

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Inoculación, micronutrientes y extracto de alga nativa en el  
rendimiento de variedades de arveja (*Pisum sativum* L.),  
Pampa del Arco - Ayacucho, 2017.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:  
John Wilmer Muñoz Guzmán**

**Ayacucho - Perú**

**2018**

A mi madre Delia Guzmán Aldonate.

A mis hermanos Richard, Nancy, William y Jack.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, a la Facultad de Ciencias Agrarias y a la Escuela Profesional de Agronomía, Alma mater de mi formación profesional.

Al M.Sc. Alejandro Camasca Vargas, por su asesoramiento, guía y conducción del presente trabajo.

Al Dr. Cayo García-Blásquez Morote, por su asesoramiento y valioso aporte en el presente trabajo de investigación.

A todos los miembros del jurado, por el tiempo que me brindaron, sus consejos, guía y correcciones que aportaron a la realización de este trabajo de investigación.

Mi eterno agradecimiento a mi madre, por su enorme sacrificio.

De igual forma expreso mi gratitud a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y colaboración incondicional en todo el proceso del presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Dedicatoria .....   | i           |
| Agradecimiento .....  | ii          |
| Índice general .....  | iii         |
| Índice de tablas.....   | v           |
| Índice de figuras.....  | ix          |
| Índice de anexos.....   | xi          |
| Resumen.....  | 1           |
| Introducción .....  | 3           |
| <br>  |             |
| <b>CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>                                | <b>5</b>    |
| 1.1. Antecedentes .....   | 5           |
| 1.2. Origen e historia del cultivo de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.) ..... | 6           |
| 1.3. Inoculación .....  | 19          |
| 1.4. Micronutrientes para las bacterias.....                                  | 26          |
| 1.5. Algas.....   | 30          |
| <br>  |             |
| <b>CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....</b>   | <b>39</b>   |
| 2.1. Ubicación .....  | 39          |
| 2.2. Análisis físico y químico del suelo .....                                | 39          |
| 2.3. Análisis químico del guano de isla.....                                  | 40          |
| 2.4. Condiciones meteorológicas .....   | 41          |
| 2.5. Material genético - planta indicadora.....                               | 44          |
| 2.6. Factores en estudio y tratamientos .....                                 | 44          |
| 2.7. Tratamientos.....  | 45          |
| 2.8. Diseño experimental y análisis estadístico.....                          | 45          |
| 2.9. Características del campo experimental.....                              | 46          |
| 2.10. Instalación y conducción del experimento .....                          | 48          |
| 2.11. Variables evaluadas.....  | 53          |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b> | <b>57</b> |
| 3.1. Variables de rendimiento .....             | 57        |
| 3.2. Variables de precocidad .....              | 82        |
| 3.3. Nodulación .....                           | 93        |
| <br>  |           |
| Conclusiones .....                              | 103       |
| Recomendaciones.....                            | 104       |
| Referencia bibliográfica .....                  | 105       |
| Anexos .....                                    | 111       |

## ÍNDICE DE TABLAS

|            |  | Pág. |
|------------|--|------|
| Tabla 1.1. | Taxonomía de la arveja.....  | 7    |
| Tabla 1.2. | Características de las variedades Remate y Usui.....   | 9    |
| Tabla 1.3. | Composición 100 gr de arveja.....  | 9    |
| Tabla 1.4. | Composición química de 100 gr de arveja.....   | 10   |
| Tabla 1.5. | Proporciones para la inoculación simple.....   | 20   |
| Tabla 1.6. | Proporción para inoculación en forma de "pellet".....  | 21   |
| Tabla 1.7. | Taxonomía del Rhizobium.....   | 22   |
| Tabla 1.8. | Composición química del extracto de alga <i>Spirogyra communis</i> (Hasall) Kurtz.....   | 37   |
| Tabla 2.1. | Características físicas y químicas del suelo. Pampa del Arco – UNSCH.....  | 40   |
| Tabla 2.2. | Composición química del guano de Isla.....   | 40   |
| Tabla 2.3. | T° máxima, media, mínima, precipitación y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2016 -2017 de la estación meteorológica INIA – Ayacucho.....   | 42   |
| Tabla 2.4. | Descripción de los tratamientos.....   | 45   |
| Tabla 2.5. | Cantidad de semilla usada en el experimento.....   | 49   |
| Tabla 2.6. | Inoculante y micronutrientes aplicados a la semilla.....   | 50   |
| Tabla 3.1. | Análisis de variancia del rendimiento en vaina verde ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.)..... | 57   |
| Tabla 3.2. | Análisis de variancia de rendimiento en grano seco ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....   | 60   |
| Tabla 3.3. | Análisis de variancia de la altura de planta (cm) de inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....                             | 63   |
| Tabla 3.4. | Análisis de variancia del número de vainas por planta, de inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....                        | 66   |
| Tabla 3.5. | Análisis de variancia del número de granos por vaina con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....                          | 69   |

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Tabla 3.6.  | Análisis de variancia de Longitud de vainas (cm) con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....                 | 72  |
| Tabla 3.7.  | Análisis de variancia del peso de 1000 semillas con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....                  | 75  |
| Tabla 3.8.  | Rentabilidad económica en vaina verde en el cultivo de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....  | 78  |
| Tabla 3.9.  | Rentabilidad económica en grano seco en el cultivo de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....   | 80  |
| Tabla 3.10. | Análisis de variancia de Emergencia en días después de la siembra con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.)..... | 82  |
| Tabla 3.11. | Análisis de variancia de Inicio de floración, con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....                    | 84  |
| Tabla 3.12. | Análisis de variancia de Madurez fisiológica (días), con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....             | 87  |
| Tabla 3.13. | Análisis de variancia de Madurez de cosecha (días), con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....               | 90  |
| Tabla 3.14. | Análisis de variancia para la longitud de raíces (cm), con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....            | 93  |
| Tabla 3.15. | Análisis de variancia de número de nódulos por planta, con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....            | 96  |
| Tabla 3.16. | Características morfológicas (ubicación, tamaño, morfología y coloración).....   | 99  |
| Tabla 3.17. | Análisis de variancia del Peso fresco de nódulos/planta, con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....          | 100 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|              |   | <b>Pág.</b> |
|--------------|---|-------------|
| Figura 2.1.  | Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico correspondiente a la temporada 2016-2017, Estación Meteorológica INIA-Ayacucho, 2750 msnm.....                                  | 43          |
| Figura 3.1.  | Prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) para el rendimiento en vaina verde, con inoculación micronutrientes y extracto de algas nativas en arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....              | 58          |
| Figura 3.2.  | Prueba de Tukey ( $P=0.05$ ) para el rendimiento en grano seco con inoculación, micronutrientes y extracto de algas nativas en variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.)..... | 61          |
| Figura 3.3.  | Prueba de Tukey ( $P=0.05$ ) para la altura de planta con inoculación, micronutrientes y extracto de algas nativas en variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....          | 64          |
| Figura 3.4.  | Prueba de Tukey ( $0.05$ ) para número de vainas por planta, con inoculación, micronutrientes y extracto de algas nativas en variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....   | 67          |
| Figura 3.5.  | Prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) factor variedad (A), para número de granos por vaina.....  | 70          |
| Figura 3.6.  | Prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) para el factor Inoculante +ME+EA (B), de Número de granos por vaina.....   | 70          |
| Figura 3.7.  | Prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) para el factor variedad (A), para Longitud de vainas.....  | 73          |
| Figura 3.8.  | Prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) factor Inoculante +ME+EA (B), de longitud de vainas.....   | 73          |
| Figura 3.9.  | Prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) para peso de 1000 semillas, con inoculación, micronutrientes y extracto de algas nativas en variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....       | 76          |
| Figura 3.10. | Prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) para el factor variedad (A), para emergencia en días después de la siembra.....  | 83          |
| Figura 3.11. | Prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) para el factor Inoculante +ME+EA (B), de emergencia en días después de la siembra.....   | 83          |
| Figura 3.12. | Prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) para el Inicio de floración en días,   |             |

|              |  |     |
|--------------|--|-----|
|              | con inoculante, micronutriente (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....   | 86  |
| Figura 3.13. | Prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) para la madurez fisiológica en días, con inoculante, micronutriente (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....     | 89  |
| Figura 3.14. | Prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) para la madurez de cosecha en días, con inoculante, micronutriente (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....      | 92  |
| Figura 3.15. | Prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) para la longitud de raíces (cm), con inoculante, micronutriente (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....         | 95  |
| Figura 3.16. | Prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) para el número de nódulos por planta con inoculante, micronutriente (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.).....      | 95  |
| Figura 3.17. | Prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) para el peso fresco de nódulos por planta con inoculante, micronutriente (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.)..... | 102 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|           |  | <b>Pág.</b> |
|-----------|--|-------------|
| Anexo 1.  | Ubicación del lugar de recolección de las algas de la especie <i>Spirogyra communis</i> (Hasall) Kurtz.....  | 112         |
| Anexo 2.  | Terreno inicial y preparado.....   | 113         |
| Anexo 3.  | Prueba de germinación variedad Usui.....   | 113         |
| Anexo 4.  | Prueba de germinación variedad Remate.....   | 114         |
| Anexo 5.  | Trazado y delimitación del terreno.....  | 114         |
| Anexo 6.  | Inoculación con bacterias específicas usando el inoculante Rhizolam.....   | 115         |
| Anexo 7.  | Fuente de cobalto (Cloruro de Co) usado al momento de la siembra.....  | 115         |
| Anexo 8.  | Fuente de molibdeno (Ácido molibdico) usado en la siembra....  | 116         |
| Anexo 9.  | Obtención del extracto de alga al 25%.....   | 116         |
| Anexo 10  | Surcado del terreno.....   | 117         |
| Anexo 11. | Semillas preparadas para la siembra.....   | 117         |
| Anexo 12. | Siembra de las semillas en campo definitivo.....   | 118         |
| Anexo 13. | Emergencia de las plántulas.....   | 118         |
| Anexo 14. | Deshierbo y aporque.....   | 119         |
| Anexo 15. | Plantas en desarrollo vegetativo.....  | 119         |
| Anexo 16. | Fumigación preventiva contra hongos.....   | 120         |
| Anexo 17. | Tutorado, para mejorar el rendimiento de la arveja.....  | 120         |
| Anexo 18. | Inicio de floración.....   | 121         |
| Anexo 19. | Inicio de llenado de granos.....   | 121         |
| Anexo 20  | Evaluación de la nodulación.....   | 122         |
| Anexo 21. | Evaluación de la altura de la planta.....  | 123         |
| Anexo 22. | Evaluación del rendimiento.....  | 123         |
| Anexo 23. | Número de nódulos por planta.....  | 123         |
| Anexo 24. | Cantidad estimada de microelementos aportados mediante la aplicación foliar del extracto de alga <i>Spirogyra communis</i> (Hasall) Kurtz, al cultivo..... | 124         |
| Anexo 25. | Costos de producción de arveja variedad Remate en vaina verde.....   | 125         |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Anexo 26. | Costos de producción de arveja variedad Remate en grano seco.                       | 126 |
| Anexo 27. | Variables evaluadas.....  | 127 |
| Anexo 28. | Análisis del Guano de isla realizado en el laboratorio de Pastos<br>y forrajes..... | 129 |
| Anexo 29. | Análisis de suelo realizado en AGROLAB.....   | 130 |

## RESUMEN

El trabajo experimental fue instalado en Pampa del Arco-Ayacucho a 2750 m.s.n.m. y fue conducido en la campaña agrícola 2016-2017 a partir del mes de diciembre, con la finalidad de evaluar el grado de influencia de la aplicación de inoculante, micronutrientes y extracto de alga nativa, en el rendimiento de dos variedades de arveja Usui y Remate. Como abono de base se utilizó el guano de isla, de acuerdo con los resultados del análisis de suelo. El experimento se dispuso en un arreglo factorial de dos variedades de arveja, inoculante, micronutrientes y extracto de alga nativa, dispuesto en el diseño de bloque completo randomizado (DBCR) con tres repeticiones por tratamiento que permitió un total de 30 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron a) variables de precocidad; días a la emergencia, inicio de floración, madurez fisiológica y madurez de cosecha. b) variables de rendimiento; altura de planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, longitud de vainas, peso de 1000 semillas, rendimiento en vaina verde, rendimiento en grano seco y rentabilidad económica; y c) variables de nodulación; longitud de raíces, número de nódulos por planta, localización de los nódulos, tamaño de nódulos, coloración de Leg-hemoglobina, peso de nódulos por planta y tipificación. Del análisis de los resultados obtenidos la variedad Remate y Usui tratados con inoculante, micronutrientes (cobalto y molibdeno) y extracto de alga *Spirogyra communis* (Hasall) Kurtz al 25% de concentración obtuvieron los mejores parámetros en nodulación, precocidad y mayores rendimientos en vaina verde con producciones de 13841 kg ha<sup>-1</sup> y 11350 kg ha<sup>-1</sup> y una rentabilidad de 211% y 155% respectivamente.

## INTRODUCCIÓN

La arveja (*Pisum sativum* L.) es una de las leguminosas más importantes en nuestro país, por sus características nutritivas, por ser parte de la dieta diaria y por los ingresos que genera su comercialización. La arveja es de hábito rastrero o trepador, que se desarrolla en climas templados y templados fríos; sus granos secos (menestra) contienen de 22% a 26% de proteína de buena calidad, mientras que sus vainas al estado verde (legumbre) contienen 6.3% de proteína de buena calidad, siendo de mayor importancia su contenido de vitaminas (A, B1, B2 y C) y minerales (Fe, P, Mg, Zn y K). Subía (2007).

Según la FAO en el 2014 se cultivaron 72 millones de hectáreas de legumbres a nivel mundial con una producción de 8,4 millones de toneladas siendo China el primer productor, estos suelos cultivados fijaron de 3 a 6 toneladas de nitrógeno, por consecuencia las leguminosas contribuyen a un uso racional de fertilizantes nitrogenados disminuyendo así las emisiones de gases de efecto invernadero. Según MINAGRI (2016), en el Perú se siembra una superficie de 34,300 hectáreas con una producción de 135 mil toneladas, Ayacucho reporta una superficie cultivada de 1,595 hectáreas con un rendimiento de 4,068 toneladas encontrándose entre las principales productoras junto a Junín, Huánuco, Cajamarca y Huancavelica. Según estos datos en países desarrollados el rendimiento de arveja en vaina puede alcanzar de 8 a 10 tn ha<sup>-1</sup>, en el Perú el rendimiento promedio es de 3.9 tn ha<sup>-1</sup> y en Ayacucho es de 2.6 tn ha<sup>-1</sup>, siendo estos rendimientos bajos a pesar de ser una de las principales productoras a nivel de la región.

Teniendo en cuenta las premisas consideradas, se ha planteado el presente trabajo de investigación que busca incrementar la producción y productividad de la arveja a través del tratamiento de las semillas con la inoculación con cepas específicas de

*Rhizobium leguminosarum biovar viceae*, aporte de micronutrientes (cobalto y molibdeno), que ayudarán al *Rhizobium* a potencializar la FBN (fijación biológica de nitrógeno) y el uso de extracto de alga nativa *Spirogyra communis* (Hasall) Kurtz, que será puesta vía foliar por poseer macro y micronutrientes para incrementar la producción de la arveja, misma que se desarrollará en Pampa del Arco - Ayacucho, con los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Evaluar la influencia de la inoculación, micronutrientes y extracto de alga nativa en el rendimiento de variedades de arveja (*Pisum sativum* L), en Pampa del arco – Ayacucho, 2017.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar la influencia de la inoculación con *Rhizobium leguminosarum biovar viceae*, en el rendimiento de variedades de arveja.
- Evaluar la influencia de la inoculación con *Rhizobium* junto con los micronutrientes en el rendimiento de variedades de arveja.
- Evaluar la influencia de la inoculación con *Rhizobium* más el extracto de alga nativa, en el rendimiento de variedades de arveja

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. ANTECEDENTES**

Flores (2009) evaluó la respuesta de tres bioestimulantes (Fertigro, Humifert y Basfoliar Algae) y 3 dosis (7.5, 10 y 12.5 ml) en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), el mejor resultado obtenido fue con la aplicación de bioestimulante Basfoliar Algae (12.5 ml lt<sup>-1</sup>) el cual reportó un rendimiento de 16500 kg ha<sup>-1</sup>

Gálvez (2015) evaluó diferentes concentraciones de extracto de alga y aporte de microelementos con la finalidad de incrementar el rendimiento de arveja, el mejor resultado lo presentó el tratamiento T12 (concentración de extracto de alga al 25%, enriquecido con microelementos aplicados a la semilla y el follaje) el cual reportó un rendimiento de 16342 kg ha<sup>-1</sup>

Rondinel (2014) al estudiar el rendimiento en vaina verde de tres variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) en tres modalidades de siembra bajo el sistema de agricultura de conservación en Canaán – Ayacucho, determinó que la variedad de arveja Usui y la modalidad de siembra (0.30m entre golpes y 3 semillas por golpe) respondió mejor y reportó un rendimiento de 10398 kg ha<sup>-1</sup>

Tacas (2015) al estudiar el efecto residual del abonamiento orgánico mineral en el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Remate en Pampa del Arco. Determinó el efecto residual de niveles crecientes de abonamiento orgánico y sintético y su interacción entre estas en el rendimiento de arveja; donde el mejor rendimiento lo presentó el tratamiento T06 con 500 kg de Guano de Isla y 140-120-50 de NPK y producción de 10950 kg ha<sup>-1</sup>

Prestes y Fávero (2005) en la revista titulada Aplicación de cobalto y Molibdeno en semillas para el cultivo de soya, mencionan que la aplicación de cobalto y molibdeno es una práctica común en Brasil y que estos mejoran la nodulación, la nutrición de la planta y se ve reflejada en el rendimiento de granos.

Copa (2006) al estudiar la producción orgánica de cebada, arveja y vicia en siembra pura y asociada en Curahuara de Carangas-Bolivia menciona que los cultivos orgánicos están tomando gran énfasis a nivel mundial debido a que disminuyen la contaminación ambiental por el uso indiscriminado de fertilizantes inorgánicos y que es la nueva tendencia en los años venideros.

INTA (2008) informa en su boletín titulado “Molibdeno y cobalto, dos micronutrientes esenciales en la producción de soja”, que la fijación biológica de nitrógeno es importante en el crecimiento y producción de la soja y que el Molibdeno junto al Cobalto mezclados con el inoculante es la forma más eficiente de incorporarlos en el tratamiento de la semilla para la fijación biológica de nitrógeno por las leguminosas.

Evans (1983) al realizar estudios en campo de leguminosas con baja productividad revelaron la ausencia de nódulos debido a la falta de inoculación, las cuales disminuyen el rendimiento de las leguminosas.

Jayo (2004) menciona que los mejores rendimientos que se obtuvieron en el cultivo de dos variedades de arveja son las que fueron inoculadas con *Rhizobium* frente a otros tratamientos sin inoculación y al testigo, lo que justifica el uso de inoculantes.

Sánchez (2004) indica que la mejor fórmula de abonamiento sin inoculación es de 125 - 60 - 40 de NPK para una cosecha en verde de 12 tn ha<sup>-1</sup>, sin embargo, es inferior si comparamos con un cultivo de arveja inoculado con *Rhizobium* que supera las 12 toneladas y que económicamente es más rentable y justifica la inoculación.

## **1.2. ORIGEN E HISTORIA DEL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.)**

Convenio SENA, SAC y FENALCE (2010) indica que la arveja (*Pisum sativum* L.), es uno de los cultivos más antiguos de la humanidad. Hay evidencias del consumo de

arvejas silvestres unos 10,000 ac, en una excavación arqueológica en Jarmo, al noreste de Irak, se encontraron arvejas que datan de unos 7,000 a.c. Los restos arqueológicos de los pueblos de la edad de bronce en Suiza contienen restos de arvejas que datan del año 3,000 a.c.

Faiguenbaum (1990) sostiene que la diversidad de esta especie tiene su origen en Palestina o Egipto en las zonas orientales europeas del mediterráneo.

### 1.2.1. Taxonomía

Giles (1975) indica la siguiente taxonomía de la arveja

**Tabla 1.1.** Taxonomía de la arveja

| Reino    | Plantae              |
|----------|----------------------|
| División | Magnoliophyta        |
| Clase    | Magnoliopsida        |
| Orden    | Fabales              |
| Familia  | Fabaceae             |
| Tribu    | Fabeae               |
| Género   | Pisum                |
| Especie  | <i>Pisum sativum</i> |

Según Giles (1975) a la arveja se le conoce también con los nombres comunes de chícharo, guisante, tirabeque, molla.

### 1.2.2. Variedades y cultivares

Faiguenbaum (1993) menciona que el *Pisum sativum* L, es una especie dicotiledónea anual, perteneciente a la familia de las Fabáceas (Papilionáceas), en esta especie es posible distinguir tres variedades botánicas:

#### 1.2.2.1. *Pisum sativum* L. ssp

Sativum var. Macrocarpon, es cultivada para consumo de las vainas; éstas resultan comestibles por no presentar fibra en la unión de las valvas (pericarpio) y por carecer de endocarpio; esta última estructura es conocida como pergamino que corresponde a un tejido de fibras esclerenquimáticas ubicadas en la cara externa de las valvas.

#### **1.2.2.2. *Pisum sativum* L. ssp**

Sativum var. Sativum, es cultivada fundamentalmente para la obtención de granos tiernos inmaduros; estos pueden destinarse directamente al consumo humano o procesarse, ya sea para la obtención de producto congelado o enlatado. Los cultivares pertenecientes a esta variedad botánica presentan en su mayoría, flores de color blanco.

#### **1.2.2.3. *Pisum sativum* L. ssp**

Sativum var. Arvense (L.), es cultivada principalmente para la obtención de granos secos, los cuales pueden ser utilizados en la alimentación humana y animal. Los cultivares usados con fines forrajeros corresponden también a esta variedad botánica. Las flores que presentan los cultivares de esta variedad son de color púrpura.

Caritas del Perú (2003), presenta las siguientes variedades comerciales:

#### **1.2.2.4. Variedad Usui**

Plantas de buen vigor, altos rendimientos, de 1.37 m de altura y con 7-9 granos de arveja por vaina. Se adaptan fácilmente a diversos climas del Perú, tienen buena demanda en el mercado local y nacional por presentar un buen sabor y color que son factores indispensables para una buena comercialización. Presentan flores de color blanco amariposadas. (INIA, 2003).

#### **1.2.2.5. Variedad Remate**

El manual del cultivo de arveja en la sierra INIA (2003), indica que es una variedad de periodo vegetativo semi precoz cuya altura de planta alcanza los 1.50 m, muy apreciada por los agricultores por su rendimiento, su ciclo vegetativo de 120 a 130 días. Presenta vainas medianas con una longitud promedio de 9 a 13 cm, necesitan espalderas para un buen desarrollo.

### **1.2.3. Características de las variedades en estudio**

En la tabla 1.2 se puede observar las características más significativas de las variedades en estudio.

**Tabla 1.2.** Características variedades Remate y Usui

| <b>Característica</b>         | <b>Var. Remate</b>         | <b>Var. Usui</b>          |
|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Hábito de crecimiento         | Medio enrame               | Medio enrame              |
| Periodo vegetativo            | Semi precoz                | Semi precoz               |
| Días a la floración           | 70 días                    | 75 días                   |
| Días a la madurez fisiológica | 130 días                   | 138 días                  |
| Inicio de la cosecha en vaina | 110 días                   | 115 días                  |
| Altura de la planta           | 1.50 m                     | 1.37 m                    |
| Longitud de la vaina          | 9.13 cm                    | 8.5 cm                    |
| Número de vainas/planta       | 24                         | 21                        |
| Número de granos/vaina        | 08                         | 06                        |
| Superficie de grano seco      | Liso                       | Liso                      |
| Rend. Prom. Grano verde       | 10,200 kg ha <sup>-1</sup> | 7,500 kg ha <sup>-1</sup> |
| Rend. Prom. Grano seco        | 2,800 kg ha <sup>-1</sup>  | 2,000 kg ha <sup>-1</sup> |

Fuente: Manual del cultivo de arveja (Cáritas del Perú, 2003).

#### 1.2.4. Valor nutricional

Una ración media de guisantes tiene casi tanta proteína como un huevo entero (aunque es de menor calidad), menos de un gramo de grasa, y nada de colesterol. Además, aporta un contenido significativo de minerales tales como el fósforo, el hierro, el potasio y el magnesio.

Instituto Nacional de Nutrición, citado por Camasca (1994) menciona que 100 gr de porción comestible de arveja fresca tiene la siguiente composición:

**Tabla 1.3.** Composición 100 gr de arveja

| <b>Descripción</b> | <b>Cantidad</b> |
|--------------------|-----------------|
| Agua               | 72.6 gr         |
| Energía            | 106 cal         |
| Proteínas          | 7.1 gr          |
| Grasa              | 0.6 gr          |
| Carbohidratos      | 18.8 gr         |
| Calcio             | 27 mg           |
| Fósforo            | 134 mg          |
| Fierro             | 1.7 mg          |
| Vitamina A         | 29 mg           |

### 1.2.5. Importancia nutritiva

Según Tamaro (1960) la arveja (*Pisum sativum*, L), es un alimento muy nutritivo con alto contenido de proteínas, grasas carbohidratos, calorías y elementos minerales; además contiene vitaminas A, B, C y D, reporta que 100 gr de arveja proporcionan al organismo los siguientes nutrientes:

**Tabla 1.4.** Composición química de 100 gr de arveja

| Granos          | Proteína | Grasa | Hidratos de carbono | Calorías |
|-----------------|----------|-------|---------------------|----------|
| Arvejas frescas | 14       | 1,0   | 30                  | 185      |
| Arvejas secas   | 23       | 1,8   | 52                  | 320      |
| Arvejas verdes  | 6        | 0,5   | 12                  | 75       |

Fuente: Tamaro (1960).

Según Mateo (1961) la importancia del cultivo de la arveja está dada por las cualidades que presenta en la alimentación humana; el alto contenido de proteínas, grasas, carbohidratos, calorías, elementos minerales y vitaminas A, B, C y D influyen directamente en la nutrición de todo organismo.

### 1.2.6. Características morfológicas de la planta

#### 1.2.6.1. Sistema radicular

Campos (1992) señala que en conjunto el sistema radicular es poco desarrollado, aunque la raíz principal de crecimiento pivotante puede alcanzar entre los 80 y 100 cm, de profundidad.

Maroto (1986) señala que la planta de arveja presenta un sistema radicular poco desarrollado en conjunto, aunque posee una raíz pivotante que puede llegar hasta los 80 cm, las raíces secundarias pueden originar una cobertura densa de raíces terciarias, el sistema radicular de la planta se ve reflejado en el crecimiento foliar de la planta.

#### 1.2.6.2. Tallo principal

Kay (1979) afirma que los tallos de la arveja son débiles, angulares o redondos y huecos, en las que pueden ser del tipo enanos que están entre los 15 a 90 cm medios 90 a 150 cm de y altos 150 a 300 cm de altura.

Mateo (1961) menciona que los tallos de las arvejas son de diámetros y longitudes muy diversas, según las especies, más o menos ramificados trepadores y rastreros, generalmente desnudos.

#### **1.2.6.3. Ramas**

Toro (1969) indica que las plantas de arveja tienen una tendencia a ramificar basalmente a partir de los nudos, que son aquellos en que se desarrollan las brácteas trifidas. La cantidad de plantas que llegue a emitir ramas dependerá básicamente del aspecto genético, de la fertilidad del suelo, del abastecimiento hídrico y de la densidad de la población.

#### **1.2.6.4. Hojas**

Camarena (2003) afirma que la hoja de la planta de arveja, está constituida por dos estípulas que abrazan al tallo en la parte basal, foliolos opuestos lanceolados o alternos y en la parte terminal se aprecian los zarcillos que varían de tres a cinco y de los que se vale la planta para treparse.

#### **1.2.6.5. Botones florales**

Los botones florales crecen encerrados por las hojas superiores, presentando cinco sépalos totalmente unidos que encierra el resto de la flor.

#### **1.2.6.6. Flores**

Faiguembaun (1990) menciona que la flor de arveja es Papilionada, ya que se asemeja a una mariposa cuando los pétalos se desenvuelven presentando una simetría bilateral. Estructuras de la flor:

- **Pedicelo:** Une la parte basal de la flor al pedúnculo; en su base presenta una bráctea foliácea.
- **Cáliz:** Es una campánula, pentagamosépala, glabro y con dos pequeñas bractéolas en su base.
- **Corola:** Está formado por cinco pétalos de color blanco o blanco violáceo; uno de gran tamaño denominado estandarte, encierra a los demás. Otros dos pétalos

laterales, que corresponden a las alas, se extienden oblicuamente hacia afuera y se adhieren por el medio a la quilla.

- **Androceo:** Es diadelfo, es decir los estambres forman dos grupos. El número de estambres es de 10, los filamentos concrecentes de nueve de ellos forman un tubo que está abierto en el lado superior; el décimo estambre, llamado vexilar está libre en una posición más cercana al estandarte, es el primero en liberar polen.
- **Gineceo:** Es monocarpelar, curvado, de ovario súpero, unilocular y contiene dos hileras de óvulos que se originan sobre placentas parietales paralelas y adyacentes. El estilo es filiforme y está orientado en ángulo aproximadamente recto con el ovario.

#### **1.2.6.7. Inflorescencias**

Gonzáles (2001) menciona que la arveja posee inflorescencias axilares que constan de una o más flores, que van apareciendo de modo escalonado, las variedades tempranas tienden a ser enanas y florecen en nudos inferiores. Las flores autógamias están regidas por un mecanismo de cleistogamia, siendo heteroclamídea pentámera. Existe dos tipos de arveja: de flores blancas y de flores coloreadas. Las variedades de flores blancas dan lugar a semillas amarillas o azul verdosas, que no contienen taninos, prácticamente todas las arvejas usadas en el Perú tanto para consumo humano como para alimentación animal, son arvejas de flores blancas.

#### **1.2.6.8. Fruto**

Kay (1979) afirma que el fruto en arveja es una vaina que está forrada con una membrana semejante al pergamino, el endocarpio está ausente en las arvejas de vaina comestible. La vaina suele ser dehiscente por dos suturas y contiene de dos a 10 semillas, que pueden ser globosas o globosas angulares, lisas o arrugadas y de varios colores que pueden ser verde o amarillo. El tamaño de las vainas es muy variable, pueden ser pequeñas (longitud entre 3 y 4.5 cm), grandes (entre 6 a 10 cm) y muy grandes (entre 10 a 15 cm)

#### **1.2.6.9. Semillas**

Cubero y Moreno (1983) indican que las semillas son de forma globulosas, cúbicas, lisas o rugosas, pudiendo contener cada vaina entre 4 y 12 semillas. La mayor parte

de las variedades presentan en la cara interna de sus valvas una formación tisular esclerenquimatosa o pergamino.

González (2001) afirma que las semillas pueden presentar una forma globosa o globosa angular y de un diámetro de 3 a 5 mm, tienen dos cotiledones, envuelta en una testa de tejido materno. Las variedades comestibles suelen tener vainas grandes, cilíndricas o aplanadas. Las variedades de grano rugoso se suelen consumir en verde, mientras que los de tipos lisos se usan como arvejas de granos secos.

### **1.2.7. Etapas de desarrollo**

#### **1.2.7.1. Pre-germinación**

Villareal (2006) afirma que en condiciones adecuadas de temperatura y de humedad la semilla comienzan a embeber agua a través de la testa y el micrópilo, aumentando gradualmente de tamaño hasta el segundo día, luego comienza un proceso de gran actividad metabólica para posteriormente germinar.

Maroto (1986) menciona que la semilla después de la siembra empieza a embeber agua a través de la testa y el micrópilo, aumentando gradualmente de tamaño.

#### **1.2.7.2. Germinación**

Maroto (1986) menciona que la arveja es una planta de germinación hipogea, planta anual, trepadora, herbácea, la semilla después de la siembra empieza a embeber agua a través de la testa y el micrópilo, aumentando gradualmente de tamaño. La etapa de imbibición puede ser dividida en dos fases: Rápida captación de agua y se completa aproximadamente en dos días en que la semilla aumenta significativamente de volumen seguida de una baja tasa de captación de agua e incremento en la actividad metabólica de la semilla.

Evans (1983), menciona que durante la germinación la movilización de las reservas de los cotiledones comienza en la periferia de la semilla y avanza hacia adentro pero no alcanza proporciones significativas hasta después de varios días después de la emergencia de la radícula y la plúmula.

### **1.2.7.3. Formación de hojas verdaderas**

Puga (1992) afirma que una vez que ha emergido la pequeña planta, empieza a desarrollarse el primer par de hojas verdaderas a la vez que se desprenden los cotiledones o falsas hojas. Esta emergencia ocurre a los 10 o 15 días después de la siembra, donde la plúmula da paso al primer par de hojas verdaderas.

### **1.2.7.4. Desarrollo vegetativo**

Villareal (2006) menciona que el desarrollo vegetativo empieza cuando la planta desarrolla las primeras hojas verdaderas, sucesivamente se forman los nudos vegetativos y el tallo principal comienza a ramificarse a partir del segundo nudo.

### **1.2.7.5. Nodulación**

Campos (1992) señala que las nodulaciones son más abundantes en los primeros 10 a 30 cm de profundidad del suelo, donde son más favorables las condiciones de aireación. La infección por *Rhizobium* tiene lugar a través de los pelos radiculares y por lo tanto la iniciación de los nódulos está ligada inevitablemente a la expansión del sistema radicular.

### **1.2.7.6. Floración**

Puga (1992) menciona que la floración se inicia de los 35 a 45 días después de la siembra, en las variedades precoces y a los 50 o 60 días en las variedades tardías de arveja para consumo en fresco.

Faiguembaund (1990) menciona que al formarse los botones florales crecen encerrados por las hojas superiores, presentando cinco sépalos totalmente unidos que encierran el resto de la flor. Después de algunos días, los botones asoman por entre las hojas aún no desplegadas que lo circundan, produciéndose la fase de fecundación poco antes que ocurra la apertura de las flores. Este proceso se produce de manera secuencial desde el primer hasta el último nudo reproductivo que presenta la planta en su tallo principal.

Villareal (2006) afirma que la fecundación dura de dos a tres días, verificándose únicamente en horas de máxima intensidad solar, la dehiscencia de las anteras se

realiza antes de la apertura de la flor, agrupándose el polen en los extremos de la quilla.

#### **1.2.7.7. Fructificación**

Puga (1992) señala que la formación y desarrollo de los frutos se inicia a los 8 o 10 días de aparecidas las flores.

Villareal (2006) menciona que una vez que ocurre el proceso de fecundación, los pétalos se vuelven al ovario fecundado, a continuación, se marchitan y se desprenden, dejando en evidencia una vaina pequeña que porta rudimentos del estilo en su ápice.

#### **1.2.7.8. Maduración de los frutos**

Villareal (2006) afirma que los granos durante los primeros días crecen muy lentamente y que muy pronto entran en una fase de rápido crecimiento, el cual se manifiesta mediante un abultamiento en las vainas; este se va haciendo cada vez mayor, producto del crecimiento progresivo de los granos. La cavidad de las vainas se llena prácticamente en forma completa cuando los granos alcanzan el estado de madurez para consumo en verde.

### **1.2.8. Ecología del cultivo de la arveja**

#### **1.2.8.1. Factores climáticos**

Knott (1962) menciona que la planta se comporta muy bien en clima templado y templado-frío con buena adaptación a períodos de bajas temperaturas durante la germinación y primeros estados de la planta. Esto favorece su enraizamiento y macollaje. Su período crítico a bajas temperaturas 5 o 7°C, por lo general ocurre a partir de la floración de las vainas. En estas condiciones pueden ocurrir daños por heladas de cierta intensidad. El desarrollo vegetativo tiene su óptimo de crecimiento con temperaturas comprendidas entre 16 y 20°C, estando el mínimo entre 6 y 10°C y el máximo en 35°C. Si la temperatura es muy elevada la planta se desarrolla bastante mal. Necesita ventilación y luminosidad para que desarrolle bien. En estas condiciones pueden ocurrir daños por heladas de cierta intensidad. En general, las

variedades de grano liso presentan mayor resistencia al frío que las rugosas. También, las de hojas verde oscuro tienen mayor tolerancia que las claras.

#### **1.2.8.2. Factores edafológicos**

Mateo (1961) indica que la arveja es una especie que requiere suelos de buena estructura, profundos, bien drenados, ricos en nutrientes asimilables y de reacción levemente ácida a neutra. Los mejores resultados se logran en suelos con pH entre 6 - 7.5 y bien drenados, que aseguren una adecuada aireación, y, a su vez, tengan la suficiente capacidad de captación y almacenaje de agua para permitir su normal abastecimiento, en especial durante su fase crítica (período de floración y llenado de vainas). Un drenaje deficiente que favorezca el encharcamiento”, inclusive durante un breve período después de las lluvias o el riego, es determinante para provocar un escaso desarrollo y, en muchos casos, pérdidas por ataque de enfermedades.

#### **1.2.9. Labores culturales**

##### **1.2.9.1. Preparación del terreno**

Ramos (1996) menciona que las labores de preparación del terreno deben ser arada, rastrada, y surcada dependiendo de las condiciones del área se debe considerar las recomendaciones para este cultivo. Adicionalmente, en esta labor puede incorporarse materia orgánica en forma de compost de estiércol.

##### **1.2.9.2. Siembra**

Villavicencio (1995) indica que el cultivo se inicia por medio de siembra directa, ubicando de 3 a 5 semillas por golpe en líneas distanciadas 40 cm entre sí. Luego del riego correspondiente a la siembra, debe regarse el cultivo cuando las plantas ya desarrollaron sus primeras hojas verdaderas, ya que durante la geminación los excesos de agua pueden afectar mucho el porcentaje de implantación.

##### **1.2.9.3. Fertilización**

Vaca (2011) manifiesta que la fertilización se realiza con base en el análisis de suelo. De no contarse con este, se recomienda aplicar cuatro sacos por hectárea de 18-46-0 al momento de la siembra. Si el área es pobre en nitrógeno, se sugiere aplicar urea en forma foliar, 2 kg en 200 litros de agua/ha.

#### **1.2.9.4. Riego**

Delgado (2000) menciona que la arveja es un cultivo tolerante a la sequedad y si se le da riego en tiempo seco, da mayor cantidad de frutos. La necesidad hídrica de este cultivo fluctúa entre 300-350 mm. de agua, durante su ciclo de vida, siendo la época más crítica la de crecimiento y floración luego de este tiempo es necesario la época seca.

#### **1.2.9.5. Control de malezas**

Subía (2007) indica que las malezas disminuyen el rendimiento, por lo que se debe efectuar la primera limpieza durante los primeros 30 a 40 días después de la siembra, ya que en esta etapa se presenta la mayor competencia de malezas con el cultivo.

INIAP (1998) confirma que, en localidades con alta presencia de malezas, se recomienda aplicar herbicidas pre emergentes como Sencor (Metribuzina) 35PM; en dosis de 600 g en 400 litros de agua/ha.

#### **1.2.9.6. Plagas**

Caritas del Perú (2007) menciona que existen muchas plagas y enfermedades que atacan el cultivo de la arveja, por eso es necesario que el agricultor realice inspecciones frecuentes en su cultivo, para encontrar e identificar síntomas de plagas como: huevos, larvas, excrementos, daños o síntomas de enfermedades en las plantas. Evaluaciones permanentes indicaran el momento del control sanitario.

Las plagas más importantes son:

- Las larvas shiure o utushcuro (*Heliothis zea*), son larvas de algunas mariposas nocturnas que pueden dañar las plántulas de arveja, al alimentarse de sus tallos.
- El barrenador del tallo (*Melanagromyza sp*), es una larva de color gris que penetra en el tallo justamente debajo de la superficie del suelo y barrena hacia arriba dentro de la planta, causando su muerte. El adulto coloca sus huevos en el suelo o en las hojas.
- Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis* y *Agromyza sp.*), insectos minadores; sus larvas son de color blanco amarillento y viven en pequeñas galerías, que hacen

entre los tejidos de la parte superior e inferior de las hojas, los cuales tienen forma de túneles serpenteados. Los adultos hacen pequeños agujeros en las hojas.

- Gusano perforador de brotes (*Epinotia aporema*), barrenan los brotes, los atroflan y los matan. Ocasionalmente perforaciones, forman canales a partir del ápice. Perfora las vainas y en su interior se desarrollan.
- Mosca blanca (*Bemisia tabaci*), los insectos adultos y las ninfas se alimentan de la savia de las hojas.
- Thrips (*Thrips sp.*), insectos que chupan y raspan la planta de la cual aprovechan su savia, al mismo tiempo, rompen los tejidos celulares, debilitándolas y secándolas prematuramente.

#### **1.2.9.7. Enfermedades**

Las enfermedades más importantes son:

- Chupadera fungosa (*Rhizoctonia sp.*, *fusarium sp.*), se identifica por el amarillamiento del follaje ocasionan primeramente la muerte de las hojas inferiores, en las raíces se observan lesiones hundidas y acuosas de color gris, café negro y rojo.
- Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), en las semillas causan lesiones oscuras hundidas que llegan hasta los cotiledones, los tallos afectados se debilitan y se rompen fácilmente, en las hojas las nervaduras en la cara inferior toman coloración rojiza.
- Oídium (*Erysiphe poligoni*), ataca el tallo, vaina y hoja. En la hoja aparecen muchas manchas blanquecinas pulverulentas aisladas y circulares que se extienden cubriendo toda la hoja. Se presenta con mayor intensidad en el proceso de llenado de grano y se intensifica si la planta sufre de estrés.
- Mildiu (*Peronospora viciae sp. Pisi*), aparece un polvo gris en la parte aérea de la planta. El haz de las hojas se vuelve amarillo y en casos extremos se caen. En ocasiones las vainas crecen deformadas, pequeñas y con escasas semillas y se desprenden antes de madurar.

### 1.3. INOCULACIÓN

Bietti y Orlando (2003) afirman a pesar de que *Rhizobium* es un habitante común en los suelos agrícolas, frecuentemente su población es insuficiente para alcanzar una relación benéfica con la leguminosa, o bien cuando los rizobios nativos no fijan cantidades suficientes de  $N_2$  para las leguminosas es necesario inocular la semilla en el momento de la siembra y asegurar la fijación biológica del  $N_2$ . La utilización de un *Rhizobium* infectivo (capacidad de nodular) y efectivo (eficiencia para la fijación de  $N_2$ ) en la leguminosa, implica determinar la necesidad de inoculación. Para ello se corrobora la existencia del tipo de *Rhizobium* nativo en el suelo, su eficiencia para fijar  $N_2$ , la concentración de N del suelo y si la leguminosa elegida es sembrada con frecuencia en la región para mantener su rendimiento. Lo ideal es seleccionar un *Rhizobium* altamente infectivo y efectivo para lograr una disminución de uso del fertilizante nitrogenado sin disminuir los rendimientos de la leguminosa.

Saborio (2002) indica que en general la inoculación se puede recomendar para una zona agrícola que se sembrará con una nueva especie de leguminosa. Así, un producto microbiano o inoculante, debe por lo menos mantener la productividad de un cultivo agrícola con menos dosis de fertilizante nitrogenado y con ello un ahorro en el costo de producción, minimizar la contaminación de aguas superficiales y mantos acuíferos la conservación del suelo, en un sistema de producción sustentable.

Estrada (2009) menciona que las bacterias fijadoras de nitrógeno deben de tener una concentración mínima de  $1 \times 10^9$  UFC/g de inoculante, para su comercialización.

Mackie y García-Blásquez (1980) mencionan que los inoculantes son cultivos puros de *Rhizobium* específicos para diferentes leguminosas, que son seleccionados por su alta capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico.

El inoculante más empleado es a base de turba (estéril o no estéril), que sirve para soporte biológico a las bacterias. La turba es impregnada con un caldo de cultivo con alta concentración de *Rhizobium*; la calidad y riqueza de la turba garantizará una mayor viabilidad o sobrevivencia de los *Rhizobium*.

### 1.3.1. Formas de inoculación

#### 1.3.1.1. Inoculación simple o común

Mackie y García-Blásquez (1980) indican que en un recipiente se prepara una solución azucarada al 10% en la cantidad recomendada, sobre ésta verter el inoculante específico en cantidad recomendada, mezclar el inoculante con la solución azucarada hasta formar una suspensión del inóculo, a dicha suspensión se añade las semillas, homogenizando bien hasta que queden bien húmedas, dejar orear en la sombra en capa delgada y sembrar el mismo día de la inoculación.

De preferencia sembrar en la mañana o en la tarde evitando que las semillas tengan contacto con el sol, ya que este es bactericida y podría matar al *Rhizobium*.

También es recomendable que la semilla no esté tratada con ningún fungicida.

**Tabla 1.5.** Proporciones para la inoculación simple

| Tamaño de las semillas | Cantidad de Inoculante | Cantidad de semillas kg | Agua azucarada ml. |
|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|
| Semillas pequeñas      | 1 bolsita (250 gr)     | 15                      | 1200               |
| Semillas medianas      | 1 bolsita (250 gr)     | 20                      | 800                |
| Semillas grandes       | 1 bolsita (250 gr)     | 35                      | 700                |

#### 1.3.1.2. Inoculación para “pellet”

Mackie y García-Blásquez (1980) indican que la inoculación de las semillas de leguminosas con bacterias específicas, suspendidas en una solución adhesiva y recubierta con una capa delgada de carbonato de calcio finamente molida (pellet) permite mayor sobrevivencia de las bacterias porque protege de los rayos solares y la sequía, protege contra la acidez del suelo y la acción de los fertilizantes, asegurando una efectiva nodulación de las leguminosas.

**Tabla 1.6.** Proporción para inoculación en forma de "pellet"

| <b>Tamaño<br/>semillas</b> | <b>Inoculante<br/>(250 gr)</b> | <b>Goma arábica<br/>40%</b> | <b>Agua<br/>(ml)</b> | <b>Semilla<br/>(kg)</b> | <b>CaCO<sub>3</sub><br/>(kg)</b> |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Pequeñas                   | 1 bolsita                      | 450                         | 1100                 | 15                      | 10                               |
| Medianas                   | 1 bolsita                      | 400                         | 1000                 | 20                      | 12                               |
| Grandes                    | 1 bolsita                      | 350                         | 850                  | 35                      | 18                               |

### **1.3.1.3. Inoculación en parcela establecida**

Mackie y García-Blásquez (1980) indican que el inoculante puede utilizarse sobre parcela establecida en la cantidad de 3kg por hectárea. Se puede mezclar el inoculante con tierra o arena y volar sobre la parcela después de un riego ligero y corto para favorecer la penetración de las bacterias al suelo, también se puede suspender el inoculante en un volumen de agua y aplicar con un aspersor.

### **1.3.1.4. Como se reconoce un buen inoculante**

Mackie y García-Blásquez (1980) indican que a los 45 a 60 días después de la germinación de las leguminosas inoculadas, se debe realizar un muestreo representativo del área a evaluar, de las muestras de plantas con raíces y nódulos se determinan las características del desarrollo de las plantas y características de la nodulación de la leguminosa.

De estar frente a buen inoculante, se observarán plantas de color verde normal, con buen desarrollo y raíces con características de buena nodulación (nódulos grandes, ubicados en las raíces principales y corona y al partir el nódulo presentará una coloración rosada rojiza); en caso contrario se observarán plantas amarillentas y raquílica y raíces con escasa nodulación y características de ineffectividad.

### **1.3.1. *Rhizobium***

Thorsen (2002) expresa que los rizobios son bacterias Gram negativas y estas son habitantes comunes del suelo donde están presentes las leguminosas. Sin embargo, no todos los rizobios pueden formar nódulos eficientes y/o fijar nitrógeno con todas las leguminosas. Esto permite diferenciar a los rizobios por su infectividad o capacidad de nodulación. Ocurre la misma situación con el proceso de FBN, no

siempre las cepas altamente infectivas poseen alta efectividad o alta capacidad de fijación de N.

Mackie y García-Blásquez (1980) indican que el *Rhizobium*, vive normalmente en el suelo, estableciéndose por largos periodos cuando las condiciones agroclimáticas son favorables para su supervivencia. Las bacterias en el suelo toman diferentes formas (bacilos, cocoide, etc.), son móviles lo que ayuda a encontrar a su planta huésped, la infecten y nodulen; en el interior de estos se producen cambios morfológicos, volviéndose, vacuolados y a veces ramificados, recibiendo el nombre de bacteroides.

### 1.3.2. Taxonomía

Thorsten (2002) describe la taxonomía del *Rhizobium*, de la siguiente manera

**Tabla 1.7.** Taxonomía del *Rhizobium*

|           |  |
|-----------|--|
| Orden     | Eubacteriales                                |
| Sub orden | Eubacteríneas                                |
| Familia   | Rhizobiaceae                                 |
| Género    | <i>Rhizobium</i>                             |
| Especie   | <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> |

### 1.3.3. Simbiosis con leguminosas

Thorsten (2002) afirma que los géneros de *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Allorhizobium*, *Bradyrhizobium* y *Azorhizobium* pertenecen a la familia Rhizobiaceae, estos microorganismos del suelo forman una asociación simbiótica con distintas especies de plantas leguminosas y durante la simbiosis son capaces de llevar a cabo la fijación de nitrógeno molecular (FBN). En la simbiosis las bacterias se encuentran en las raíces de las plantas formando estructuras llamados nódulos. La planta ni estas bacterias aisladamente fijan el nitrógeno diatómico (N<sub>2</sub>) para convertirlo en amonio. La simbiosis es inhibida si existe un exceso de nitrato o amonio en el suelo. Dentro de los nódulos las bacterias se convierten en bacteroides que son células más grandes que los *Rhizobium* que se encuentran en el suelo y que llevan a cabo la fijación de nitrógeno porque son capaces de formar la enzima nitrogenasa que es responsable de la conversión del nitrógeno molecular en amonio.

Debido a esta simbiosis la planta recibe el nitrógeno que puede utilizar para sí misma, mientras que las bacterias utilizan fotosintatos que les proporciona la planta hospedera.

**La simbiosis:** Serrano (1991) manifiesta que en la simbiosis con el *Rhizobium* se forman nódulos rizoidales, en los cuales las bacterias simbióticas fijan el nitrógeno atmosférico que proporciona a la planta. En presencia de estas bacterias simbióticas las leguminosas pueden crecer en suelos que no tienen suficiente nitrato o amonio para un desarrollo normal de la planta. Los *Rhizobium* pueden ser utilizados como inoculantes para mejorar el crecimiento de las leguminosas en lugar de los abonos nitrogenados. Por otro lado, las bacterias utilizan los productos de la fotosíntesis y la bacteria le proporciona nitrógeno en forma de amonio, de esta forma, ambos socios tienen ventaja de la simbiosis.

#### **1.3.4. Importancia de la fijación de nitrógeno**

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (1987) reporta que el nitrógeno está presente en los tejidos verdes de las plantas en concentraciones relativamente altas (entre 1 - 4%) y en algunas semillas en concentraciones aún mayores por lo cual se le considera un macro nutriente primario junto con el fósforo y el potasio, casi todo este elemento se encuentra en la materia orgánica y anualmente solo se mineraliza una pequeña fracción de 1 a 3% del nitrógeno total, debido a esta liberación lenta del nitrógeno orgánico.

La fijación biológica de nitrógeno es un proceso que implica una alta demanda de energía, pero en este caso se obtiene de la radiación solar en condiciones ambientales de temperatura y presión. Esto es posible debido a la presencia de la enzima nitrogenasa, catalizadora de la reacción. De aquí la importancia que tiene el proceso de la fijación biológica de nitrógeno para la agricultura y la necesidad de desarrollar una tecnología adecuada para maximizar el aprovechamiento de este recurso.

Alexander (1980) manifiesta que el constante agotamiento de las fuentes de nitrógeno del suelo y la necesidad de producir más ha dado lugar a un creciente interés por conservar la reserva limitada del elemento. A causa de que solo una

fracción de la necesidad total de nitrógeno para la agricultura de fertilizantes naturales y sintéticos la porción sobrante debe satisfacer a partir de las reservas del suelo y a través de la fijación biológica de  $N_2$  por leguminosas, así alguna leguminosa adecuadamente nodulada en condiciones óptimas pueden fijar nitrógeno:

- Alfalfa : 125 - 335 kg de  $N_2$  fijado ha/año
- Trébol rojo : 85 - 190 kg de  $N_2$  fijado ha/año
- Soya : 65 - 115 kg de  $N_2$  fijado ha/año
- Arveja : 90 - 155 kg de  $N_2$  fijado ha/año

El fósforo y el potasio tienen influencia directa en las ganancias del nitrógeno y en la producción de leguminosas.

### **1.3.5. Asociación del *Rhizobium* con la planta**

Thorsten (2002) manifiesta que el ingreso de la bacteria a la planta se lleva a cabo a través de los pelos radiculares. Las bacterias inducen a una curvación de esos pelos mediante el contacto con la planta y la producción de metabolitos. Las bacterias invaden las plantas mediante el desarrollo de canales de infección, por lo que se forman túneles transcelulares. Durante la infección y la simbiosis las bacterias no quedan alojadas directamente dentro del citoplasma de las células de la planta hospedera, sino que permanecen alojadas en vesículas rodeadas por una membrana derivada de la membrana citoplasmática de la célula de la planta formando el nódulo.

### **1.3.6. Factores que afectan la simbiosis (planta - *rhizobium*)**

La nodulación de las leguminosas se ve influida por un gran número de factores de los cuales mencionaremos a los principales:

#### **1.3.6.1. pH del suelo**

Graham (1977) y Day (1979) mencionan que las condiciones de acidez del suelo tienden a limitar no solamente la nodulación sino también las bacterias inoculadas. Asimismo, pueden esperarse problemas con la inoculación de la leguminosa cuando el pH se acerca a 5.2, también refiere que el efecto del pH se complica por el aumento que puede ocurrir en los niveles de aluminio o manganeso, también por

deficiencia de molibdeno y una manera de limitar este problema es revestir la semilla inoculada con  $CaCO_3$  o roca fosfórica, creando así un microclima alrededor de la semilla que no es ácida.

#### **1.3.6.2. Suelo**

Santillana (2001) manifiesta que tanto la sobrevivencia del rhizobio y la inoculación, son limitadas cuando la temperatura en el suelo sobrepasa los 40°C., la presencia de materia orgánica puede contrarrestar parte de los efectos negativos. La cantidad de N fijado por una leguminosa en sistema de labranza cero es más grande que un cultivo con el sistema de labranza tradicional. Esto se debe en gran medida a la capa superficial de rastrojo en el sistema de labranza cero, que favorece tanto la temperatura como la conservación de la humedad del suelo. El funcionamiento del proceso de la Fijación biológica de nitrógeno es afectado tanto por el exceso de agua (encharcamiento) como por falta de agua.

#### **1.3.6.3. Clima**

Day (1979) menciona que la temperatura de la raíz afecta mucho en el número de nódulos que forman las leguminosas, pero la temperatura del aire tiene menos efecto. Además, indica que la temperatura óptima para la nodulación y fijación del nitrógeno, durante el crecimiento precoz por las especies de zonas templadas es entre 20 - 25°C y por las especies tropicales de 25 - 35°C., además los límites de temperatura en que se encuentran la nodulación efectiva dependen de las especies y está controlado genéticamente por el huésped y el rhizobio. Refiere además a la humedad del suelo en el cual considera el desarrollo de los nódulos es más afectado por el estrés del agua que el proceso de infección; argumentan además que, en condiciones de exceso de agua, las leguminosas no nodulan y si lo hacen, es en reducido número y tamaño de nódulos, además disminuyen la actividad de fijación, esto se le atribuye a la reducida entrada de oxígeno hacia el interior de los nódulos.

#### **1.3.6.4. Productos agropecuarios y agentes tóxicos**

Graham (1977) indica que los herbicidas, insecticidas y hormonas para las plantas, aplicada a la dosis recomendada, no dañan la inoculación ni al *Rhizobium* en el suelo. En cambio, los fungicidas tienden a ser tóxicos, especialmente los que contienen

mercurio y cobre y pueden ocasionar serias fallas en la nodulación si se presentara o es necesario tratar las semillas para evitar problemas de hongos se debe en lo posible reducir el tiempo de contacto entre en fungicida e inoculante durante la inoculación.

#### **1.3.6.5. Limitaciones agronómicas**

Santillana (2001) manifiesta que factores ambientales e intrínsecos de la planta y la bacteria limitan el funcionamiento adecuado de la simbiosis.

Las cepas del rizobio se caracterizan por cuatro propiedades:

- **Especificidad;** es la propiedad por la que el rizobio infecta selectivamente la planta huésped.
- **La infectividad;** es la capacidad de formar nódulos.
- **La efectividad;** es la capacidad de fijar nitrógeno del aire.
- **La competitividad;** es el poder de sobrevivencia en el suelo y competir con otras cepas para infectar la raíz.

#### **1.3.6.6. Fertilización e inoculación**

Una frecuente deficiencia nutricional es el fósforo. Este es utilizado para el desarrollo radicular. Como las leguminosas requieren cantidades relativamente mayores, hay problemas cuando el suelo tiene menos de 10 ppm de fósforo asimilable.

Una planta leguminosa puede nutrirse con nitrógeno vía absorción de nitrato o amonio del suelo y vía fijación del nitrógeno atmosférico. Suelos que presentan limitaciones como acidez o deficiencia de fósforo no permiten la plena expresión del potencial de fijación Biológica de Nitrógeno. Para esto sirve el encalado y la aplicación de un fertilizante fosforado.

### **1.4. MICRONUTRIENTES PARA LAS BACTERIAS**

Caritas del Perú (2007) señala que la planta de arveja requiere de varios elementos para crecer y desarrollarse adecuadamente: Macronutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio; nutrientes secundarios: calcio, magnesio y azufre; y micronutrientes:

cobalto, molibdeno, boro, hierro, zinc. Se debe realizar previamente el análisis de suelo para determinar el requerimiento de fertilizantes.

IFA - FAO (2002) indica que los micronutrientes requieren una atención y cuidado especial, porque hay un margen estrecho entre el exceso y la deficiencia en las necesidades de microelementos de las plantas. Los micronutrientes son necesarios solo en pequeñas cantidades. Si se aplica demasiado de un microelemento dado, puede tener un efecto dañino en el cultivo o cultivo siguiente.

Melgar (2002) menciona que la producción de arveja implica acumular proteínas. El rendimiento es función directa de la cantidad de nitrógeno y proteínas acumuladas en el período de mayor actividad fisiológica. Como esta acumulación de proteínas depende de la fijación biológica del nitrógeno, la fijación biológica de Nitrógeno es un proceso de singular importancia para el crecimiento y el rendimiento de arveja. Los cuatro puntos que el productor puede controlar para asegurar el éxito de este proceso son:

- Inoculación eficiente.
- Aumentar el contenido de Mo y Co en las semillas.
- Provisión adecuada de fósforo y azufre con una fertilización balanceada.
- Sin problemas de acidez, con la corrección por un encalado adecuado.

#### **1.4.1. Cobalto**

Melgar (2002) menciona que el cobalto es esencial para la fijación biológica de nitrógeno y el crecimiento de los rizobios. Al aumentar el suministro de cobalto aumenta el crecimiento de los rizobios, la fijación de nitrógeno, el contenido de la con-enzima B12 y la formación de leg-hemoglobina en el rizobio. Una deficiencia de cobalto inhibe la síntesis de leg-hemoglobina en el rizobio y como consecuencia, la eficiencia del proceso simbiótico. Suele ser deficiente en suelos arenosos, ácidos o excesivamente cultivados.

El efecto más conocido del cobalto en la fijación de N<sub>2</sub> es sobre el crecimiento de los rizobios y del contenido en la vitamina B12 en su forma de co-enzima cobalamina.

La mayor disponibilidad de cobalto no solo provoca un aumento del tamaño de los nódulos, sino también el número de los bacteroides por nódulo, así como aumenta las concentraciones de cobalamina y leg-hemoglobina. El contenido de cobalamina determina el de leg-hemoglobina, probablemente a través de su efecto en la síntesis en el bacteroide.

Somasegaram e Hoben (1994) mencionan que el cobalto influencia en la absorción de nitrógeno por vía simbiótica porque es parte de la estructura de la vitamina  $B_{12}$ , necesaria para la síntesis de la leg-hemoglobina, que determina las actividades de los nódulos.

### **Aplicación y dosis**

Se debe aplicar al momento de la siembra junto con la semilla en el momento de la inoculación, es la forma más eficiente y efectiva. De cobalto se requiere cantidades de entre 1 a 5 gramos por hectárea.

### **1.4.2. Molibdeno**

Melgar (2002) indica que para el proceso de fijación de nitrógeno ocurra en forma exitosa es necesaria la presencia de una adecuada disponibilidad de molibdeno en el suelo. La función del molibdeno es doble, se necesita en la planta y para la fijación biológica del nitrógeno, en particular está relacionada a la formación de enzimas que participan en las reacciones de formación de la nitrogenasa y nitrato reductasa, responsables de la ruptura del triple enlace  $N_2$  y de la asimilación de este elemento en la planta durante la fijación biológica del N, respectivamente.

Mengel e Kirkby (2001) mencionan que en la fijación simbiótica del nitrógeno ( $N_2$ ) atmosférico el molibdeno es parte constituyente de la enzima nitrogenasa, que se encuentra en las bacterias, pero no en las plantas superiores. Los nódulos de las leguminosas pueden concentrar 10 veces más molibdeno que las hojas.

Los suelos presentan tenores muy bajos de molibdeno, es el nutriente de menor concentración en el suelo. El molibdeno se absorbe por las plantas como molibdato, el sulfato hace disminuir su absorción y el aumento del pH la aumenta. El molibdeno

presenta moderada movilidad dentro de la planta y su concentración en base a peso seco, es inferior a 1,0 ppm. Al contrario de otros micronutrientes, el molibdeno puede absorberse en cantidad mucho mayor que lo normal, pudiendo llegar hasta 100 veces más provocando toxicidad.

El molibdeno es esencial para las plantas, ya que forma parte de la enzima nitrato reductasa, que reduce el nitrato absorbido por las plantas a amonio para posteriormente incorporarse a los compuestos orgánicos. Así plantas deficientes en molibdeno presentan relativamente mayor acumulación de nitratos y menor acumulación de compuestos amino solubles. Como la función más importante del molibdeno en el metabolismo de la planta es la reducción del nitrato, existe similitud en los síntomas visuales de su deficiencia, que se muestra como una clorosis inicial en las hojas más maduras. Y al contrario de la deficiencia de nitrógeno, la de molibdeno presenta posteriormente necrosis en las márgenes de las hojas debido a la acumulación de nitratos. El molibdeno puede ver reducida su disponibilidad debido a la acidificación producida en los suelos como consecuencia de la acidificación progresiva. La acidificación es un proceso que ocurre naturalmente en regiones húmedas y es acelerado por la agricultura. El principal proceso es la exportación de cationes Calcio y Magnesio, dejando libres cargas en los suelos que son reemplazados por el Aluminio que es tóxico para las plantas. La disponibilidad de molibdeno se reduce 100 veces por cada unidad que desciende el pH en los suelos.

Voss (1996) se puede corregir o prevenir la deficiencia de molibdeno por medio del tratamiento de las semillas. Tanto en Argentina (Gaspar, 1999) como en Brasil (Tejerina, 1999) verificaron la baja concentración del nutriente de modo generalizado en las semillas comercializadas, demostrando la necesidad de disponibilidad del molibdeno a través del encalado o con la aplicación de fertilizantes que contengan el elemento.

### **Aplicación y dosis**

El agregado de molibdeno junto al inoculante como tratamiento de semilla es la forma más frecuente de incorporar este nutriente. Debido también a las mínimas necesidades de molibdeno, aunque no menos esenciales, se necesitará una dosis de

12 a 25 gr ha<sup>-1</sup> de molibdeno, la forma práctica de aplicar uniformemente tan exigua cantidad es junto al inoculante como tratamiento de semilla es la fuente más frecuente de incorporar estos nutrientes esenciales para la fijación biológica de nitrógeno por las leguminosas en particular.

## **1.5. ALGAS**

García y Martel (2004) mencionan que el término “algas” se refiere al conjunto de vegetales con fotosíntesis oxigénica que precisan de una elevada humedad o una inmersión permanente en agua y que incluye a los tres grandes grupos de macroalgas marinas (Feofitas, Rodofitas y Clorófitos), las microalgas eucariotas, unicelulares o filamentosas, las cianobacterias (procariotas), unicelulares o filamentosas de ambientes marinos, dulceacuícola, salobre y terrestre, asimismo se incluye erróneamente a las fanerógamas submarinas.

### **1.5.1. Extracto de alga**

Infoagro (2003) reporta que los extractos de algas tienen propiedades que optimizan la asimilación de nutrientes, estimulan el crecimiento vegetal, activan la resistencia natural de las plantas a plagas y enfermedades, además al agregarse a las semillas incrementan el porcentaje de germinación y contribuyen con el crecimiento durante las primeras etapas. Además, se trata de productos beneficiosos para los suelos y no contienen elementos contaminantes para el medio ambiente.

El mundo (2010) informa que la acción de los extractos de algas se debe al efecto combinado de azúcares (oligosacáridos), fitohormonas naturales, aminoácidos y oligoelementos bioasimilables en su forma natural, presentes en las paredes celulares de las algas empleadas en su fabricación, que actúa como gancho en los procesos que desencadenan los mecanismos de asimilación, defensa e inmunidad de las plantas terrestres.

Chil Vegetal (2014) indica que para comprender el sorprendente efecto que tiene las algas como bioestimulante tenemos que observar el único e inhóspito hábitat donde crecen ya que para poder resistir en esas condiciones tan extremas, las algas han desarrollado defensas naturales en forma de compuestos químicos, que las convierten

en fuente natural de sustancias químicas desarrolladas para soportar situaciones extremas que conseguimos aislar y trasladar a los productos comerciales para ser utilizados por las otras plantas.

García y Martel (2004) mencionan que los extractos de algas son considerados no tóxicos para las plantas y animales. Por lo tanto, para el manejo del producto, es necesario atenerse a las precauciones de uso del producto fitosanitario con que sea mezclado.

### **1.5.2. Componentes del extracto de alga**

Según García y Martel (2004) los componentes de las algas que explican sus efectos agronómicos sobre la planta, el suelo, los frutos y los patógenos son:

#### **Polisacáridos matriciales**

Lobban y Harrison (1994) afirman que los vegetales terrestres tienen el esqueleto de la pared celular conformada por polisacáridos lineales neutros, mientras que el contenido en celulosa de las macroalgas marinas es muy inferior.

García y Martel (2004) mencionan que existen cuatro tipos básicos de ficocoloides: agar y carragenatos (solo en especies de rodofitas), alginatos (en ciertas feofitas y microalgas) y ulvanos (en clorófitas).

#### **Polisacáridos de reserva y de pared**

Caraes (1969) menciona que la composición de los polisacáridos de reserva de las Rodofitas (floridoside y sus derivados) y feófitas, es muy distinta a la de Clorofitas y más lentos de biodegradar.

#### **Macronutrientes: Nitrógeno, fósforo y potasio**

Freile-Pelegrín (1998) y Moreno (1998) mencionan que muchas macroalgas marinas tienen la capacidad de almacenar grandes cantidades de nitrógeno en todo tipo de compuestos (aminoácidos libres y conjugados, proteínas, clorofilas, etc.). No obstante, en condiciones carenciales el contenido proteico puede quedar reducido a un 3%.

García y Martel (2004) mencionan que el contenido en fósforo y potasio fluctúa anualmente según la especie y su estado fisiológico. Es de destacar el gran contenido en potasio de las macroalgas pardas, muy inferior en rojas y más aún en verdes y fanerógamas marinas.

### **Oligoelementos**

Abetz (1980) afirma que el efecto bioestimulante de los extractos líquidos de algas se atribuyó inicialmente a su aporte de oligoelementos, pero las pequeñas dosis de aplicación foliar y las bajas concentraciones de extracto de algas presentes en estos biofertilizantes, hacen muy poco probable que el efecto fertilizante por oligoelementos constituya la explicación a su efecto estimulante.

### **Bioantioxidantes y activadores**

Seaweed News (1999) menciona que las algas tienen una gran diversidad de compuestos bioantioxidantes, tanto liposolubles (fosfolípidos, carotenoides, xantófilas, tocoferol) como hidrosolubles (polifenoles, bromofenoles, enzimas, vitamina C, etc.)

### **Fitohormonas y reguladoras del crecimiento**

García y Martel (2004), indican que el efecto principal de los extractos líquidos de las algas se debe a su contenido de hormonas (fundamentalmente citoquininas) y reguladores del crecimiento, única forma aparente de explicar la magnitud de las respuestas agrícolas ante una dosis tan reducida (entre 2-12 litros de extracto/ha.)

- **Citoquininas:** Salisbury y Ross (1994) mencionan que las citoquininas son hormonas vegetales naturales que derivan de adeninas sustituidas y que promueven la división celular en tejidos no meristemáticos.

Blunden y Wildgoose (1977) mencionan que los efectos de los bioestimulantes a base de extracto de algas son equivalentes al tratamiento foliar con citoquininas sintéticas tipo benziladenina y kinetina (en ensayos de cultivos in vitro y en ensayos de campo).

- **Auxinas:** Salisbury y Ross (1994) mencionan que las auxinas actúan durante la elongación celular, por medio de un efecto rápido, sobre el mecanismo de la bomba de protones ATPasa, en la membrana plasmática y un efecto secundario mediado por la síntesis de enzimas.

Williams (1981) mencionan que no se han encontrado rastros de auxinas en diversos extractos comerciales de macroalgas y es muy probable que, debido a su escasa termorresistencia, la escasa (si hubiera) concentración de auxinas en la biomasa algal termine degradada en el proceso de fabricación del extracto.

- **Giberelinas:** Salisbury y Ross (1994) mencionan que las giberelinas controlan el crecimiento y elongación de los tallos, la elongación del escapo floral, inducen la floración en plantas de día largo cultivadas en época no apropiada, favorecen el crecimiento y desarrollo de frutos, estimulan la germinación de numerosas especies y en cereales movilizan reservas para el crecimiento inicial de la plántula.
- **Biotoxinas, inhibidores y repelentes.** Hoppe y Levring (1982) mencionan que existe una amplia literatura científica que describe los efectos y los compuestos que confieren tanto a microalgas y cianobacterias, como a macroalgas marinas y a sus extractos, actividades biocidas o repelentes frente a infecciones fúngicas, bacterianas, vírica, ácaros, insectos, nemátodos y poliquetos.

### **1.5.3. Concentración de extracto de algas en bioestimulantes comerciales**

García y Martel (2004) mencionan que las concentraciones del extracto de algas marinas varían significativamente de un bioestimulante comercial a otro, sin embargo, aún no se ha reportado información sobre la relación de la concentración de extracto de algas marinas y el rendimiento de los cultivos, no obstante, se sabe que las concentraciones de extracto de algas marinas en los bioestimulantes comerciales son inferiores al 25% debido a que los componentes de estas son requeridas por las plantas en trazas y que un exceso puede causar toxicidad.

#### **1.5.4. Dosis de aplicación de los bioestimulantes a base de extracto de algas**

Red Agrícola (2000) menciona que la dosis de aplicación de los bioestimulantes a base de extracto de algas varía en función a la especie vegetal y al producto comercial por lo cual debemos de revisar la etiqueta de cada producto. Sin embargo, en cultivos de leguminosas se puede aplicar 2 litros de producto comercial por hectárea en casos de emergencia puesto que esta dosis es muy común para este cultivo en la mayoría de bioestimulantes de extracto de algas.

#### **1.5.5. Momento de aplicación de los bioestimulantes a base de extracto de alga**

Red Agrícola (2000) menciona que el momento de aplicación de los bioestimulantes de extracto de algas está relacionado con la proporción de auxinas y citoquininas, así un producto más auxínico, ayudará la elongación celular y no a la división celular, siendo conveniente aplicarlo cuando la división celular ya ha terminado. Para el desarrollo y crecimiento de frutos después del cuajado, la aplicación de productos más citoquinínicos contribuirán con la división celular.

#### **1.5.6. Formas de aplicación de los bioestimulantes a base de extracto de alga**

Guaranda (2012) menciona que los extractos de algas pueden aplicarse a los 15, 20, 30 y hasta 45 días después de la siembra; esta aplicación puede ser directamente a las plantas vía foliar o aportarse a través del riego, en la zona de la raíz o cerca de ellas, además puede aplicarse también a las semillas al momento de la siembra.

Fox y Cameron (1961) y López (1995) mencionan que al aplicar foliarmente extractos de algas marinas, las enzimas que estas contienen refuerzan en las plantas su sistema inmunitario (más defensa) y su sistema alimentario (más nutrición) y activan sus funciones fisiológicas (más vigor).

Martínez y Salomón (1995) menciona que los extractos de algas aplicados foliarmente o al suelo, resultando plantas más sanas con mejor nutrición y más vigorosas.

### **1.5.7. Efectos benéficos de los bioestimulantes a base de extracto de alga sobre los cultivos agrícolas**

García y Martel (2004) mencionan que los efectos benéficos descritos en la literatura científica y en los folletos publicitarios de las empresas productoras son:

#### **Sobre la planta**

- Estimulante de la germinación.
- Activadores del crecimiento foliar y radicular.
- Mayor producción, tamaño de tubérculos y homogeneidad de frutos.
- Activadores de las defensas.
- Incrementa el contenido de clorofila y la capacidad fotosintética.
- Mejorar la relación raíz y parte aérea de planta, incrementan la captación de nutrientes.
- Retrasa la senescencia de las hojas.
- Brinda mayor resistencia a la sequía, a la salinidad y al estrés.
- Actúan como antitranspirantes.

#### **Sobre el fruto**

- Estimulantes de la floración y del cuajado del fruto.
- Aumentan el contenido en azúcares del fruto.
- Incrementan la latencia de la semilla.

#### **Sobre el suelo**

- Correctores de carencias minerales (Ca, K y todos los oligoelementos).
- Aportan macronutrientes y micronutrientes.
- Brindan la capacidad tampón.
- Incrementan la actividad microbiológica del suelo.
- Hidratantes (mantiene la capacidad del campo más tiempo).

#### **Sobre los parásitos y patógenos**

- Repelente de nematodos, ácaros, etc.
- Tienen un efecto sinérgico con tratamientos pesticidas convencionales.

### 1.5.8. Características del extracto de alga *Spirogyra communis* (Hassall) Kurtz

#### Descripción

El extracto se realizó empleando la especie de alga *Spirogyra communis* (Hassall) Kurtz, mediante un proceso de ruptura celular (licuado) de las algas frescas, con un contenido de humedad de 93-94%.

Czurda (1932), Jao (1935) y Rundina (1998) mencionan que *Spirogyra communis* (Hassall) Kurtz, es un alga verde filamentosa propia de ecosistemas de agua dulce, presente en casi todos los continentes, que a menudo forman grandes esteras en la superficie de aguas estancadas o aguas en movimiento lento.

Hoshaw y McCourt (1988) mencionan que, aunque estas algas se consideran comúnmente como organismos molestos asociados con la eutrofización, son también conocidos como consumidores del exceso de nutrientes y proporcionan hábitat, alimento y oxígeno disuelto para los ecosistemas acuáticos.

Vaucher (1803) menciona que la reproducción sexual en este género de algas se produce por la unión de filamentos y la transferencia de gametos. Este proceso es una característica definitoria de la clase Zygnematophyceae.

#### Taxonomía de *Spirogyra communis* (Hassall) Kurtz

Según el jefe del Herbarium Huamangensis - UNSCH, la taxonomía de la especie *Spirogyra Communis* (Hassall) Kurtz es la siguiente:

|          |   |
|----------|---|
| Reino    | : Plantae                                   |
| División | : Chlorophyta                               |
| Clase    | : Zygnematophyceae                          |
| Orden    | : Zygnematales                              |
| Familia  | : Zygnemataceae                             |
| Género   | : Spirogyra                                 |
| Especie  | : <i>Spirogyra communis</i> (Hassall) Kurtz |

## Composición

**Tabla 1.8.** Composición química del extracto de alga *Spirogyra communis* (Hasall) Kurtz

| Elemento                      | Concentración (%) |      |       |
|-------------------------------|-------------------|------|-------|
|                               | 100               | 50   | 25    |
| N (%)                         | 0.8               | 0.4  | 0.2   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0.81              | 0.41 | 0.21  |
| K <sub>2</sub> O              | 5.31              | 2.66 | 1.33  |
| CaO (%)                       | 1.32              | 0.66 | 0.33  |
| MgO (%)                       | 0.35              | 0.18 | 0.09  |
| Cu (ppm)                      | 25                | 12.5 | 6.25  |
| Zn (ppm)                      | 79                | 39.5 | 19.75 |
| Mn (ppm)                      | 83                | 41.5 | 20.75 |
| Fe (ppm)                      | 750               | 375  | 187.5 |
| pH                            |                   | 6.06 |       |
| CE (dS/m)                     |                   | 4.34 |       |

**Fuente:** Elaboración en base a los resultados del análisis

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1. UBICACIÓN**

El presente trabajo de investigación se realizó en la “Estación experimental Pampa del Arco - UNSCH”, de la Escuela Profesional de Agronomía ubicada en el campus de la ciudad universitaria; situada en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, a una altitud de 2750 msnm, encontrándose dentro de las coordenadas geográficas 13°08'38" latitud sur y 74°13'17" longitud oeste.

#### **2.2. ANALISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL SUELO**

Las muestras de suelo se tomaron en distintos puntos, recorriendo el campo en zigzag a lo largo del terreno y a una profundidad de 20 cm, se tomaron un total de 20 muestras las cuales fueron homogenizadas y luego se separó 1 kg de suelo que se llevó al laboratorio de Análisis de suelos y análisis foliar “AGROLAB”, una vez obtenido los resultados del laboratorio se inició con los cálculos correspondientes para suplir las deficiencias de los macroelementos esenciales

Los resultados obtenidos en el laboratorio se muestran en la tabla 2.1, el análisis que se envió a hacer fue el de caracterización, para tener datos adicionales de la fertilidad del suelo, en el análisis se observa la clase textural, el valor del pH, saturación de bases, CIC y el contenido de los principales elementos

**Tabla 2.1.** Características físicas y químicas del suelo. Pampa del Arco – UNSCH

| <b>Tipo de análisis</b>       | <b>Valor</b> | <b>Método</b>              | <b>Interpretación</b>                       |
|-------------------------------|--------------|----------------------------|---|
| <b>Análisis físico</b>        |              |                            |   |
| Arena (%)                     | 43           | Hidrómetro de<br>Bouyoucos | Clase estructural<br>Franco arcillo arenoso |
| Limo (%)                      | 20           |                            |   |
| Arcilla (%)                   | 37           |                            |   |
| <b>Análisis químico</b>       |              |                            |   |
| pH                            | 7.23         | Potenciometría             | Suelo Neutro                                |
| C.E (dsm <sup>-1</sup> )      | 0.3          | Conductimetría             | Sin salinidad                               |
| Nt (%)                        | 0.07         | Semi – micro Kjeldahl      | Bajo  |
| MO (%)                        | 1.36         | Walkey y Black             | Bajo  |
| P (ppm)                       | 22.83        | Olsen modificado           | Medio                                       |
| K (ppm)                       | 425          | Absorción atómica          | Alto  |
| CIC cmol (-) Kg <sup>-1</sup> | 17.26        | Ext. Acetato de amonio     | Medio                                       |
| % Sat. De Bases               | 100          | -                          | Alto  |

Según los resultados obtenidos podemos afirmar que, el contenido de materia orgánica y nitrógeno total son bajos, el contenido de fósforo es medio, el potasio disponible es alto, el pH es neutro y la textura del suelo franco arcillo arenoso.

### 2.3. ANÁLISIS QUÍMICO DEL GUANO DE ISLA

La determinación de la composición química del guano de isla se realizó en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del programa de Investigación de Pastos y Ganadería, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 2.2.** Composición química del guano de Isla

| <b>Abono orgánico</b> | <b>pH</b> | <b>M.O (%)</b> | <b>N.t (%)</b> | <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%)</b> | <b>K<sub>2</sub>O (%)</b> | <b>Ca (%)</b> | <b>Mg (%)</b> |
|-----------------------|-----------|----------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------|---------------|
| Guano de isla         | 8.54      | 3.61           | 0.85           | 2.48                                  | 0.71                      | 10.2          | 3.5           |

**Fuente:** Elaboración en base a los resultados del análisis.

El análisis de guano de isla realizado nos indica que existen cantidades bajas de nitrógeno, fósforo y potasio. Según Agrorural para que el guano de isla sea considerado de buena calidad debe contener nitrógeno de 10 a 14%, fósforo de 10 a 12% y potasio de 2 a 3%.

#### **2.4. CONDICIONES METEOROLÓGICAS**

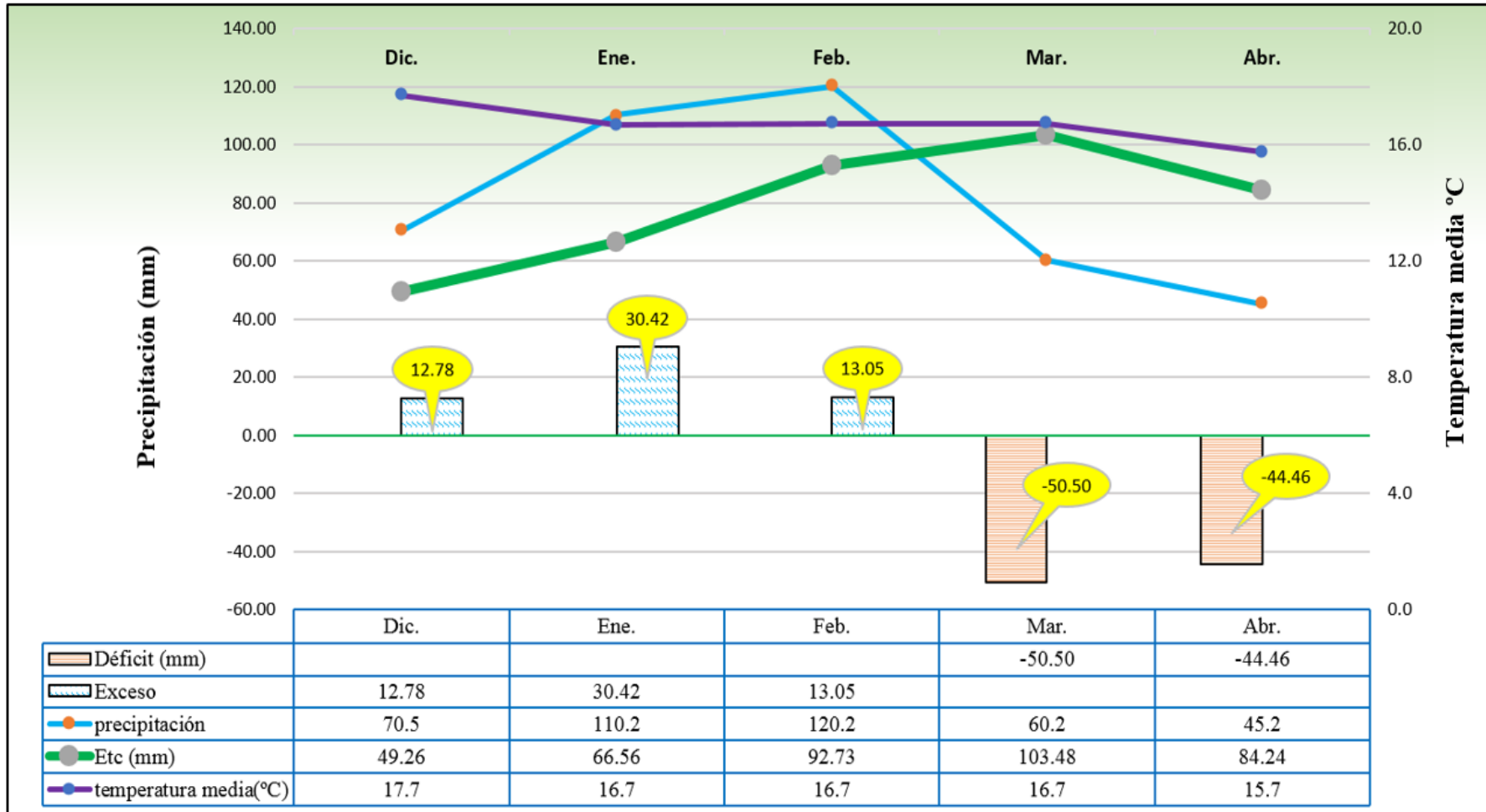
Los datos meteorológicos fueron obtenidos de la Estación Meteorológica del INIA, situada a una altitud de 2756 msnm, encontrándose en las coordenadas 13°10'00.06" Latitud Sur y 74°12'22.92" Longitud oeste en el distrito de Ayacucho.

En la tabla 2.3, se muestran los datos meteorológicos de octubre del 2015 a setiembre del 2016. El cuadro muestra una temperatura media de 16.6°C, el cual se halla dentro de los valores permisibles para el cultivo de la arveja según Knott (1962), Kay (1979) y Camarena (2003). El cuadro también muestra una precipitación de 563.4 mm anuales los cuales sirvieron para calcular los requerimientos de volumen de agua del cultivo de la arveja.

En la figura 2.1 se observa la evapotranspiración del cultivo (ETc) calculada por el método del Tanque Evaporímetro clase "A" en los 5 meses de la etapa fenológica de la arveja desde la siembra hasta la cosecha, esta evapotranspiración fue mayor en los meses de febrero y marzo coincidiendo con la época de floración. La precipitación en los meses de diciembre, enero y febrero fueron suficientes para suplir el requerimiento de agua por el cultivo, mientras que en los meses de marzo y abril hubo una deficiencia de -50.5 y -44.46 mm, los cuales se tuvieron que suplir mediante riego por goteo que se instaló en el campo de cultivo.

**Tabla 2.3.** Temperatura máxima, media, mínima, precipitación y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2015 -2016 de la estación meteorológica INIA – Ayacucho

| AÑO<br>MESES       | 2015  |       |       | 2016  |        |        |        |       |       |       |       |       | Total  | Promedio |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|
|                    | Oct.  | Nov.  | Dic.  | Ene.  | Feb.   | Mar.   | Abr.   | May.  | Jun.  | Jul.  | Agos. | Set.  |        |          |
| T° Max. (°C)       | 28.1  | 27.5  | 27.3  | 25.8  | 24.5   | 25.3   | 24.3   | 25.4  | 25.8  | 26.8  | 27.2  | 27.8  | 26.32  |          |
| T° Min. (°C)       | 7.8   | 8.4   | 8.1   | 7.6   | 9      | 8.2    | 7.2    | 6.2   | 4.8   | 4.2   | 4.4   | 6.6   | 6.88   |          |
| T° Media. (°C)     | 17.9  | 17.9  | 17.7  | 16.7  | 16.7   | 16.7   | 15.7   | 15.8  | 15.3  | 15.5  | 15.8  | 17.2  | 16.58  |          |
| Etan (mm)          | 120.2 | 118.3 | 120.5 | 122.4 | 121.5  | 120.2  | 120.5  | 125.2 | 117.4 | 118.6 | 117.2 | 120.2 |        |          |
| Ktan               | 0.7   | 0.65  | 0.7   | 0.7   | 0.7    | 0.7    | 0.7    | 0.65  | 0.7   | 0.7   | 0.7   | 0.7   |        |          |
| HR (%)             | 65.8  | 66.7  | 68.2  | 66.2  | 59.15  | 63.4   | 66.1   | 59.5  | 63.2  | 64.5  | 62.4  | 66.2  |        |          |
| U (m/s)            | 2.1   | 1.8   | 1.7   | 1.8   | 1.9    | 1.8    | 1.8    | 1.8   | 2.1   | 1.8   | 1.8   | 1.8   |        |          |
| Eto (mm)           | 78.4  | 75.2  | 82.1  | 83.2  | 84.3   | 79.6   | 70.2   | 80.2  | 81.3  | 80.3  | 85.6  | 84.6  |        |          |
| Kc                 |       |       | 0.6   | 0.8   | 1.1    | 1.3    | 1.2    |       |       |       |       |       |        |          |
| Etc (mm)           |       |       | 49.26 | 66.56 | 92.73  | 103.48 | 84.24  |       |       |       |       |       |        |          |
| Precipitación (mm) | 43.8  | 44.8  | 70.5  | 110.2 | 120.2  | 60.2   | 45.2   | 15.2  | 5     | 4     | 3.5   | 40.8  | 563.4  |          |
| Pp Efectiva (mm)   | 38.54 | 39.42 | 62.04 | 96.98 | 105.78 | 52.98  | 39.78  | 13.38 | 4.4   | 3.52  | 3.08  | 35.9  | 495.79 |          |
| Déficit (mm)       |       |       | 0     | 0     | 0      | -50.5  | -44.46 |       |       |       |       |       |        |          |
| Exceso             |       |       | 12.78 | 30.42 | 13.05  | 0      | 0      |       |       |       |       |       |        |          |



**Figura 2.1.** Temperatura media, y balance hídrico por el método del Tanque Evaporímetro Clase “A”, correspondiente a la campaña 2015-2016, registrado en la Estación Meteorológica INIA-Ayacucho, 2750 msnm

## **2.5. MATERIAL GENÉTICO - PLANTA INDICADORA**

Se utilizó semillas de arveja de las siguientes variedades:

### **a) USUI**

- Plantas con buen vigor y una altura de hasta 137 cm.
- Gran adaptabilidad.
- Flores de color blanco amariposadas.
- Producen vainas medianas.
- Presenta 6 a 8 granos por vaina.
- El hilum de la semilla es de color negro.
- Sus granos secos son lisos y de color crema.
- Alto rendimiento de vainas por hectárea.
- Buena demanda local y regional

### **b) REMATE**

- Plantas con buen vigor y una altura de hasta 150 cm.
- Gran adaptabilidad.
- Flores de color blanco.
- Producen vainas medianas a grandes.
- Presenta 8 a 9 granos por vaina.
- El hilum de la semilla es de color blanco.
- Sus granos secos son lisos y de color crema.
- Alto rendimiento de vainas por hectárea.
- Buena demanda local y regional

## **2.6. FACTORES EN ESTUDIO Y TRATAMIENTOS**

Los factores de estudio son:

### **A) VARIEDADES DE ARVEJA**

a1: Remate

a2: Usui

## B) EXTRACTO DE ALGAS, RHIZOBIUM Y MICROELEMENTOS

**b1:** Rhizolam (inoculante)

**b2:** Rhizolam + Extracto de alga nativa (*Spirogyra Communis* Hasall Kurtz)

**b3:** Rhizolam + Cobalto y molibdeno.

**b4:** Rhizolam + Extracto de alga nativa + Cobalto y molibdeno.

### 2.7. TRATAMIENTOS

Los tratamientos utilizados se indican a continuación:

**Tabla 2.4.** Descripción de los tratamientos

| Trat. | Código | Descripción  |
|-------|--------|--|
| T1    | a1*b1  | Var. Remate con inoculante                                       |
| T2    | a1*b2  | Var. Remate con inoculante + algas nativas                       |
| T3    | a1*b3  | Var. Remate con inoculante + molibdeno y cobalto                 |
| T4    | a1*b4  | Var. Remate con inoculante + molibdeno y cobalto + algas nativas |
| T5    | a1     | Var. Remate (testigo)  |
| T6    | a2*b1  | Var. Usui con inoculante   |
| T7    | a2*b2  | Var. Usui con inoculante + algas nativas                         |
| T8    | a2*b3  | Var. Usui con inoculante + molibdeno y cobalto                   |
| T9    | a2*b4  | Var. Usui con inoculante + molibdeno y cobalto + algas nativas   |
| T10   | a2     | Var. Usui (testigo)  |

### 2.8. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento se dispuso en un arreglo factorial de 2a x 4b más dos testigos dispuesto en el diseño de bloque completo randomizado (DBCR) con tres repeticiones por tratamiento que permitió 30 unidades experimentales, el número de tratamientos resulta de la combinación de 2 niveles del factor variedades de arveja (a) y cuatro niveles de inoculante, micronutrientes y alga nativa (b).

El modelo lineal aditivo es:

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ : Observación del  $i$  – ésimo tratamiento y el  $j$  – ésimo bloque

$u$  : Promedio de las unidades experimentales

$T_i$  : Efecto del  $i$  – ésimo tratamiento

$B_j$  : Efecto del  $j$  – ésimo bloque

$E_{ij}$  : Error experimental en el  $i$  – ésimo tratamiento y el  $j$  – ésimo bloque

Sub índices:

$i = 1,2,3 \dots 10$  tratamientos.

$j = 1,2,3$  bloques.

Para evaluar las diferencias entre tratamientos se utilizó el análisis de variancia la prueba de contraste de Tukey.

## 2.9. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Las características del campo experimental son:

### **Campo experimental**

Largo : 18 m

Ancho : 14 m

Área total de experimento :  $252 m^2$

### **Bloques**

Número de bloques : 03

Ancho de bloques : 4.0 m

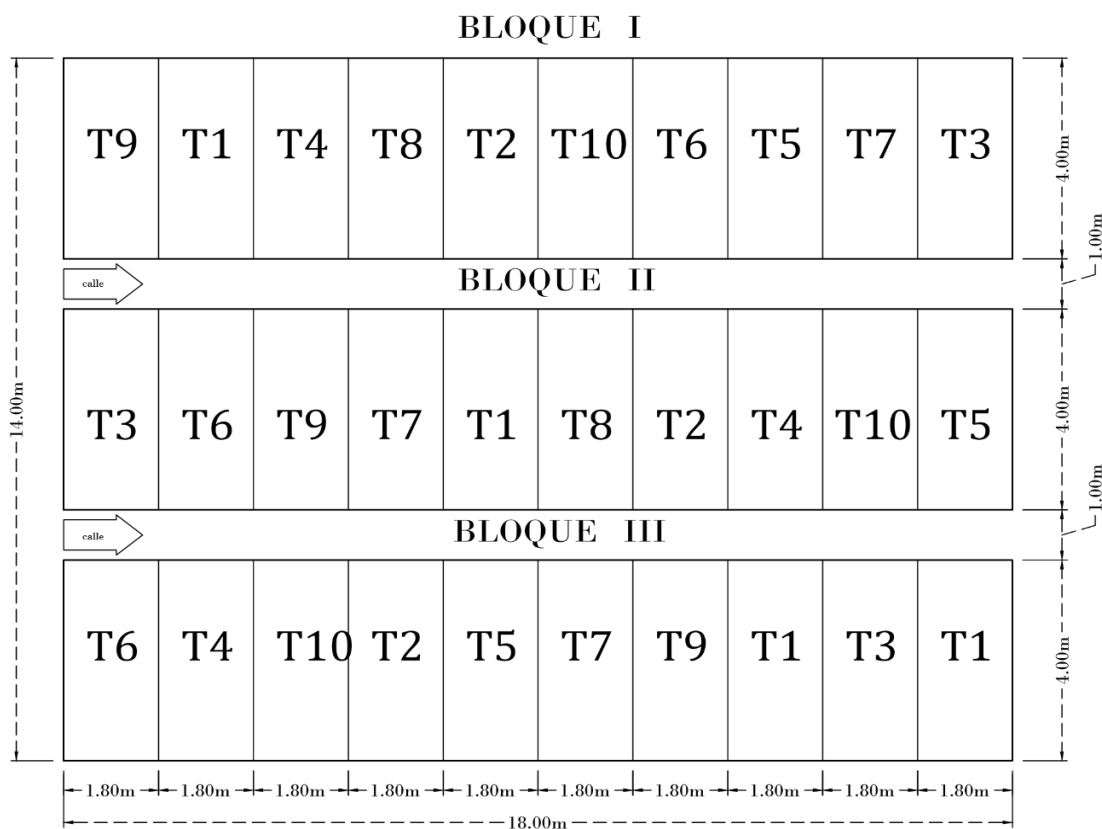
Largo de bloques : 18 m

Área total del bloque :  $72 m^2$

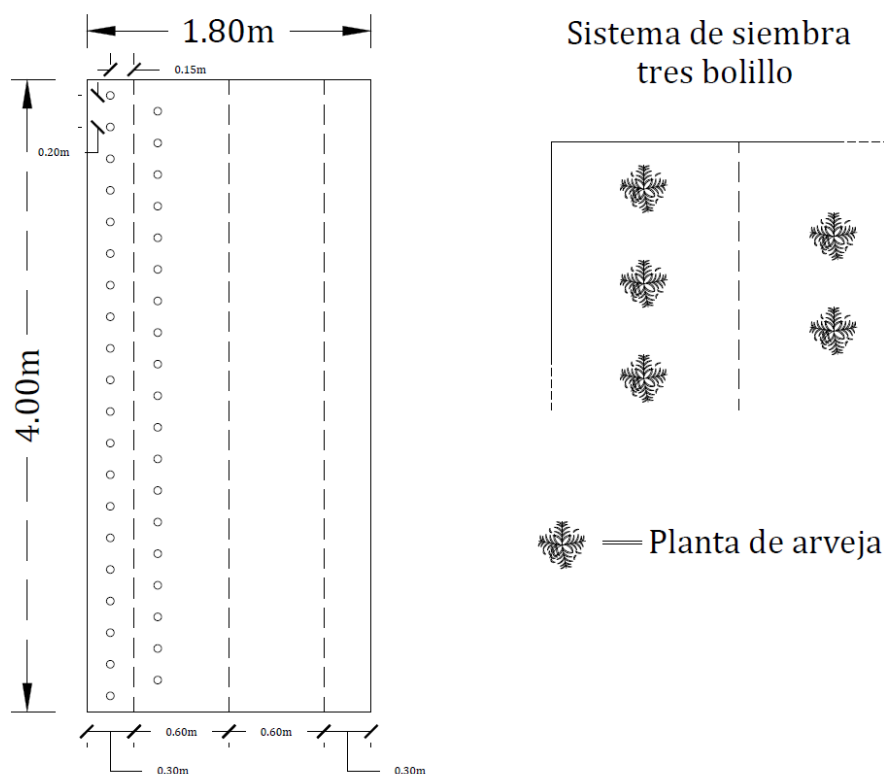
Ancho de las calles : 1m

**Parcela**

|                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| N° de parcelas /bloque              | : 10        |
| N° de parcelas / campo experimental | : 30        |
| Largo                               | : 4 m       |
| Ancho                               | : 1.80 m    |
| Área por parcela                    | : $7.2 m^2$ |
| Distancia entre surco               | : 0.6 m     |
| Distancia entre golpes              | : 0.20 m    |
| Número de surco por tratamiento     | : 3         |
| Número de surco por Bloque          | : 30        |

**CROQUIS DEL CAMPO EXPERIMENTAL**

## CROQUIS DE LA PARCELA EXPERIMENTAL



## 2.10. INSTALACION Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

### 2.10.1. Limpieza del terreno

La limpieza de terreno se realizó el 15 de diciembre del 2016, empleando picos, palas, rastrillos, costales y guantes.

### 2.10.2. Preparación del terreno

La preparación del terreno definitivo se realizó el 16 de diciembre del 2016 con la ayuda de un tractor agrícola a una profundidad de 0.25 m, mediante una pasada de arado de discos y dos pasadas de rastra de discos, el nivelado y mullido se realizó el 20 de diciembre empleando rastrillos. Todas estas labores se realizaron para dejar el terreno suelto, mullido y limpio para la siembra.

### 2.10.3. Análisis de semilla y Cálculo de densidad de siembra

El 18 de diciembre del 2016 se determinó el peso de 1000 semillas siendo en promedio 325.9 gr en la variedad Usui y 345.4 gr en la variedad Remate, el mismo

día se instaló 4 bandejas de germinación con la finalidad de determinar el porcentaje de germinación, así mismo se determinó el porcentaje de pureza siendo 92% para Usui y 94% para Remate. El 25 de diciembre, finalizó la prueba de germinación, obteniéndose un promedio de 90% para la variedad Usui y un 98% para la variedad Remate.

**Tabla 2.5.** Cantidad de semilla usada en el experimento

| Variedad | %Pur. | %Ger. | Peso 1000 semillas (gr) | Val. Uso (%) | kg sem. $ha^{-1}$ | kg sem usados |
|----------|-------|-------|-------------------------|--------------|-------------------|---------------|
| Remate   | 94    | 98    | 345.4                   | 92.12        | 93.73             | 2.36          |
| Usui     | 92    | 90    | 325.9                   | 82.8         | 98.39             | 2.47          |

Fuente: Elaboración propia.

La densidad de siembra utilizada en el experimento fue de 2.4 kg en la variedad Usui y 2.5 kg en la variedad Remate.

#### **2.10.4. Trazado y delimitación del terreno**

El trazado y delimitación del terreno se realizó el día 27 de diciembre del 2016, de acuerdo con el croquis del experimento, empleando una wincha, un cordel, y estacas, con los que se delimitó las parcelas, bloques y calles.

#### **2.10.5. Dosis de los microelementos Cobalto y Molibdeno**

##### **Cobalto**

El cobalto se aplica en una cantidad de 1 a 5 g  $ha^{-1}$  (Somasegaram y Hoben, 1994). La fuente usada fue el Cloruro de Cobalto (se utilizó 5 g)

##### **Molibdeno**

El molibdeno se aplica en cantidades de 12 a 25 g  $ha^{-1}$  (Voss ,1996). La fuente usada fue el Ácido Molíbdico (85%), (se utilizó 25 g)

#### **2.10.6. Surcado**

El surcado de las parcelas experimentales se realizó el día 28 de diciembre del 2016, empleando una wincha un cordel, picos y azadones. La distancia entre surcos fue de 0.6 m.

### 2.10.7. Colocación de letreros

El 29 de diciembre se realizó la colocación de letreros, con la finalidad de identificar el tratamiento aplicado a cada parcela, según la randomización del experimento. Cada letrero contenía el número del tratamiento respectivo.

### 2.10.8. Abonamiento

La aplicación de abono de fondo se realizó el 29 de diciembre, con una fórmula de abonamiento de 40-80-60 kg de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  recomendado por INIA (2003), para una producción comprendida entre 7000 a 10000 kg/ha. empleando el abono orgánico Guano de isla. De acuerdo con el análisis químico del suelo de Pampa del Arco se realizó los cálculos de la cantidad de abono en base a los requerimientos necesarios, aplicando 6,2 kg de abono por parcela.

### 2.10.9. Siembra

La siembra manual se realizó el 30 de diciembre del 2016. Primero se alistaron bolsas etiquetadas conteniendo semillas de 500 gr cada uno y se les añadió el inoculante y los micronutrientes en la siguiente proporción:

**Tabla 2.6.** Inoculante y micronutrientes aplicados a la semilla

| Tratamiento          | Semilla<br>(g <i>tratam.</i> <sup>-1</sup> ) | Inoculante<br>(ml <i>tratam.</i> <sup>-1</sup> ) | Cloruro de<br>cobalto (ml) | Ácido<br>molíbdico (ml) |
|----------------------|--|--|----------------------------|-------------------------|
| $T_1; T_6$           | 500  | 10   | -                          | -                       |
| $T_2; T_7$           | 500  | 10   | -                          | -                       |
| $T_3; T_4; T_8; T_9$ | 500  | 10   | 0.125                      | 0.5                     |
| $T_5; T_{10}$        | 500  | -  | -                          | -                       |

Fuente: Elaboración propia

Se utilizó 0.125 ml de cloruro de cobalto y 0,5 ml de ácido molíbdico por tratamiento.

Luego se dejó orear por 20 minutos y se procedió a realizar la siembra según el cuadro del bloque randomizado con tres semillas por golpe y a una distancia de 0.20m entre golpes.

#### **2.10.10. Obtención del extracto de alga *Spirogyra communis* (Hasall) Kurtz**

El día 15 de enero del 2017 se realizó la primera recolección de algas de los canales de drenaje de los campos de cultivo ubicados en la comunidad “la Totorilla”. Este mismo día se realizó el lavado de las algas recolectadas primero con agua corriente y luego con agua destilada, seguidamente se escurrió el exceso de agua y se procedió a obtener el extracto de alga concentrado, mediante el licuado de la misma sin adición de agua por 30 minutos, el extracto resultante se almacenó en un recipiente de vidrio tapado con una malla fina para evitar el ingreso de insectos hasta el día 20 de enero del 2017 en el que se preparó la dosis de aplicación de los tratamientos empleando como base ese extracto concentrado (6 a 7% de alga seca). Esta recolección y preparación se realizó todas las veces requeridas, con un día de anticipación al día de la aplicación correspondiente. El extracto se preparó con una concentración del 25 % (25ml de extracto de alga y 75 ml de agua destilada) y aplicados a los tratamientos correspondientes.

#### **2.10.11. Aplicación del extracto de alga**

La primera aplicación del extracto de alga *Spirogira communis* (Hasall) Kurtz se realizó el día 28 de enero cuando las plantas tenían 10 a 15 cm de altura, la segunda aplicación el día 12 de marzo, cuando las plantas se encontraban en el estado de botón floral y la tercera aplicación el 25 de marzo del 2017 cuando las plantas se encontraban en el inicio de llenado de granos.

#### **2.10.12. Tutorado**

A los 40 días después de la siembra, cuando las plantas habían emitido los zarcillos, se procedió a instalar los tutores compuestos por carrizos de 1.5 m de altura, distanciados cada 3m, en los cuales se realizaron amarres con rafia, para que se fijen en ellos los zarcillos del cultivo. Cabe resaltar que las plantas fueron guiadas continuamente.

#### **2.10.13. Deshierbos y aporques**

El primer deshierbo se realizó el 25 de enero, a los 26 días después de la siembra y el segundo deshierbo se realizó el 27 de febrero debido a la presencia e incremento de malezas.

El aporque se realizó a los 50 días después de la siembra, estas labores se realizaron con picos y azadones.

#### **2.10.14. Riegos**

Los riegos se realizaron de la siguiente manera:

- En los primeros 40 días se regó cada 3 días por un tiempo de media hora.
- Desde los 40 hasta los 60 días (etapa de floración), se regó cada 3 días por un tiempo de 1 hora y media.
- Desde los 70 hasta los 115 días (madurez fisiológica), se regó cada 3 días por un tiempo de 1 hora.
- Desde los 115 hasta los 125 días se regó cada 4 días por un tiempo de 20 minutos.

Cabe resaltar que el sistema de riego instalado fue el de goteo.

#### **2.10.15. Control Fitosanitario**

##### **Plagas**

A fin de controlar la incidencia de los insectos que pudiera ocasionar daño al cultivo, se realizaron tres aplicaciones primero con el insecticida Cyperklin, a una dosis de 200 ml  $Ci^{-1}$ , la primera aplicación se realizó en todos los tratamientos, el 18 de enero del 2017, para controlar grillos y langostas (*Gryllus campestris* y *Scchistocerca piceifrons peruviana*); la segunda se aplicó Baytroide (Ciflutrina) el 18 de febrero del 2017, para controlar la incidencia de la mosca minadora (*Lyriomiza huidobrensis*) y la tercera se aplicó Admire (Imidacloprid) el 10 de marzo del 2017.

##### **Enfermedades**

Debido a que se tenían antecedentes de oídium (*Erysiphe poligoni*) en el campo experimental y tras la aparición de los primeros signos, se aplicó el fungicida azufrado denominado Kúmulus el 22 de marzo del 2017, la dosis de aplicación fue de 3 kg  $ha^{-1}$ .

Las aplicaciones del insecticida y fungicida se realizaron empleando una mochila fumigadora, guantes y una mascarilla para fumigación.

### **2.10.16. Cosecha**

La cosecha en vaina verde se realizó el día 12 de abril del 2017 (102 días después de la siembra, estas se realizaron cuando los granos se hallaban llenos.

Se cosecharon las vainas verdes de las plantas ubicadas en el surco central de cada unidad experimental, en forma manual, con cuidado, evitando el aplastamiento entre vainas y la exposición de estas al sol a fin de que no disminuyera el peso. Las vainas cosechadas se colocaron en bolsas identificadas con etiquetas para cada tratamiento, luego se pesaron en el laboratorio.

La cosecha de grano seco se realizó en forma escalonada, en tres oportunidades los días 10, 15 y 20 de mayo del 2017. Con los mismos cuidados de la cosecha en vaina verde.

## **2.11. VARIABLES EVALUADAS**

### **2.11.1. Nodulación**

#### **a) Longitud de raíces**

Con la ayuda de una regla graduada se determinó la medida de la longitud en centímetros de 10 raíces por tratamiento y por bloque.

#### **b) Número de nódulos por planta**

Se contó el número de nódulos de cada raíz de 10 plantas por tratamiento y por bloque.

#### **c) Localización de los Nódulos**

Se describió en que tercio de la raíz se hallan concentradas la mayor cantidad de nódulos.

#### **d) Tamaño de nódulos**

Se clasificó los nódulos dependiendo de su tamaño en: grandes, medianas y pequeñas.

**e) Cantidad de Leg-hemoglobina**

Para evaluar la presencia de leg-hemoglobina de los nódulos son cortados, si se observa el color rojo indica actividad de fijación de nitrógeno, esta evaluación se realizó en función a la intensidad del color rojo.

**f) Peso de nódulos por planta**

Los nódulos se desprendieron de la raíz y luego se pesaron en una balanza analítica para obtener su peso respectivo.

**g) Tipificación de los nódulos**

Los nódulos de las raíces presentan diversas formas las cuales fueron evaluadas y clasificadas.

**2.11.2. Precocidad**

**a) Días a la emergencia**

Se evaluó el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las plántulas más 1 hayan emergido en las parcelas experimentales.

**b) Días al inicio de floración**

Se tomó en cuenta el número de días transcurrido desde la siembra hasta que el 50% de las plantas se encontraron con flores completamente abiertas.

**c) Días a la maduración fisiológica (vaina verde) del cultivo**

Se evaluó el número de días transcurridos desde la siembra que el 50% de las vainas obtuvieron aproximadamente de 72 -74% de humedad.

**d) Días a la madurez cosecha en grano del cultivo**

Se determinó el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de vainas estaban maduras y listos para ser cosechados (13.5 % de humedad).

### **2.11.3. Rendimiento**

#### **a) Altura de planta**

Se midió en centímetros durante la madurez fisiológica, desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la planta, se anotó el promedio de 10 plantas seleccionadas al azar por cada tratamiento y por cada bloque (tres bloques).

#### **b) Número de vainas por planta**

Se contó el número total de vainas de 10 vainas al azar dentro de cada tratamiento y por cada bloque (tres repeticiones) en el momento de la cosecha, dentro de cada parcela. El promedio se registró como resultado de la parcela.

#### **c) Número de granos por vaina**

Se contó el número de granos presentes de 10 vainas al azar dentro de cada tratamiento y por cada bloque (tres repeticiones), por cada tratamiento y luego se determinó el promedio de la cantidad granos por vainas.

#### **d) Longitud de vainas**

Con la ayuda de una regla graduada se midió la longitud de las vainas en centímetros fueron evaluadas 10 vainas al azar dentro de cada tratamiento y por cada bloque (tres repeticiones) durante la madurez fisiológica.

#### **e) Peso de 1000 semillas**

Luego de la trilla o desenvainado del grano seco de las muestras obtenidas de cada unidad experimental, se separó 03 grupos de 200 semillas y se pesó en una balanza de precisión, obteniéndose un promedio en cada unidad experimental. Los datos obtenidos fueron llevados a su equivalencia en 1000 semillas.

#### **f) Rendimiento en vaina verde en $kg\ ha^{-1}$**

Se evaluó pesando en una balanza comercial el total de vainas más granos verdes cosechadas de cada unidad experimental (surco central), el cual se realizó acumulando la primera y segunda cosecha, cuando las vainas ya estaban aptas para el mercado. Luego se procedió con el cálculo para obtener el peso acumulado de las dos cosechas, finalmente expresarlo en  $kg\ ha^{-1}$ .

**g) Rendimiento en grano seco en kg ha<sup>-1</sup>**

La evaluación se realizó pesando los granos secos que se cosecharon de cada unidad experimental (dos surcos e 1m lineal c/u), para así obtener un promedio en cada unidad experimental, los resultados obtenidos se expresaron en kg ha<sup>-1</sup>. El pesado de los granos se realizó con una balanza.

**2.11.4. Rentabilidad**

**a) Rentabilidad Económica**

En base a los costos directos e indirectos se calculó el costo total de producción; para luego obtener la utilidad.

$$Rentabilidad = \frac{Utilidad\ neta}{Costo\ de\ producción} \times 100$$

## CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. VARIABLES DE RENDIMIENTO

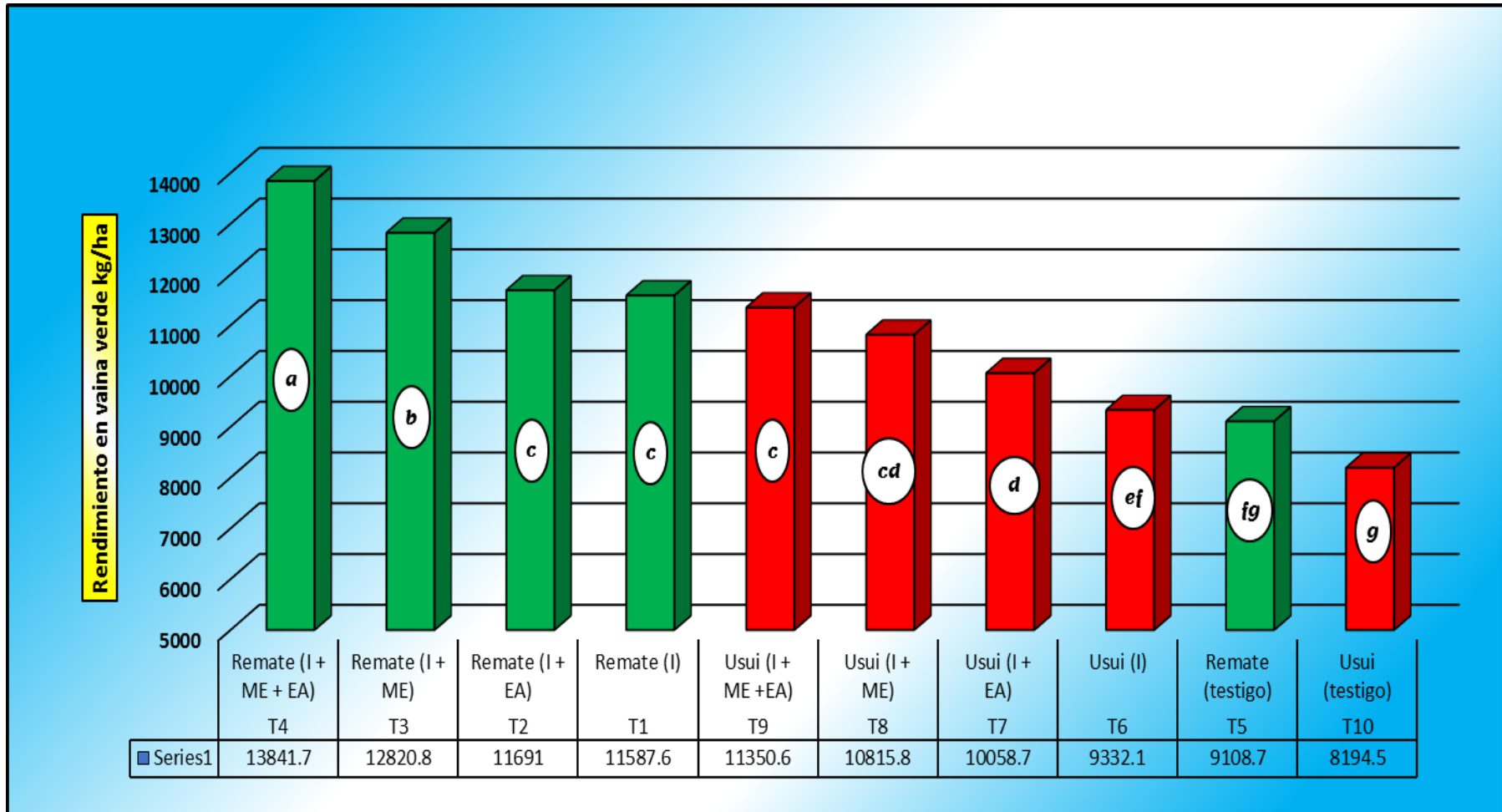
#### 3.1.1. Rendimiento en vaina verde en Kg ha<sup>-1</sup>

**Tabla 3.1.** Análisis de variancia del rendimiento en vaina verde (kg ha<sup>-1</sup>) con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

| FV                      | GL | SC          | CM          | Fc         | p-valor |
|-------------------------|----|-------------|-------------|------------|---------|
| Bloque                  | 2  | 817959.11   | 408979.55   | 4.115200   | 0.074   |
| Variedad (A)            | 1  | 25936715.22 | 25936715.22 | 260.978274 | 0.000   |
| Inoculante +ME+EA (B)   | 4  | 53807439.07 | 13451859.77 | 135.354192 | 0.000   |
| A x B                   | 4  | 2283219.112 | 570804.778  | 5.7435047  | 0.004   |
| Variedad en B1          | 1  | 664078519.6 | 664078519.6 | 6682.03604 | 0.000   |
| Variedad en B2          | 1  | 1070351032  | 1070351032  | 10769.9978 | 0.000   |
| Variedad en B3          | 1  | 506438506.1 | 506438506.1 | 5095.84371 | 0.000   |
| Variedad en B4          | 1  | 720966178   | 720966178   | 7254.44633 | 0.000   |
| Variedad en B5          | 1  | 75059426.59 | 75059426.59 | 755.256763 | 0.000   |
| Inoculante +ME+EA en A1 | 4  | 2129635209  | 532408802.2 | 5357.15988 | 0.000   |
| Inoculante +ME+EA en A2 | 4  | 1503677042  | 375919260.4 | 3782.54374 | 0.000   |
| Error                   | 18 | 1788887.891 | 99382.66062 |            |         |
| Total                   | 29 | 84634220.41 |             |            |         |

**CV (%) = 2.897**

En la tabla 3.1 se muestra el análisis de variancia para la variable rendimiento en vaina verde (kg ha<sup>-1</sup>), resultando no significativo para la fuente de bloque, mientras que para las demás fuentes de variación resulto altamente significativo.



**Figura 3.1.** Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para el rendimiento en vaina verde, con inoculación micronutrientes y extracto de algas nativas en arveja (*Pisum sativum* L.)

El mayor promedio corresponde al tratamiento T4 (Remate con inoculante, micronutrientes y extracto de alga) con  $13841.7 \text{ kg ha}^{-1}$ ; el segundo mayor promedio corresponde al tratamiento T3 (Remate con inoculante y microelementos) con un rendimiento de  $12820.80 \text{ kg ha}^{-1}$ ; el tercer grupo de similitud corresponde a los tratamientos T2 (Remate con inoculante y extracto de alga), T1 (Remate más inoculante), T9 (Usui con inoculante, micronutrientes y extracto de alga) y T8 (Usui con inoculante y micronutrientes) con un rango de rendimientos que comprenden de  $11691.00$  a  $10815.80 \text{ kg ha}^{-1}$ ; el cuarto grupo de similitud corresponde a los tratamientos T8 y T7 (Usui más inoculante y extracto de alga); el quinto grupo de similitud corresponde a los tratamientos T7 y T6 (Usui más inoculante); el sexto grupo de similitud corresponde a los tratamientos T6 y T5 (Remate testigo) y el séptimo grupo de similitud está comprendido por los tratamientos T5 y T10 (Usui testigo).

Velazco (2004), al estudiar el rendimiento en 5 variedades de arveja, con distintas formas de manejo en Canaán INIA a 2720 msnm, reportó para la variedad Remate un rendimiento de  $9260 \text{ kg ha}^{-1}$  y para la variedad Usui un rendimiento de  $7038 \text{ kg ha}^{-1}$  empleando fertilización inorgánica y espalderas.

Zapata (2004), al estudiar el rendimiento en verde de siete variedades y tres líneas de arveja en Canaán a 2750 msnm reporta para la variedad Remate un rendimiento de  $14325 \text{ kg ha}^{-1}$  y para la variedad Usui un rendimiento de  $12230 \text{ kg ha}^{-1}$ , con riego por goteo, espalderas y una fórmula de abonamiento de 80-60-40 de NPK.

Pariona (2002), al estudiar el efecto de dos momentos de siembra, en la producción de arveja en verde y en grano seco, en asociación con maíz amiláceo reporta para la variedad Remate un rendimiento de  $11254 \text{ kg ha}^{-1}$  y para la variedad Usui un rendimiento de  $9494 \text{ kg ha}^{-1}$ , empleando fertilización inorgánica.

Tacas (2015), al estudiar sobre el efecto residual del abonamiento orgánico mineral en arveja en Pampa del Arco a 2792 msnm, reportó para la variedad Remate un rendimiento de  $10950 \text{ kg ha}^{-1}$ .

El mayor rendimiento obtenido en este trabajo es de 13841 kg ha<sup>-1</sup>, este valor es superior a lo obtenido por Velazco (2004), Pariona (2002) y Tacas (2015), debido a que el Inoculante aplicado contiene bacterias específicas para el cultivo de arveja, los micronutrientes Cobalto y Molibdeno ayudan a la simbiosis de la leguminosa y el *Rhizobium* y el extracto de alga que contiene nutrientes como nitrógeno, magnesio, etc. que ayudan a que la planta se desarrolle de una manera más eficiente y por lo tanto obtenga una mejor producción. Pero el rendimiento obtenido es inferior a lo obtenido por Zapata (2004), esta diferencia se debe principalmente a que este autor utilizó fertilizantes inorgánicos como abono de fondo (80-60-40) y en el presente trabajo no se utilizó fertilizantes inorgánicos como abono de fondo.

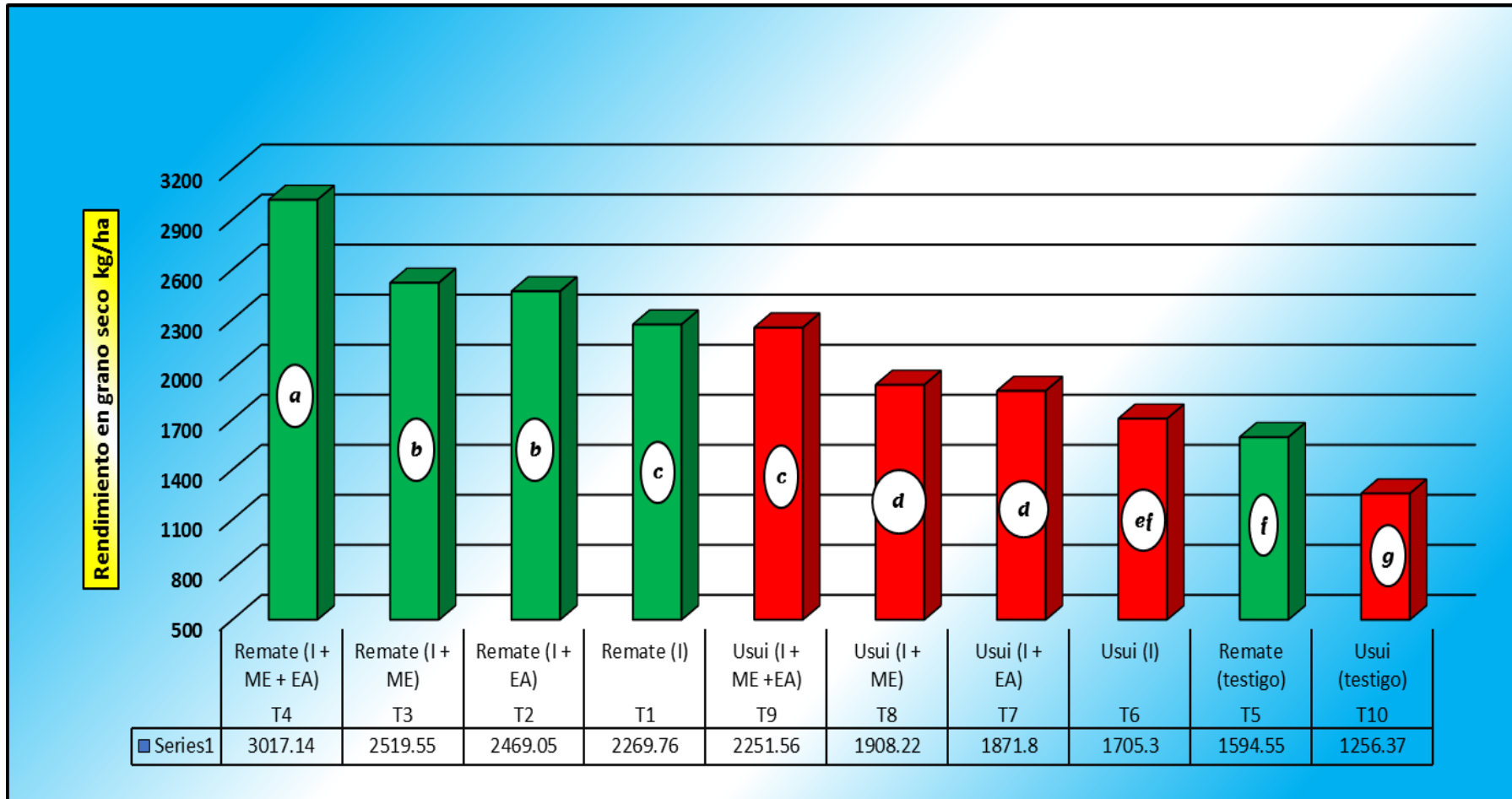
### 3.1.2. Rendimiento en grano seco en Kg ha<sup>-1</sup>

**Tabla 3.2.** Análisis de variancia de rendimiento en grano seco (kg ha<sup>-1</sup>) con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

| FV                      | GL | SC         | CM          | Fc       | p-valor |
|-------------------------|----|------------|-------------|----------|---------|
| Bloque                  | 2  | 25323.336  | 12661.668   | 2.744    | 0.09113 |
| Variedad (A)            | 1  | 2482807.25 | 2482807.252 | 538.160  | 0.00000 |
| Inoculante +ME+EA (B)   | 4  | 4621049.13 | 1155262.283 | 250.409  | 0.00000 |
| A x B                   | 4  | 141498.003 | 35374.501   | 7.668    | 0.00086 |
| Variedad en B1          | 1  | 14698901.6 | 14698901.66 | 3186.057 | 0.00000 |
| Variedad en B2          | 1  | 17493772.2 | 17493772.2  | 3791.859 | 0.00000 |
| Variedad en B3          | 1  | 18205269.8 | 18205269.8  | 3946.080 | 0.00000 |
| Variedad en B4          | 1  | 25862439.9 | 25862439.9  | 5605.808 | 0.00000 |
| Variedad en B5          | 1  | 7486550.42 | 7486550.42  | 1622.746 | 0.00000 |
| Inoculante +ME+EA en A1 | 4  | 3186766.30 | 796691.576  | 172.687  | 0.00000 |
| Inoculante +ME+EA en A2 | 4  | 1575780.82 | 393945.207  | 85.390   | 0.00000 |
| Error                   | 18 | 83043.145  | 4613.508    |          |         |
| Total                   | 29 | 7353720.86 |             |          |         |

**CV (%) = 3.256**

En la tabla 3.2 se muestra el análisis de variancia para la variable rendimiento en grano seco, resultando no significativo para la fuente de bloque, mientras que para las demás fuentes de variación resultó altamente significativo por lo que se realizó la prueba de Tukey (0.05) de los efectos simples de la interacción.



**Figura 3.2.** Prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) del rendimiento promedio en grano seco en kg/ha con inoculación, micronutrientes y extracto de algas nativas en variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

El mayor promedio corresponde al tratamiento T4 (Remate con inoculante, micronutrientes y extracto de alga) con  $3017.14 \text{ kg ha}^{-1}$ ; el segundo grupo de similitud corresponde a los tratamientos T3 (Remate con inoculante y microelementos) y T2 (Remate con inoculante y extracto de alga) con rendimientos de  $2519.55$  y  $2469.05 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente; el tercer grupo de similitud corresponde a los tratamientos T1 (Remate más inoculante) y T9 (Usui con inoculante, micronutrientes y extracto de alga) con rendimientos de  $2269.76$  y  $2251.56 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente; el cuarto grupo de similitud está comprendido por los tratamientos T8 (Usui con inoculante y micronutrientes) y T7 (Usui más inoculante y extracto de alga) con rendimientos de  $1908.22$  y  $1871.80 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente; el quinto grupo de similitud corresponde a los tratamientos T7 y T6 (Usui más inoculante); el sexto grupo de similitud corresponde a los tratamientos T6 y T5 (Remate testigo), seguido por T10.

González (2017), al estudiar sobre abonamiento orgánico e inoculación en el rendimiento de variedades de arveja en Pampa del arco a  $2792 \text{ msnm}$ , reportó un rendimiento en grano seco de  $907.07 \text{ kg ha}^{-1}$  en la variedad Remate y  $997.47 \text{ kg ha}^{-1}$  en la variedad Usui.

El mayor rendimiento obtenido en este trabajo es de  $3017 \text{ kg ha}^{-1}$ , este valor es superior a lo obtenido por González (2017), debido a que en este trabajo de investigación la inoculación con *Rhizobium* conjuntamente con los micronutrientes Cobalto y Molibdeno ayudaron a fortalecer la nodulación, la formación de la nitrogenasa que contiene en su estructura estos microelementos esenciales para la fijación del nitrógeno atmosférico que ayudaron a la planta a obtener nitrógeno para su formación, desarrollo y producción, también el aporte del extracto de alga nativa que contiene micro y macronutrientes que ayudan en la nutrición de la planta y el cual contiene también potenciadores de crecimiento como son la auxina, giberelina, citoquinina, etc. Que ayudan a la formación y desarrollo del cultivo, ayudan en aspectos como mayor formación de raíces, mayor número de hojas, vainas y granos, mayor altura de planta, etc. Los cuales en conjunto hacen que el cultivo genere mejores rendimientos.

### 3.1.3. Altura de planta

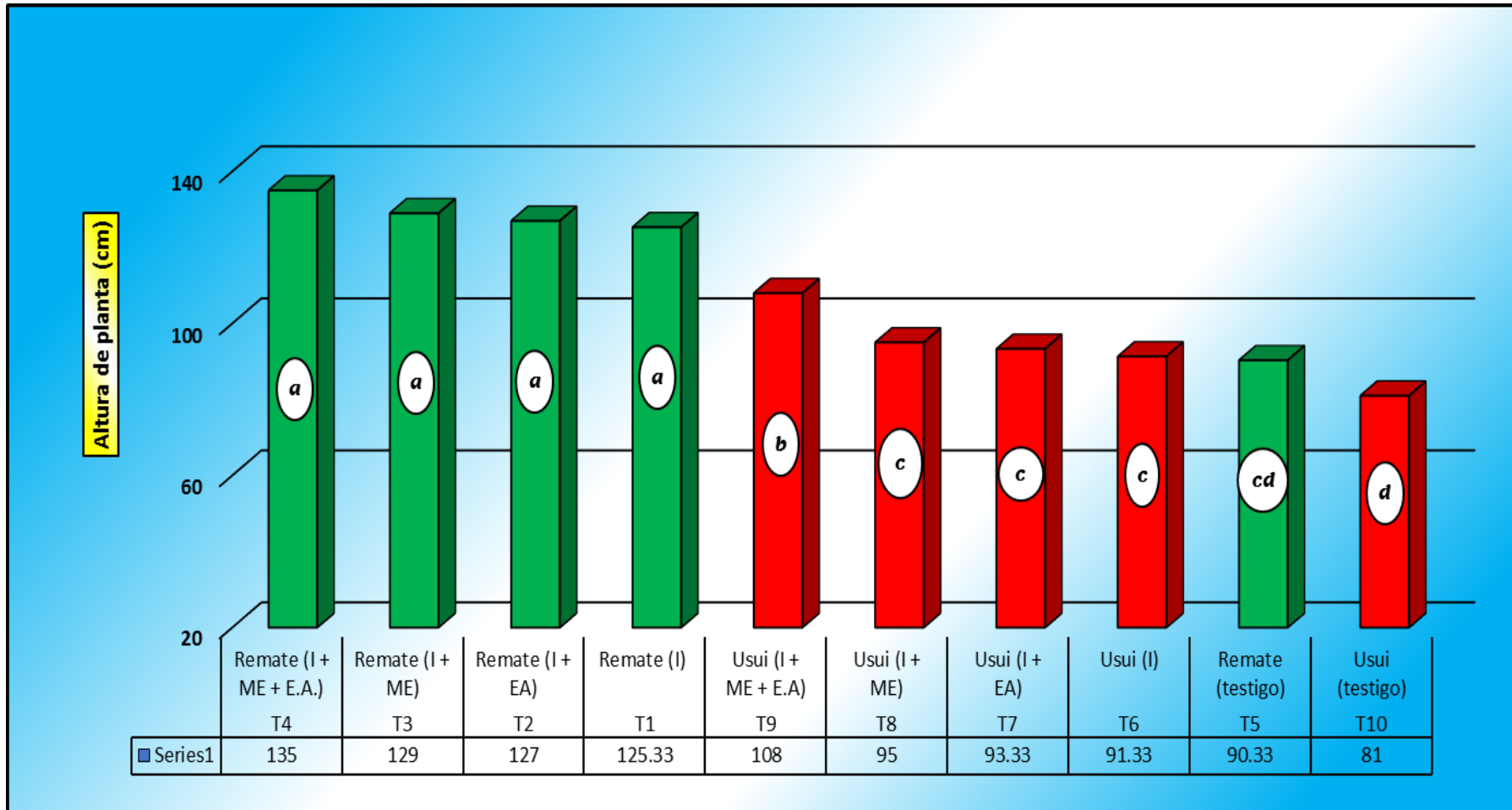
**Tabla 3.3.** Análisis de variancia de la altura de planta (cm) de inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

| FV                      | GL | SC        | CM       | Fc      | p-valor |
|-------------------------|----|-----------|----------|---------|---------|
| Bloque                  | 2  | 32.267    | 16.133   | 1.435   | 0.26414 |
| Variedad (A)            | 1  | 5713.200  | 5713.200 | 508.091 | 0.00000 |
| Inoculante +ME+EA (B)   | 4  | 4204.467  | 1051.117 | 93.479  | 0.00000 |
| A x B                   | 4  | 679.133   | 169.783  | 15.099  | 0.00001 |
| Variedad en B1          | 1  | 1734.000  | 1734.000 | 154.209 | 0.00000 |
| Variedad en B2          | 1  | 1700.167  | 1700.166 | 151.201 | 0.00000 |
| Variedad en B3          | 1  | 1734.000  | 1734.000 | 154.209 | 0.00000 |
| Variedad en B4          | 1  | 1093.500  | 1093.500 | 97.248  | 0.00000 |
| Variedad en B5          | 1  | 130.667   | 130.667  | 11.621  | 0.00313 |
| Inoculante +ME+EA en A1 | 4  | 3764.000  | 941.000  | 83.686  | 0.00000 |
| Inoculante +ME+EA en A2 | 4  | 1119.600  | 279.900  | 24.892  | 0.00000 |
| Error                   | 18 | 202.400   | 11.244   |         |         |
| Total                   | 29 | 10831.467 |          |         |         |

**CV (%) = 3.118**

En la tabla 3.3 se muestra el análisis de variancia para la variable altura de planta resultando no significativo para la fuente de bloque, mientras que para las demás fuentes de variación resultó altamente significativo por lo que se realizó la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) de los efectos simples de la interacción.

El coeficiente de variación es de 3.11 % el cual se halla entre los valores aceptables según Calzada (1970).



**Figura 3.3.** Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) de la altura de planta con inoculación, micronutrientes y extracto de algas nativas en variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

El primer grupo de similitud con las mejores alturas corresponden a los tratamientos T4 (Remate con inoculante, micronutrientes y extracto de alga), T3 (Remate con inoculante y microelementos), T2 (Remate con inoculante y extracto de alga) y T1 (Remate más inoculante) con un rango de altura comprendida entre 125.33 a 135 cm; el segundo valor con significancia esta dado por el tratamiento T9 (Usui con inoculante, micronutrientes y extracto de alga) con una altura de 108 cm; el tercer grupo de similitud corresponde a los tratamientos T8 (Usui con inoculante y micronutrientes), T7 (Usui más inoculante y extracto de alga), T6 (Usui más inoculante) y T5 (Remate testigo) con un rango de altura comprendida entre 90.33 a 95 cm.

Rodríguez (2005), en su trabajo de investigación sobre dos métodos de siembra en el rendimiento de cuatro variedades de arveja en Canaán – INIA a 2720 msnm obtuvo una altura promedio para la variedad Remate de 90 cm y para la variedad Usui una altura promedio de 65.2 cm.

Velazco (2004), en su trabajo de investigación, sobre el rendimiento de 5 variedades de arveja con distintas formas de manejo en Canaán a 2750 msnm, obtuvo una altura promedio para la variedad Remate de 122 cm y para la variedad Usui un promedio de 106.9 cm de altura.

Rondinel (2014), en su trabajo de investigación, sobre rendimiento en vaina verde de tres variedades de arveja en tres modalidades de siembra bajo agricultura de conservación en Canaán a 2750 msnm, reporta un promedio de altura para la variedad Remate de 117 cm y para la variedad Usui una altura de y 121 cm.

Gálvez (2015), en su trabajo de investigación, sobre aplicación de extracto de algas a diferentes concentraciones en arveja, reporta para la altura de planta en la variedad Usui 107 cm.

La mejor altura obtenida en este trabajo fue de 135 cm este resultado fue superior a lo obtenido por Rodríguez (2005), Velazco (2004), Rondinel (2014) y Gálvez (2015), esto debido a que estos trabajos fueron potencializados con extracto de alga, que son fitohormonas que ayudan a la planta en su crecimiento y desarrollo, así como la

inoculación con bacterias específicas para la arveja y micronutrientes que fortalecieron la infección de las raíces de la planta para la formación de los nódulos.

### 3.1.4. Número de vainas por planta

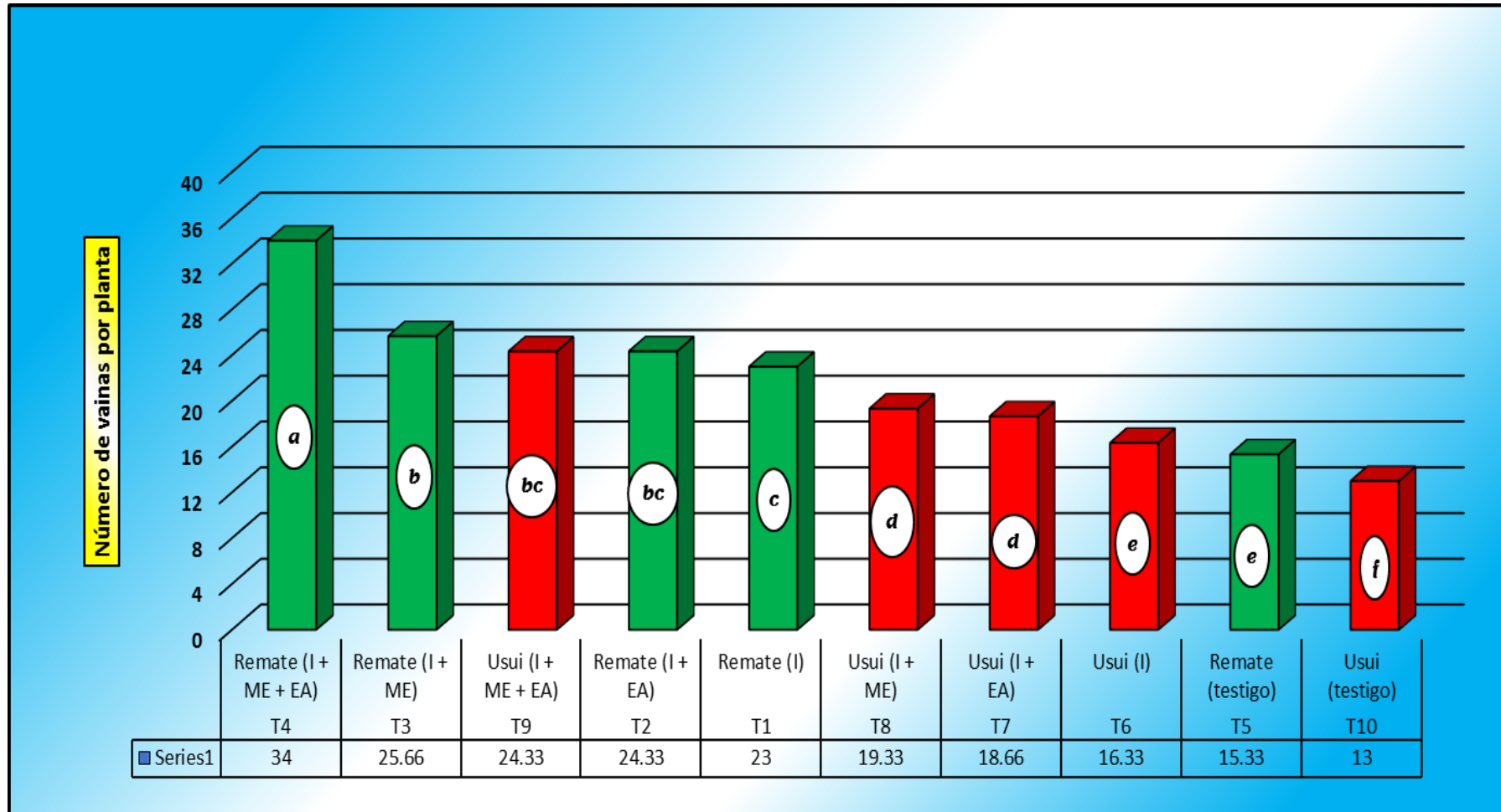
**Tabla 3.4.** Análisis de variancia del número de vainas por planta, de inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

| FV                      | GL | SC      | CM      | Fc     | p-valor |
|-------------------------|----|---------|---------|--------|---------|
| Bloque                  | 2  | 3.467   | 1.733   | 0.489  | 0.62144 |
| Variedad (A)            | 1  | 140.833 | 140.833 | 39.692 | 0.00001 |
| Inoculante +ME+EA (B)   | 4  | 359.000 | 89.750  | 25.295 | 0.00000 |
| A x B                   | 4  | 47.000  | 11.750  | 3.312  | 0.03364 |
| Variedad en B1          | 1  | 32.667  | 32.667  | 9.207  | 0.00713 |
| Variedad en B2          | 1  | 66.667  | 66.667  | 18.789 | 0.00040 |
| Variedad en B3          | 1  | 60.167  | 60.167  | 16.957 | 0.00065 |
| Variedad en B4          | 1  | 28.167  | 28.167  | 7.938  | 0.01140 |
| Variedad en B5          | 1  | 0.167   | 0.167   | 0.047  | 0.83085 |
| Inoculante +ME+EA en A1 | 4  | 276.667 | 69.167  | 19.494 | 0.00000 |
| Inoculante +ME+EA en A2 | 4  | 129.333 | 32.333  | 9.113  | 0.00033 |
| Error                   | 18 | 63.867  | 3.548   |        |         |
| Total                   | 29 | 614.167 |         |        |         |

**CV (%) = 8.627**

En la tabla 3.4 se muestra el análisis de variancia para la variable número de vainas por planta resultando no significativo para la fuente de bloque, mientras que para las demás fuentes de variación resultó altamente significativo por lo que se realizó la Prueba de Tukey (<0.05) de los efectos simples de la interacción.

El coeficiente de variación es de 8.62% el cual se halla entre los valores aceptables según Calzada (1970).



**Figura 3.4.** Prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) del número de vainas por planta, con inoculación, micronutrientes y extracto de algas nativas en variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

El primer grupo de similitud corresponde al tratamiento T4 (Remate con inoculante, micronutrientes y extracto de alga) con 34 vainas por planta; el segundo grupo de similitud corresponde a los tratamientos T3 (Remate con inoculante y microelementos), T9 (Usui con inoculante, micronutrientes y extracto de alga) y T2 (Remate con inoculante y extracto de alga) con un rango de número de vainas por planta de 24.33 a 25.66; el tercer grupo de similitud está comprendido por los tratamientos T9, T2 y T1 (Remate más inoculante) con un rango de número de vainas por planta de 23 a 24.33; el cuarto grupo de similitud corresponde a los tratamientos T8 (Usui con inoculante y micronutrientes) y T7 (Usui más inoculante y extracto de alga) con un número de vainas de 19.33 y 18.66 respectivamente; el quinto grupo de similitud está comprendido por los tratamientos T6 (Usui más inoculante) y T5 (Remate testigo) con un número de vainas de 16.33 y 15.33 respectivamente; el sexto grupo de similitud es el que obtuvo el menor número de vainas por plantas y es el tratamiento T10 (Usui testigo) con 13 vainas por planta.

Zapata (2004), en su trabajo de investigación sobre rendimiento en verde de siete variedades y tres líneas de arveja en Canaán a 2750 msnm, obtuvo un número de vainas para la variedad Remate de 28 y para la variedad Usui 24, con el uso de fertilizantes inorgánicos como abono de fondo (80-60-40 de N-P-K).

Gálvez (2015), en su trabajo de investigación, sobre aplicación de extracto de algas a diferentes concentraciones en arveja en Pampa del Arco a 2792 msnm, reportó para la variedad Usui un promedio de 18 vainas por planta.

Tacas (2015), en su trabajo de investigación, sobre efecto residual del abonamiento orgánico mineral en arveja en Pampa del Arco a 2792 msnm, reportó para la variedad Remate un número de vainas por planta igual a 16.

La mejor cantidad de vainas encontradas en este estudio fue de 34 este resultado fue superior a lo obtenido por Zapata (2004), Gálvez (2015) y Tacas (2015) esto debido a que en este trabajo se usó como abono de fondo la gallinaza para suplir los macronutrientes deficientes registrados en el análisis de suelos, también la planta fue potencializada con extracto de alga, que son fitohormonas que ayudan a la planta en

su crecimiento y desarrollo así como la inoculación y aporte de micronutrientes que fortalecieron la infección de las raíces de la planta para la formación de los nódulos puedan fijar mayor cantidad de nitrógeno que sirvió en el desarrollo de la planta.

### 3.1.5. Número de granos por vaina

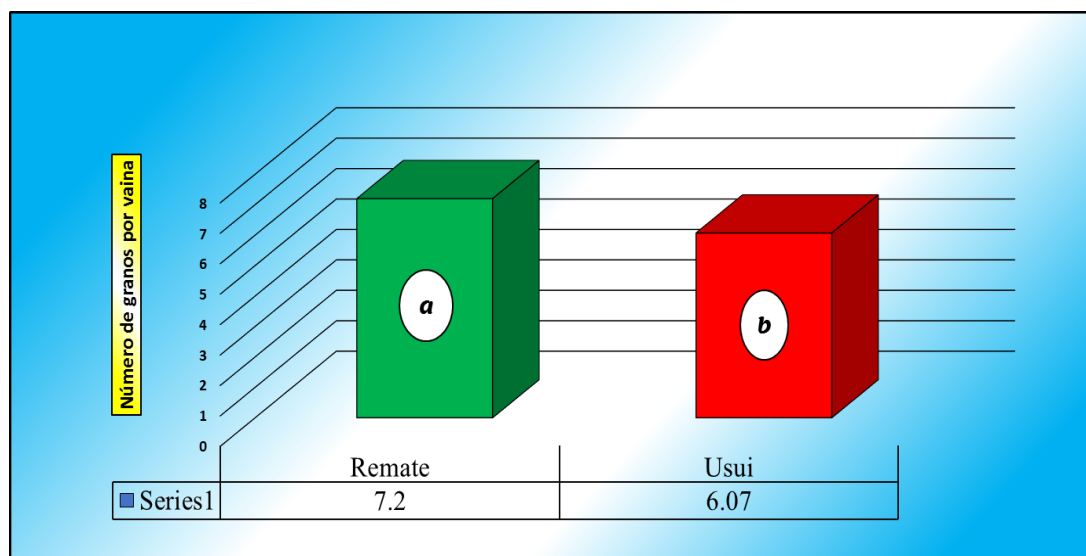
**Tabla 3.5.** Análisis de variancia del número de granos por vaina con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

| FV                      | GL | SC     | CM    | Fc    | p-valor |
|-------------------------|----|--------|-------|-------|---------|
| Bloque                  | 2  | 0.867  | 0.433 | 0.394 | 0.68007 |
| Variedad (A)            | 1  | 9.633  | 9.633 | 8.758 | 0.00840 |
| Inoculante +ME+EA (B)   | 4  | 16.467 | 4.117 | 3.742 | 0.02192 |
| A x B                   | 4  | 2.200  | 0.550 | 0.500 | 0.73610 |
| Variedad en B1          | 1  | 4.167  | 4.167 | 3.788 | 0.06741 |
| Variedad en B2          | 1  | 4.167  | 4.166 | 3.788 | 0.06741 |
| Variedad en B3          | 1  | 0.667  | 0.667 | 0.606 | 0.44639 |
| Variedad en B4          | 1  | 0.167  | 0.167 | 0.152 | 0.70166 |
| Variedad en B5          | 1  | 2.667  | 2.667 | 2.424 | 0.13688 |
| Inoculante +ME+EA en A1 | 4  | 4.400  | 1.100 | 1.000 | 0.43317 |
| Inoculante +ME+EA en A2 | 4  | 14.267 | 3.567 | 3.242 | 0.03610 |
| Error                   | 18 | 19.800 | 1.100 |       |         |
| Total                   | 29 | 48.967 |       |       |         |

**CV (%) = 15.811**

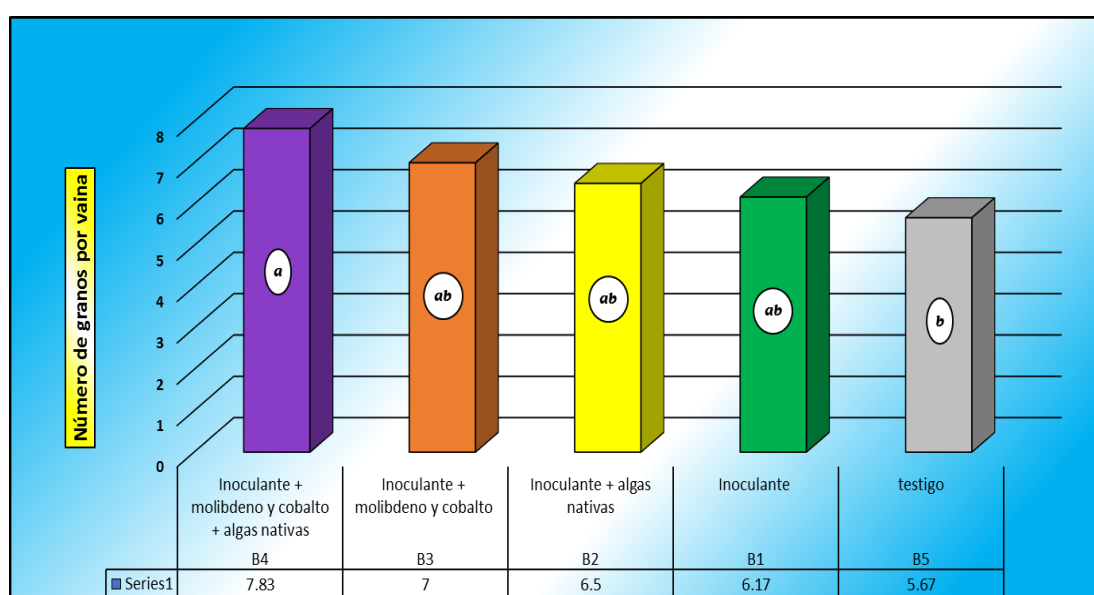
La tabla 3.5 presenta el análisis de variancia para la variable número de granos por vaina, resultando significativo en la fuente Variedad (A) por lo que se realizó la prueba de Tukey ( $<0.05$ ), también resulta significativo para la fuente Inoculante +ME+EA (B) por lo que se realizó la prueba de Tukey (0.05). Para las demás fuentes resulta no significativo.

El coeficiente de variación es de 15.81% el cual se halla entre los valores aceptables según Calzada (1970).



**Figura 3.5.** Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) del factor variedad (A), para número de granos por vaina.

En la figura 3.5 se muestra la prueba de contraste de Tukey con 95% donde se observa que existe diferencia significativa entre las variedades Remate y Usui, esto debido a que la genética de la variedad Remate es superior a la genética de la variedad Usui y también porque los tratamientos fueron mejor asimilados por la variedad Remate.



**Figura 3.6.** Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para el factor Inoculante +ME+EA (B), de Número de granos por vaina.

En la figura 3.6 se muestra la prueba de contraste de Tukey con 95% de confianza donde se observa que las semillas tratadas con B4 (inoculante, micronutrientes y extracto de alga) obtienen un número de granos por vaina superior con 7,83; un número de granos por vaina intermedio es observado en las semillas tratadas con B3(inoculante y micronutrientes), B2 (inoculante y algas nativas)y B1 (inoculante) que varían en un rango de 6,17 a 7 granos por vaina y la menor cantidad de número de granos por vaina es registrado por el testigo absoluto con un número de granos por vaina promedio de 5,67.

Sánchez (2004), en su trabajo de investigación en el que probó el rendimiento de variedades de arveja con dos fórmulas de abonamiento y dos densidades de siembra, manifiesta haber obtenido 5 granos por vaina para la variedad Remate y 5 para la variedad Usui.

Rondinel (2014), en su trabajo de investigación, sobre rendimiento en vaina verde de tres variedades de arveja en tres modalidades de siembra bajo agricultura de conservación en Canaán a 2750 msnm, reporta un promedio para el número de granos por vaina en la variedad Remate de 7 y para la variedad Usui 6.

Gálvez (2015), en su trabajo de investigación, sobre aplicación de extracto de algas a diferentes concentraciones en arveja en Pampa del Arco a 2792 msnm, reporto para la variedad Usui un promedio de 7 granos por vaina.

Tacas (2015), en su trabajo de investigación, sobre efecto residual del abonamiento orgánico mineral en arveja en Pampa del Arco a 2792 msnm, reporto para la variedad Remate un número de vainas por planta igual a 7.

La mejor cantidad de granos por vaina obtenidas en este estudio fue de 7,8 este resultado fue similar a lo obtenido por Rondinel (2014), Gálvez (2015) y Tacas (2015) esto debido a que la planta de arveja por su fisiología misma presenta cantidad de granos por vaina comprendidos entre 5 y 8 (según INIA).

### 3.1.6. Longitud de vainas (cm)

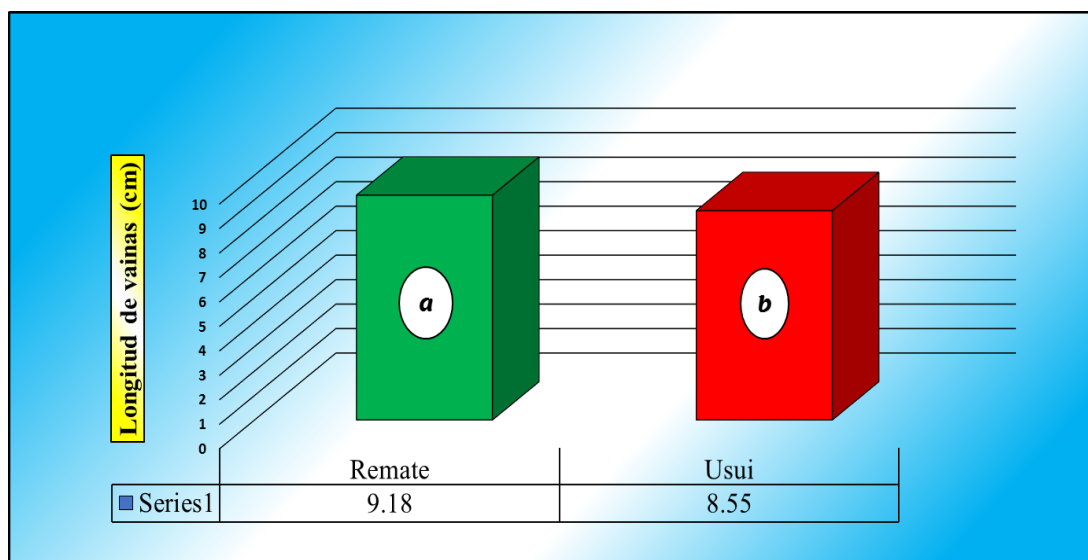
**Tabla 3.6.** Análisis de variancia de Longitud de vainas (cm) con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

| FV                      | GL | SC     | CM    | Fc    | p-valor |
|-------------------------|----|--------|-------|-------|---------|
| Bloque                  | 2  | 2.385  | 1.192 | 3.222 | 0.06369 |
| Variedad (A)            | 1  | 2.945  | 2.945 | 7.958 | 0.01132 |
| Inoculante +ME+EA (B)   | 4  | 9.590  | 2.397 | 6.478 | 0.00206 |
| A x B                   | 4  | 0.145  | 0.036 | 0.098 | 0.98185 |
| Variedad en B1          | 1  | 0.960  | 0.960 | 2.594 | 0.12468 |
| Variedad en B2          | 1  | 0.807  | 0.806 | 2.180 | 0.15714 |
| Variedad en B3          | 1  | 0.667  | 0.667 | 1.801 | 0.19625 |
| Variedad en B4          | 1  | 0.375  | 0.375 | 1.013 | 0.32748 |
| Variedad en B5          | 1  | 0.282  | 0.282 | 0.761 | 0.39449 |
| Inoculante +ME+EA en A1 | 4  | 5.164  | 1.291 | 3.488 | 0.02817 |
| Inoculante +ME+EA en A2 | 4  | 4.571  | 1.143 | 3.087 | 0.04233 |
| Error                   | 18 | 6.662  | 0.370 |       |         |
| Total                   | 29 | 21.727 |       |       |         |

**CV (%) = 6.861**

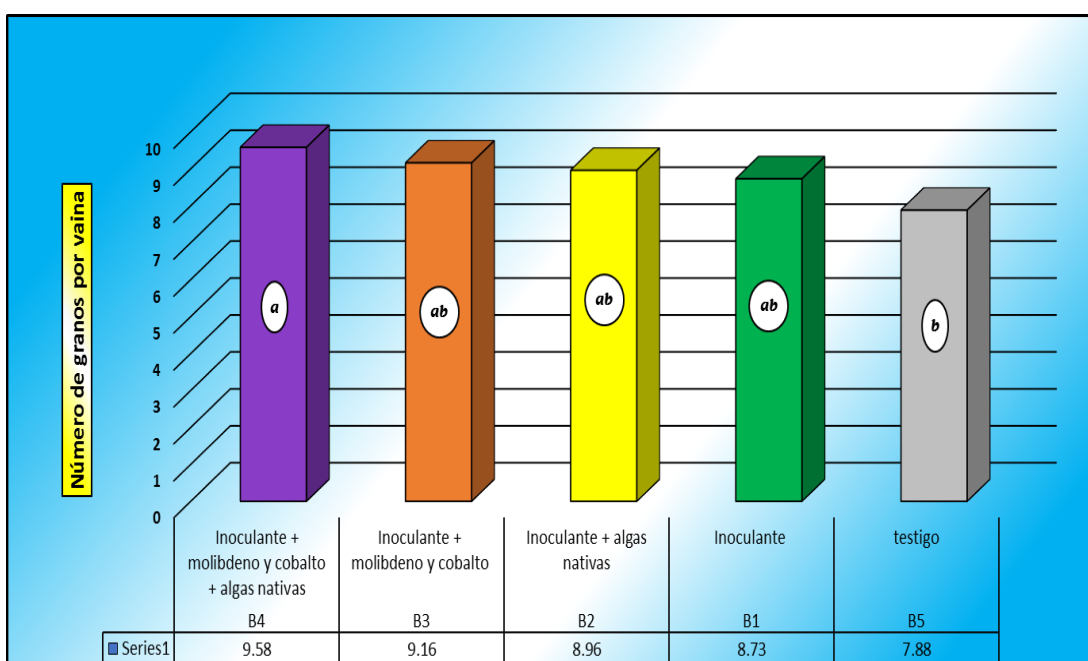
La tabla 3.6 presenta el análisis de variancia para la variable longitud de vaina, resultando significativo en la fuente Variedad (A) por lo que se realiza la prueba de Tukey ( $<0.05$ ) también resultó significativo para la fuente Inoculante +ME+EA (B) por lo que se realizó la prueba de Tukey ( $p=0.05$ ). Para las demás fuentes resulta no significativo.

El coeficiente de variación es de 6.86% el cual se halla entre los valores aceptables según Calzada (1970).



**Figura 3.7.** Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para el factor variedad (A), para Longitud de vainas.

En la figura 3.7 se muestra la prueba de contraste de Tukey con 95% donde se observa que existe diferencia significativa entre las variedades Remate y Usui, pero numéricamente es 0.63cm lo que resulta una diferencia mínima.



**Figura 3.8.** Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) del factor Inoculante +ME+EA (B), de longitud de vainas.

En la figura 3.8 se muestra la prueba de contraste de Tukey con 95% de confianza donde se observa que los tratamientos tratados con B4 (inoculante, micronutrientes y extracto de alga) obtienen una longitud de vaina superior con 9,58; un longitud intermedia es observado en las semillas tratadas con B3 (inoculante y micronutrientes), B2 (inoculante y algas nativas) y B1 (inoculante) que varían en un rango de 9,16 a 8,73 granos por vaina y la menor longitud de vainas es registrado por el testigo absoluto con un promedio de 7,88 cm.

Zapata (2004), en su trabajo de investigación sobre rendimiento en verde de siete variedades y tres líneas de arveja en Canaán a 2750 msnm, obtuvo una longitud de vainas para la variedad Remate de 11.58 cm y para la variedad Usui 12.12 cm, con el uso de fertilizantes inorgánicos como abono de fondo (80-60-40 de N-P-K).

Gálvez (2015), en su trabajo de investigación, sobre aplicación de extracto de algas a diferentes concentraciones en arveja en Pampa del Arco a 2792 msnm, reporto para la variedad Usui un promedio de 9.1 cm.

Rondinel (2014), en su trabajo de investigación, sobre rendimiento en vaina verde de tres variedades de arveja en tres modalidades de siembra bajo agricultura de conservación en Canaán a 2750 msnm, reporta un promedio para la longitud de vainas en la variedad Remate de 8.2 cm y para la variedad Usui 7.3 cm.

La mejor longitud de vaina obtenida en este estudio fue de 9,5 cm este resultado fue similar a lo obtenido por Zapata (2004), Rondinel (2014) y Gálvez (2015); esto se debe a que la longitud promedio de las vainas varían normalmente de 5 a 12 cm, el presente trabajo de investigación se halla entre los parámetros establecidos, superando al promedio que vendría a ser 8.5 cm, lo cual es un resultado favorable ya que esta variable influye casi de manera directa con la producción.

Se observa que el sub factor B4 (inoculación, micronutrientes y extracto de alga), resulto siendo el mejor tratamiento para las variedades Usui y Remate en la variable independiente longitud de vainas.

### 3.1.7. Peso de 1000 semillas

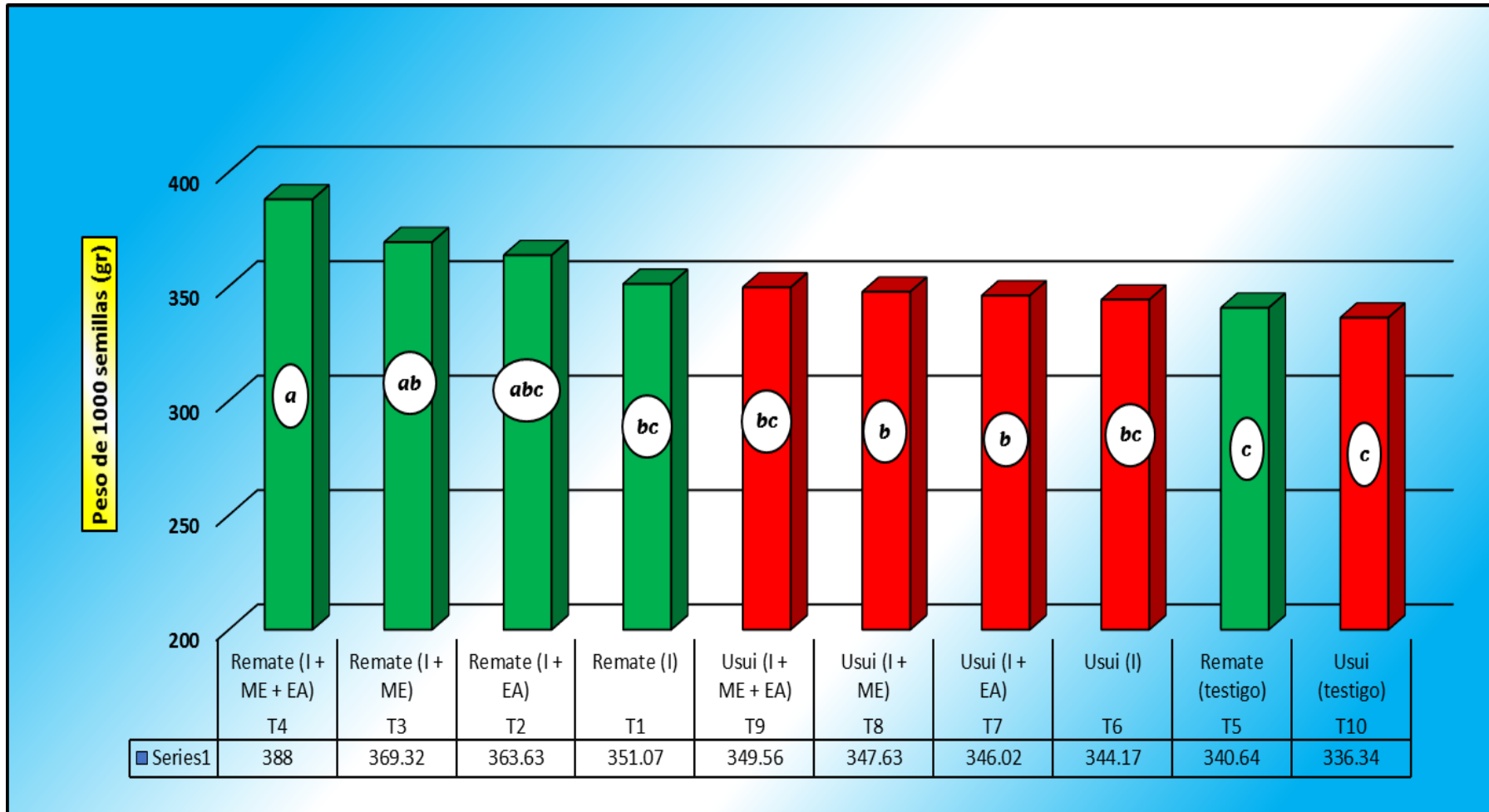
**Tabla 3.7.** Análisis de variancia del peso de 1000 semillas con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.).

| FV                      | GL | SC       | CM          | Fc         | p-valor |
|-------------------------|----|----------|-------------|------------|---------|
| Bloque                  | 2  | 86.554   | 43.277      | 0.46944531 | 0.63279 |
| Variedad (A)            | 1  | 2373.631 | 2373.631    | 25.7477495 | 0.00008 |
| Inoculante +ME+EA (B)   | 4  | 3118.319 | 779.580     | 8.4564229  | 0.00051 |
| A x B                   | 4  | 1112.749 | 278.187     | 3.0176123  | 0.04551 |
| Variedad en B1          | 1  | 71.415   | 71.415      | 0.77466789 | 0.39038 |
| Variedad en B2          | 1  | 465.344  | 465.3442667 | 5.04778076 | 0.03744 |
| Variedad en B3          | 1  | 706.118  | 706.118     | 7.65955271 | 0.01269 |
| Variedad en B4          | 1  | 2215.682 | 2215.682    | 24.0344108 | 0.00011 |
| Variedad en B5          | 1  | 27.821   | 27.821      | 0.30178656 | 0.58952 |
| Inoculante +ME+EA en A1 | 4  | 3918.575 | 979.644     | 10.6266002 | 0.00013 |
| Inoculante +ME+EA en A2 | 4  | 312.493  | 78.123      | 0.84743504 | 0.51350 |
| Error                   | 18 | 1659.382 | 92.188      |            |         |
| Total                   | 29 | 8350.636 |             |            |         |

**CV (%) = 2.715**

En la tabla 3.7 se muestra el análisis de variancia para la variable peso de 1000 semillas resultando no significativo para la fuente de bloque, mientras que para las demás fuentes de variación resulto altamente significativo por lo que se realiza la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) de los efectos simples de la interacción.

El coeficiente de variación es de 2.71% el cual se halla entre los valores aceptables según Calzada (1970).



**Figura 3.9.** Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para peso de 1000 semillas, con inoculación, micronutrientes y extracto de algas nativas en variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

El primer grupo de similitud corresponde al tratamiento T4 (Remate con inoculante, micronutrientes y extracto de alga), con un peso de 388 gramos, el segundo grupo de similitud corresponde a los tratamientos T3, T2, T1, T9, T8, T7 y T6 y el tercer grupo de similitud corresponde a los tratamientos T2, T1, T9, T8, T7, T6, T5 y T10 con un peso de 363.63, 351.07, 349.56, 347.63, 346.02, 344.17, 340.64 y 336.34 gramos respectivamente.

El mejor peso de 1000 semillas obtenido corresponde al tratamiento 4 el cual mostró un peso de 388 g lo que nos indica que cada semilla pesa en promedio 0.388 g, este es un aspecto importante en el rendimiento de la arveja.

### **3.1.8. Rentabilidad económica**

El análisis económico del rendimiento en vaina verde de los tratamientos se presenta en la tabla 3.8; los valores fueron obtenidos teniendo en cuenta los costos de producción y la utilidad neta correspondiente. La mayor rentabilidad se alcanzó con el tratamiento T4 (Remate con Inoculante, micronutrientes y extracto de algas) con una utilidad de 220%, en el segundo, tercer y cuarto lugar se encuentran los tratamientos T3, T2 y T1 que es la variedad Remate con tratamientos de (Inoculante y microelementos; inoculante y extracto de alga e inoculante respectivamente) y con utilidades que alcanzan el 200%, 174% y 171%.

En el orden número 5 se encuentra el tratamiento T9 que corresponde a la variedad Usui tratado con (Inoculante, micronutrientes y extracto de alga) con una utilidad de 163 %, seguido de los tratamientos T8, T7 y T6 los cuales corresponden a la variedad Usui tratados con Inoculante más microelementos, Inoculante más extracto de alga e Inoculante respectivamente y con utilidades de 153%, 135% y 118%.

La elevada rentabilidad alcanzada se debe a los precios de venta. Estos resultados nos dan una idea de la alta rentabilidad que alcanza el cultivo de la arveja cosechado como vaina verde.

**Tabla 3.8.** Rentabilidad económica en vaina verde en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.)

| Descripción del Tratamiento |                      | Rendimiento<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Precio de<br>venta (s/.) | Ingreso<br>(s/.) | Costo de<br>Producción<br>(s/.) | Utilidad<br>neta | Rentabilidad<br>(%) |
|-----------------------------|----------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------|---------------------------------|------------------|---------------------|
| T4                          | Remate (I + ME + EA) | 13841.7                               | 2.5                      | 34604.25         | 10585.5                         | 22288.54         | 211                 |
| T3                          | Remate (I + ME)      | 12820.8                               | 2.5                      | 32052            | 10565.5                         | 19883.90         | 188                 |
| T2                          | Remate (I + EA)      | 11691                                 | 2.5                      | 29227.5          | 10570.5                         | 17195.63         | 163                 |
| T1                          | Remate (I)           | 11587.6                               | 2.5                      | 28969            | 10555.5                         | 16965.05         | 161                 |
| T9                          | Usui (I + ME +EA)    | 11350.6                               | 2.5                      | 28376.5          | 10585.5                         | 16372.18         | 155                 |
| T8                          | Usui (I + ME)        | 10815.8                               | 2.5                      | 27039.5          | 10565.5                         | 15122.03         | 143                 |
| T7                          | Usui (I + EA)        | 10058.7                               | 2.5                      | 25146.75         | 10570.5                         | 13318.91         | 126                 |
| T6                          | Usui (I)             | 9332.1                                | 2.5                      | 23330.25         | 10555.5                         | 11608.24         | 110                 |
| T5                          | Remate (testigo)     | 9108.7                                | 2.5                      | 22771.75         | 10550.5                         | 11082.66         | 105                 |
| T10                         | Usui (testigo)       | 8194.5                                | 2.5                      | 20486.25         | 10550.5                         | 8911.44          | 84                  |

Gálvez (2015), en su trabajo de investigación, sobre aplicación de extracto de algas a diferentes concentraciones en arveja en Pampa del Arco a 2792 msnm, reportó para la variedad Usui una rentabilidad económica de 165%.

Rondinel (2014), en su trabajo de investigación, sobre rendimiento en vaina verde de tres variedades de arveja en tres modalidades de siembra bajo agricultura de conservación en Canaán a 2750 msnm, reporta una rentabilidad económica en la variedad Remate de 309% y para la variedad Usui 259%.

Velazco (2004), en su trabajo de investigación en el que evaluó el rendimiento en 5 variedades de arveja, con distintas formas de manejo, en Canaán INIA a 2720 msnm, reportó una rentabilidad de 179 % en la variedad Remate y 150 % en la variedad Usui.

La rentabilidad más alta lograda en vaina verde en este trabajo fue de 220% el cual es superior a lo obtenido por Gálvez (2015) y Velazco (2004), esto debido a que los autores mencionados en su producción no incluyeron los microelementos de cobalto y molibdeno que potencializan la formación de nódulos en las raíces de la planta (en la nitrogenasa para ser exactos) y tampoco usaron el extracto de alga nativa que contiene potenciadores de crecimiento como son la auxina, giberelina, etc. Que ayudan a la planta a desarrollarse mucho más rápido, un mayor crecimiento de raíces, mayor número de hojas, que influyen de manera positiva en la producción.

La rentabilidad obtenida por Rondinel (2014) fue superior debido principalmente a la constante variación de precios en el mercado los cuales fluctúan de acuerdo a el costo y zona de producción, temporada del cultivo, calidad de grano, etc.

El precio de venta de la producción fue de S/. 2.50 el kilogramo, con el cual todos los tratamientos obtuvieron una rentabilidad económica positiva.

**Tabla 3.9.** Rentabilidad económica en grano seco en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.)

| Descripción del Tratamiento |                      | Rendimiento<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Precio de<br>venta (s/.) | Ingreso<br>(s/.) | Costo de<br>Producción<br>(s/.) | Utilidad | Rentabilidad<br>(%) |
|-----------------------------|----------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------|---------------------------------|----------|---------------------|
| T4                          | Remate (I + ME + EA) | 3017.14                               | 8                        | 24137.12         | 10795.5                         | 12134.76 | 112                 |
| T3                          | Remate (I + ME)      | 2519.55                               | 8                        | 20156.4          | 10775.5                         | 8373.08  | 78                  |
| T2                          | Remate (I + EA)      | 2469.05                               | 8                        | 19752.4          | 10780.5                         | 7984.28  | 74                  |
| T1                          | Remate (I)           | 2269.76                               | 8                        | 18158.08         | 10765.6                         | 6484.58  | 60                  |
| T9                          | Usui (I + ME +EA)    | 2251.56                               | 8                        | 18012.48         | 10795.5                         | 6316.36  | 59                  |
| T8                          | Usui (I + ME)        | 1908.22                               | 8                        | 15265.76         | 10775.5                         | 3726.97  | 35                  |
| T7                          | Usui (I + EA)        | 1871.8                                | 8                        | 14974.4          | 10780.5                         | 3445.18  | 32                  |
| T6                          | Usui (I)             | 1705.3                                | 8                        | 13642.4          | 10765.6                         | 2194.68  | 20                  |
| T5                          | Remate (testigo)     | 1594.55                               | 8                        | 12756.4          | 10765.6                         | 1352.98  | 13                  |
| T10                         | Usui (testigo)       | 1256.37                               | 8                        | 10050.96         | 10765.6                         | -1217.19 | -11                 |

El análisis económico del rendimiento en grano seco de los tratamientos se presenta en la tabla 3.9; los valores fueron obtenidos teniendo en cuenta los costos de producción y la utilidad neta correspondiente. La mayor rentabilidad se alcanzó con el tratamiento T4 (Remate con Inoculante, micronutrientes y extracto de algas) con una utilidad de 114%, en el segundo, tercer y cuarto lugar se encuentran los tratamientos T3, T2 y T1 que es la variedad Remate con tratamientos de (Inoculante y microelementos; inoculante y extracto de alga e inoculante respectivamente) y con utilidades que alcanzan el 79%, 75% y 61%.

En el orden número 5 se encuentra el tratamiento T9 que corresponde a la variedad Usui tratado con (Inoculante, micronutrientes y extracto de alga) con una utilidad de 60%, seguido de los tratamientos T8, T7 y T6 los cuales corresponden a la variedad Usui tratados con Inoculante más microelementos, Inoculante más extracto de alga e Inoculante respectivamente y con utilidades de 35%, 33% y 21%.

La rentabilidad más alta en grano seco obtenido en este trabajo fue de 114%, esto debido a que las semillas fueron potenciadas con *Rhizobium* y micronutrientes que ayudaron a que la simbiosis y formación de nódulos fuese más efectiva, la planta gracias a esto pudo fijar el nitrógeno atmosférico y desarrollarse con total normalidad, otro aspecto fue la aplicación del extracto de alga nativa que actúa de manera hormonal ya que contiene giberelinas, auxinas y citoquininas aparte de los micro y macronutrientes que posee. Otro aspecto a tomar en cuenta es el precio del mercado que en esta temporada se vendió a 8 soles por kilo en las dos variedades cosechadas.

Sin embargo, los tratamientos T5 y T10 (testigos), aquellos que no recibieron ningún tratamiento obtuvieron un rendimiento menor y rentabilidades muy bajas en comparación con los demás tratamientos.

## 3.2. VARIABLES DE PRECOCIDAD

### 3.2.1. Emergencia en días después de la siembra

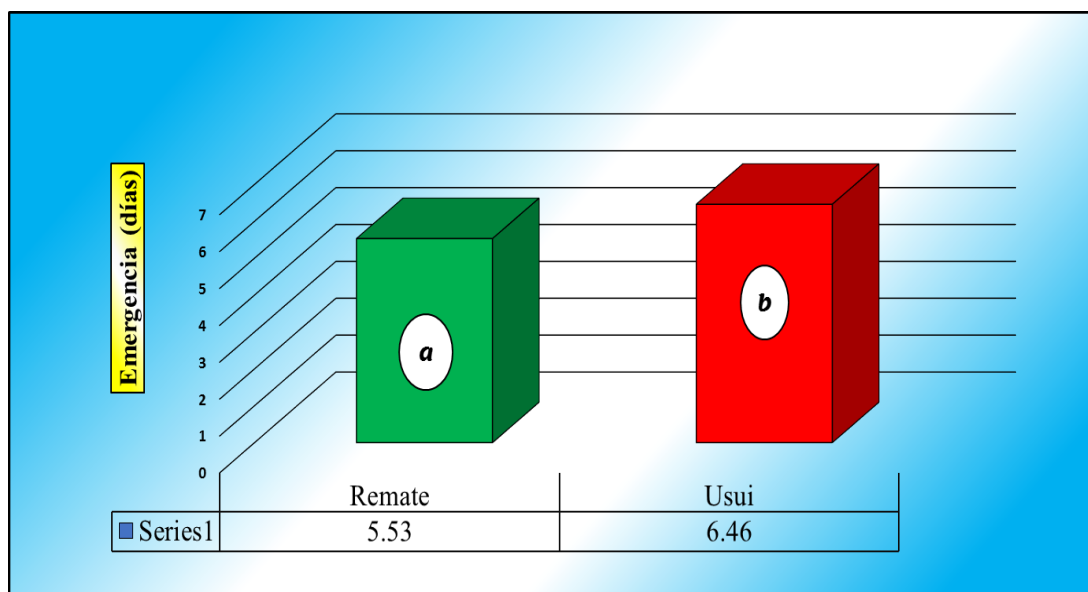
**Tabla 3.10.** Análisis de variancia de Emergencia en días después de la siembra con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

| FV                      | GL | SC     | CM    | Fc     | p-valor |
|-------------------------|----|--------|-------|--------|---------|
| Bloque                  | 2  | 0.067  | 0.033 | 0.114  | 0.893   |
| Variedad (A)            | 1  | 5.633  | 5.633 | 19.253 | 0.000   |
| Inoculante +ME+EA (B)   | 4  | 3.800  | 0.950 | 3.247  | 0.036   |
| A x B                   | 4  | 0.200  | 0.050 | 0.171  | 0.950   |
| Variedad en B1          | 1  | 1.500  | 1.500 | 5.127  | 0.036   |
| Variedad en B2          | 1  | 0.667  | 0.667 | 2.278  | 0.149   |
| Variedad en B3          | 1  | 0.667  | 0.667 | 2.278  | 0.149   |
| Variedad en B4          | 1  | 1.500  | 1.500 | 5.127  | 0.036   |
| Variedad en B5          | 1  | 1.500  | 1.500 | 5.127  | 0.036   |
| Inoculante +ME+EA en A1 | 4  | 1.733  | 0.433 | 1.481  | 0.249   |
| Inoculante +ME+EA en A2 | 4  | 2.267  | 0.567 | 1.937  | 0.148   |
| Error                   | 18 | 5.267  | 0.293 |        |         |
| Total                   | 29 | 14.967 |       |        |         |

**CV (%) = 9.066**

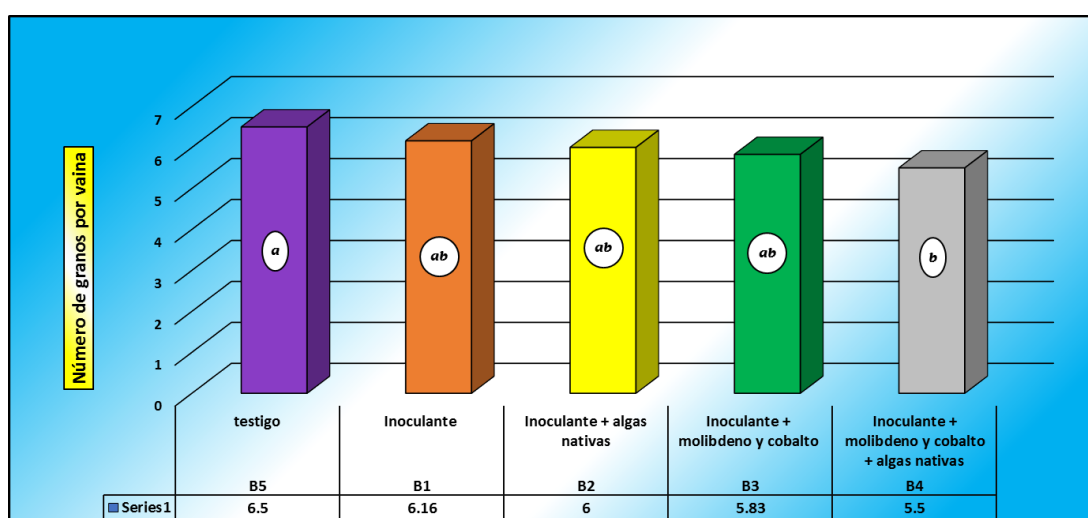
La tabla 3.10 presenta el análisis de variancia para la variable emergencia en días después de la siembra, resultando significativo en la fuente Variedad (A) por lo que se realiza la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ), también resulta significativo para la fuente Inoculante +ME+EA (B) por lo que se realiza la prueba de Tukey (0.05). Para las demás fuentes resulta no significativo.

El coeficiente de variación es de 9.46% el cual se halla entre los valores aceptables según Calzada (1970).



**Figura 3.10.** Prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) del factor variedad (A), para emergencia en días después de la siembra.

En la figura 3.10 se muestra la prueba de contraste de Tukey con 95% donde se observa que existe diferencia significativa entre las variedades Remate y Usui, donde el promedio de germinación de la variedad remate es de 5 días y el promedio de germinación de la variedad Usui es de 6 días, esto debido a que la variedad Remate por genética es más precoz que la variedad Usui, y también porque esta variedad respondió mejor a los tratamientos.



**Figura 3.11.** Prueba de Tukey ( $p<0.05$ ) para el factor Inoculante +ME+EA (B), de emergencia en días después de la siembra.

En la figura 3.11 se muestra la prueba de contraste de Tukey con 95% de confianza donde podemos observar que los testigos emergen a los 7 días aproximadamente después de la siembra, mientras que los demás tratamientos que fueron aplicados con (inoculante, micronutrientes y extracto de algas), emergieron entre 5 y 6 días después de la siembra.

### 3.2.2. Inicio de floración (días)

**Tabla 3.11.** Análisis de variancia de Inicio de floración, con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

| FV                      | GL | SC      | CM          | Fc         | p-valor |
|-------------------------|----|---------|-------------|------------|---------|
| Bloque                  | 2  | 1.400   | 0.700       | 1.734      | 0.20481 |
| Variedad (A)            | 1  | 644.033 | 644.033     | 1595.312   | 0.00000 |
| Inoculante +ME+EA (B)   | 4  | 124.867 | 31.217      | 77.326     | 0.00000 |
| A x B                   | 4  | 19.133  | 4.783       | 11.849     | 0.00007 |
| Variedad en B1          | 1  | 160.167 | 160.167     | 396.743119 | 0.00000 |
| Variedad en B2          | 1  | 170.667 | 170.6666667 | 422.752    | 0.00000 |
| Variedad en B3          | 1  | 88.167  | 88.167      | 218.394    | 0.00000 |
| Variedad en B4          | 1  | 73.500  | 73.500      | 182.06422  | 0.00000 |
| Variedad en B5          | 1  | 170.667 | 170.667     | 422.752    | 0.00000 |
| Inoculante +ME+EA en A1 | 4  | 26.933  | 6.733       | 16.679     | 0.00001 |
| Inoculante +ME+EA en A2 | 4  | 117.067 | 29.267      | 72.495     | 0.00000 |
| Error                   | 18 | 7.267   | 0.404       |            |         |
| Total                   | 29 | 796.700 |             |            |         |

**CV (%) = 1.248**

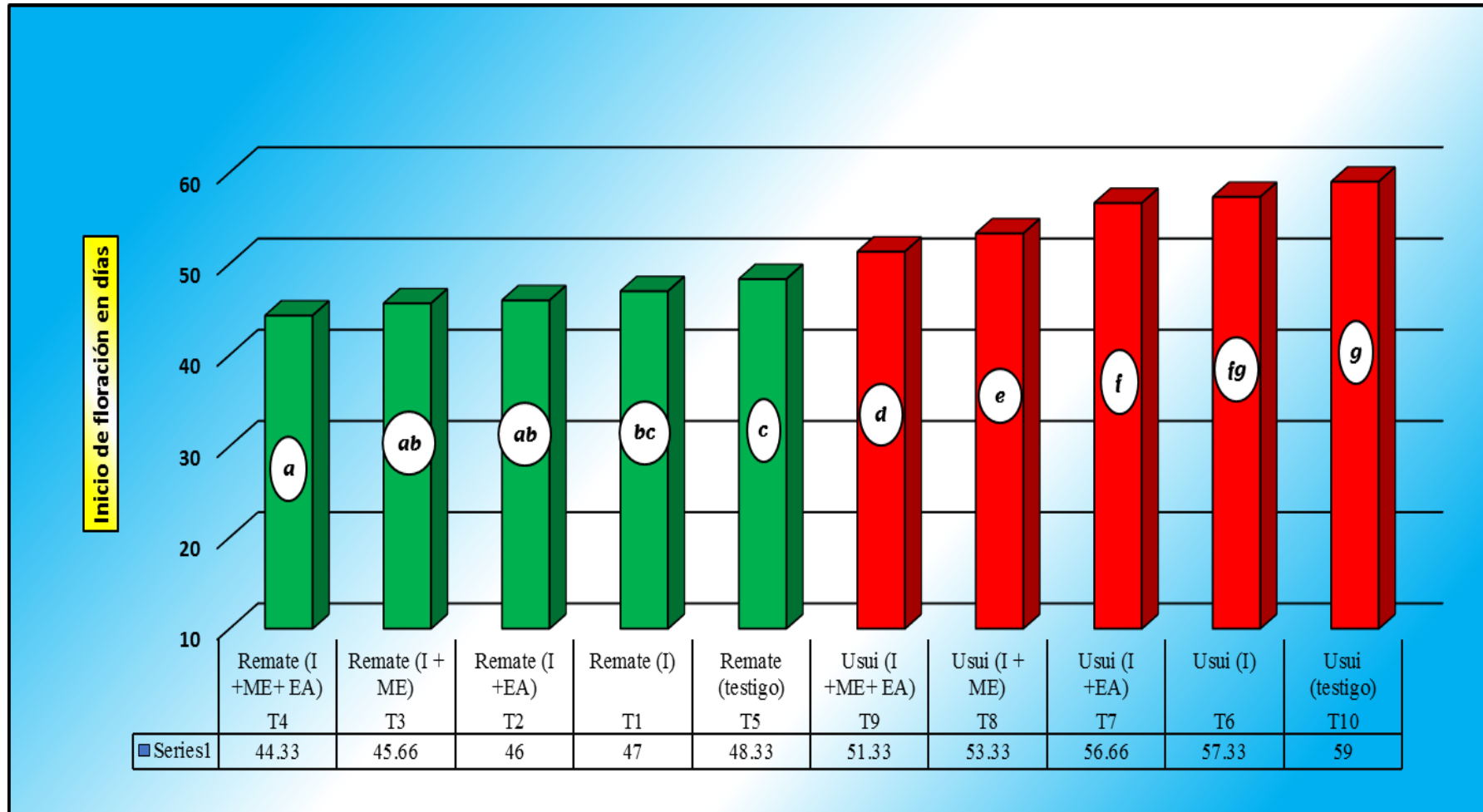
En la tabla 3.11 se muestra el análisis de variancia para la variable inicio de floración (días), resultando no significativo para la fuente de bloque, mientras que para las demás fuentes de variación resultó altamente significativo estadísticamente lo que significa que al menos existe un promedio de los tratamientos que se diferencia de los otros.

En la figura 3.12 se observan los resultados obtenidos luego de realizar la prueba de Tukey para la variable inicio de floración, en el que se observa que los rangos de este carácter varían de 44 a 59 días y se pueden considerar 7 grupos con diferencia

significativa entre ellos. La variedad Remate consiguió florecer en un menor número de días, en un orden de T4 (inoculante, microelementos y extracto de alga), T3 (Inoculante más microelementos), T2 (Inoculante más extracto de alga), T1 (Inoculante) y su testigo T5, con 44, 45, 46, 47 y 48 días respectivamente. Esto debido a que la variedad Remate es muy precoz y por qué los tratamientos dados fueron efectivos y ayudaron a disminuir los días para su inicio de floración. A partir del orden número 5 se encuentra la variedad Usui, en un orden de T9 (inoculante, microelementos y extracto de alga), T8 (Inoculante más microelementos), T7 (Inoculante más extracto de alga), T6 (Inoculante), y su testigo T10 con 51, 53, 56, 57 y 59 días respectivamente.

La variable inicio de floración fue evaluada debido a su gran importancia en algunos aspectos como; programar las fechas de evaluación, ya que en ese momento es cuando la planta se halla en su mejor potencial, se realiza las evaluaciones de número de nódulos, longitud de planta, tamaño de raíz, etc. Otro aspecto importante es que cuando el cultivo logra florecer en menor tiempo respecto al tiempo de floración normal, se disminuyen los costos de mantenimiento del cultivo como vienen a ser; el riego, evita en cierto grado la incidencia de plagas y enfermedades, el costo del mantenimiento del cultivo, la formación de vainas y el llenado de granos se llevará en un menor tiempo, cuando la planta llegue a su madures en menor tiempo resultará más beneficioso debido a que se ahorrará mano de obra, riego y mantenimiento disminuyendo los gastos de producción.

Como se puede observar en la figura 3.12 la variedad Remate tratada con inoculación, micronutrientes y extracto de alga llegó a florear a los 44 días después de la siembra frente al testigo que floreo a los 48 días, son 4 días menos en las cuales se ahorran dosis de riego, evaluación del cultivo, etc. La variedad Usui que recibió el tratamiento completo llegó a la floración a los 51 días, frente a su testigo que alcanzó su floración a los 59 días.



**Figura 3.12.** Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para el Inicio de floración en días, con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

### 3.2.3. Madurez fisiológica (Días)

**Tabla 3.12.** Análisis de variancia de Madurez fisiológica (días), con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

| FV                      | GL | SC      | CM      | Fc         | p-valor |
|-------------------------|----|---------|---------|------------|---------|
| Bloque                  | 2  | 1.400   | 0.700   | 1.1183432  | 0.34850 |
| Variedad (A)            | 1  | 580.800 | 580.800 | 927.905325 | 0.00000 |
| Inoculante +ME+EA (B)   | 4  | 257.133 | 64.283  | 102.701183 | 0.00002 |
| A x B                   | 4  | 8.200   | 2.050   | 3.27514793 | 0.00018 |
| Variedad en B1          | 1  | 96.000  | 96.000  | 153.372781 | 0.00018 |
| Variedad en B2          | 1  | 121.500 | 121.5   | 194.112426 | 0.00365 |
| Variedad en B3          | 1  | 88.167  | 88.167  | 140.857988 | 0.02585 |
| Variedad en B4          | 1  | 112.667 | 112.667 | 180        | 0.00013 |
| Variedad en B5          | 1  | 170.667 | 170.667 | 272.662722 | 0.14282 |
| Inoculante +ME+EA en A1 | 4  | 107.600 | 26.900  | 42.9763314 | 0.00097 |
| Inoculante +ME+EA en A2 | 4  | 157.733 | 39.433  | 63         |         |
| Error                   | 18 | 11.267  | 0.626   |            |         |
| Total                   | 29 | 858.800 |         |            |         |

CV (%) = 3.31

En la tabla 3.12 se muestra el análisis de variancia para la variable madurez fisiológica (días), resultando no significativo para la fuente de bloque, mientras que para las demás fuentes de variación resultó altamente significativo estadísticamente lo que significa que al menos existe un promedio de los tratamientos que se diferencia de los otros, por lo que se realizó la prueba de contraste de Tukey (0.05) de los efectos simples de la interacción.

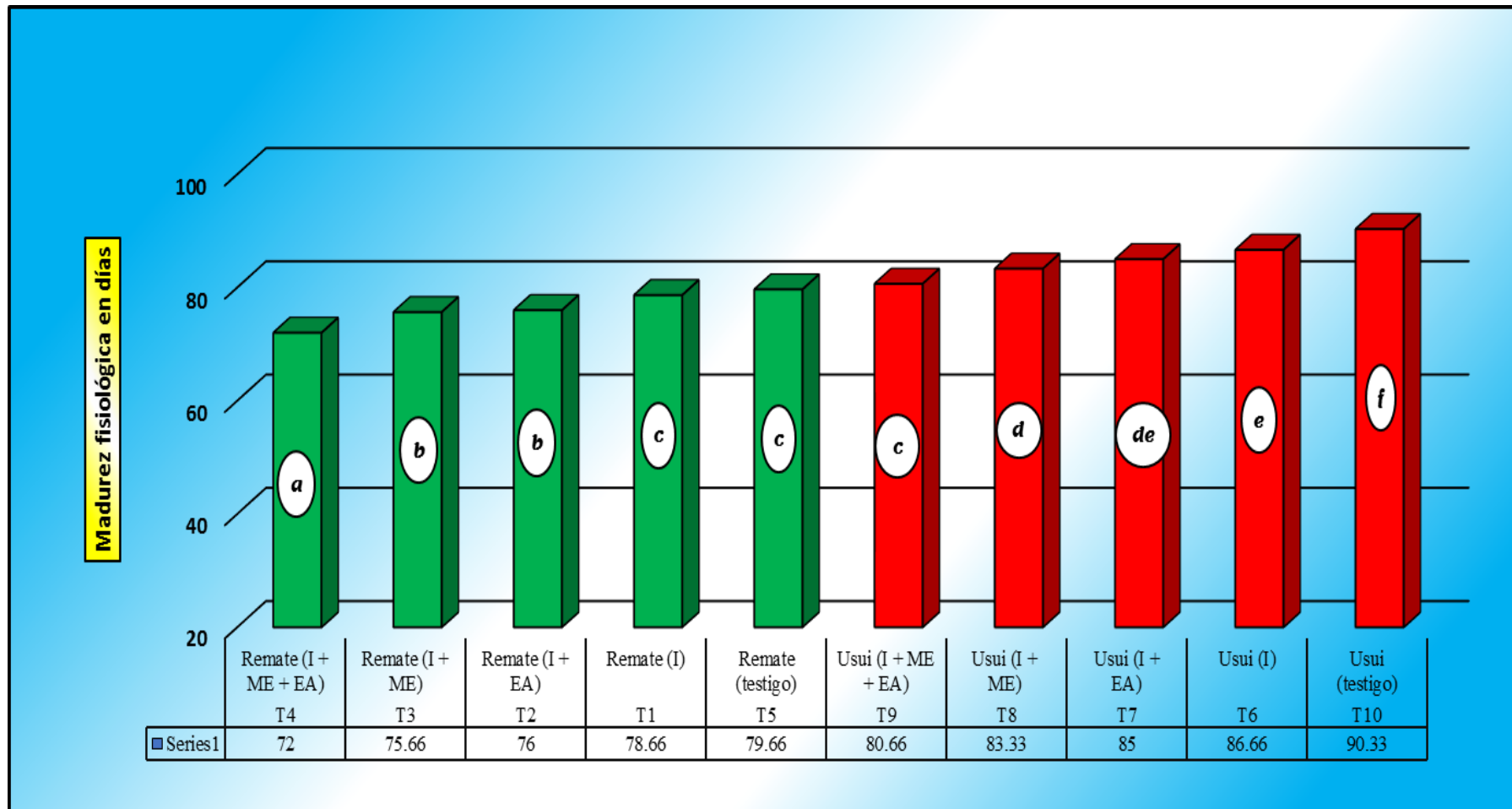
El análisis presenta un coeficiente de variación de 3.31% el cual se halla entre los valores permisibles

En la figura 3.13 se observan los resultados obtenidos luego de realizar la prueba de Tukey para la variable madurez fisiológica, en el que se observa que los rangos de este carácter varían de 72 a 90 días y se pueden considerar 6 grupos con diferencia significativa entre ellos. La variedad Remate consiguió su madurez fisiológica en un menor número de días, en un orden de T4 (inoculante, microelementos y extracto de

alga), T3 (Inoculante más microelementos), T2 (Inoculante más extracto de alga), T1 (Inoculante) y su testigo T5, con 72,75,76,78 y 79 días respectivamente. Esto debido a que la variedad Remate es muy precoz y porque los tratamientos dados fueron efectivos y ayudaron a disminuir los días para su madurez fisiológica. A partir del orden número 5 se encuentra la variedad Usui, en un orden de T9 (inoculante, microelementos y extracto de alga), T8 (Inoculante más microelementos), T7 (Inoculante más extracto de alga), T6 (Inoculante), y su testigo T10 con 80,83,85,86 y 90 días respectivamente, cuando la planta madure más rápido será más beneficioso debido a que se ahorrará mano de obra y disminuirá los gastos de producción.

La variable madurez fisiológica fue evaluada debido a su gran importancia en algunos aspectos como; programar las fechas de evaluación, ya que en ese momento es cuando la planta se halla lista para la cosecha, debido a que la formación de vainas sobrepasa el 50%. Otro aspecto importante es que cuando el cultivo logra formar las vainas en menor tiempo, se disminuyen los costos de mantenimiento del cultivo como vienen a ser; el riego, evita en cierto grado la incidencia de plagas y enfermedades, el costo del mantenimiento del cultivo, etc. Cuando la planta llega a su madurez en menor tiempo resulta más beneficioso debido a que se ahorrará mano de obra, riego y mantenimiento disminuyendo los gastos de producción.

Como se puede observar en la figura 3.13 la variedad Remate tratada con inoculación, micronutrientes y extracto de alga llega a la madurez fisiológica a los 72 días después de la siembra frente al testigo que maduro a los 78 días, son 6 días menos en las cuales se ahorrán dosis de riego, evaluación del cultivo, etc. La variedad Usui que recibió el tratamiento completo llegó a la madurez fisiológica a los 80 días, frente a su testigo que alcanzó su madurez a los 90 días.



**Figura 3.13.** Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para la madurez fisiológica en días, con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

### 3.2.4. Madurez de cosecha (días)

**Tabla 3.13.** Análisis de variancia de Madurez de cosecha (días), con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

| FV                      | GL | SC        | CM       | Fc         | p-valor |
|-------------------------|----|-----------|----------|------------|---------|
| Bloque                  | 2  | 0.200     | 0.100    | 0.16167665 | 0.8519  |
| Variedad (A)            | 1  | 940.800   | 940.800  | 1521.05389 | 0.0000  |
| Inoculante +ME+EA (B)   | 4  | 254.200   | 63.550   | 102.745509 | 0.0000  |
| A x B                   | 4  | 8.867     | 2.217    | 3.58383234 | 0.0256  |
| Variedad en B1          | 1  | 192.667   | 192.667  | 311.497006 | 0.0000  |
| Variedad en B2          | 1  | 54657.067 | 54657.06 | 88367.7126 | 0.0000  |
| Variedad en B3          | 1  | 45896.917 | 45896.91 | 74204.5958 | 0.0000  |
| Variedad en B4          | 1  | 78686.815 | 78686.81 | 127218.204 | 0.0000  |
| Variedad en B5          | 1  | 94418.483 | 94418.48 | 152652.637 | 0.0000  |
| Inoculante +ME+EA en A1 | 4  | 93.333    | 23.333   | 37.7245509 | 0.0000  |
| Inoculante +ME+EA en A2 | 4  | 169.733   | 42.433   | 68.6047904 | 0.0000  |
| Error                   | 18 | 11.133    | 0.619    |            |         |
| Total                   | 29 | 1215.200  |          |            |         |

CV (%) = 0.63

En la tabla 3.13 se muestra el análisis de variancia para la variable madurez de cosecha (días), resultando no significativo para la fuente de bloque, mientras que para las demás fuentes de variación resulto altamente significativo estadísticamente lo que significa que al menos existe un promedio de los tratamientos que se diferencia de los otros, por lo que se realiza la prueba de contraste de Tukey (0.05) de los efectos simples de la interacción.

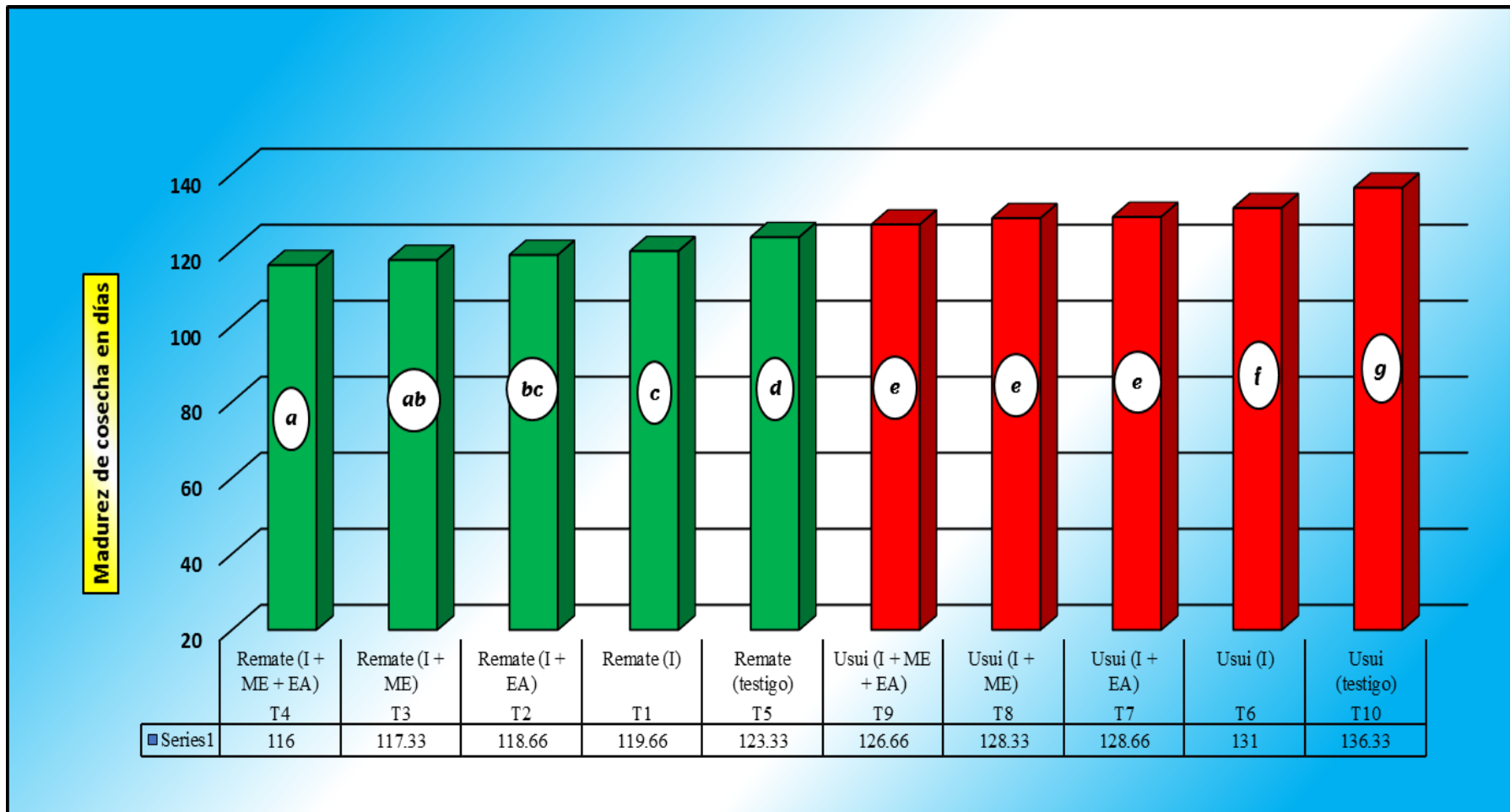
El análisis presenta un coeficiente de variación de 0.63% el cual se halla entre los valores permisibles

En la figura 3.14 se observan los resultados obtenidos luego de realizar la prueba de Tukey para la variable madurez de cosecha, en el que se observa que los rangos de este carácter varían de 116 a 136 días y se pueden considerar 7 grupos significativos. La variedad Remate consiguió su madurez de cosecha en un menor número de días, en un orden de T4 (inoculante, microelementos y extracto de alga), T3 (Inoculante

más microelementos), T2 (Inoculante más extracto de alga), T1 (Inoculante) y su testigo T5, con 116, 117,118,119 y 123 días respectivamente; esto debido a que la variedad Remate es muy precoz y porque los tratamientos dados fueron efectivos y ayudaron a disminuir los días para su madurez de cosecha. A partir del orden número 5 se encuentra la variedad Usui, en un orden de T9 (inoculante, microelementos y extracto de alga), T8 (Inoculante más microelementos), T7 (Inoculante más extracto de alga), T6 (Inoculante), y su testigo T10 con 126, 128.3, 128.6, 131 y 136 días respectivamente, cuando la planta madure más rápido será más beneficioso debido a que se ahorrará mano de obra y disminuirá los gastos de producción.

La variable madurez de cosecha fue evaluada debido a su gran importancia en algunos aspectos como; programar las fechas de evaluación, ya que en ese momento es cuando la planta se halla lista para la cosecha, debido a que la formación de granos sobrepasa el 50%. Otro aspecto importante es que cuando el cultivo logra formar los granos en menor tiempo, se disminuyen los costos de mantenimiento del cultivo como vienen a ser; el riego, evita en cierto grado la incidencia de plagas y enfermedades, el costo del mantenimiento del cultivo, etc. Cuando la planta llega a su madurez en menor tiempo resulta más beneficioso debido a que se ahorrará mano de obra, riego y mantenimiento disminuyendo los gastos de producción.

Como se puede observar en la figura 3.14 la variedad Remate tratada con inoculación, micronutrientes y extracto de alga llega a la madurez de cosecha a los 116 días después de la siembra frente al testigo que maduro a los 123 días, son 7 días menos en las cuales se ahorran dosis de riego, evaluación del cultivo, etc. La variedad Usui que recibió el tratamiento completo llegó a la madurez de cosecha a los 126 días, frente a su testigo que alcanzó su madurez a los 136 días.



**Figura 3.14.** Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para la madurez de cosecha en días, con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

### 3.3. NODULACIÓN

#### 3.3.1. Longitud de raíces

**Tabla 3.14.** Análisis de variancia para la longitud de raíces (cm), con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

| FV                      | GL | SC      | CM     | Fc     | p-valor |
|-------------------------|----|---------|--------|--------|---------|
| Bloque                  | 2  | 1.989   | 0.994  | 2.051  | 0.15755 |
| Variedad (A)            | 1  | 41.301  | 41.301 | 85.209 | 0.00000 |
| Inoculante +ME+EA (B)   | 4  | 179.225 | 44.806 | 92.441 | 0.00000 |
| A x B                   | 4  | 9.219   | 2.305  | 4.755  | 0.00854 |
| Variedad en B1          | 1  | 2.407   | 2.407  | 4.965  | 0.03885 |
| Variedad en B2          | 1  | 6.202   | 6.201  | 12.795 | 0.00215 |
| Variedad en B3          | 1  | 14.415  | 14.415 | 29.740 | 0.00004 |
| Variedad en B4          | 1  | 25.215  | 25.215 | 52.021 | 0.00000 |
| Variedad en B5          | 1  | 2.282   | 2.282  | 4.707  | 0.04367 |
| Inoculante +ME+EA en A1 | 4  | 133.280 | 33.320 | 68.743 | 0.00000 |
| Inoculante +ME+EA en A2 | 4  | 55.164  | 13.791 | 28.452 | 0.00000 |
| Error                   | 18 | 8.725   | 0.485  |        |         |
| Total                   | 29 | 240.459 |        |        |         |

**CV (%) = 3.799**

En la tabla 3.14 se muestra el análisis de variancia para la variable longitud de raíces, resultando no significativo para la fuente de bloque, mientras que para las demás fuentes de variación resultó altamente significativo estadísticamente lo que significa que al menos existe un promedio de los tratamientos que se diferencia de los otros, por lo que se realizó la Prueba de contraste de Tukey (0.05) de los efectos simples de la interacción.

El análisis presenta un coeficiente de variación de 3.79% el cual se halla entre los valores permisibles

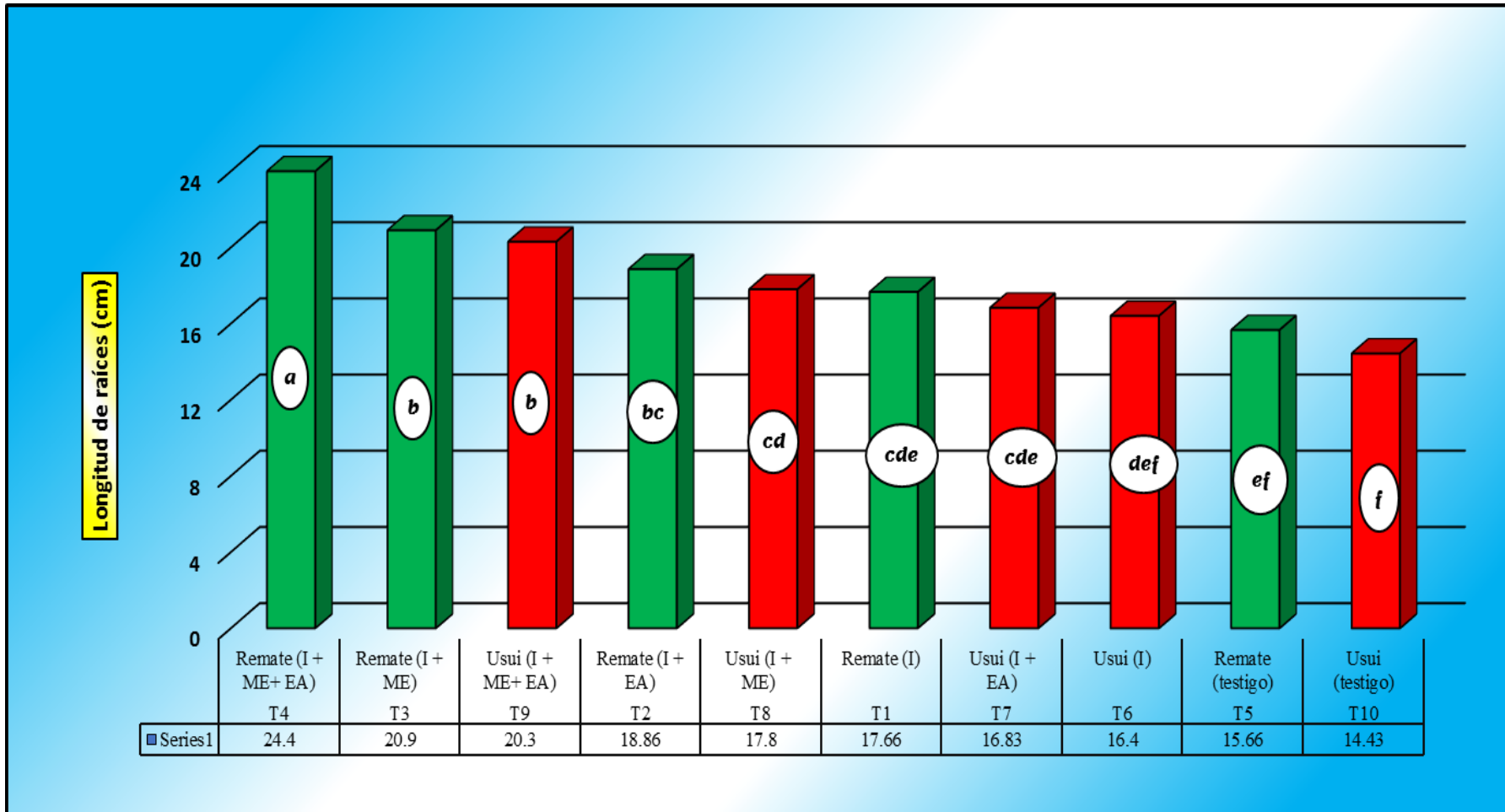
En la figura 3.15 se observan los resultados obtenidos luego de realizar la prueba de Tukey para la variable longitud de raíces, en el cual se observa que los rangos de este carácter varían de 14.43 a 24.40 cm y se pueden considerar 6 grupos con diferencia significativa entre ellos. El tratamiento T4 (Remate con Inoculante, micronutrientes y

extracto de alga) obtuvo la longitud de raíces más grande con 24.40 cm, el segundo grupo de similitud está comprendido por los tratamientos T3, T9 y T2 con una longitud de raíces de 20.9, 20.3 y 18.86 respectivamente, el tercer grupo de similitud está comprendido por los tratamientos T2, T8, T1 y T7, el cuarto grupo de similitud viene comprendido por los tratamientos T8, T1, T7 y T6, el quinto grupo de similitud comprendido por los tratamientos T1, T7, T6 y T5 y por último el sexto grupo de similitud que viene comprendido por los tratamientos T6, T5 y T10 con 16.4, 15.6 y 14.4 cm respectivamente.

A mayor longitud de raíces, mayor será el alcance de nutrientes y agua por la planta. La variable longitud de raíces fue evaluada debido a su gran importancia en algunos aspectos como; alcance de nutrientes contenida en la solución del suelo, alcance de agua, etc. Soporte de la planta frente a los vientos, lluvias, etc.

La longitud de raíces también es importante porque es aquí donde la bacteria *Rhizobium*, infecta a la planta para establecer la simbiosis y poder fijar el nitrógeno atmosférico que servirá a la planta en su nutrición y desarrollo durante todo su ciclo vegetativo.

Como se puede observar en la figura 3.15 la variedad Remate tratada con inoculación, micronutrientes y extracto de alga presenta una longitud de raíces de 24 cm frente al testigo que tuvo una longitud de raíces de 15cm, 7cm menos lo cual afecta el alcance, soporte y absorción de nutrientes por las raíces de la planta. La variedad Usui que recibió el tratamiento completo obtuvo una longitud de raíces de 20cm, frente a su testigo que alcanzó una longitud de raíces de 14cm.



**Figura 3.15.** Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para la longitud de raíces (cm), con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de algas en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

### 3.3.2. Número de nódulos por planta

**Tabla 3.15.** Análisis de variancia de número de nódulos por planta, con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

| FV                      | GL | SC       | CM      | Fc      | p-valor |
|-------------------------|----|----------|---------|---------|---------|
| Bloque                  | 2  | 1.067    | 0.533   | 0.356   | 0.70500 |
| Variedad (A)            | 1  | 197.633  | 197.633 | 132.082 | 0.00000 |
| Inoculante +ME+EA (B)   | 4  | 3103.800 | 775.950 | 518.580 | 0.00000 |
| A x B                   | 4  | 19.533   | 4.883   | 3.264   | 0.03532 |
| Variedad en B1          | 1  | 73.500   | 73.500  | 49.121  | 0.00000 |
| Variedad en B2          | 1  | 73.500   | 73.5    | 49.121  | 0.00000 |
| Variedad en B3          | 1  | 32.667   | 32.667  | 21.832  | 0.00019 |
| Variedad en B4          | 1  | 24.000   | 24.000  | 16.040  | 0.00083 |
| Variedad en B5          | 1  | 13.500   | 13.500  | 9.022   | 0.00762 |
| Inoculante +ME+EA en A1 | 4  | 1635.600 | 408.900 | 273.275 | 0.00000 |
| Inoculante +ME+EA en A2 | 4  | 1487.733 | 371.933 | 248.569 | 0.00000 |
| Error                   | 18 | 26.933   | 1.496   |         |         |
| Total                   | 29 | 3348.967 |         |         |         |

**CV (%) = 3.274**

En la tabla 3.15 se muestra el análisis de variancia para la variable número de nódulos por planta, resultando no significativo para la fuente de bloque, mientras que para las demás fuentes de variación resulto altamente significativo estadísticamente lo que significa que al menos existe un promedio de los tratamientos que se diferencia de los otros, por lo que se realizó la prueba de contraste de Tukey (0.05) de los efectos simples de la interacción.

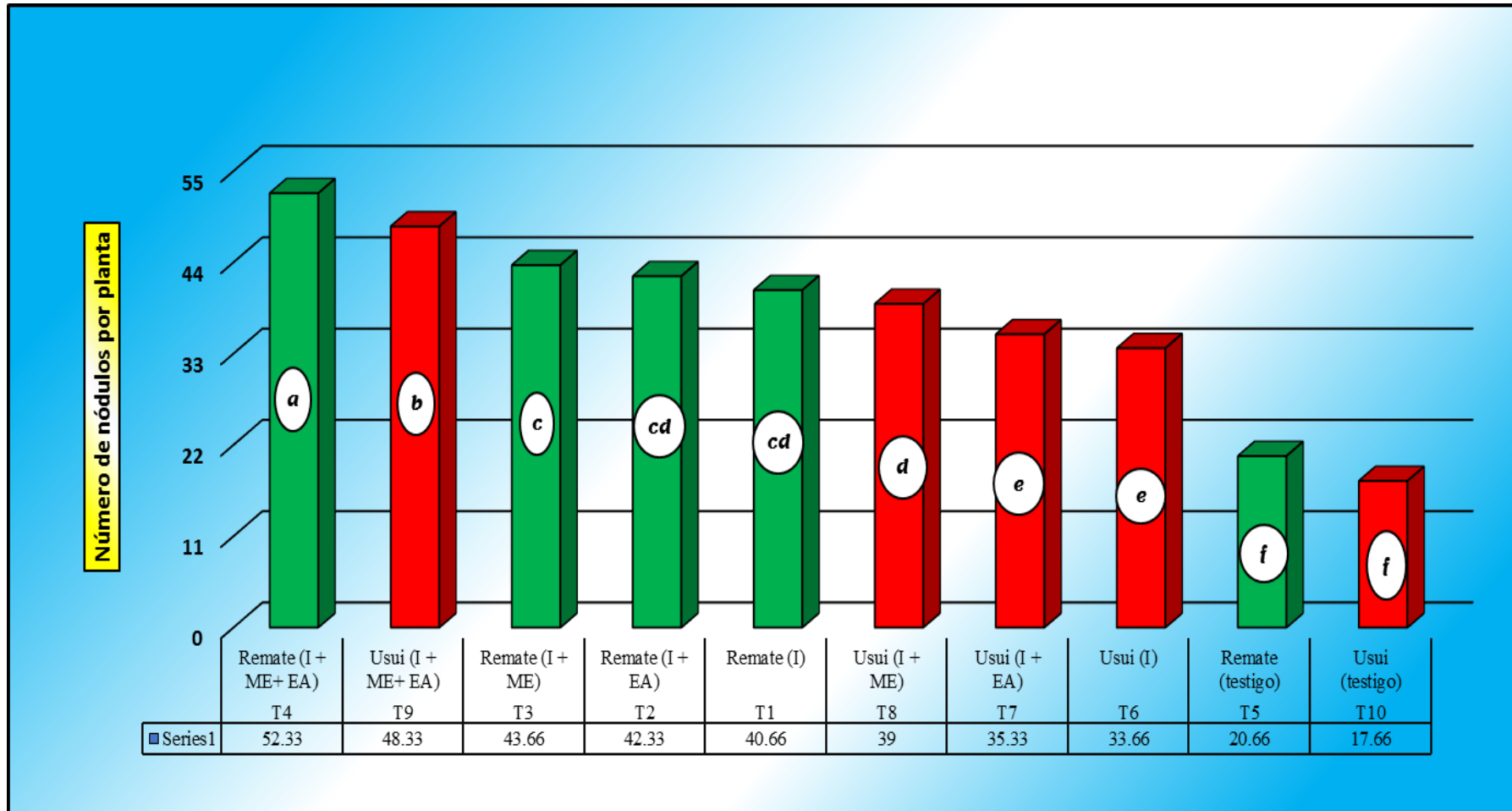
El coeficiente de variación es de 3.27% el cual se halla entre los valores aceptables según Calzada (1970).

En la figura 3.16 se observan los resultados obtenidos luego de realizar la prueba de Tukey para la variable número de nódulos por planta, en el cual se observa que los rangos de este carácter varían de 17 a 52 nódulos y se pueden considerar 6 grupos con diferencia significativa entre ellos. El tratamiento T4 (Remate con Inoculante, micronutrientes y extracto de alga) obtuvo la mayor cantidad con 52 nódulos por

planta, el segundo grupo de similitud está comprendido por el tratamiento T9 (Usui con inoculante microelementos y extracto de alga) con 48 nódulos por planta, el tercer grupo de similitud por los tratamientos T3, T2 y T1 con una longitud de raíces de 43.66, 42.33 y 40.66 respectivamente, el cuarto grupo de similitud está comprendido por los tratamientos T2, T1 y T8, el quinto grupo de similitud viene comprendido por los tratamientos T7 y T6, el sexto grupo de similitud comprendido por los tratamientos T5 y T10 los testigos absolutos.

La cantidad de nódulos por planta nos da una referencia de que la inoculación resulto eficiente y por tanto beneficiosa para la planta.

En la tabla 3.16 se muestra como primer aspecto la ubicación de los nódulos en la raíz donde los tratamientos T4 (Remate con inoculante, micronutrientes y extracto de alga) y T9 (Usui con inoculante, micronutrientes y extracto de alga), presentan en los tres bloques la mayor cantidad de nódulos en la corona, lo que significa que los nódulos son muy eficientes al momento de fijar nitrógeno atmosférico, debido a la gran respuesta de estas dos variedades a los tratamientos con inoculante, micronutrientes y extracto de alga (tratamiento completo), el segundo aspecto mostrado corresponde a el tamaño de nódulos en la raíz donde los tratamientos T4 (Remate con inoculante, micronutrientes y extracto de alga) y T9 (Usui con inoculante, micronutrientes y extracto de alga), presentan en los tres bloques nódulos comprendidos entre grandes y medianos lo que significa que son muy eficientes al momento de fijar nitrógeno atmosférico, el tercer aspecto nos muestra la morfología (tipificación), donde los tratamientos T4, T9 y T8, presentan una forma de nódulos del tipo coral, ovalados y alargados, que resultan buenos indicadores en la formación de los nódulos y el cuarto aspecto nos muestra la coloración de la leg-hemoglobina donde los tratamientos T4 y T9, presentan en los tres bloques un color rojo intenso lo que nos da a conocer que es un buen indicador de la capacidad de oxigenación (funcionalidad) del nódulo.



**Figura 3.16.** Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para el número de nódulos por planta con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

### 3.3.3. Características morfológicas de los nódulos de plantas de arveja desarrolladas en el campo.

**Tabla 3.16.** Características morfológicas (ubicación, tamaño, morfología y coloración)

| Tratamiento |     | Ubicación de los nódulos | Tamaño de los nódulos | Morfología de los nódulos | Coloración leg-hemoglobina |
|-------------|-----|--------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|
| T1          | I   | Todo el sist. Radicular  | Pequeños              | ovalados/alargados        | rojo pálido/rosado         |
|             | II  | Todo el sist. Radicular  | Medianos/pequeños     | alargados                 | rosado                     |
|             | III | Todo el sist. Radicular  | Medianos              | alargados                 | rosado                     |
| T2          | I   | Corona/sis. Radicular    | Grandes/medianos      | coral/alargados           | rojo pálido/rosado         |
|             | II  | Corona/sis. Radicular    | Medianos/pequeños     | ovalados/alargados        | rojo pálido                |
|             | III | Todo el sist. Radicular  | Medianos/pequeños     | ovalados/alargados        | rojo pálido/rosado         |
| T3          | I   | Corona/sis. Radicular    | Medianos/pequeños     | coral/ovalados            | rojo pálido                |
|             | II  | Corona/sis. Radicular    | Medianos/pequeños     | ovalados/alargados        | rojo pálido                |
|             | III | Corona/sis. Radicular    | Medianos/pequeños     | ovalados/alargados        | rojo pálido/rosado         |
| T4          | I   | Mayormente corona        | Grandes/medianos      | coral/ovalados/alargados  | rojo intenso               |
|             | II  | Mayormente corona        | Grandes/medianos      | coral/ovalados/alargados  | rojo intenso               |
|             | III | Corona/sis. Radicular    | Grandes/medianos      | coral/ovalados/alargados  | rojo intenso/rojo pálido   |
| T5          | I   | Todo el sist. Radicular  | Pequeños              | alargados/ovalados        | rosado                     |
|             | II  | Todo el sist. Radicular  | Pequeños              | alargados                 | rosado                     |
|             | III | Todo el sist. Radicular  | Pequeños              | alargados                 | rosado                     |
| T6          | I   | Todo el sist. Radicular  | Pequeños              | coral/ovalados            | rojo pálido/rosado         |
|             | II  | Todo el sist. Radicular  | Medianos/pequeños     | ovalados/alargados        | rosado                     |
|             | III | Todo el sist. Radicular  | Medianos              | ovalados/alargados        | rosado                     |
| T7          | I   | Corona/sis. Radicular    | Medianos/pequeños     | ovalados/alargados        | rojo pálido                |
|             | II  | Corona/sis. Radicular    | Medianos/pequeños     | coral/ovalados            | rojo pálido                |
|             | III | Corona/sis. Radicular    | Medianos/pequeños     | coral/alargados           | rojo pálido/rosado         |
| T8          | I   | Corona/sis. Radicular    | Grandes/medianos      | coral/ovalados            | rojo pálido/rosado         |
|             | II  | Corona/sis. Radicular    | Grandes/medianos      | ovalados                  | rojo/rosado                |
|             | III | Corona/sis. Radicular    | Medianos/pequeños     | coral/ovalados            | rojo pálido                |
| T9          | I   | Mayormente corona        | Grandes/medianos      | coral/ovalados/alargados  | rojo intenso/rojo pálido   |
|             | II  | Mayormente corona        | Grandes/medianos      | coral/ovalados/alargados  | rojo intenso               |
|             | III | Mayormente corona        | Grandes/medianos      | coral/ovalados/alargados  | rojo intenso/rojo pálido   |
| T10         | I   | Todo el sist. Radicular  | Pequeños              | ovalados                  | rosado                     |
|             | II  | Todo el sist. Radicular  | Pequeños              | alargados                 | rosado                     |
|             | III | Todo el sist. Radicular  | Pequeños              | ovalados/alargados        | rosado                     |

### 3.3.4. Peso fresco de nódulos por planta

**Tabla 3.17.** Análisis de variancia del Peso fresco de nódulos/planta, con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

| FV                      | GL | SC     | CM    | Fc      | p-valor |
|-------------------------|----|--------|-------|---------|---------|
| Bloque                  | 2  | 0.015  | 0.007 | 0.207   | 0.81531 |
| Variedad (A)            | 1  | 3.788  | 3.788 | 106.819 | 0.00000 |
| Inoculante +ME+EA (B)   | 4  | 21.688 | 5.422 | 152.901 | 0.00000 |
| A x B                   | 4  | 0.942  | 0.235 | 6.639   | 0.00182 |
| Variedad en B1          | 1  | 1.591  | 1.591 | 44.877  | 0.00000 |
| Variedad en B2          | 1  | 0.728  | 0.728 | 20.530  | 0.00026 |
| Variedad en B3          | 1  | 1.654  | 1.654 | 46.637  | 0.00000 |
| Variedad en B4          | 1  | 0.749  | 0.749 | 21.124  | 0.00022 |
| Variedad en B5          | 1  | 0.007  | 0.007 | 0.207   | 0.65436 |
| Inoculante +ME+EA en A1 | 4  | 13.207 | 3.302 | 93.108  | 0.00000 |
| Inoculante +ME+EA en A2 | 4  | 9.423  | 2.356 | 66.432  | 0.00000 |
| Error                   | 18 | 0.638  | 0.035 |         |         |
| Total                   | 29 | 27.070 |       |         |         |

**CV (%) = 8.830**

En la tabla 3.17 se muestra el análisis de variancia para la variable peso fresco de nódulos por planta, resultando no significativo para la fuente de bloque, mientras que para las demás fuentes de variación resulto altamente significativo estadísticamente lo que significa que al menos existe un promedio de los tratamientos que se diferencia de los otros, por lo que se realiza la prueba de contraste de Tukey (0.05) de los efectos simples de la interacción.

El coeficiente de variación es de 8.83% el cual se halla entre los valores aceptables según Calzada (1970).

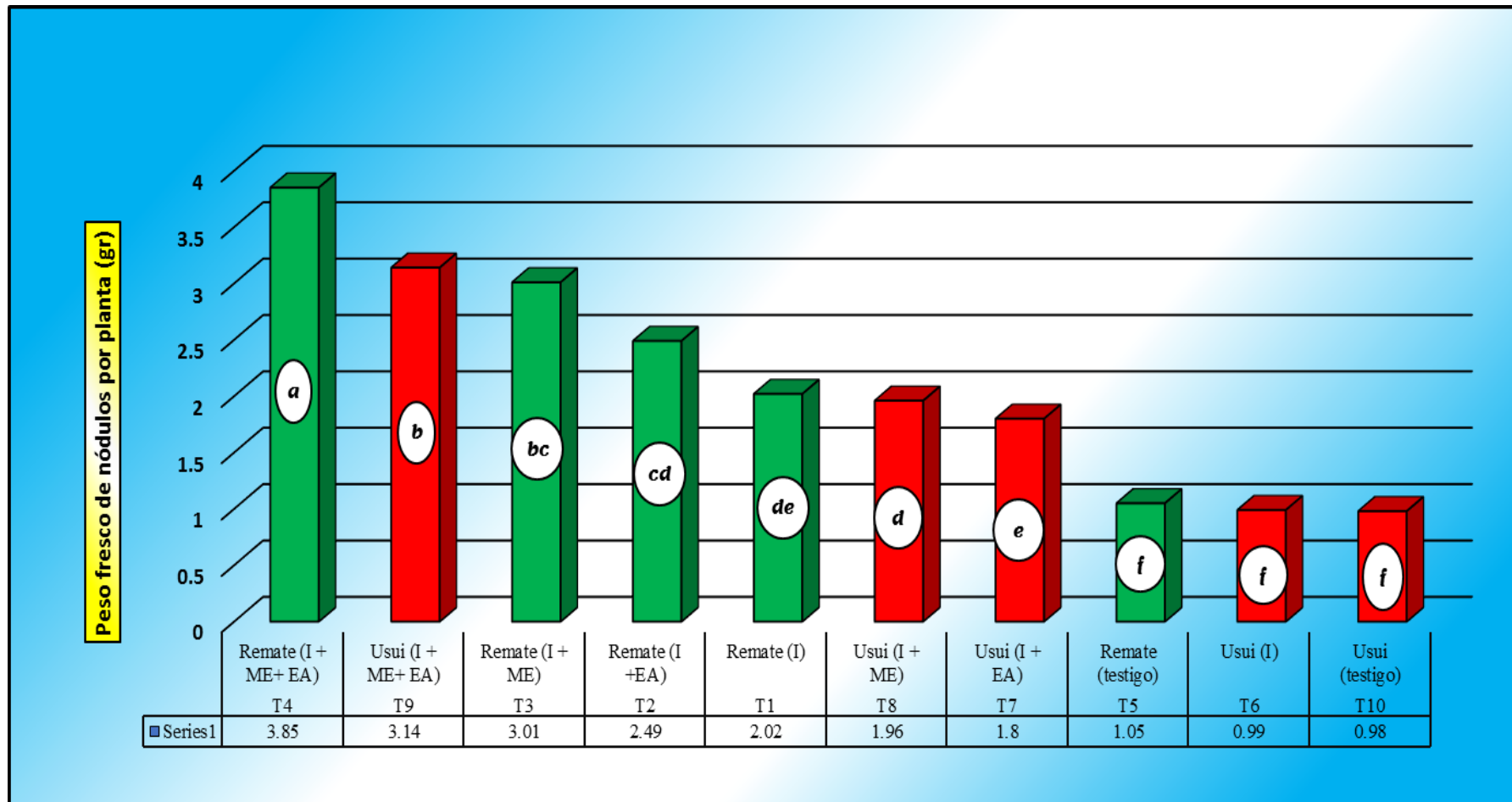
En la figura 3.17 se observan los resultados obtenidos luego de realizar la prueba de Tukey para la variable peso fresco de nódulos por planta, en el cual se observa que los rangos de este carácter varían de 0.98 a 3.85 gr nódulos y se pueden considerar 6 grupos con diferencia significativa entre ellos.

El tratamiento T4 (Remate con Inoculante, micronutrientes y extracto de alga) obtuvo el mayor peso con 3.85gr, el segundo grupo de similitud está comprendido por los tratamientos T9 (Usui con inoculante microelementos y extracto de alga) y T3 (Remate con inoculante y microelementos) con 3.14 y 3.01 gr respectivamente, el tercer grupo de similitud por los tratamientos T3 y T2 con pesos de 3.01 y 2.49 gr respectivamente, el cuarto grupo de similitud está comprendido por los tratamientos T2, T1 y T8, el quinto grupo de similitud viene comprendido por los tratamientos T1, T8 y T7, el sexto grupo de similitud comprendido por los tratamientos T5, T6 y T10 con pesos de 1.05, 0.99 y 0.98 gr respectivamente.

El tratamiento que presentó el mejor peso fresco de nódulos por planta fue el tratamiento 4 con 3.85 gr, lo que nos indica que hubo buena concentración de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico y por tanto un mayor aporte de nitrógeno a la planta.

El peso fresco de nódulos es una variable que nos ayuda a determinar conjuntamente con la coloración leg-hemoglobina el estado de las bacterias y si estas se encuentran activas, anulando así la opción de que las bacterias que infectaron a la planta sean bacterias negativas, estos aspectos nos ayudan a saber que la inoculación con *Rhizobium* fue efectiva ya que esta simbiosis que establece la planta con la bacteria es altamente selectiva, para la arveja es el *Rhizobium leguminosarum viobar viceae*, la planta manda señales (flavonoides), y la planta los reconoce activándose su gen NOD, esta responde al llamado y se establece la simbiosis.

En la figura 3.17 se puede observar que la variedad Remate y Usui respondieron al tratamiento completo de inoculación, aporte de micronutrientes y extracto de alga nativa ya que en la evaluación mostraron un peso de nódulos de 3.85 3.14g respectivamente frente a sus testigos con 1.05 y 0.98g.



**Figura 3.17.** Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para el peso fresco de nódulos por planta con inoculante, micronutrientes (Co y Mo) y extracto de alga en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.)

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se condujo el presente experimento y de acuerdo con los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La inoculación, el aporte de micronutrientes y el extracto de alga nativa influenciaron en el rendimiento de las variedades de arveja en Pampa del arco – Ayacucho, obteniéndose los mejores rendimientos en vaina verde con 13841 kg ha<sup>-1</sup> en la variedad Remate y 11350 kg ha<sup>-1</sup> en la variedad Usui y con rentabilidades económicas de 220 y 163% respectivamente.
2. La inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* influyó de manera positiva e incrementó el rendimiento de las variedades de arveja Remate y Usui con rendimientos en vaina verde de 11587 kg ha<sup>-1</sup> y 9332 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, superando a los testigos y obteniendo rentabilidades económicas de 171 y 118%.
3. La inoculación con *Rhizobium* junto con los microelementos influyeron de manera positiva e incrementaron el rendimiento de las variedades de arveja Remate y Usui obteniendo estos tratamientos rendimientos en vaina verde de 12820 kg ha<sup>-1</sup> y 10815 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, superando a los testigos y obteniendo rentabilidades económicas de 200 y 153%.
4. La inoculación con *Rhizobium* más el extracto de alga nativa influyeron de manera positiva e incrementaron el rendimiento de las variedades de arveja Remate y Usui obteniendo estos tratamientos rendimientos en vaina verde de 11691 kg ha<sup>-1</sup> y 10058 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, superando a los testigos y obteniendo rentabilidades económicas de 174 y 135%.

## RECOMENDACIONES

De acuerdo con las conclusiones mencionadas se plantea las siguientes recomendaciones:

1. Para mejorar los rendimientos y la rentabilidad económica en el cultivo de la arveja (*Pisum sativum* L.) juntamente con una agricultura sostenible y reduciendo la contaminación ambiental por el uso excesivo de abonos inorgánicos, se recomienda la siembra de arveja utilizando inoculante, micronutrientes y extracto de alga nativa al 25% de concentración, ya que es una alternativa que incrementa la producción, reduce los costos y ayuda al cuidado de nuestro medio ambiente.
2. Se recomienda comercializar la arveja en vaina verde ya que las ganancias son más lucrativas.
3. Se recomienda continuar con las investigaciones, empleando inoculantes, micronutrientes y extracto de alga al 25%, en diversos pisos altitudinales y zonas agroecológicas, con la finalidad de corroborar con el presente trabajo de investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABETZ, P. 1980. Seaweed extracts: Have they a place in Australian agriculture or horticulture. *Journal of the Australian Institute of agricultural Science* 46. Australian. 23-29p.
- ALEXANDER, M. 1980. *Introducción a la microbiología del suelo*. Edit. AGT, S.A. México.
- BIETTI, S. y ORLANDO, J. 2003. *Nutrición vegetal. Insumos para cultivos orgánicos*. Disponible en: <http://www.triavet.com.ar./insumos.htm>. Accesado el 26 de febrero del 2017.
- BLUNDEN, G. y WILDGOOSE, P. B. 1977. The effect of aqueous seaweed extract and kinetic in potato yields. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 28. Portsmouth - England. 121-125 p.
- CALZADA, B. J. 1970. *Métodos estadísticos para la investigación*. Editorial Jurídica. 643 pág.
- CAMARENA, M. 2003. *Comportamiento del cultivo de arveja frente a condiciones de espaldera*; Universidad Nacional Agraria la Molina Editorial Edigraf SRL. Lima-Perú.
- CAMASCA, V. A. 1994. *Horticultura Práctica*. Facultad de Ciencias Agrarias UNSCH. Ayacucho-Perú.
- CAMPOS, A. 1992. *Aspectos Botánicos y agronómicos de la arveja y haba*. Misión Agrícola de la Universidad de Carolina del Norte. Ancash - Perú.
- CARAES, A. 1969. Le mannitol dans les Pheophycees et son extraction industrially. *Proceedings of the International Seaweed Symposium*. Pergamón Press Paris 6. Paris. 663-669 p.
- CARITAS DEL PERÚ. 2003. *Manual del cultivo de la Arveja*. Caritas, Edit. La Molina. Lima-Perú.
- CARITAS DEL PERÚ. 2007. *Cultivo de arveja en la Sierra*. Gráfica Filadelfia E.I.R.L. Huancavelica-Perú.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1987. *Simbiosis-Leguminosa - Rizobio, Manual de métodos de evaluación, selección y manejo*. 1ra Edic. Cali - Colombia.
- CHIL VEGETAL, 2014. *Las algas marinas son un gran bioestimulante para las plantas*. Disponible en: <http://www.chil.org/produccion-vegetal.com>.

- CONVENIO SENA, SAC y FENALCE. 2010. Importancia de los cultivos de la arveja. 3 páginas.
- COPA, C.R. 2006. Producción orgánica de cebada, arveja y vicia en siembra pura y asociada en el municipio de Carahuara de Carangas. Bolivia.
- CZURDA, V. 1932. Zygnemales. In Pascher, A. [Ed.] Die Susswasser - Flora Mitteleuropas. Gustav Fisher. Jena-Alemania. 232 p.
- CUBERO, J. I. y MORENO, M. T. 1983. Leguminosas de grano. Ediciones MundiPrensa. Madrid. 37-39, 130-132 p.
- DAY, M. 1979. Influencia de los factores ambientales en la fijación del nitrógeno por las leguminosas. Departamento de Microbiología del Suelo de la Estación Experimental de Rothamste. Inglaterra.
- EL MUNDO, 2010. B@leópolis/Biotecnología. Biofertilizantes de última generación a base de algas. Disponible en:  
<http://www.elmundo.es/elmundo/2010.com>
- ESTRADA, A. V. 2009. Efecto de diferentes temperaturas de almacenamiento sobre la calidad de bioinoculantes turbosos. Corpoica Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 10(2): 205-213.
- EVANS, I. 1983. Fisiología de los cultivos. 1ra Edic. Edit. hemisferio sur. Buenos Aires - Argentina.
- FAIGUENBAUM, H. 1990. Morfología, Crecimiento y desarrollo de la arveja. Proyecto Docente. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago-Chile. 48 p.
- FLORES, F. M. A. 2009. Respuesta del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L) a la aplicación complementaria de tres fertilizantes foliares a tres dosis, San Gabriel, Carchi: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Quito Ecuador. Disponible en:  
<http://www.dspace.ups.edu.ec/bistream.com>
- FOX, B. A. y CAMERON, A. G. 1961. Food science, nutrition and health. Sixth. Edition. Ed. Edward Arnold, a division of Hodder Headline PLC. London. 167-168 p.
- FREILE-PELEGRIN, Y. et. al. 1996. Seasonal changes in the agar characteristics of two populations of *Pterocladia capillacea* in Gran Canaria, Spain. Journal of Applied Phycology 8. Gran Canaria-Spain. 239-246 p.
- FAO, 2014. Informe sobre Legumbres, Nutrición y Salud. Fundación española de la nutrición.

- FUJIMOTO, K. 1990. Antioxidant activity of algal extract. En Introduction to applied phycology (I. Akatsuka, ed.) SPB Academic Publishing. United States. 199-208 p.
- GALVEZ, T. F. 2015. Formas de aplicación de extracto de algas con y sin microelementos a diferentes concentraciones en el rendimiento de arveja (*Pisum sativum*, L). en verde. Tesis de Ingeniera Agrónoma. Ayacucho-Perú.
- GARCÍA, R. G y MARTEL, Q. A. 2004. Usos y aplicaciones de macroalgas, microalgas y cianobacterias en agricultura ecológica. Instituto de algología Aplicada. Edición de la Fundación Cátedra Iberoamericana. Gran Canaria - España. Disponible en:  
<http://www.fci.uib.es/servicios/libros/conferencias/seae.com>
- GASPAR Y TEJERINA, 1999. Molibdeno y Cobalto, dos micronutrientes esenciales en la producción de leguminosas. Disponible en:  
<http://www.instituto/nacional/de/tecnología/agropecuaria.com>
- GILES, W.J. 1975. Biosystematics and domestication of peas. USA.
- GONZALES, G. 2001. Interacción Genotipo por ambiente en Guisante Proteaginoso *Pisum sativum* L. Tesis de Doctorado. Universidad de Valladolid. Valladolid España.
- GRAHAM, H. 1977. Fuentes químicas y biológicas en la fertilización del frijol. Universidad de Maui. Hawái.
- GUARANDA, B.J. M. 2012. Efecto de la aplicación de tres niveles de ácidos fúlbicos y dos niveles de algas marinas sobre el rendimiento y características agronómicas del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 7-9 p.
- HOPPE, H. A. y LEVRING, T. 1982. Marine algae in pharmaceutical sciences. Walter de Gruyter. Berlín-Germany. 302 p.
- HOSHAW, R. W. y MCCOURT, R. M. 1988. The Zygnemataceae (chlorophyta): a Twenty-year update of research. Phycologia 27. EE. UU. 511-48 p.
- INFOAGRO, 2003. Las algas en la agricultura. Su uso como fertilizante. Disponible en: <http://www.infoagro.com/abonos/algas.htm>.
- INIA. 2003. Boletines Informativos sobre arveja. Ayacucho - Perú.
- INIAP. 1998. Manual Agrícola de Leguminosas. Quito-Ecuador.

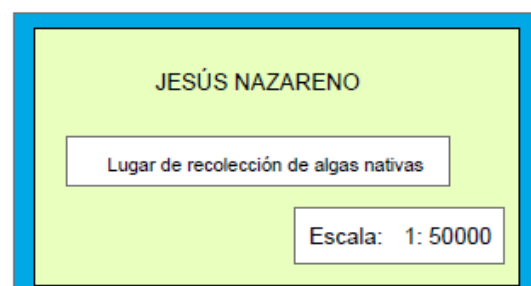
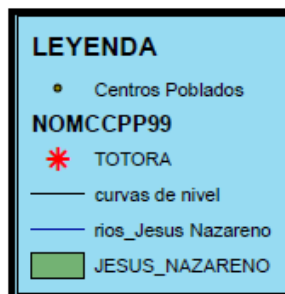
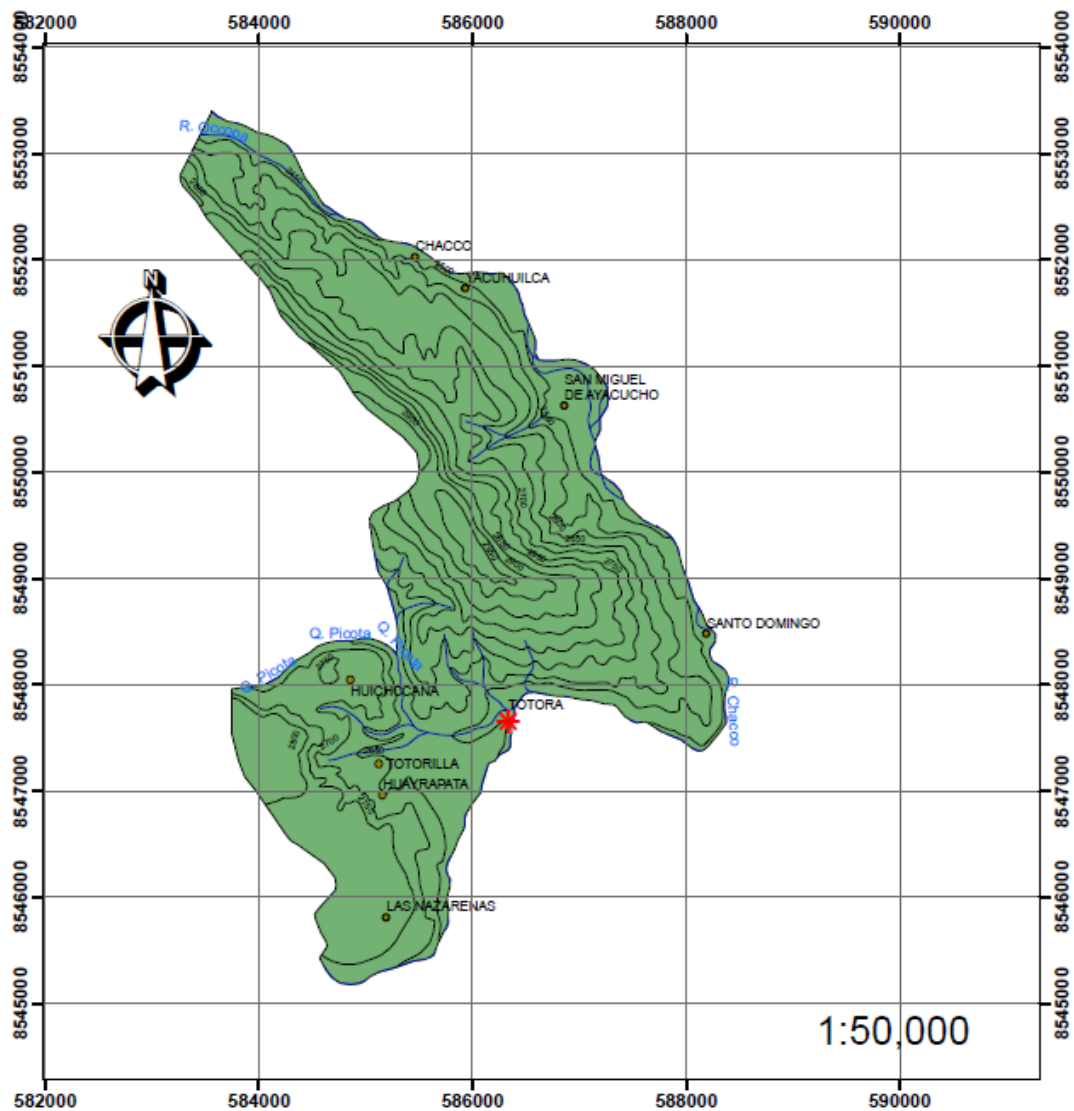
- INTA, 2008. Molibdeno y Cobalto, dos micronutrientes esenciales en la producción de soja. Boletín, pág. 27-29.
- JAYO, C. 2004. Efecto de cuatro cepas de *Rhizobium* en dos variedades de arveja *Pisum sativum* L. Vinchos 3220 msnm. Tesis de Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho - Perú.
- JAO, C. C. 1935. Studies on the freshwater algae of China I. Zygnemataceae from Szechwan. Sinensia 6. New York - EE. UU. 551-645 p.
- KAY, E. D. 1979. Legumbres Alimenticias. Edit. Acribia. S.A. Zaragoza - España.
- KNOTT, 1962. Fertilidad y ecosistemas. Congreso Científico Europeo de Agricultura Biológica.
- LOBBAN, C. S y HARRISON, P. J. 1994. Seaweed ecology and physiology. Cambridge University Press. Cambridge - United Kingdong. 366 p.
- LOPEZ, D. A. 1995. Enzimas, fuente de vida. Fundación de Investigación Inmunológica (IERF). Place, Evanson, Illinois, USA. Ed. en español. Edika Med., S.L. Barcelona, España. 125-126 p.
- MACKIE Y GARCÍA-BLÁSQUEZ, 1980. Las leguminosas y la producción de Inoculante Rizomack, boletín informativo de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga – Programa de Pastos, Ayacucho – Perú.
- MAROTO, J. V. 1986. Horticultura Herbácea Especial. 2da Edición. Ediciones Mundi - Prensa, Madrid - España.
- MARTINEZ, L.J y SALOMON, J. 1995. Efecto de un extracto de alga y varios fitorreguladores sobre el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) Tesis Doctoral. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey - México. 120 - 124 p.
- MATEO, M. W. 1961. Leguminosas de grano. Editores Salvat S.A. Barcelona - España.
- MELGAR, 2002. El cobalto microelemento esencial en la producción de soya. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. 2001, Principles of plant nutrition. 5 ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 849p.
- MINAGRI, 2016. Leguminosas de grano. Semillas nutritivas para un futuro sostenible. Primera edición. La molina- Perú.
- MONTES Y HOLLE, M. 1970. El cultivo de la arveja con énfasis en su producción para la industria.

- MORENO, P. 1998. Lipids, fatty acids and sterols of *Cystoseira abiesmarina*. Botánica Marina 41. Gran Canaria - Spain. 375-378 p.
- MUÑOZ, C. A. y LÓPEZ, C. A. 1992. Drogas del mar. Sustancias biomédicas de algas marinas. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela España. 188 p.
- PARIONA, B. N. 2002. Efecto de dos momentos de siembra en la producción de arveja (*Pisum sativum L.*) en verde y en grano seco en asociación con maíz amiláceo. Tesis de Ingeniera agrónoma. UNSCH. Ayacucho – Perú.
- PRESTES Y FÁVERO, C.E. 2005. Aplicación de cobalto y molibdeno en semillas del cultivo de soya. Bragantia vol. 64 N°4 Campinas.
- PUGA, J. 1992. Manual de las arvejas. Quito-Ecuador. 12-35 p.
- RAMOS, A. 1996. El cultivo de las leguminosas de grano, junta de Castilla y León. Consejería de Agricultura y Ganadería. Valladolid – España.
- RED AGRÍCOLA, 2000. Extractos de algas. Productividad que viene desde el mar. Disponible en:  
<http://www.redagricola.com/reportajes/nutricion/extractos-de-algas>.
- RODRIGUEZ, S. G. 2005. Efecto de dos métodos de siembra en el rendimiento de cuatro variedades de arveja (*Pisum sativum L.*). Canaán a 2750 msnm. Tesis de Ingeniero agrónomo. UNSCH. Ayacucho – Perú.
- RONDINEL, R. R. 2014. Rendimiento en vaina verde de tres variedades de arveja (*Pisum sativum L.*). En tres modalidades de siembra bajo el sistema de agricultura de conservación, Canaán a 2750 msnm – Ayacucho. Tesis de Ingeniero agrónomo. UNSCH. Ayacucho – Perú.
- RUNDINA, L. A. 1998. Zygnematales of Russia Mauka. St. Petesburg - EE. UU. 348 p.
- SABORIO, F. 2002. Bioestimulantes en fertilización foliar. Fertilización foliar. Principios y aplicaciones. Costa Rica. 111 - 127 p.
- SALISBURY, F. B. y ROSS, C.W. 1994. Fisiología Vegetal. Versión en español Grupo Editorial Iberoamérica. México. 223-224 p.
- SANCHEZ, Z. D. 2004. Prueba de rendimiento de variedades de arveja (*Pisum sativum L.*) con dos fórmulas de abonamiento y dos densidades de siembra. Tesis de Ingeniero Agrónomo. UNSCH. Ayacucho - Perú.
- SANTILLANA, N. 2001. Simbiosis Leguminosa - Rhizobio, guía de práctica - Ayacucho.

- SEAWEED NEWS. 1999. European bulletin of the seaweed industry 4. Europea.3-4 p.
- SERRANO, G. 1991. Biotecnología vegetal. Edit. Síntesis España.
- SOMASEGARAN, P.; HOBEN, H.J. 1994 Handbook for Rhizobia: *Methods in Legume Rhizobium Technology*. New York: Springer-Verlag. 450p.
- SUBÍA, C. 2007. Diagnóstico sobre el cultivo de frejol arbustivo y el uso de pesticidas en el sistema de producción, en los valles del Chota y Mira. Imbabura y Carchi – Ecuador. Publicación miscelánea N° 138.
- TACAS, R.E. 2015. Efecto residual del abonamiento orgánico mineral, en rendimiento de arveja (*Pisum sativum*, L.) variedad Remate, Pampa del Arco 2772 msnm. Tesis de ingeniero agrónomo Ayacucho – Perú.
- TAMARO, D. 1960. Manual de horticultura. 5ta Edición. Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona - España.
- THORSEN, B. 2002, Microbiología aplicada. Editorial Harla S.A. México.
- VACA, P. R. 2011. Evaluación de tres bioestimulantes con tres dosis en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.). En santa Martha de Cuba - Carchi. Tesis de Ingeniero agropecuario. Universidad Técnica del Norte. Ibarra - Ecuador.
- VAUCHER, J. P. 1803. Histories des Conferves Eaux Douce. J. Paschoud. Geneva - Suiza. 304 p.
- VELAZCO, U. M. J 2004. Rendimiento de cinco variedades de arveja (*Pisum sativum*, L.) con distintas formas de manejo. Canaán INIA a 2720 msnm. Tesis de ingeniera agrónoma, UNSCH. Ayacucho – Perú.
- VILLAREAL, F. 2006. Determinación del efecto en la productividad de cinco dosis de bioestimulante “Florone” en tres variedades de arveja (*Pisum sativum*, L.) aplicado en dos épocas. San José - Carchi. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador.
- VILLAVICENCIO, R. 1995. Biotecnología en hortalizas II curso regional sobre producción de hortalizas. Huancayo - Perú.
- WILLIAMS, D. C. 1981. Plant growth regulatory substances in commercial seaweeds extracts. Proceedings of the international Seaweed Symposium. Pergamon Press Paris 8. Paris-France. 75-78 p.
- ZAPATA, S. J. 2004. Rendimiento en verde de siete variedades y tres líneas de arveja (*Pisum sativum*, L.). Canaán a 2750 msnm. Tesis de Ingeniero agrónomo. UNSCH. Ayacucho – Perú.

# ANEXOS

**Anexo 1.** Ubicación del lugar de recolección de las algas de la especie *Spirogyra communis* (Hasall) Kurtz



### Anexo 2. Terreno inicial y preparado



### Anexo 3. Prueba de germinación variedad Usui



**Anexo 4.** Prueba de germinación variedad Remate.

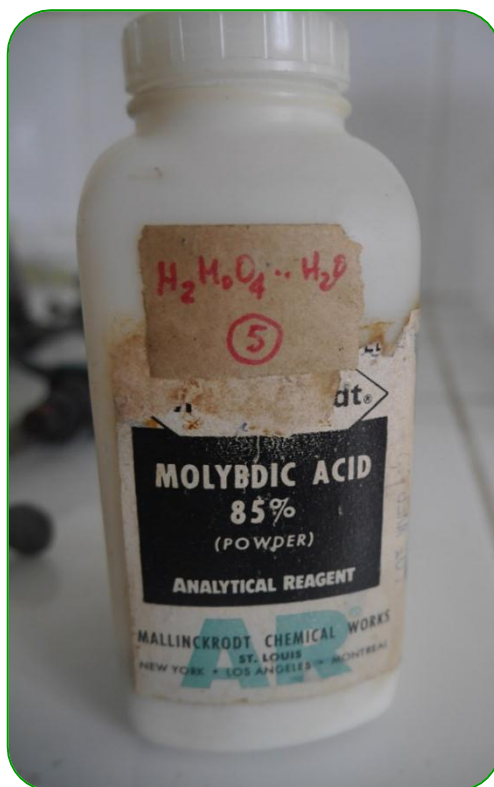


**Anexo 5.** Trazado y delimitación del terreno



**Anexo 6.** Inoculación con bacterias específicas usando el inoculante Rhizolam.**Anexo 7.** Fuente de cobalto (Cloruro de Cobalto) usado al momento de la siembra

**Anexo 8.** Fuente de molibdeno (Ácido molybdico) usado al momento de la siembra



**Anexo 9.** Obtención del extracto de alga al 25%.



**Anexo 10.** Surcado del terreno.



**Anexo 11.** Semillas preparadas para la siembra.



**Anexo 12.** Siembra de las semillas en campo definitivo.



**Anexo 13.** Emergencia de las plántulas.



**Anexo 14.** Deshierbo y aporque.



**Anexo 15.** Plantas en desarrollo vegetativo.



**Anexo 16.** Fumigación preventiva contra hongos.



**Anexo 17.** Tutorado, para mejorar el rendimiento de la arveja.



**Anexo 18.** Inicio de floración.



**Anexo 19.** Inicio de llenado de granos.



**Anexo 20. Evaluación de la nodulación.**

**Anexo 21.** Evaluación de la altura de la planta.



**Anexo 22.** Evaluación del rendimiento.



**Anexo 23.** Número de nódulos por planta.



**Anexo 24.** Cantidad estimada de microelementos aportados mediante la aplicación foliar del extracto de alga *Spirogyra communis* (Hasall) Kurtz, al cultivo de la arveja.

| Microelemento | Aporte del extracto de alga nativa. (GR) |      |      | Demanda del cultivo de arveja (kg) |
|---------------|--|------|------|------------------------------------|
|               | 25%                                      | 50%  | 75%  |                                    |
| Fe            | 1125                                     | 2250 | 4500 | 200 - 2000                         |
| Mn            | 125                                      | 249  | 498  | 100 – 600                          |
| Zn            | 119                                      | 237  | 474  | 20 - 40                            |
| Cu            | 38                                       | 75   | 150  | 20 - 80                            |

**Anexo 25. Costos de producción de arveja variedad Remate en vaina verde.**

| <b>COSTO DE PRODUCCION ARVEJA EN VAINA VERDE</b> |                    |                      |                                |                        |
|--|--------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|
| <b>VARIEDAD</b>                                  | Remate             |                      |                                |                        |
| <b>SEMILLA</b>                                   | Semilla comercial  |                      |                                |                        |
| <b>FECHA</b>                                     | Nov. 2017          |                      |                                |                        |
| <b>ACTIVIDAD</b>                                 | <b>UNIDA<br/>D</b> | <b>CANTIDA<br/>D</b> | <b>COSTO<br/>UNITARIO(S./)</b> | <b>COSTO<br/>TOTAL</b> |
| <b>I. COSTOS DIRECTOS</b>                        |                    |                      |                                |                        |
| <b>A. GASTOS DEL CULTIVO</b>                     |                    |                      |                                |                        |
| <b>1. Mano de obra:</b>                          |                    |                      |                                |                        |
| <b>1.1 Preparación del terreno</b>               |                    |                      |                                |                        |
| Limpieza del terreno                             | jornal             | 3                    | 35                             | 105                    |
| Surcado  | jornal             | 4                    | 35                             | 140                    |
| Riego  | jornal             | 2                    | 35                             | 70                     |
| <b>1.2 Siembra</b>                               |                    |                      |                                |                        |
| Aplicación de abonos                             | jornal             | 1                    | 35                             | 35                     |
| Preparación de semillas (Inoc +microel)          | jornal             | 2                    | 35                             | 70                     |
| Distribución de las semillas                     | jornal             | 2                    | 35                             | 70                     |
| <b>1.3 Labores culturales</b>                    |                    |                      |                                |                        |
| Deshierbo  | jornal             | 3                    | 35                             | 105                    |
| Aporque  | jornal             | 5                    | 35                             | 175                    |
| Tutorado   | jornal             | 2                    | 35                             | 70                     |
| Riegos   | jornal             | 3                    | 35                             | 105                    |
| <b>1.4 Control fitosanitario</b>                 |                    |                      |                                |                        |
| aplicación de pesticidas                         | jornal             | 3                    | 35                             | 105                    |
| <b>1.5 Cosecha</b>                               |                    |                      |                                |                        |
| Recolección                                      | jornal             | 10                   | 35                             | 350                    |
| Selección y encostalado                          | jornal             | 5                    | 35                             | 175                    |
| Carguío  | jornal             | 5                    | 35                             | 175                    |
| <b>SUB TOTAL EN MANO DE OBRA</b>                 |                    |                      |                                | <b>1750</b>            |
| <b>2. Máquinaria agrícola:</b>                   |                    |                      |                                |                        |
| Aradura  | H/M                | 3                    | 50                             | 150                    |
| Rastra   | H/M                | 3                    | 50                             | 150                    |
| <b>SUB TOTAL DE MAQUINARIA AGRÍCOLA</b>          |                    |                      |                                | <b>300</b>             |
| <b>3. Insumos</b>                                |                    |                      |                                |                        |
| Semilla  | Kg                 | 100                  | 5                              | 500                    |
| inoculante (Rhizolam)                            | Lt.                | 0.25                 | 30                             | 7.5                    |
| Guano de isla                                    | Sacos              | 160                  | 35                             | 5600                   |
| m micronutrientes                                | Kg                 | 4                    | 30                             | 120                    |
| insecticidas                                     | Lt                 | 3                    | 70                             | 210                    |
| fungicidas                                       | Lt                 | 4                    | 75                             | 300                    |
| <b>SUB TOTAL DE INSUMOS</b>                      |                    |                      |                                | <b>6737.5</b>          |
| <b>4. Materiales</b>                             |                    |                      |                                |                        |
| Rafia  | Rollo              | 15                   | 10                             | 150                    |
| Carrizo  | Ciento             | 5                    | 20                             | 100                    |
| Instalación de sistema de riego                  |                    | 0.048                | 10000                          | 480                    |
| <b>SUB TOTAL DE MATERIALES</b>                   |                    |                      |                                | <b>730</b>             |
| <b>B. GASTOS GENERALES</b>                       |                    |                      |                                |                        |
| 1. Imprevistos (10% gastos de cultivo)           |                    |                      |                                | 168                    |
| <b>SUB TOTAL DE GASTOS GENERALES</b>             |                    |                      |                                | <b>168</b>             |
| <b>I. TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>               |                    |                      |                                | <b>9685.5</b>          |
| <b>II. TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</b>            |                    |                      |                                |                        |
| 2.1 Costos financieros (1.3% C.D./ mes)          |                    |                      |                                | 900                    |
| <b>III. COSTO TOTAL DE LA PRODUCCIÓN</b>         |                    |                      |                                | <b>10585.5</b>         |

**Anexo 26. Costos de producción de arveja variedad Remate en grano seco.**

| <b>COSTO DE PRODUCCION ARVEJA EN GRANO SECO</b> |                    |                      |                                 |                        |
|---|--------------------|----------------------|---------------------------------|------------------------|
| <b>VARIEDAD</b>                                 | Remate             |                      |                                 |                        |
| <b>SEMILLA</b>                                  | Semilla comercial  |                      |                                 |                        |
| <b>FECHA</b>                                    | Nov. 2017          |                      |                                 |                        |
| <b>ACTIVIDAD</b>                                | <b>UNIDA<br/>D</b> | <b>CANTIDA<br/>D</b> | <b>COSTO<br/>UNITARIO(S./.)</b> | <b>COSTO<br/>TOTAL</b> |
| <b>I. COSTOS DIRECTOS</b>                       |                    |                      |                                 |                        |
| <b>A. GASTOS DEL CULTIVO</b>                    |                    |                      |                                 |                        |
| <b>1. Mano de obra:</b>                         |                    |                      |                                 |                        |
| <b>1.1 Preparación del terreno</b>              |                    |                      |                                 |                        |
| Limpieza del terreno                            | jornal             | 3                    | 35                              | 105                    |
| Surcado   | jornal             | 4                    | 35                              | 140                    |
| Riego   | jornal             | 2                    | 35                              | 70                     |
| <b>1.2 Siembra</b>                              |                    |                      |                                 |                        |
| Aplicación de abonos                            | jornal             | 1                    | 35                              | 35                     |
| Preparación de semillas (Inoc +microel)         | jornal             | 2                    | 35                              | 70                     |
| Distribución de las semillas                    | jornal             | 2                    | 35                              | 70                     |
| <b>1.3 Labores culturales</b>                   |                    |                      |                                 |                        |
| Deshierbo                                       | jornal             | 3                    | 35                              | 105                    |
| Aporque   | jornal             | 5                    | 35                              | 175                    |
| Tutorado  | jornal             | 2                    | 35                              | 70                     |
| Riegos  | jornal             | 4                    | 35                              | 140                    |
| <b>1.4 Control fitosanitario</b>                |                    |                      |                                 |                        |
| aplicación de pesticidas                        | jornal             | 3                    | 35                              | 105                    |
| <b>1.5 Cosecha</b>                              |                    |                      |                                 |                        |
| Recolección                                     | jornal             | 12                   | 35                              | 420                    |
| Selección y encostalado                         | jornal             | 8                    | 35                              | 280                    |
| Carguío   | jornal             | 5                    | 35                              | 175                    |
| <b>SUB TOTAL EN MANO DE OBRA</b>                |                    |                      |                                 | <b>1960</b>            |
| <b>2. Máquinaria agrícola:</b>                  |                    |                      |                                 |                        |
| Aradura   | H/M                | 3                    | 50                              | 150                    |
| Rastra  | H/M                | 3                    | 50                              | 150                    |
| <b>SUB TOTAL DE MAQUINARIA AGRÍCOLA</b>         |                    |                      |                                 | <b>300</b>             |
| <b>3. Insumos</b>                               |                    |                      |                                 |                        |
| Semilla   | Kg                 | 100                  | 5                               | 500                    |
| inoculante (Rhizolam)                           | Lt.                | 0.25                 | 30                              | 7.5                    |
| Guano de isla                                   | Sacos              | 160                  | 35                              | 5600                   |
| miconutrientes                                  | Kg                 | 4                    | 30                              | 120                    |
| insecticidas                                    | Lt                 | 3                    | 70                              | 210                    |
| fungicidas                                      | Lt                 | 4                    | 75                              | 300                    |
| <b>SUB TOTAL DE INSUMOS</b>                     |                    |                      |                                 | <b>6737.5</b>          |
| <b>4. Materiales</b>                            |                    |                      |                                 |                        |
| Rafia   | Rollo              | 15                   | 10                              | 150                    |
| Carrizo   | Ciento             | 5                    | 20                              | 100                    |
| Instalación de sistema de riego                 |                    | 0.048                | 10000                           | 480                    |
| <b>SUB TOTAL DE MATERIALES</b>                  |                    |                      |                                 | <b>730</b>             |
| <b>B. GASTOS GENERALES</b>                      |                    |                      |                                 |                        |
| 1. Imprevistos (10% gastos de cultivo)          |                    |                      |                                 | 168                    |
| <b>SUB TOTAL DE GASTOS GENERALES</b>            |                    |                      |                                 | <b>168</b>             |
| <b>I. TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>              |                    |                      |                                 | <b>9895.5</b>          |
| <b>II. TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</b>           |                    |                      |                                 |                        |
| 2.1 Costos financieros (1.3% C.D./ mes)         |                    |                      |                                 | 900                    |
| <b>III. COSTO TOTAL DE LA PRODUCCIÓN</b>        |                    |                      |                                 | <b>10795.5</b>         |

## Anexo 27. Variables evaluadas.

| BLOQUE      |  | RENDIMIENTO VAINA VERDE     |               |               |              |               |                |               |               |               |               |
|-------------|--|-----------------------------|---------------|---------------|--------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| TRATAMIENTO |  | T1                          | T2            | T3            | T4           | T5            | T6             | T7            | T8            | T9            | T10           |
| I           |  | 11397.7                     | 11665.5       | 12753.4       | 13778.2      | 9115.8        | 9246.23        | 9115.8        | 10550.6       | 10758.4       | 8120.5        |
| II          |  | 11810.7                     | 11415.2       | 12863.1       | 13961.4      | 9175.3        | 9400           | 10125.3       | 10951.3       | 11654.5       | 8242.5        |
| III         |  | 11554.5                     | 11992.3       | 12845.9       | 13785.6      | 9035.1        | 9350           | 10935.1       | 10945.6       | 11638.9       | 8220.5        |
| BLOQUE      |  | RENDIMIENTO GRANO SECO      |               |               |              |               |                |               |               |               |               |
| TRATAMIENTO |  | T1                          | T2            | T3            | T4           | T5            | T6             | T7            | T8            | T9            | T10           |
| I           |  | 2241.45<br>95               | 2545.39<br>25 | 2597.04<br>9  | 2982.8<br>77 | 1765.71<br>3  | 1702.364<br>05 | 1889.21<br>3  | 1944.39<br>1  | 2293.22<br>4  | 1250.81<br>75 |
| II          |  | 2239.51<br>45               | 2433.57<br>2  | 2542.82<br>85 | 3091.9<br>29 | 1528.69<br>55 | 1791.910<br>5  | 1834.44<br>55 | 1931.05<br>55 | 2225.80<br>75 | 1256.48<br>75 |
| III         |  | 2328.30<br>75               | 2428.19<br>05 | 2418.78<br>65 | 2976.6<br>16 | 1489.24<br>85 | 1621.616       | 1891.74<br>85 | 1849.21<br>6  | 2235.64<br>15 | 1261.81<br>75 |
| BLOQUE      |  | NUMERO DE GRANOS POR VAINA  |               |               |              |               |                |               |               |               |               |
| TRATAMIENTO |  | T1                          | T2            | T3            | T4           | T5            | T6             | T7            | T8            | T9            | T10           |
| I           |  | 7                           | 9             | 7             | 8            | 6             | 7              | 6             | 6             | 7             | 5             |
| II          |  | 8                           | 6             | 8             | 7            | 7             | 5              | 6             | 8             | 7             | 5             |
| III         |  | 6                           | 7             | 7             | 9            | 6             | 4              | 5             | 6             | 9             | 5             |
| BLOQUE      |  | LONGITUD DE VAINAS (CM)     |               |               |              |               |                |               |               |               |               |
| TRATAMIENTO |  | T1                          | T2            | T3            | T4           | T5            | T6             | T7            | T8            | T9            | T10           |
| I           |  | 8.7                         | 9             | 9             | 10           | 7             | 8.5            | 9             | 9             | 9.5           | 8             |
| II          |  | 9.5                         | 10            | 10            | 10           | 9.5           | 8.5            | 9             | 9.5           | 8.5           | 8             |
| III         |  | 9.2                         | 9             | 9.5           | 9.5          | 7.8           | 8              | 7.8           | 8             | 10            | 7             |
| BLOQUE      |  | NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA |               |               |              |               |                |               |               |               |               |
| TRATAMIENTO |  | T1                          | T2            | T3            | T4           | T5            | T6             | T7            | T8            | T9            | T10           |
| I           |  | 24                          | 24            | 26            | 30           | 16            | 18             | 18            | 20            | 25            | 16            |
| II          |  | 20                          | 27            | 25            | 31           | 19            | 17             | 17            | 17            | 27            | 15            |
| III         |  | 24                          | 25            | 26            | 28           | 15            | 19             | 21            | 21            | 24            | 20            |
| BLOQUE      |  | ALTURA DE PLANTA (CM)       |               |               |              |               |                |               |               |               |               |
| TRATAMIENTO |  | T1                          | T2            | T3            | T4           | T5            | T6             | T7            | T8            | T9            | T10           |
| I           |  | 124                         | 127           | 133           | 138          | 90            | 94             | 88            | 98            | 112           | 86            |
| II          |  | 122                         | 128           | 128           | 132          | 91            | 92             | 96            | 92            | 106           | 81            |
| III         |  | 130                         | 126           | 126           | 135          | 90            | 88             | 96            | 95            | 106           | 76            |
| BLOQUE      |  | LONGITUD DE RAICES (cm)     |               |               |              |               |                |               |               |               |               |
| TRATAMIENTO |  | T1                          | T2            | T3            | T4           | T5            | T6             | T7            | T8            | T9            | T10           |
| I           |  | 18                          | 19            | 22            | 25           | 16            | 17.3           | 17            | 18            | 20.2          | 14            |
| II          |  | 18                          | 19.2          | 20.1          | 25           | 15            | 16.2           | 17.1          | 18.2          | 19.3          | 15            |
| III         |  | 17                          | 18.4          | 20.6          | 23.2         | 16            | 15.7           | 16.4          | 17.2          | 21.4          | 14.3          |
| BLOQUE      |  | NÓDULOS POR PLANTA          |               |               |              |               |                |               |               |               |               |
| TRATAMIENTO |  | T1                          | T2            | T3            | T4           | T5            | T6             | T7            | T8            | T9            | T10           |
| I           |  | 40                          | 42            | 44            | 55           | 20            | 35             | 35            | 39            | 48            | 17            |
| II          |  | 42                          | 43            | 43            | 50           | 20            | 34             | 36            | 40            | 49            | 18            |
| III         |  | 40                          | 42            | 44            | 52           | 22            | 32             | 35            | 38            | 48            | 18            |

| BLOQUE       |     | PESO FRESCO DE NODULOS (gr)   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|-----|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| TRATAMIENTOS | T0  | T1                            | T2   | T3   | T4   | T5   | T6   | T7   | T8   | T9   | T10  |
|              | I   | 2.2                           | 2.82 | 2.96 | 3.81 | 0.84 | 1.02 | 1.85 | 1.95 | 2.81 | 0.98 |
|              | II  | 1.8                           | 2.13 | 2.96 | 3.85 | 1.3  | 1.05 | 1.8  | 1.98 | 3.22 | 1.02 |
|              | III | 2.08                          | 2.54 | 3.12 | 3.89 | 1.02 | 0.92 | 1.75 | 1.96 | 3.4  | 0.95 |
| BLOQUE       |     | EMERGENCIA EN DIAS            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| TRATAMIENTOS | T0  | T1                            | T2   | T3   | T4   | T5   | T6   | T7   | T8   | T9   | T10  |
|              | I   | 6                             | 6    | 5    | 5    | 5    | 7    | 7    | 6    | 6    | 7    |
|              | II  | 6                             | 5    | 6    | 5    | 6    | 7    | 6    | 7    | 6    | 7    |
|              | III | 5                             | 6    | 5    | 5    | 7    | 6    | 6    | 6    | 6    | 7    |
| BLOQUE       |     | DIAS A LA FLORACION           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| TRATAMIENTOS | T0  | T1                            | T2   | T3   | T4   | T5   | T6   | T7   | T8   | T9   | T10  |
|              | I   | 47                            | 46   | 46   | 44   | 48   | 57   | 56   | 52   | 52   | 59   |
|              | II  | 47                            | 45   | 45   | 44   | 48   | 58   | 57   | 54   | 51   | 59   |
|              | III | 47                            | 47   | 46   | 45   | 49   | 57   | 57   | 54   | 51   | 59   |
| BLOQUE       |     | DIAS A LA MADUREZ FISIOLOGICA |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| TRATAMIENTOS | T0  | T1                            | T2   | T3   | T4   | T5   | T6   | T7   | T8   | T9   | T10  |
|              | I   | 78                            | 76   | 76   | 71   | 80   | 87   | 86   | 84   | 82   | 91   |
|              | II  | 79                            | 75   | 76   | 73   | 79   | 86   | 85   | 83   | 80   | 90   |
|              | III | 79                            | 77   | 75   | 72   | 80   | 87   | 84   | 83   | 80   | 90   |
| BLOQUE       |     | MADUREZ A LA COSECHA          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| TRATAMIENTOS | T0  | T1                            | T2   | T3   | T4   | T5   | T6   | T7   | T8   | T9   | T10  |
|              | I   | 120                           | 118  | 119  | 116  | 123  | 131  | 129  | 128  | 126  | 137  |
|              | II  | 120                           | 117  | 118  | 115  | 124  | 130  | 128  | 129  | 128  | 136  |
|              | III | 119                           | 117  | 119  | 117  | 123  | 132  | 129  | 128  | 126  | 136  |

**Anexo 28.** Análisis del Guano de isla realizado en el laboratorio de Pastos y forrajes.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA  
 LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR  
 Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 RPM # 966942996  
 Ayacucho – Perú  
 “Año del Buen Servicio al Ciudadano”

Región : Ayacucho  
 Provincia : Huamanga  
 Distrito : Ayacucho  
 Localidad : Ayacucho  
 Proyecto : “Tesis”  
 Solicitante : Edwin T. Quispe Gonzales  
 Muestra : Guano de Isla  
 Fecha de Recolección: 11/01/2016


**ANALISIS FISICO - QUIMICO**

| Muestra | Aspecto   | Humedad (%) | pH (H <sub>2</sub> O 1:2.5) | C.E. (1:1 mS/cm) | M.O (%) | % N  | % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | %K <sub>2</sub> O | % CaO | % MgO | %SO <sub>4</sub> |
|---------|-----------|-------------|-----------------------------|------------------|---------|------|---------------------------------|-------------------|-------|-------|------------------|
| 01      | Granulado | 18.8        | 8.54                        | 71.5             | 3.61    | 0.85 | 2.48                            | 0.71              | 10.2  | 3.5   | 2.11             |
|         |           |             |                             |                  |         |      |                                 |                   |       |       |                  |
|         |           |             |                             |                  |         |      |                                 |                   |       |       |                  |

Ayacucho, 10 de Noviembre del 2016

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS  
 PLANTA AGUAS Y FERTILIZANTES  
 RESPONSABLE  
  
 Juan B. Glón Molina  
 C.I.P. 77120

Anexo 29. Análisis de suelo realizado en AGROLAB.



## MULTISERVICIOS AGROLAB

**INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE**

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

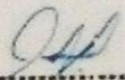
**ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN**

ASESORIA Y CAPACITACION EN EVALUACION, MUESTREO DE SUELOS, INTERPRETACION DE RESULTADOS DEL ANALISIS AGRICOLA, USO, MANEJO, CONSERVACION Y RECUPERACION DE SUELOS.

1950605

Solicitante: Srta. Delia Mallqui Palomino  
 Departamento: Ayacucho                      Provincia: Huananga                      Distrito: Ayacucho  
 Fecha: 11/01/2016

| Lab  | Número de muestra<br>Campo | pH<br>(1:2.5) | C.E.<br>dB.m <sup>-1</sup> | CO <sub>2</sub><br>% | Ni<br>% | MO<br>% | P<br>ppm | K<br>ppm | Análisis Mecánico |           |              | Clase<br>Textural | CIC   | Cationes cambiables |                  |                |      |                                    | %<br>Sat. De<br>Bases |
|------|----------------------------|---------------|----------------------------|----------------------|---------|---------|----------|----------|-------------------|-----------|--------------|-------------------|-------|---------------------|------------------|----------------|------|------------------------------------|-----------------------|
|      |                            |               |                            |                      |         |         |          |          | Arena<br>%        | Limo<br>% | Arcilla<br>% |                   |       | Ca <sup>++</sup>    | Mg <sup>++</sup> | K <sup>+</sup> | Na   | Al <sup>+++</sup> + H <sup>+</sup> |                       |
| 5886 | Pampa del Arco             | 7.23          | 0.3                        | 0.00                 | 0.07    | 1.36    | 22.83    | 425      | 43                | 20        | 37           | Fr.Ar.A.          | 17.26 | 9.98                | 2.52             | 1.92           | 0.84 | 0.00                               | 100                   |



**P.D. MARILENI CERDA GÓMEZ**  
Responsable de Laboratorio

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.

Jrb. Mariscal Cáceres Mz. "G-12" - Ayacucho / ☎ (066) 312049 - 📠 966938028 - 966631889 / RPM: \*758028; \*751889 / 📧 agrolab01@yahoo.es