR. Algae and Human Affairs. Cambrige, UK: Cambridge University Press; 1988. Pág. 375-70
- LITZENBERGER, S. 1975, Guía para cultivos en los Trópicos y los Subtrópicos.

- LOPEZ, I., MARTINEZ, L., PÉREZ, G., REYES, Y., NUÑEZ, M., CABRERA, JUAN. 2020. Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
- LUCAS, P. 2023. Caracterización de la composición florística y predominancia de arvenses en el cultivo de arroz en el cantón Tosagua- Manabí. Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Recuperado de [https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2075/1/TIC\\_A34D.pdf](https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2075/1/TIC_A34D.pdf)
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. New York: Academic Press. 2:889.
- MUKHERJEE, A. Y PATEL, JS (2020). Extracto de algas marinas: bioestimulador de las defensas vegetales y de la productividad vegetal. En t. J. Medio Ambiente. ciencia tecnología 17, 553–558. doi: 10.1007/s13762-019-02442-z.
- NORRIE, J. and KEATHLEY, J. P. 2005. Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine- plant extract applications to ‘Thompson seedless’ grape production. (Proceedings of the In: Xth International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production). Acta Hortic. 727(1):243-248.
- ORTEGA, S. 1985. Fenología Agrícola. Lima, Perú.
- PALOMINO, R. 2015. Fenología e influencia térmica en pallar bebé (*Phaseolus lunatus* L.) y frijol castilla (*Vigna Unguiculata* L. Walp) en diferentes épocas de siembra en La Molina. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.
- PANDEY, R, (1990). Guía del agricultor para el cultivo del chícharo de vaca en arrozales. Editorial Limusa. México.
- PASCO, P. 2019. Aplicación foliar de bioestimulantes en el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L. Var. Cápsula) y su efecto en el desarrollo vegetativo y reproductivo, en condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna, 2018. Universidad Nacional Hemilio Valdizán. Recuperado de <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/4370/TAG00777P27.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

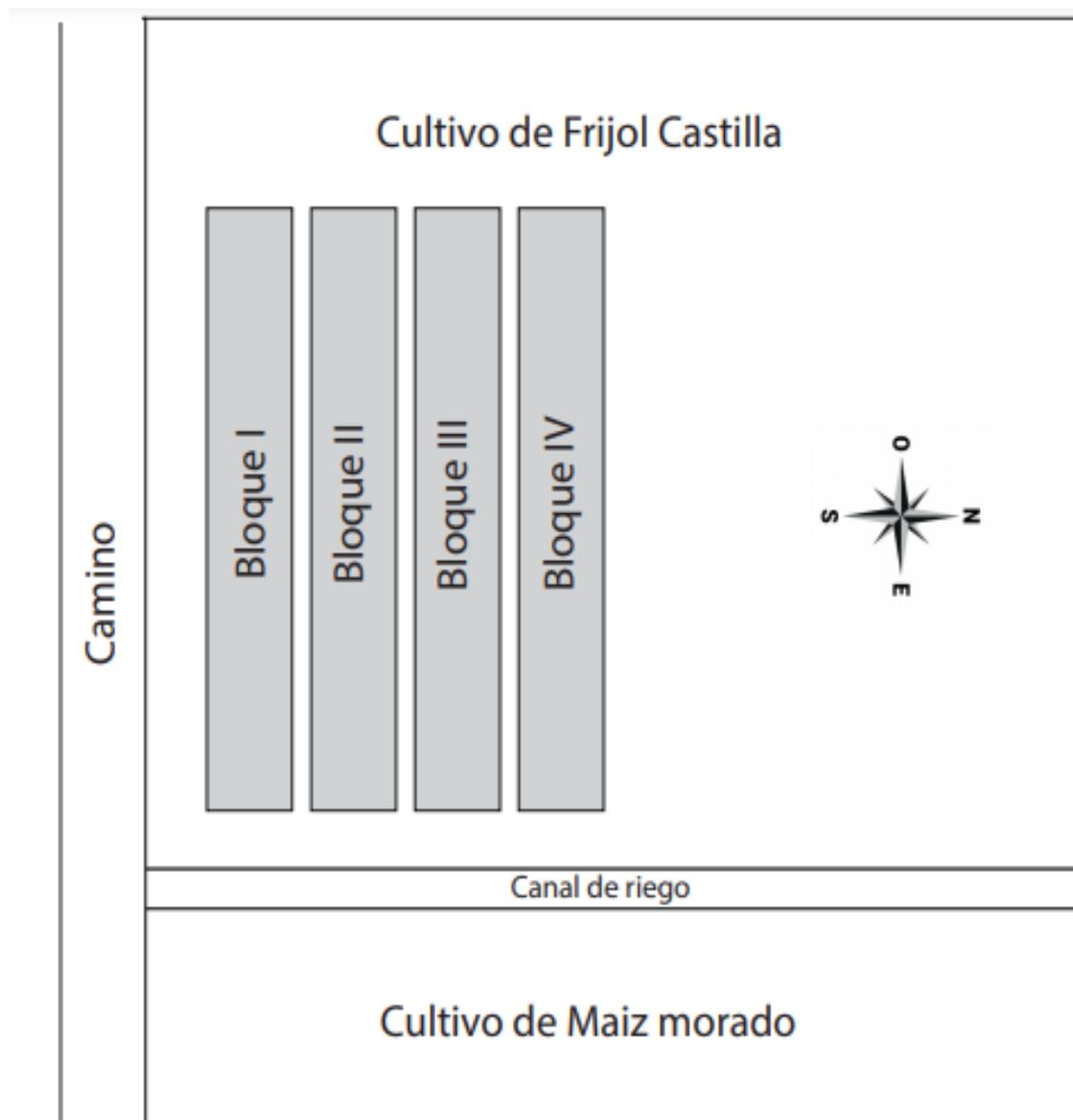
- PÉREZ, Y., LÓPEZ, I., REYES, Y. 2020. Las algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. Recuperado de <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1553/2883>.
- PRESTON J, INOUCHI Y, SHIOYA F. Acoustic classification of submerged aquatic vegetation. In: Proceedings of the eighth european conference on underwater acoustics, ECUA. 2006. pág. 317-22.
- QUILLATUPA, C. 2009. Caracterización de las fases fenológicas, determinación de unidades de calor y rendimiento de 16 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de La Molina. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.
- RENUKA N, GULDHE A, PRASANNA R, SINGH P, BUX F. Microalgae as multi-functional options in modern agriculture: current trends, prospects and challenges. *Biotechnology advances*. 2018;36(4):1255-73.
- RUSO, R. and G. BERLYN. 1990. The use of organic bioestimulant to help low-input sustainable agricultura. *J. sustain. Agric*. Pag. 19-42.
- SABIR, A.; YAZAR, K. F.; SABIR, F.; KARA, Z.; YAZICI, A. M. and GOKSU, N. 2014. Vine growth, yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of grapevines as influenced by seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and nanosize fertilizer pulverizations. *Scientia Hortic*. 175:1-8.
- SCIELO, 2020. Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. Revisado en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362020000200010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000200010), en mayo 2021.
- SALLE W., SMITH F. 1969. Commercial Black eye Sean Production in California. Circular 549. University of California. Division of Agricultural Sciences. 15p.
- SARWAR, G., SCHMEISKY, H., HUSSIAN, S. MUHAMMAD, M. I. and SAFDAR, E. 2008. Improvement of soil physical and chemical properties with compost application in rice-wheat cropping system. *Journal Bot*. 40: 275-282.

- SEIPASA, 2012. Algas marinas como fertilizantes en la agricultura disponible. <http://seipasa.blogspot.com/2012/09/algas-marinascomo-fertilizantes-en-la.html>
- SEMICOL 2010. Frijol arbustivo Caupi. Ficha técnica frijol Caupi o cabecita negra (*Vigna unguiculata* (L) “arbustiva”). Variedad seleccionada SEMICOL 2010. Todos los derechos reservados 2010.
- SELVARAJ, R.; SELVI, M. and SHAKILA, P. 2004. Effect of seaweed liquid fertilizer on *Abelmoschus esculentus* (L). Moench and *Lycopersicon lycopersicum* Mill. Seaweed Res Utilin. 26:121-123.
- SINGH, S. R. Y RACHIE K. O. 1985. Cowpea Research, Production and Utilization. Wiley Interscience. Ibadan, Nigeria 460 pp.
- SIVASANKARI, S.; VENKATESALU, V.; ANANTHARAJ, M. and CHANDRASEKARAN, M. 2006. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of *Vigna sinensis*. Bio. Technol. 14(97):1745-1751.
- SOLIS, F. 2015. "RENDIMIENTO Y CALIDAD DE AJÍ JALAPEÑO (*Capsicum annum*) cv. MITLA EMPLEANDO DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ÁCIDO SALICÍLICO" recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2098/F61-S6-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SPEDDING, R. 1979. Ecología de los Sistemas Agrícolas. H. Blume. Ed. Rosario- , Madrid. España. pp. 89-129
- SPINELI, F.; GIOVANNI, F.; MASSIMO, N.; MATTIA, S. and GUGLIELMO, C. 2010. A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. Scientia Horticulturae. 125(3):263-269.
- SUMMERFIELD, R. J. HUXLEY, P.A. AND STEELE 1974. Cowpea (*Vigna unguiculata*) Field Crop Abstracts. 27(7): 301-312.
- SUBBA, R. P. V.; MANTRI, V. A. and GANESAN, K. 2007. Mineral composition of edible seaweed *Porphyra vietnamensis*. Food Chem. 102:215-218.

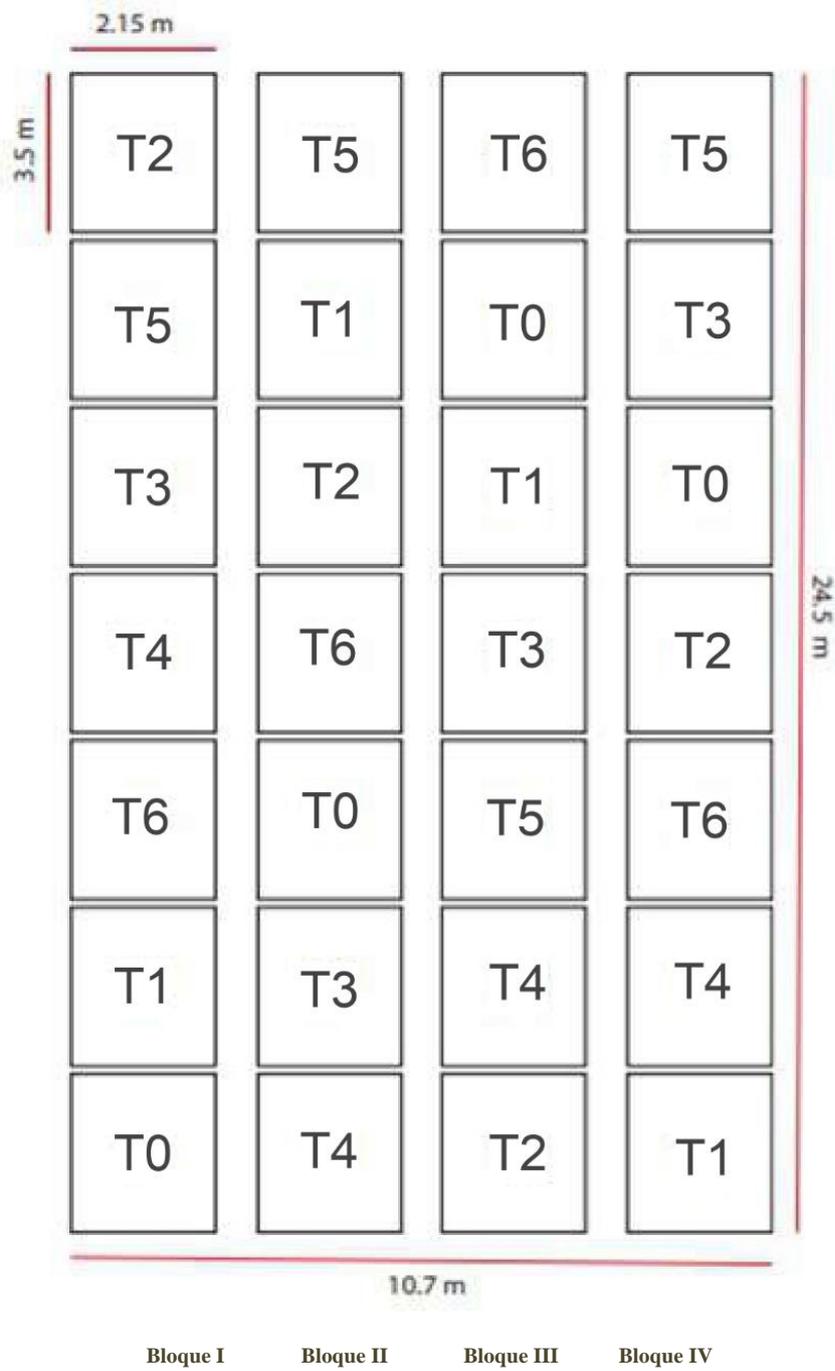
- SUNARPI, A.; JUPRI, R.; KURNIANINGSIH, N. I. and NIKMATULLAH, A. 2010. Effect of seaweed extract
- THIRUMARAN, G.; ARUMUGAM, M.; ARUMUGAN, R. and ANANTHARAMAN, P. 2009. Effect of seaweed liquid fertilizer on growth and pigment concentration of *Abelmoschus esculentus* (L) Medikus. *American-Eurasian J. Agron.* 2(2):57-66.
- VALLADOLID, A. 1993. El Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la costa del Perú. INIA – Proyecto TTA (Transferencia de Tecnología Agropecuaria). Colección INIA. Lima – Perú. 116p.
- VERDCOURT, B. 1971. Phaseoleae. In: Milne-Readhead, E. & Polhill, R.M. (eds.), *Flora of Tropical East Africa* 4(2): 503-807. Royal Botanic Garden. Kew.
- Yanebi, P. Indira, L. Yanelis, R. (2020). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA),
- ZERMEÑO, A., LÓPEZ, B., MLELNDRES, A., RAMIREZ, H., CÁRDENAS, O., MUNGUÍA, J. 2015. Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. México.
- ZERMEÑO, A.; VILLATORO, J. J.; CORTES, M.; CADENA, E. A.; CATALÁN, M. A.; GRACÍA, y MUNGUÍA, J. P. 2012. Estimación del intercambio neto de CO<sub>2</sub> en un cultivo de caña de azúcar durante el ciclo de plantilla. *Agrociencia* 46(6):579-591.
- ZERMEÑO, A., LOPEZ, B., MELENDRES, A., RAMIREZ, H., CARDENAS, J., MUNGUÍA, J. 2015. Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. Recuperado de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342015001002437](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015001002437).
- ZHANG, X. and R. SCHMIDT. 1999. Biostimulating turfgrasses. Disponible en: [http://groundsmag.com/mag/grounds\\_maintenance\\_biostimulating\\_turfgrasses](http://groundsmag.com/mag/grounds_maintenance_biostimulating_turfgrasses). Leído el 30 de abril del 2021.

## ANEXOS

Anexo 1: Croquis de localización del campo experimental, Centro poblado Hatillo, distrito de Chancay, provincia de Huaral, departamento de Lima – Perú.



**Anexo 2: Distribución del campo experimental.**



### Anexo 3: Mercado de campo en chancay



### Anexo 4: Productos usados en la investigación de tesis.



**Anexo 5: Cronograma de actividades de frijol castilla en el norte chico, campaña enero – abril del 2021.**

FECHA	DDT	LABORES	OBSERVACIONES
	-14	Riego de machaco	
	-6	Arado	
	-6	Gradeo	
	-5	Surcado	
	-3	Riego de enseño	
	0	Sembrado	
	3	Aplicación de herbicida	Afalon
	6	Germinación	
	7	Riego	
	8	Aplicación Sanitaria	Gusakill, Fitozim, Proclaim, Triple A
	15	Riego	
	16	Aplicación Sanitaria	Match, Ciper mex, Thunder, Benomilo, Triple A
	23	Riego	
	25	Aplicación Sanitaria	Engeo, Proclaim, Curtine – V, Triple A
	<b>25</b>	<b>Aplicación de Ensayo</b>	<b>Almarin, Microsil, Almarin + Microsil</b>
	32	Riego	
	33	Aplicación Sanitaria	Thunder, Match, Proclaim, Triple A
	35	Abonado	Nitrato de amonio, Fosfato diamonico, Cloruro de potasio
	35	Aporque	
	40	Aplicación Sanitaria	Ciper mex, Coragen, Curtine – V, Triple A
	46	Riego	
	48	Aplicación Sanitaria	Engeo, Proclaim, Triple A
	53	Riego	
	56	Aplicación Sanitaria	Coragen, Thunder, Score, Triple A
	61	Riego	
	64	Aplicación Sanitaria	Match, Proclaim, Triple A
	70	Riego	
	72	Deshierbo	
	76	Aplicación Sanitaria	Coragen, Regent, Triple A
	80	Riego	
	85	Aplicación Sanitaria	Absolute, Score, Triple A
	88	Riego	
	95	Aplicación Sanitaria	Absolute, Curtine – V, Triple A
	98	Riego	
	105	Aplicación Sanitaria	Proclaim, Ciper mex, Triple A
	108	Inicio de Evaluación	Evaluación de variables
	108	Último Riego	
	120	Corte	
	130	Cosecha	

**Anexo 6: Análisis de agua de riego de campo**

No. Laboratorio		148
No. Campo		
pH		7.10
C.E.	dS/m	0.91
Calcio	meq/L	2.21
Magnesio	meq/L	0.72
Potasio	meq/L	0.26
Sodio	meq/L	5.96
SUMA DE CATIONES		9.15
Nitratos	meq/L	0.09
Carbonatos	meq/L	0.00
Bicarbonatos	meq/L	4.28
Sulfatos	meq/L	3.34
Cloruros	meq/L	1.50
SUMA DE ANIONES		9.21
Sodio	%	65.14
RAS		4.93
Boro	ppm	0.63
Clasificación		C3-S1

**Anexo 7: Análisis de variancia de las evaluaciones experimentales**

**NÚMERO DE VAINAS**

**Procedimiento ANOVA**

**Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para NumeroVainas**

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	1.777262
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	4.67302
<b>Diferencia significativa mínima</b>	3.1149

<b>Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.</b>				
<b>Tukey Agrupamiento</b>		<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>TRAT</b>
	A	25.3000	4	4
	A			
B	A	24.5750	4	3
B	A			
B	A	24.1750	4	6
B	A			
B	A	23.6750	4	5
B				
B	C	21.7750	4	2
	C			
D	C	19.8250	4	1
D				
D		18.1750	4	0

## NÚMERO DE GRANOS

### Procedimiento ANOVA

#### Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para NumeroGranos

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	0.285208
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	4.67302
<b>Diferencia significativa mínima</b>	1.2478

<b>Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.</b>					
<b>Tukey Agrupamiento</b>			<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>TRAT</b>
	A		9.7000	4	6
	A				
	A		9.4250	4	3
	A				
B	A		9.2500	4	5
B	A				
B	A	C	8.6000	4	4
B		C			
B		C	8.0375	4	1
		C			
		C	7.9500	4	2
		C			
		C	7.6625	4	0

## NÚMERO DE LOCULOS

### Procedimiento ANOVA

#### Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para NumeroLoculos

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	0.574256
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	4.67302
<b>Diferencia significativa mínima</b>	1.7706

<b>Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.</b>			
<b>Tukey Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>TRAT</b>
A	10.8125	4	6
A			
A	10.6875	4	4
A			
A	10.6625	4	3
A			
A	10.5125	4	2
A			
A	10.4375	4	1
A			
A	10.4125	4	5
A			
A	10.0500	4	0

**PESO DE 100 SEMILLAS (g)**

**Procedimiento ANOVA**

**Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para PesoSemillas**

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	9.293651
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	4.67302
<b>Diferencia significativa mínima</b>	7.123

<b>Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.</b>				
<b>Tukey Agrupamiento</b>		<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>TRAT</b>
	A	44.250	4	5
	A			
B	A	43.500	4	6
B	A			
B	A	41.500	4	4
B	A			
B	A	41.000	4	3
B	A			
B	A	40.000	4	2
B	A			
B	A	38.250	4	1
B				
B		36.750	4	0

## ALTURA DE PLANTA (cm)

### Procedimiento ANOVA

#### Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Altura

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	2.481552
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	4.67302
<b>Diferencia significativa mínima</b>	3.6807

<b>Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.</b>			
<b>Tukey Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>TRAT</b>
A	22.753	4	6
A			
A	20.993	4	4
A			
A	20.460	4	2
A			
A	19.958	4	5
A			
A	19.350	4	3
A			
A	19.278	4	1
A			
A	19.233	4	0

**LONGITUD DE VAINA (cm)**

**Procedimiento ANOVA**

**Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para LongitudVaina**

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	0.663634
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	4.67302
<b>Diferencia significativa mínima</b>	1.9034

<b>Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.</b>					
<b>Tukey Agrupamiento</b>			<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>TRAT</b>
	A		18.0650	4	6
	A				
B	A		17.1125	4	5
B	A				
B	A	C	16.7925	4	4
B		C			
B	D	C	15.7775	4	3
	D	C			
	D	C	14.8975	4	2
	D				
	D		14.4300	4	1
	D				
	D		13.9025	4	0

## PORCENTAJE DE MASA SECA DE HOJAS (%)

### Procedimiento ANOVA

#### Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para PorcentajeMSeccaHoja

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	0.73225
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	4.67302
<b>Diferencia significativa mínima</b>	1.9994

<b>Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.</b>			
<b>Tukey Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>TRAT</b>
A	13.1625	4	5
A			
A	12.9150	4	6
A			
A	12.8125	4	4
A			
A	12.2950	4	3
A			
A	12.2150	4	2
A			
A	11.6650	4	1
A			
A	11.3475	4	0

**PORCENTAJE DE MASA SECA DE TALLOS (%)**

**Procedimiento ANOVA**

**Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para PorcentajeMsecaTallo**

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	0.700012
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	4.67302
<b>Diferencia significativa mínima</b>	1.9549

<b>Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.</b>					
<b>Tukey Agrupamiento</b>			<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>TRAT</b>
	A		16.2925	4	4
	A				
B	A		16.1000	4	5
B	A				
B	A	C	15.9400	4	6
B	A	C			
B	A	C	15.3300	4	2
B	A	C			
B	A	C	15.0050	4	3
B		C			
B		C	14.2125	4	1
		C			
		C	14.0050	4	0

## PORCENTAJE DE PESO SECO DE FRUTOS (%)

### Procedimiento ANOVA

#### Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para PorcentajeMsecaFrutos

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	22.56149
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	4.67302
<b>Diferencia significativa mínima</b>	11.098

<b>Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.</b>			
<b>Tukey Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>TRAT</b>
A	41.738	4	4
A			
A	41.325	4	6
A			
A	39.605	4	5
A			
A	38.788	4	3
A			
A	38.633	4	2
A			
A	37.653	4	0
A			
A	36.943	4	1

## INDICE DE COSECHA

### Procedimiento ANOVA

#### Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para indice cosecha

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	21
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	4.597302
<b>Diferencia significativa mínima</b>	0.009975

<b>Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.</b>			
<b>Tukey Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>TRAT</b>
A	0.423	4	4
A			
A	0.410	4	6
A			
A	0.451	4	5
A			
A	0.400	4	3
A			
A	0.420	4	2
A			
A	0.410	4	0
A			
A	0.417	4	1

## RENDIMIENTO POR HECTÁREA

### Procedimiento ANOVA

#### Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para rendimiento

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	21
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	4.597302
<b>Diferencia significativa mínima</b>	650.1598

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.					
Tukey Agrupamiento			Media	N	TRAT
B	A		2367.750	4	4
B	A				
	A		2527.238	4	6
	A				
	A		2431.081	4	5
	A				
	A		2405.519	4	3
	A				
B		C	1730.737	4	2
B		C			
		C	1284.200	4	0
		C			
		C	1577.287	4	1
		C			