

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



Co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en el rendimiento
y calidad de ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet),
Llachoccmayo - Chiara, Ayacucho 2019

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AGRONOMA**

PRESENTADO POR:

Kathleen Milagros Lonazco Palomino

ASESOR:

Alejandro Camasca Vargas

ORCID: 0000-0002-4330-750X

Ayacucho - Perú

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

TESIS

Co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en el rendimiento y calidad de ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), Llachocmayo - Chiara, Ayacucho 2019

Expedito : 04 de noviembre de 2022

Sustentado : 21 de diciembre de 2022

Calificación : Muy bueno

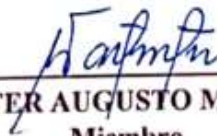
Jurados :



Dr. JOSÉ ANTONIO QUISPE TENORIO
Presidente



Dra. NERY-IDZ SANTILLANA VILLANUEVA
Miembro



M. Sc. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO
Miembro



M. Sc. ALEJANDRO CAMASCA VARGAS
Asesor

A mi señor todo poderoso Dios, por bendecirme.

Con mucho amor y eterna gratitud para mis padres Félix y Marcelina

Con cariño e infinito agradecimiento para mis hermanos Magali y Max, quiénes son cómplices en el andar de mi vida profesional.

Para mis tesoros, mis hijos: Danny y Anthony que son motor y motivo para lograr mis metas.

Con amor y admiración a Antoni Tenorio por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, en especial a la Escuela Profesional de Agronomía, por permitirme ser un integrante de esta increíble casa de investigación y formarme íntegramente como profesional, para así aportar con mis conocimientos a la sociedad.

A mi asesor M.Sc. Ing. Alejandro Camasca Vargas por su dedicada asesoría y guía en todo el proceso de mi trabajo de tesis.

A mi coasesor Dr. Cayo García Blásques Morote y a la Ing. Susan Alarcón Romani profesionales a cabalidad que me apoyaron incondicionalmente a lo largo de mi investigación y preparación del presente informe final.

A la empresa granja Montefino, entidad que me apoyo en el desarrollo de la investigación, a través del convenio con la UNSCH, Proyecto de Investigación FOCAM-UNSCH.

A mis queridos padres, hermanos y toda la familia, de quienes estoy muy orgullosa y agradecida por el apoyo que me han brindado.

A Antoni Tenorio Prado, por su gran apoyo durante la instalación y elaboración de mi trabajo de tesis. Por su comprensión, aliento y su gran apoyo en todo este tiempo.

A todos los miembros del panel de jurados por tomarse el tiempo para revisar mi proyecto de tesis y el borrador de tesis. Por sus sabios consejos y sugerencias de investigación.

A todas mis amistades que me apoyaron directa e indirectamente en todo el proceso del trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO I	4
MARCO TEÓRICO	4
1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1.1. A nivel internacional	4
1.1.2. A nivel nacional	5
1.1.3. A nivel local	6
1.2. GENERALIDADES SOBRE EL CULTIVO DE TARWI	6
1.2.1. Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet)	6
1.2.2. Origen e historia	8
1.2.4. Clasificación taxonómica	9
1.2.5. Denominaciones y nombres comunes	10
1.2.6. Características botánicas	10
1.2.7. Fases fenológicas del tarwi	13
1.2.8. Variedades y germoplasmas	15
1.2.9. Exigencias climáticas y edáficas	16
1.2.10. Manejo agronómico	18
1.2.13. Importancia del valor nutritivo y usos del tarwi	22
1.2.14. Composición química del tarwi	23
1.2.15. Situación actual del cultivo de tarwi en el Perú	23
1.3. GENERALIDADES SOBRE LA CO-INOCULACIÓN (<i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>)	24

1.3.1. Importancia y uso de los inoculantes.....	24
1.3.2. Inoculante e Inoculación.....	24
1.3.3. Co-inoculación	25
1.3.4. <i>Bradyrhizobium</i>	25
1.3.5. <i>Azospirillum</i>	26
1.4. REFERENCIAS CONCEPTUALES	27
1.4.1 Ecotipos	27
1.4.2. Calidad.....	27
1.4.3. Rendimiento	27
1.4.4. Nódulos.....	27
1.4.5. Leg-hemoglobina.....	28
CAPÍTULO II.....	29
METODOLOGÍA.....	29
2.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	29
2.1.1. Ubicación.....	29
2.1.3 Ubicación geográfica.....	29
2.1.4. Condiciones meteorológicas.....	31
2.1.5. Antecedentes y condiciones del terreno	34
2.2. MATERIALES Y EQUIPOS	35
2.2.1. Materiales para el ensayo experimental.....	35
2.2.4. Materiales, insumos y herramientas de trabajo	36
2.2.5. Equipos de trabajo	36
2.3. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	36
2.4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	37
2.4.1. Factores evaluados.....	37
2.4.2. Descripción de los tratamientos.....	37
2.4.3. Diseño experimental	38
2.3.4. Metodología utilizada.....	39
2.3.5. Descripción de la parcela experimental.....	39
2.3.6. Instalación y manejo agronómico del experimento.....	42
2.3.7. Evaluación de las variables dependientes y sus indicadores	45

CAPÍTULO III	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
3.1. VARIABLES DE CAPACIDAD SIMBIÓTICA.....	50
3.1.1. Longitud de raíz (cm)	50
3.1.2. Peso seco de raíz (g)	52
3.1.3. Número de nódulos por planta	53
3.1.4. Peso seco de nódulos por planta (g)	56
3.2. VARIABLES BIOMÉTRICOS.....	58
3.2.1. Altura de planta (m).....	58
3.2.2. Número de inflorescencia por planta.....	60
3.2.3. Longitud de inflorescencia (cm).....	62
3.2.4. Número de vainas por inflorescencia	64
3.2.5. Número de granos por vaina.....	66
3.2.6. Longitud de vaina (cm)	69
3.2.7. Peso seco de follaje (g).....	71
3.3 VARIABLES DE RENDIMIENTO.....	73
3.3.1. Peso de grano seco por planta (g).....	73
3.3.2. Peso de 100 semillas (g)	75
3.3.3. Rendimiento en grano seco (kg/ha ⁻¹).....	78
3.4 VARIABLES DE CALIDAD	80
3.4.1. Contenido de proteína bruta (%)	80
3.4 EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD ECONÓMICA	82
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Clasificación taxonómica del tarwi	9
Tabla 1.2. Nombres comunes y denominaciones del tarwi	10
Tabla 1.3. Principales variedades, procedencia y características de las variedades de tarwi ...	15
Tabla 1.4. Variedades de tarwi cultivadas en las zonas altoandinas del Perú	16
Tabla 1.5. Metodología de siembra según el periodo vegetativo del tarwi.	19
Tabla 1.6. Principales plagas que atacan al tarwi	21
Tabla 1.7. Principales enfermedades que atacan al tarwi	22
Tabla 1.8. Comparación de la composición del tarwi y soya (g/100 g).	23
Tabla 2.1. Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, mínimo, promedio), precipitación y balance hídrico. Estación meteorológica Allpachaka – 3550 msnm.	32
Tabla 2.2. Datos del análisis físico – químico de la parcela experimental.....	34
Tabla 2.3. Ecotipos de tarwi y sus características morfogénicas.....	35
Tabla 2.4. Tratamientos empleados en el campo experimental. Llachoccmayo.	37
Tabla 2.5. Escala de Likert para la evaluación de color de hojas.....	48
Tabla 2.6. Escala Likert para la evaluación del vigor de la planta	48
Tabla 3.1. Análisis de variancia de la longitud de raíces (cm) de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	50
Tabla 3.2. Análisis de variancia del peso seco de las raíces (g) de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	52
Tabla 3.3. Análisis de variancia de los números de nódulos de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	54
Tabla 3.4. Análisis de variancia del peso seco de los nódulos de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	57
Tabla 3.5. Análisis de variancia de la altura de planta (m) de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	59

Tabla 3.6. Análisis de variancia del número de inflorescencias de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	61
Tabla 3.7. Análisis de variancia de la longitud de inflorescencia (cm) de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	62
Tabla 3.8. Análisis de variancia de número de vainas de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	65
Tabla 3.8. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de número de vainas en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	66
Tabla 3.9. Análisis de variancia de número de granos por vaina de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	67
Tabla 3.10. Análisis de variancia de la longitud de vaina de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	69
Tabla 3.11. Análisis de variancia del peso seco de follaje de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	72
Tabla 3.12. Análisis de variancia del peso de grano seco de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	74
Tabla 3.13. Análisis de variancia del peso de 100 semillas de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	76
Tabla 3.14. Análisis de variancia del rendimiento en grano seco (kg/ha-1) de ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	78
Tabla 3.15. Análisis de variancia del contenido de proteína bruta de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	80
Tabla 3.16. Rentabilidad económica del cultivo de tarwi en grano seco	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ecotipo de tarwi (flor color rosada), campo experimental. Llachoccmayo - Chiara, 3725 msnm.	7
Figura 1.2. Distribución geográfica del tarwi en el Perú.....	9
Figura 1.3. Raíz del tarwi, con nódulos.....	10
Figura 1.4. Ramificaciones del tallo. Principal, prominente y no prominente.....	11
Figura 1.5. Inflorescencia del tarwi. Eje central y ramificaciones secundarias y terciarias.....	12
Figura 1.6. Fases fenológicas del tarwi.	14
Figura 2.1. Georreferenciación del campo experimental. Comunidad de Llachoccmayo, distrito Chiara, provincia Huamanga, región de Ayacucho.....	30
Figura 2.2. Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, mínimo, promedio), precipitación y balance hídrico. Estación meteorológica Allpachaka – 3550 msnm.....	33
Figura 2.3. Dimensiones del campo experimental. Llachoccmayo, 3725 msnm.....	41
Figura 2.4. Dimensiones de la unidad experimental.....	42
Figura 3.1. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de la longitud de raíces en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.....	51
Figura 3.2. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) del peso seco de las raíces en las interacciones ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.....	53
Figura 3.3. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) del número de nódulos en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.....	55
Figura 3.4. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) del peso seco de los nódulos en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación.....	58
Figura 3.5. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de la altura de planta en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.....	60
Figura 3.6. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de número de inflorescencias en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación.....	62

Figura 3.7. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de la longitud de inflorescencias en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación.....	64
Tabla 3.8. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de número de vainas en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.....	66
Figura 3.9. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de número de granos por vaina en Ecotipos de tarwi. Llachoccmayo, 3725 msnm.....	67
Figura 3.10. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de número de granos por vaina con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.	68
Figura 3.11. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) longitud de vaina en ecotipos de tarwi. Llachoccmayo, 3725 msnm.....	70
Figura 3.12. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de longitud de vaina con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.....	71
Figura 3.13. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de peso seco de follaje en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). Llachoccmayo, 3725 msnm.	73
Figura 3.14. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de peso de grano seco en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.....	75
Figura 3.15. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de peso de 100 semillas en Ecotipos de tarwi. Llachoccmayo, 3725 msnm.....	76
Figura 3.16. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de peso de 100 semillas con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). Llachoccmayo, 3725 msnm.....	77
Figura 3.17. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) del rendimiento en grano seco (kg/ha-1) en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación.	79
Figura 3.18. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de contenido de proteína bruta de ecotipos de tarwi. Llachoccmayo, 3725 msnm.....	81
Figura 3.19. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de contenido de proteína bruta con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.....	81

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Costo de producción para cada tratamiento.....	92
ANEXO 2. Imágenes de evaluación de germinación, inoculación, preparación del terreno, siembra, labores culturales, cosecha y evaluación de rendimiento.	96
ANEXO 3. Imágenes de evaluaciones de la nodulación.....	102
ANEXO 4. Análisis de semillas de tarwi para determinar porcentaje de nitrógeno	104
ANEXO 5. Análisis de suelo del campo experimental después de la cosecha para determinar el porcentaje de nitrógeno residual.....	106
ANEXO 6. Análisis de suelo del campo experimental	107

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Llachoccmayo a 3725 msnm ubicada en el distrito de Chiara, provincia de Huamanga, región Ayacucho; periodo comprendido de diciembre del 2018 hasta agosto del 2019, el objetivo fue evaluar el efecto de la co-inoculación con bacterias de *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*, en el rendimiento, calidad y rentabilidad de 4 ecotipos de tarwi. El experimento se condujo con un arreglo factorial de cuatro ecotipos de tarwi con cuatro aplicaciones (inoculación con *Bradyrhizobium*, co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*, fertilización nitrogenada y testigo absoluto) se utilizó el diseño de parcelas divididas conducido en el Diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA) se estableció 16 parcelas grandes con 4 repeticiones haciendo un total de 64 Subparcelas experimentales. Se efectuó el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de contraste Tukey con nivel de significancia ($p > 0.05$). El mayor rendimiento de grano seco de tarwi corresponde a las interacciones ecotipo 3 con *Bradyrhizobium* y a la interacción ecotipo 3 con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* con 2254.01 y 2216.71 kg. ha⁻¹ de grano seco respectivamente. Los tratamientos con fertilización nitrogenada y el testigo absoluto reportaron un rendimiento mínimo de 1524.26 y 1361.17 kg. ha⁻¹ de grano seco por consiguiente una rentabilidad baja. El mayor porcentaje de rentabilidad económica se obtuvo con el ecotipo 3 más *Bradyrhizobium* 285.8 % y una utilidad de 6679.02 soles por hectárea. Todos los ecotipos inoculados con las bacterias *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* fueron significativamente superiores a los tratamientos sin inoculante y abonamiento con urea.

Palabras claves: Co-inoculación, *Bradyrhizobium*, *Azospirillum*, ecotipo y tarwi

INTRODUCCIÓN

La semilla de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) es una legumbre con un alto contenido proteico superando a la soya inclusive; además de ello, es rica en vitaminas y otros componentes que se está revalorando actualmente. Su producción se ha perdido con el paso de los años, al igual que su consumo por su contenido de alcaloides amargos, ya que estas leguminosas se cultivaron originalmente en los Andes. La producción del tarwi en la región de Ayacucho se consigue desde los 2500 m.s.n.m. hasta los 4000 m.s.n.m. en aquellos lugares que presentan condiciones edafoclimáticas adecuadas para el crecimiento y desarrollo de esta leguminosa. No obstante, los agricultores desconocen del manejo agronómico, así como la manera de vincularse al mercado, por lo tanto, ellos lo cultivan sin realizar ningún tipo de labor cultural hasta el momento de la cosecha.

Es por ello la importancia de conocer a profundidad las labores agronómicas y sobre todo la etapa fenológica, esto conlleva a una adecuada conducción de los campos de cultivo traduciéndose en una producción cuyos rendimientos serán óptimos. Sin embargo, cabe señalar que el tarwi tiene una alta capacidad simbiótica, teniendo una participación directa en el ciclo del nitrógeno atmosférico presentándose como una fuente potencial de inóculo a partir del aislamiento de bacterias presentes en el nódulo, éstas pueden ser aplicadas directamente a los granos o al suelo agrícola previo a la siembra, convirtiéndose en una solución alterna de biofertilización ecológica que podría reemplazar el uso de fertilizantes químicos nitrogenados, se cataloga como una tecnología ecológica, eco amigable con el medio ambiente y al alcance de la economía del agricultor.

Se fundamenta, que la importancia de esta investigación se enfoca en obtener resultados que comprueben que el uso de los inóculos a base de cepas de bacterias específicas fijadoras de nitrógeno atmosférico (*Bradyrhizobium* y *Azospirillum*), incrementará la productividad en beneficio del productor, así mismo reducirá los costos de producción, protección del ecosistema

agrícola y la seguridad alimentaria para las familias altoandinas. Por estas razones se desarrolló el presente trabajo de investigación cuyos objetivos son:

Objetivo general

Evaluar la influencia de la co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en el rendimiento y calidad de ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) en Llachoccmayo-Chiara.

Objetivos específicos

1. Evaluar la influencia de la co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en el rendimiento de ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) en Llachoccmayo-Chiara.
2. Evaluar la influencia de la co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en la calidad de ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) en Llachoccmayo-Chiara.
3. Evaluar el efecto de la co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en los ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) en Llachoccmayo-Chiara.
4. Evaluar la influencia de la co-inoculación en la rentabilidad económica del cultivo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. A nivel internacional

Mollinedo (2015) en la Paz – Bolivia, evaluó los efectos de los aislamientos de *Rhizobium* obtenidos de plantas cultivadas (*Lupinus mutabilis* Sweet) y plantas silvestres (*Lupinus Spp.*) sobre el crecimiento y desarrollo en condiciones de invernadero. Obteniendo rendimientos promedio de los tratamientos con rizobias nativas y silvestres, ambos fueron superiores, así como un mayor número de nódulos en comparación con el tratamiento testigo.

En La Paz - Bolivia, evaluaron la fijación biológica de nitrógeno en 03 especies de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) con abonamiento orgánico. Las 03 especies de tarwi respondieron a los tratamientos de dosis de compost donde se obtuvo resultados significativos a comparación con el tratamiento testigo. La incorporación de nitrógeno al campo de cultivo se da por los nódulos formados por el *Rhizobium*, este proceso es ayudado al añadir compost de manera positiva (Quispe R. , 2017).

En México – Jalisco, se realizó ensayos en campo sobre la acumulación de materia seca y fijación biológica de nitrógeno en diferentes especies del género *Lupinus*. Todas las especies evaluadas mostraron alta capacidad de fijación biológica del nitrógeno atmosférico, cabe mencionar que las especies cultivadas fueron las más eficientes en términos de la cantidad total de nitrógeno fijado (Zapata, 2015).

En Quito – Ecuador, se realizó un estudio enfocado principalmente en la fijación de nitrógeno de cepas de *Rhizobium spp.* en cultivos de arveja (*Pisum sativum* L.), tarwi (*Lupinus Mutabilis* Sweet), frejol (*Phaseolus vulgaris* L.), haba (*Vicia faba*) y vicia (*Vicia sp.*) en condiciones de invernadero. Como resultado se encontró que el uso de las cepas de *Rhizobium spp* en los 05 cultivos incrementó el número y tamaño de los nódulos. En el cultivo de tarwi evidenció una

mejor relación directa entre el peso de biomasa de la planta y el contenido de nitrógeno (Casa, 2014).

1.1.2. A nivel nacional

En Lima – Perú, Gonzales (2019), en su investigación obtuvo como resultado que la aplicación del biofertilizante constituido por *Azotobacter* y *Rhizobium* en los cultivos de tarwi y frijol caupí son una alternativa ambiental a la fertilización nitrogenada, genera menor costo de producción al agricultor, técnica ecoamigable con el ambiente. Además, se ha demostrado que el porcentaje de germinación de las semillas y la productividad incrementa con el suministro del biofertilizante en especial para el cultivo de tarwi.

En Lircay – Huancavelica a 3800 msnm. Se realizó estudios sobre los efectos de la bacteria *Bradyrhizobium*, en los indicadores de rendimiento y la capacidad simbiótica de dos variedades de tarwi. Los cuales mostraron diferencias muy significativas en la capacidad simbiótica, las dos variedades inoculadas obtuvieron un mayor peso fresco de raíz con nódulos (50 g) diferenciándose de las variedades sin inóculo que presentaron pesos inferiores a 23 g. En cuanto al rendimiento, se obtuvo mejor peso en las dos variedades que fueron inoculadas, con rendimientos promedios de 2412.5 kg/ha; los testigos no inoculados obtuvieron un promedio de 1756.25 kg/ha (Taípe, 2021).

Aguilar (2015), realizó evaluaciones de la capacidad simbiótica y rendimiento de grano en once accesiones de tarwi (*Lupinus Mutabilis* Sweet), en las condiciones ambientales de la provincia de Otuzco – La Libertad a 3496 msnm. Las once accesiones evaluadas son provenientes del banco de germoplasma del UNALM (Programa de Investigación de Leguminosas de Grano y Oleaginosas) y el ecotipo local (testigo) se obtuvo del mismo lugar de influencia. Los indicadores evaluados para la determinación de los caracteres agronómicos, fueron el rendimiento, el proceso fenológico de las accesiones y la nodulación con cepas nativas. Como resultado se obtuvo diferencias en el rendimiento de grano de las diferentes accesiones de tarwi evaluadas, con rendimiento promedio de 1795 kg/ha lo cual supera el promedio nacional que es de 1216 kg/ha, y el tratamiento testigo resultó menor con un rendimiento de 1191 kg/ha.

Trabajo de investigación realizado en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología - Universidad Nacional Agraria La Molina, efectos sobre de la inoculación de plantas de tarwi con bacteria *Bradyrhizobium spp.* aislado de un lupino silvestre. El objetivo era probar si los rhizobios de lupino (*Lupinus sp.*) silvestres pueden formar nódulos en las raíces y estimular el crecimiento del tarwi. Como resultado se obtuvo que las cepas rhizobianas resultaron ser

infectivas y actuaron positivamente en el crecimiento y nodulación de las plantas de tarwi; se observó nódulos de mayor tamaño en la raíz principal pivotante y en las raíces laterales. Las evaluaciones de los tratamientos sin inóculo no presentaron nódulos en la raíz principal. Se concluye que las cepas evaluadas se consideran potencialmente beneficiosas para mejorar el crecimiento de los cultivos de chocho y ser utilizadas por los productores en niveles de producción gestionados de forma sostenible. (Taco y Zúñiga, 2020).

MIDAGRI (2016), menciona que para mantener la fertilidad natural del suelo se recomienda realizar rotaciones entre leguminosas y gramíneas, lo cual es idóneo para reducir el uso indiscriminado de fertilizantes químicos e interrumpir el ciclo biológico de algunos insectos plaga. Además de ello, se puede maximizar estos beneficios realizando inoculaciones a los cultivos con bacterias eficientes de *Rhizobium*.

1.1.3. A nivel local

En Vinchos – Ayacucho a 3643 msnm, se realizó estudios sobre los efectos del *Rhizobium* en el rendimiento en vaina de 05 variedades de arveja (*Pisum sativum* L.). Obteniéndose como resultado que la inoculación del *Rhizobium*, en las 05 variedades de arveja genera mayores respuestas en los rendimientos y en el número de nódulos, en los cuales se mostraron mayor eficiencia y capacidad infectiva del rizobio; alcanzándose un mayor porcentaje de rentabilidad que oscila entre 193% de rentabilidad en la producción (Solorzano, 2012).

En las parcelas demostrativas de la escuela de formación profesional de Agronomía – UNSCH, se evaluó el abonamiento orgánico e inoculación con *Rhizobium* en el rendimiento de variedades de arveja (*Pisum sativum* L.). Los resultados que se obtuvieron demostraron que los tratamientos con estiércol de ovino y *Rhizobium* en todas las variedades de arveja, presentaron altos rendimientos en vaina verde y grano seco, así como también una alta rentabilidad económica en vaina verde y grano seco (Quispe, 2018)

1.2. GENERALIDADES SOBRE EL CULTIVO DE TARWI

1.2.1. Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) es la única especie de leguminosa cultivada tradicionalmente en los Andes de América del Sur, desde los 1500 msnm, encontrándose la especie en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina. Sus semillas son valoradas por su alto contenido proteico y por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en asociación simbiótica con rizobios. Por su naturaleza restituye la fertilidad del campo de cultivo en la zona alto andina desde tiempos preincaicos, esta leguminosa a la vez se desarrolla en valles templados. El tarwi exhibe una amplia diversidad genética con una gran variación en

la arquitectura de la planta, adaptación al suelo, lluvia, temperatura, altitud y temporada de crecimiento. Asimismo, la madurez temprana varía, el contenido de proteína, los aceites, los alcaloides, el rendimiento y la tolerancia a plagas y enfermedades también difieren. (Jacobsen y Mujica, 2006).



Figura 1.1. Ecotipo de tarwi (flor color rosada), campo experimental. Llachoccmayo - Chiara, 3725 msnm.

Mujica (2006), hace mención que el tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), conocido también como tauri o chocho, es una leguminosa consumida como alimento desde épocas preincaicas en los países andinos (Ecuador, Perú y Bolivia). Presenta altos porcentajes de proteína y grasa, se caracteriza por almacenar nitrógeno ambiental en los nódulos de sus raíces, debido a su contenido de alcaloides es de sabor amargo, y se adapta a diversas condiciones climáticas con mínimas exigencias de suelo. Por consiguiente, el consumo de tarwi va disminuyendo cada vez por el desconocimiento de sus características nutricionales, falta de asistencia técnica para su producción e ignorancia de las potencialidades y posibilidades tecnológicas de industrialización que ofrece.

El tarwi es una leguminosa herbácea muy antigua originaria de los Andes peruanos. Se cultiva principalmente en climas templados y fríos entre los 2000 y 3800 metros sobre el nivel del mar. Gracias a su alto contenido proteico, superior al de la soja, ha sido una planta de interés para las familias campesinas desde sus inicios, por su capacidad para abordar temas de soberanía y seguridad alimentaria, con especial atención a niños y jóvenes y un adecuado bienestar físico y desarrollo mental (Tapia, 2015).

1.2.2. Origen e historia

El origen del lupino se fundamenta en la existencia de dos grandes grupos: los del viejo mundo que se encuentran en el Mediterráneo, llamados altramuces o Lupinus dulces (*Lupinus albus* L., *Lupinus luteos* L. y *Lupinus angustifolius* L.), y los del Nuevo Mundo dentro de los países de: Ecuador, Perú y Bolivia, quienes lo conocen como tarwis o chochos (*Lupinus mutabilis* Sweet) además de sus parientes silvestres. Se presume que la población preinca domesticó esta leguminosa hace ya más de 1500 años de acuerdo a las evidencias encontradas en cerámicas y tejidos, en donde se evidencia la imagen estilizada del tarwi. Los restos de granos de tarwi fueron halladas en tumbas de la cultura Nazca (100-500 a. C.). Se ha evidenciado figuras de esta leguminosa en cerámicas y vasos ceremoniales de la cultura Tiahuanaco (500-1000 d. C.) en el altiplano peruano. La primera mención del tarwi proviene del sacerdote Valverde, quien escribió una carta al Rey de España en 1539 durante el período colonial, sugiriendo que los impuestos pagados por la población local deberían usarse las semillas de tarwi. (Mujica, 2006). Carrillo (1956) citado por Tapia (2015) se menciona que hace por lo menos cuatro mil años dos culturas antiguas, las civilizaciones egipcia y andina, fueron los primeros en domesticar y usar dos especies de chocho como alimento: *Lupinus luteos* en Egipto y *Lupinus mutabilis* en los Andes. Curiosamente, ambas culturas primero sometieron a la especie a un proceso de maceración y lavado para eliminar los alcaloides antes de utilizarla como alimento.

Jacobsen y Mujica (2006), plantean que los centros de origen del tarwi se encuentra ubicada en las regiones andinas de Bolivia, Ecuador y Perú, donde se encontró la mayor variación genética. En estas regiones se han identificado 83 especies del género *Lupinus*.

1.2.3. Distribución geográfica

Se considera dos grandes grupos de especies de lupinus: los del viejo mundo (*Lupinus luteus*, *Lupinus albus*) que son cultivados en la zona mediterránea de España, Italia y Grecia consumiéndose en forma de pipos, y los lupinus de las zonas altoandinas de América del Sur; estas se seleccionaron para la alimentación humana, llegando a consumirse desde Colombia hasta Bolivia. En el caso del lupino andino su producción va desde los 2200-3500 msnm localizándose en la Sierra de la Libertad, Callejón de Huaylas, Áncash, el Valle del Mantaro (Junín), valle de Vilcanota (Cusco), Ayacucho y Abancay en Perú y Cochabamba, Potosí y Sucre en Bolivia siendo de esta manera los mayores centros de biodiversidad. También se cultiva alrededor del Lago Titicaca sobre los 3800 msnm en suelos franco arenosos, su producción está enfocado en las regiones de Yunguyo y Pomata en el Perú (Tapia, 2015).



Figura 1.2. Distribución geográfica del tarwi en el Perú

Fuente: Camarena (2011) citado por Mujica (2006)

1.2.4. Clasificación taxonómica

Tabla 1.1. Clasificación taxonómica del tarwi

Taxonomía del Tarwi	
Reino	: Vegetal
Subreino	: Fanerogamae
División	: Espermatophitas
Clase	: Dicotiledónea
Orden	: Rosales
Suborden	: Leguminosae
Familia	: Fabaceae
Subfamilia	: Faboideae
Tribu	: Genisteae
Género	: <i>Lupinus</i>
Especie	: <i>Lupinus mutabilis</i>
Nombre científico	: <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet

Fuente: Mujica (2006)

Mujica (2006), el chocho es una leguminosa que pertenece a la familia Fabaceae, género lupinus, tiene una extensa distribución a nivel mundial, con cerca de 300 especies y en la región andina se diferencia 83 especies silvestres de este género, que posiblemente se originaron por

alteración genética y biológica de una o varias de estas especies. De igual forma hace mención que existe otras especies de lupinos nativos en Europa: *Lupinus albus L.*, *Lupinus luteus L.* y *Lupinus angustifolius L.*

Estudios realizados en 22 poblaciones de 16 especies del género *Lupinus*, que provinieron de la zona alto andina, suelen presentar $2n=48$ cromosomas, siendo una excepción *Lupinus bandelierae* C. P. Smith ($2n=36$).

1.2.5. Denominaciones y nombres comunes

Tabla 1.2. Nombres comunes y denominaciones del tarwi

Nombres comunes	
País	Descripción
Perú	: Tarwi, chocho, ccequilla, chochito, tauri
Bolivia	: Chuchus muti, tauri, chuchus
Ecuador	: Chocho, chochito
Colombia	: Chocho
Denominación	
Idioma	Descripción
Español	: Altramuz, lupino, chocho
Aymara	: Tauri
Quechua	: Tarwi, tarhui
Ingles	: Andean lupine, pearl lupin

Fuente: Mujica (2006)

1.2.6. Características botánicas

a. Raíz

El cultivo de tarwi presenta una raíz pivotante profunda que puede desarrollarse hasta una profundidad de 45-50 cm. En esta sección se efectúa el desarrollo de los nódulos de variados tamaños (1 a 3 cm) conteniendo bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Bradyrhizobium* o *Rhizobium* con el fin de realizar simbiosis. Estos nódulos se encuentran principalmente en la raíz primaria (Figura 1.3.). Por lo tanto, para obtener resultados positivos en la nodulación se deben seleccionar cepas bacterianas efectivas que soporten condiciones climáticas específicas (Mujica, 2006).



Figura 1.3. Raíz del tarwi, con nódulos

La raíz tiene la función de soporte y de conducir la savia del suelo a otros órganos de la planta, se caracteriza por presentar una estructura gruesa y pivotante, y su cualidad más destacada es

que posee una gran cantidad de nódulos con un peso promedio de aprox. 50 gramos por raíz, éstas se asocian con bacterias llamadas *Rhizobium spp.*, que fijan el nitrógeno atmosférico y producen de 40 a 80 kg/ha de nitrógeno al año (Tapia, 2015).

b. Tallo

Mayoría de las variedades presentan un tallo único de forma cilíndrica, algunas veces ligeramente aplanada. En cuanto a la estructura de la planta existe una alta variación, con o sin tallo principal prominente, así como desde un tallo casi sin ramificación a uno con pocas ramas secundarias o con mucha ramificación (Tapia, 2015).

Mujica (2006), afirma que la altura de la planta varía entre 0,5 a 2,0 m y está caracterizada por el eje central y/o principal. El tallo por lo general es muy leñoso, presenta alto contenido de fibra y celulosa, puede ser utilizado como leña o material de combustión. El color del tallo varía entre verde oscuro y castaño, las especies silvestres presentan tallos de color rojizo a morado oscuro. El número de ramas varía hasta un máximo 52 ramas.

c. Ramificaciones

Blanco (1982) citado por Mujica (2006), describe que el tarwi según el tipo de ramificaciones (Figura 1.4.), puede haber un eje principal central, predominante con ramas que nacen desde la mitad de la planta tipo candelabro con ramas terminales, o de una ramificación desde la base con las inflorescencias a la misma altura.

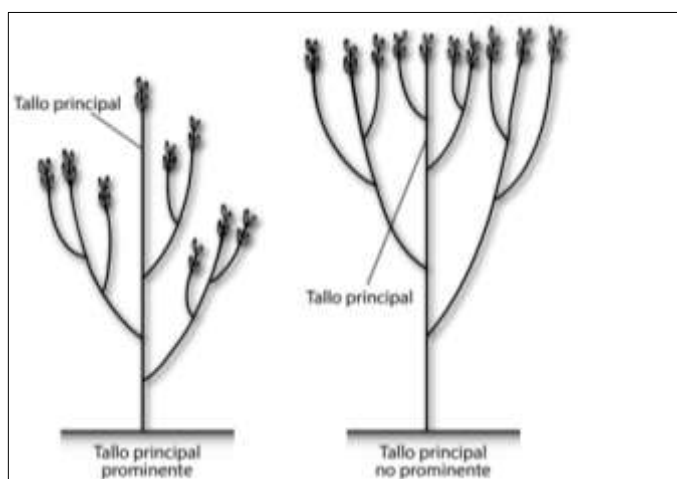


Figura 1.4. Ramificaciones del tallo. Principal, prominente y no prominente.

Fuente: Blanco (1982) citado por Mujica (2006).

d. Inflorescencia

Presenta una inflorescencia terminal, las flores están ubicadas verticalmente. El eje principal por lo general presenta una longitud mayor, disminuyendo de manera subsecuente en las siguientes ramificaciones, existen variedades donde las inflorescencias secundarias y terciarias

superan en tamaño a la inflorescencia primaria (ver Figura 1.5.). Este tipo de crecimiento se llama simpodial. Se pueden ver más de 60 flores en una sola inflorescencia (Mujica, 2006).

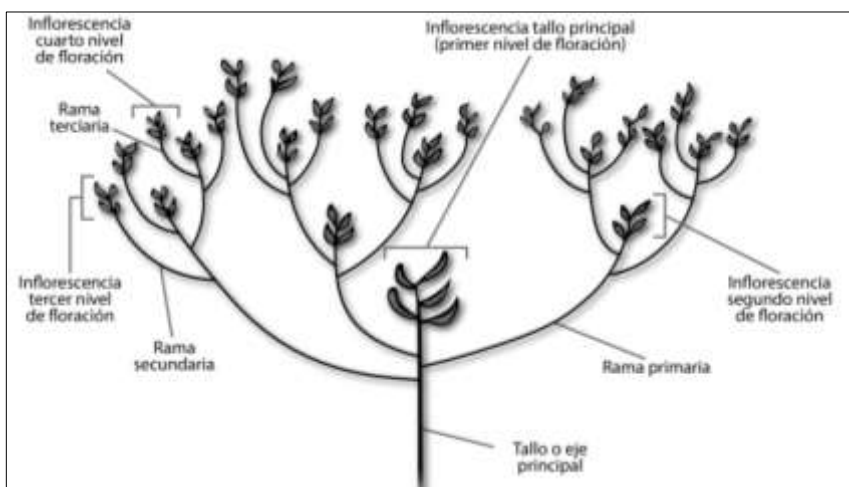


Figura 1.5. Inflorescencia del tarwi. Eje central y ramificaciones secundarias y terciarias

Racimo terminal con flores ordenados de manera verticilada. Cada flor mide aproximadamente de 1 a 2 cm de largo. La quilla rodea el pistilo y a los diez estambres. Se pueden contar más de mil flores en una sola planta de tarwi y sus pétalos van desde el blanco, crema, azul, hasta el púrpura (Tapia, 2015).

e. Hojas

Las hojas son de tipo digitada con folíolos que pueden variar en cantidad, desde 5 a 12 folíolos de forma oblonga. Presentando, además hojas de tamaño pequeño en la parte basal del pecíolo. Estos folíolos se presentan de forma elíptica o ensanchadas en el extremo, variando desde glabras a ligeramente pubescentes (Tapia y Fries, 2007).

La planta de tarwi presenta pecíolos muy largos de 4 a 8 cm de longitud. Las hojas del tarwi se diferencian de otras especies de *Lupinus* porque estas no presentan vellosidades en la epidermis (Chincheros, 1996).

f. Flor

Las flores presentan pigmentaciones en la corola de distintas tonalidades que va desde el color blanco, crema, amarillo, rosado, púrpura, azul púrpura hasta la tonalidad morada. Esta diferencia de tonalidades es por la presencia de la antocianina y flavonoides. Las flores presentan cinco pétalos, un estandarte, dos quillas y alas. Se ha evidenciado que una inflorescencia presenta aprox. de 20 a 80 flores tal es el caso del lupino de color blanco. En el primer nivel de floración el número de flores por racimo es superior al último nivel, que va disminuyendo progresivamente (Camarena et al., 2012).

La quilla ciliada cubre el pistilo y los 10 estambres que son monodelfos. Las anteras presentan tamaños diferentes que están presentes de manera alterna. El cáliz se caracteriza por presentar un borde dentado muy pubescente y el estilo es encorvado. Además, la tasa de polinización cruzada de tarwi es de aproximadamente 5% a 10%; además, puede superar el 10% según el ecotipo y las condiciones ambientales. Estas características sitúan al tarwi entre los cultivos autopolinizados y alógamos, deben tenerse en cuenta en los esfuerzos de mejora genética (Lezcano, 1994).

g. Fruto

Según Tapia y Fries (2007), indican que el fruto presenta una vaina dehiscente con semillas dispuestas en una hilera con un tamaño variable de 4 hasta 15 mm. Las semillas son de diversas formas: elipsoidal, lenticular, algunas redondeadas y otras con forma semi cuadrada.

Blanco (1982) mencionado por Mujica (2006), considera que el fruto del tarwi son vainas pubescentes con una pigmentación de color verde oscuro cuando estas son tiernas, y glabro de color pajizo cuando es maduro. El fruto puede contener de 1 a 8 semillas elípticas o lenticulares. Las vainas pueden tener forma ovalada u oblonga, de 6 a 12 cm de largo y de 1,5 a 2,3 cm de ancho, con puntas agudas.

h. Semilla

Dentro de una vaina que mide aproximadamente de 5 a 12 cm, podemos encontrar entre 1 a 8 semillas, con diversas formas desde redondas, ovaladas y casi cuadrangular que miden de 0,5 a 1,5 cm. En un kilogramo podemos encontrar de 3.500 a 5.000 semillas, cuyo tamaño depende de la cosecha y de las condiciones agrotécnicas de la variedad. El color de las semillas puede variar de blanco, gris, baya, marrón, negro e incluso de color mármol. Algunas semillas blancas tienen un tono de color diferente y se pueden distribuir como cejas, barbas, medias lunas, hasta punteada e incluso marmoleada (Tapia, 2015).

Mujica (2006), resalta que las semillas presentan un tegumento muy duro constituyendo hasta el 10% de su peso total; donde se puede encontrar alcaloides que le confiere el sabor amargo. También muestra que el color del grano varía entre blanco, amarillo, gris, ocre, marrón, castaño, pardo y combinaciones de colores como jaspeado, marmoleados, media luna, ceja y salpicado.

1.2.7. Fases fenológicas del tarwi

Lescano (1994), describe las etapas fenológicas por las que pasa el tarwi, desde la siembra hasta la cosecha.



Figura 1.6. Fases fenológicas del tarwi.

a. Emergencia

Se puede observar dos cotiledones en esta fase, con una coloración de verde intenso, completamente expuestos y extendidos sobre el nivel del suelo. Esta fase ocurre a partir de los 15 y 25 días después de la siembra (Figura 1.6.).

b. Primera hoja verdadera

Como se observa en la (Figura 1.6.) después de la emergencia se muestra el hipocótilo de donde sale la primera hoja verdadera; esta fase ocurre cuando esta hoja verdadera se despliega por completo.

c. Formación del racimo en el tallo central

Los primeros racimos de flores aparecen a partir del brote terminal, en el eje central de la planta, en línea con la ramificación tricotómica. Estas plántulas tienen de 4 a 5 hojas verdaderas.

d. Floración

Del racimo del eje central sale la primera flor. La floración ocurre a partir de los 100 a 130 días después de la siembra. Cabe mencionar que esta fase es bastante susceptible a granizadas, bajas temperaturas y sequías que pueden ocasionar la caída de flores.

e. Envainado

Al marchitarse la corola de la primera flor, se da inicio al envainado; presentando una forma característica que se asemeja a la uña de gato, de color verde oscuro con demasiadas pilosidades.

f. Madurez fisiológica

Cuando las vainas alcanzan su tamaño máximo, toman un color pajizo, cuando las semillas en su interior alcanzan su tamaño normal, toman el color característico de la variedad. En esta etapa, la vaina del eje central se ha decolorado y secado por completo, aunque la primera, segunda y tercera ramas continúan floreciendo, posteriormente toda la planta pierde color y en una etapa posterior comienza a marchitarse y secarse.

1.2.8. Variedades y germoplasmas

a. Variedades en América del Sur

Garay (2015), señala que los cultivares de tarwi son poblaciones de plantas de la misma especie que comparten rasgos genéticos similares, así como características fisiológicas, morfológicas y otras características comunes; cultivar es sinónimo de variedad. De manera similar, las variedades locales de tarwi (ecotipos) se definen como un grupo de plantas que no cumplen con la definición de variedades utilizadas tradicionalmente por los agricultores en un área determinada y que no están sujetas a un sistema de cultivo, control sistemático y mejora genética del cultivo.

Según Jacobsen y Mujica (2006), hay muchas razas y variedades conocidas. La tabla 1.3. muestra las variedades más importantes de Perú, Bolivia, Ecuador y Chile.

Tabla 1.3. Principales variedades, procedencia y características de las variedades de tarwi

País	Nombre de la variedad	Localidad de selección	Institución	Característica principal
Perú	Cusco	Kayra-Cusco	CICA-UNSAAC	Flor blanca
Perú	Carlos Ochoa	Kayra-Cusco	CICA-Cusco	Alto rendimiento
Perú	Fortunato H.	Kayra-Cusco	CICA-Cusco	Alto rendimiento
Perú	Kayra	E. E. Andenes	INIA-Cusco	Alto rendimiento
Perú	Huamachuco	E. E. Baños del Inca	INIA- Cajamarca	Tolera antracnosis
Perú	Alta gracia	E. E. Santa Ana	INIA-Huancayo	Alto rendimiento
Perú	Puno	E. E. Ilpa	INIA-Puno	Precoz, pequeña
Perú	H6	E. E. Huancayo	UNCP	Buen rendimiento
Perú	SCG-9	Kayra- Cusco	CICA-UNSAAC	Alto rendimiento
Perú	SCG-25	Kayra- Cusco	CICA-UNSAAC	Alto rendimiento
Perú	Sacacatani	E. E. Camacani	UNA-Puno	Alto rendimiento
Perú	SCG-1 al SCG-4	E. E. Camacani	UNA-Puno	Precoz
Perú	Andenes-80	E. E. Andenes-Cusco	INIA-Cusco	Alto rendimiento
Perú	Yunguyo	E. E. Ilpa	INIA-Puno	Alto rendimiento
Bolivia	Toralapa	E. E. Payrumani	INIAP-Cochabamba	Alto rendimiento
Bolivia	Carabuco	E. E. Payrumani	INIAP-Cochabamba	Alto rendimiento
Chile	Inti	E. E. Gorbea	Semillas Baer	Libre de alcaloides
Ecuador	INIAP450- Andino	E. E. Santa Catalina	INIAP-Ecuador	Alto rendimiento
Ecuador	INIAP-451	Catalina	INIAP-Ecuador	Grano blanco

Fuente: Jacobsen y Mujica (2006)

b. Variedades comerciales en Perú

Tapia (2015), hace mención que actualmente existen alrededor de 3 o 5 variedades seleccionadas de Cusco (K'ayra) SCG-25 y Huancayo, Estación Experimental Mantaro (HI, H6); así como en la región La Libertad que han alcanzado rendimientos de 3000 kg/ha.

Tabla 1.4. Variedades de tarwi cultivadas en las zonas altoandinas del Perú

Variedad	Región	Liberado por institución
Yunguyo	Puno	INIA
Andenes	Cusco	INIA
H-6	Junín	PLGO - UNALM
Altagracia	La libertad	Agricultores
Cholo fuerte	Áncash	CEDEP
Cusco 1	Cusco	UNSAAC
Cusco 2 (Tarwi dulce)	Cusco	UNSAAC
PLGO-1	Huánuco	Universidad Nacional Hermilio Valdizán
Cajamarca	Cajamarca	Universidad Nacional de Cajamarca

Fuente: Tapia (2015)

c. Germoplasma

Según Mujica (1990), indica que el mayor banco de germoplasma de tarwi existe en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú. En el CICA-CUSCO (Centro de Investigaciones de Cultivos Andinos). Teniéndose guardado 1209 accesiones de germoplasma de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), estos fueron estudiados, caracterizados y evaluados, para mejorar las potencialidades productivas de los cultivares. Sin embargo, se han producido nuevas variedades denominados Carlos Ochoa y Fortunato L. Herrera, que abarcan mayor superficie de uso en las provincias de Cusco. Así como también, el INIA-Cusco (Instituto Nacional de Innovación Agraria), en la Estación Experimental Andenes, preserva germoplasmas de chocho en el programa de Investigación de Cultivos Andinos, generando nuevas variedades, como la conocida Andenes-80.

1.2.9. Exigencias climáticas y edáficas

a. Temperatura

El chocho es una leguminosa que presenta una adaptabilidad generalmente a climas fríos, en el Perú y Bolivia se cultiva a más de 4000 msnm. Así mismo existen ecotipos que soportan temperaturas por debajo de -9.5 °C. todo ello, depende de su fase fenológica en la que se encuentra, es susceptible a las heladas después de la emergencia en estado de plántulas. Sin embargo, este cultivo se puede encontrar en zonas con mucha incidencia de heladas por debajo de los -4 °C pasada la etapa de floración (Tapia y Fries, 2007).

El rango óptimo de temperatura de 20 a 25°C durante el día y de 8°C a 14°C por la noche también favorece hasta un 20% de producción de aceite. El tarwi es muy resistente a las bajas temperaturas (heladas) después de la primera y segunda floración, especialmente durante el período de formación del grano. Además de la sequía prolongada, estas características de las semillas permiten una mejor adaptación a las condiciones climáticas cambiantes, lo que reduce su vulnerabilidad al cambio y la variabilidad del clima. (Cuna, 2011).

b. Precipitación

El cultivo de tarwi es una leguminosa bajo lluvia, ya que no depende del riego programado ni de cantidades específicas según el periodo vegetativo, más bien depende de la determinación del medio ambiente. El chocho requiere de 500 a 700 mm de agua de lluvia, y la mayor demanda de agua se da durante los periodos de floración y fructificación (Gross, 1982).

Cuna (2011), indica que el tarwi requiere precipitaciones entre 400 a 800 mm, señala que el tarwi es vulnerable a las heladas tardías que ocurren entre los meses de setiembre, cuando el cultivo se encuentra en estado de emergencia. Y también muestra sensibilidad a las heladas tempranas de abril a mayo, cuando ésta se encuentra en formación de vainas en las ramas secundarias.

c. Humedad Ambiental

Por lo general, el tarwi se suministra agua durante la temporada de lluvias. Esta leguminosa es sensible al exceso de humedad y ligeramente sensible a la sequía durante las etapas de floración y envainado. Un problema de sequía en el periodo de floración de su fenología provocará la caída de flores y frutos. Por otro lado, las tormentas de granizo pueden provocar la caída de las flores y daños en los vástagos y las vainas. (Camarena *et al.*, 2012).

d. Suelo

Las plantas de tarwi se acondicionan a suelos de textura gruesa, de la misma manera se desarrolla adecuadamente en suelos de tipo salino en laderas y de baja fertilidad. Sin embargo, en suelos orgánicos el desarrollo es estimulado y se retarda la etapa de floración. Mientras que, en suelos arcillosos con poca aireación y mal drenaje, la simbiosis con *Rhizobium* se ve reducida (Tapia, 2015).

En cuanto a requerimiento de suelos el tarwi no es exigente, cualidad que le permite a las semillas adaptarse a suelos de poca fertilidad, esta característica le confiere un carácter rústico necesaria para poder enfrentarse a diversos cambios climáticos. En este caso, hay que tener en cuenta que el suelo destinado a la plantación no debe ser arcilloso ni muy húmedo, bien drenado para evitar el estancamiento de agua durante la fase fenológica. Por otro lado, en el terreno que

se elegirá, no se debe cultivar otro tipo de leguminosa como (haba o arveja) en los últimos 2 a 3 años, esto debido a que el chocho incrementa la disponibilidad de nitrógeno en el suelo mediante la simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno que se encuentran en los nódulos de la raíz. (Cuna, 2011).

1.2.10. Manejo agronómico

a. Preparación del terreno

Garay (2015), menciona que una adecuada preparación de terreno y mayor calidad de suelo, se obtendrá mayores rendimientos. Para poder realizar esta labor debemos considerar la finalidad de obtener una buena producción, si será solo para consumo o como también para comercializarlo. Todo ello, dependerá de la economía del productor y de sus características socioculturales. Las distintas herramientas que se utilizan para la preparación del terreno se describen a continuación:

- Labranza cero
- Preparación con chaquitaclla: se realizará en suelos suaves, para obtener suelos bien preparados.
- Preparación con yuntas
- Preparación con tractor agrícola: se realiza el arado, desterronado, mullido y surcado del terreno.

La preparación del suelo se puede hacer con chaquitaclla o yunta dependiendo del tipo de suelo y la rotación de cultivos; Las áreas de tierras altas reciben una labranza mínima ya que las malas hierbas son raras y mantener la humedad del suelo es una prioridad (Cuna, 2011)

b. Siembra, época y densidad

Esta labor es de suma importancia porque de esta depende el éxito de una buena cosecha y producción. La siembra se realiza por lo general en condiciones de lluvia, de manera tradicional, en pequeñas parcelas aisladas. La siembra se efectúa bajo el sistema de siembra al voleo, además de ello, puede realizarse entre surcos (50 a 60 cm), o en golpes sin previa remoción del suelo de manera directa o sin voleo del terreno. Con el sistema de siembra en surcos se obtienen mejores rendimientos, en el que se utiliza entre 60 – 80 kg /ha de semilla (Tapia y Fries, 2007). Camarena et al., (2012) recomienda sembrar según el periodo vegetativo de cada ecotipo (tabla 1.5.). Por otro lado Garay (2015) menciona que la densidad de siembra del cultivo de tarwi es de 30 a 40 kg/ha⁻¹, con distanciamiento entre surcos y golpes de 0.80 m y 0.40 m respectivamente.

Tabla 1.5. Metodología de siembra según el periodo vegetativo del tarwi.

Ecotipos precoces		
Periodo vegetativo	:	05 a 06 meses
Modalidad de siembra	:	Surcos y golpes
Distanciamiento entre surcos	:	0.80 m
Distanciamiento entre golpes	:	0.30 m
Número de semillas por golpe	:	03 a 05 semillas
Ecotipos tardíos		
Periodo vegetativo	:	Más 06 meses
Modalidad de siembra	:	Surcos y golpes
Distanciamiento entre surcos	:	0.80 m
Distanciamiento entre golpes	:	0.60 m
Número de semillas por golpe	:	03 a 05 semillas

Fuente: Camarena et al. (2012)

c. Fertilización y abonamiento

El tarwi puede presentar coloración muy clara en las hojas llamada clorosis, esto sucede en terrenos alcalinos con un pH mayor a 7.0, este fenómeno empeora por la escasa presencia del hierro. En terrenos ligeramente ácidos, el tarwi extrae la mayor cantidad de los minerales esenciales presentes en ella. (Gross, 1982).

Las raíces al penetrar el suelo profundamente, influye bastante en la estructura y el contenido de materia orgánica en el suelo. Siendo el tarwi una leguminosa, no requiere de abonamiento nitrogenado. Estas fijan nitrógeno atmosférico a través de las bacterias de *Rhizobium lupini* que se encuentran en los nódulos de las raíces de estas, que viven en simbiosis con la planta (Tapia y Fries, 2007). En el caso del nitrógeno, se utiliza guano de granja porque no requieren grandes dosis, ya que es un cultivo que capta el nitrógeno del aire y lo fija en el suelo. (Camarena et al., 2012). Así mismo Jacobsen y Mujica (2006), describe que el chocho fija hasta 100 kg/ha de nitrógeno atmosférico, de esta forma devuelve la fertilidad al terreno.

d. Labores Culturales

• Control de maleza

Garay (2015), afirma que el tarwi es susceptible a la competencia con malezas, principalmente en los estadios iniciales de su desarrollo, reduciendo significativamente el rendimiento si esta no se controla de manera oportuna. La disminución del rendimiento depende de la capacidad competitiva de la población de malezas, densidad, agua, luz y nutrientes.

Se realiza en los primeros estadios del cultivo cuando las plantas tienen cuatro hojas verdaderas, con esto se eliminan plantas fuera de tipo, plantas anormales o con problemas de sanidad; ayudando a disminuir malezas, plantas hospederas de plagas y enfermedades evitando la competencia por el agua y los nutrientes. Esta labor se realiza con la ayuda de herramientas agrícolas, como lampas y azadones (DRAC, 2017).

- **Aporque**

Consiste en acumular tierra alrededor de las plantas, con lo cual se logra cambiar el surco que facilita el drenaje o riego, favorece el desarrollo de sistema radicular, controla malezas, airea el suelo y principalmente el anclaje de las plantas; esta actividad se realiza cuando las plantas tienen una altura de 0.40 a 0.60 m (DRAC, 2017).

e. Riego

Gross y Von (1981) citado por FAO (2007), señala que el suministro de agua en la producción del tarwi es una actividad de suma importancia, este condiciona a que se produzca una adecuada germinación, crecimiento y desarrollo óptimo, una adecuada floración y envainado y por consiguiente buena producción. Los requerimientos hídricos van a depender de los ecotipos cultivados esto debido a que el tarwi se produce en estación lluviosa, por lo que sus requerimientos hídricos oscilan de 400 a 800 mm. La planta de tarwi es muy sensible a un estrés hídrico prolongado en la formación de flores y llenado de vainas, esto afecta seriamente el rendimiento del cultivo.

h. Cosecha

La cosecha ocurre cuando las plantas están completamente maduras; un indicador de esta etapa es un crujido cuando se sacude toda la planta, lo que indica que los granos en las vainas están libres. Las vainas se recolectan a mano o con hoz; para facilitar la recolección de vainas, se colocan en sacos o mantadas, para luego ser trasladados a la zona de secado y luego almacenarlo en depósitos acondicionados (Garay, 2015).

Tapia (2015), indica que la cosecha se puede realizar generalmente durante los tres periodos de maduración de las vainas según la ubicación de las flores en la inflorescencia. La cosecha se realiza cuando toda la planta presenta cambios de color a marrón claro y la semilla se encuentra endurecida, las vainas cosechadas se someten a la trilla esta puede ser a mano o con maquinaria.

i. Rendimiento

Tapia (2015) menciona que el criterio de evaluación referido al índice de rendimiento oscila entre 1/6 y 1/18. De igual forma, la relación entre el kilogramo de semillas sembradas y el kilogramo de grano cosechado es diferente cuando la densidad de plantación es de 60 kg/ha. Se

enfatisa, que es muy difícil determinar un promedio de rendimiento del tarwi ya que este cultivo a nivel nacional se produce bajo diferentes criterios de producción: cultivo bajo secano, factor económico variado, nivel de tecnología muy diferenciado, diferentes condiciones del suelo y el régimen climático.

j. Postcosecha

Se recomienda ciertas prácticas de manejo postcosecha luego de la trilla, esto con la finalidad de que se produzcan pérdidas innecesarias como el secado del grano, actividad que se puede realizar exponiendo las semillas al sol durante un determinado período de tiempo se recomienda de uno a dos días. El clasificado del grano, se efectúa con la finalidad de obtener un producto de alta calidad donde se elimina granos partidos y residuos de cosecha, como resultado se refleja un mejor precio en el mercado (Mujica, 2006).

1.2.11. Plagas

Garay (2015), afirma que la plaga aparentemente no afecta al tarwi excepto en épocas de sequía. Durante la estación seca (veranillos) en los Andes, se observa la aparición de plagas.

Tabla 1.6. Principales plagas que atacan al tarwi

Nombre común	Nombre científico	Ataque
Insectos del suelo		
Cortadores	<i>Feltia</i> spp. <i>Agrostis</i> <i>Copitarsia Turbata</i>	Larvas cortan Plántulas
Gusano peludo de la semilla	<i>Astylus</i>	larva corta cotiledones y raíz; adulto come polen.
Barrenadores		
Gorgojo Barrenador del tallo	<i>Apion</i> spp.	Galería en la base del tallo
Minador de hojas	<i>Liriomiza</i> sp.	Minan las hojas, comen parénquima.
Picadores		
Trips	<i>Frankliniella</i> spp.	Perforan hojas
Cigarritas	<i>Bergalia</i>	Consumen savia. Transmiten virus.
Masticadores		
Loritos	<i>Diabrotica</i> spp.	Consumen hojas
Cathua	<i>Epicauta</i>	

Fuente: Frey y Yabar (1983) citado por Garay (2015)

1.2.12. Enfermedades

Garay (2015), el chocho es un cultivo relativamente libre de enfermedades, pero los campos de monocultivo pueden desarrollar plagas y enfermedades que pueden afectar seriamente la producción. Frey y Yabar (1983) citado por Garay (2015) han elaborado un manual con las enfermedades más importantes .

Tabla 1.7. Principales enfermedades que atacan al tarwi

Nombre común	Patógeno	Control
Antracnosis	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Eliminar rastrojo infectado, rotación de cultivos y desinfección de semilla.
Quemado del tallo	<i>Ascochyta</i> sp.	Evitar la siembra en terrenos húmedos
	<i>Phoma lupini</i>	Evitar el encharcamiento.
Marchitez	<i>Rhizoctonia solani</i>	Drenar los suelos encharcados
	<i>Fusarium oxysporum</i>	Rotación de cultivos (plantas adultas)
Roya	<i>Uromyces lupini</i>	Rotación de cultivos Siembra oportuna
Mancha anular	<i>Ovularia lupinicola</i>	Innecesario
Pudrición de la base del tallo	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Rotación de cultivo

Fuente: Frey y Yabar (1983) citado por Garay (2015)

1.2.13. Importancia del valor nutritivo y usos del tarwi

El chocho presenta dos grupos grandes de nutrientes: 20% de grasa y más de 40% de proteína. Aunque tiene un alto contenido de proteínas, la falta del aminoácido esencial metionina reduce la calidad de la proteína del lupino; esta deficiencia se puede remediar mezclando el chocho con otros granos andinos para convertirlo en un alimento rico en proteínas. El contenido de grasa es de una excelente calidad y proporciona mucha energía contribuyendo al crecimiento y desarrollo (Tapia y Fries, 2007).

Tapia (2015) detalla que el tarwi presenta de 27 a 45 % de proteína, grasa 14 a 23.6 % y alcaloides 1.7 a 3.4 %. El contenido de proteína es superior al de la soya y el contenido de grasas es ligeramente inferior.

Salazar (2015), indica que existe una amplia variedad de dietas a base de lupinus, así como: picante de tarwi, ceviche de tarwi, jugo de tarwi mezclado con papaya, pepian de chocho, lomito con tarwi, mazamorra de chocho combinado con naranja, entre otros. Al realizar un análisis de estas dietas podemos ver la combinación de tubérculos con lupinus, mezcla con frutas, lo cual es idóneo para aprovechar al máximo los minerales presentes en el Lupinus (Hierro con Limón o naranja, ayuda a la formación de hemoglobina). Por otra parte, los aceites del *Lupinus*, son promisorios para la industria, hacia la proyección de contar con un producto similar al aceite de soya, el cual contendría aceites poliinsaturados (oleico, linoleico y linolénico), los cuales son beneficiosos para la salud, en especial para la prevención de enfermedades cardiovasculares. De la misma forma plantea que el tarwi presenta un gran valor nutritivo por su alto contenido

de proteínas (38.9%), grasa (17.1 %), calorías (411 cal/100g), y alcaloides (3.5% a 4.2%) lo cual no permite el consumo directo, debiendo eliminarse primeramente estos.

Haciendo el respectivo análisis bromatológico, encontramos que el tarwi presenta en promedio 35.5% de proteína, 16.9% de aceites, 7.65% de fibra cruda, 4.145% de cenizas y 35.77% de carbohidratos, existiendo una correlación positiva entre los alcaloides y la proteína, y se muestra negativa entre los aceites y proteínas (Tabla 1.8). Se ha realizado experimentos y ensayos usando harina de tarwi, resultando recomendable sustituir en un 10% harina de trigo, de esta manera sin variar la calidad, volumen, suavidad, color de corteza, textura, aroma, simetría de forma y sabor del pan. Por consiguiente, el pan elaborado con un 10% quinua, 80% de trigo más 10% tarwi, resulta ser muy económico (Jacobsen y Mujica, 2006).

Tabla 1.8. Comparación de la composición del tarwi y soya (g/100 g).

Componente	Tarwi	Soya
Proteína	44.3	33.4
Grasa	16.5	16.4
Carbohidratos	28.2	35.5
Fibra	7.1	5.7
Ceniza	3.3	5.5
Humedad	7.7	9.2

Fuente: Jacobsen y Mujica, 2006

1.2.14. Composición química del tarwi

a. Alcaloides

Según Quispe (2017) los cloroplastos de las hojas que sintetizan alcaloides se transportan por el floema a los diferentes órganos de la planta, lo cual se almacena en el tejido epidérmico y subepidérmico de tallos, hojas y principalmente en los granos. Indica que el contenido de alcaloides en las semillas varía de 0,02 a 4,45% y en el follaje de 0,1 a 0,4%; los alcaloides que se encuentran presentes son: lupina, esparteína, 13- hidroxilupanina, 4-hidroxilupanina, isolupanina entre otros. En mayor proporción frente a los demás se encuentra las lupininas (27 a 74%), siendo estas sustancias antinutritivas, que hasta el día de hoy son un gran obstáculo para perder consumir el grano de tarwi de manera directa tanto humana como animal, se indica que las variedades que fueron mejoradas conocidas como dulces contienen alcaloides menores al 1,16%.

1.2.15. Situación actual del cultivo de tarwi en el Perú

En el Perú alrededor de 30.000 familias de productores gestan sus propios ingresos con esta leguminosa según la Dirección General de Desarrollo Agrícola y Agroecología (DGDAA), del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). Además de ello, señala que a nivel

nacional se cultivaron 11.000 Ha. de chocho en el año 2020, de la cuales 15.000 tn provienen de las regiones de mayor producción La Libertad que concentro el 34% del total, Cusco 19% y Puno 9%. Finalmente, indica que en los últimos 5 años la producción de este grano asciende en un 36.3% superando las 11.000 tn del año 2011 a 15.000 tn en el año 2020, este año las agroexportaciones de tarwi fue US\$ 1.2 millones teniendo como destino principal a Ecuador.

1.3. GENERALIDADES SOBRE LA CO-INOCULACIÓN (*Bradyrhizobium* y *Azospirillum*)

1.3.1. Importancia y uso de los inoculantes

CIAT (1987) describe que un inoculante es el resultado de la combinación de un cultivo de cepas de *Rhizobium* con un soporte. La turba es el soporte de mayor uso, lo cual contiene un elevado porcentaje de materia orgánica. La actividad principal de los inoculantes es mantener la supervivencia de las bacterias y a la vez facilitar la aplicación directa de esta en las semillas de las leguminosas que se va usar. Por otro lado, Ferlini (2006), indica que las interacciones biológicas entre el *Bradyrhizobium* y *Rhizobium* con otras bacterias del suelo, han resultado ser de gran interés, ya que estas repercuten en la economía. Todo esto se debe a que las leguminosas están sujetas a un mayor crecimiento y nodulación en respuesta a la interacción activa entre bacterias simbióticas y diazotróficas del suelo y la rizosfera, especialmente las pertenecientes al género bacteriano *Azospirillum*.

CORPOICA (2008), indica que la biofertilización es sinónimo de mejorar la nutrición de la planta con la ayuda de microorganismos y organismos vivos o productos que se originan de su interacción, esta se relaciona principalmente con la fertilización nitrogenada, ya que la mayoría de los suelos no tienen cantidades necesarias de nitrógeno, por lo que este elemento es agregado al terreno en forma de fertilizante nitrogenado, además de su excesivo costo, esta contamina el suelo y las diversas fuentes de agua. Debido a las características que presentan las leguminosas de poder asociarse con bacterias benéficas tales como *Rhizobium*, esta se usa para la biofertilización del cultivo. De la simbiosis, las bacterias del género *Rhizobium* capturan nitrógeno atmosférico de acuerdo a su requerimiento para su normal desarrollo, posteriormente lo transporta a la planta para sus diversas necesidades de esta, llamándose este proceso fijación de nitrógeno atmosférico en los nódulos del sistema radicular de las leguminosas.

1.3.2. Inoculante e Inoculación

Un inoculante es un producto que alberga microorganismos vivos que fomenta el crecimiento de las plantas a través de diferentes acciones, conocido a nivel mundial como biofertilizante. El empleo de inoculantes incrementa la competitividad del sector agrícola y pecuario, ya que es

una tecnología prometedora y sostenible que puede reemplazar parcialmente los fertilizantes nitrogenados. (Domínguez, et al., 2020).

Paredes (2013), la inoculación de semillas es un proceso en el que los granos de leguminosas entran en contacto con bacterias rizobias los cuales son específicas y seleccionados por presentar una alta capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, estas bacterias provocan la formación de nódulos en el sistema radicular de leguminosas, fijando nitrógeno del aire y promoviendo así la buena producción de las leguminosas. La inoculación es la manera más fácil, económica y natural de proporcionar nitrógeno a las plantas, sin contaminar el ambiente y garantizar una agricultura sostenible.

1.3.3. Co-inoculación

Ferlini (2006), la co-inoculación es el proceso de aplicar una mezcla de diversos elementos a un determinado organismo, cuyo meta es mejorar o cambiar las reacciones o conductas. Por otro lado, menciona que la co-inoculación de leguminosas con bacteria *Rhizobium* y *Azospirillum*, promueve un incremento en los nódulos y el incremento del sistema radicular, lo que incide de manera directa en una mayor asimilación de agua y nutrientes, obteniéndose de esta manera buenos rendimientos. La mezcla de *Azospirillum* con *Rhizobium* es una de las interacciones más estudiadas.

La inoculación con microorganismos más la adición de *Azospirillum* a las leguminosas que son por lo general colonizadas por *Rhizobium*, han mostrado un incremento en la fijación de N₂, mayor cantidad de nódulos y por ende un incremento de rendimientos. Los cuales lo corroboran distintos experimentos realizados en campo o invernadero. Sin embargo, se obtuvo resultados negativos al realizar inoculación mixta, lo cual impide la nodulación en las leguminosas, pues esto ocurre cuando dentro de la combinación las células de *Azospirillum* sobrepasa en cantidad a las células de *Rhizobium*. Los resultados contradictorios indican que debe ser bien definida y exacta la interacción entre *Azospirillum* y *Rhizobium* antes de llegar a una conclusión al respecto. Por otro lado, las concentraciones superiores de *Azospirillum* impiden el establecimiento de los rizobios en los lugares de nodulación (Parra y Cuevas, 2002).

1.3.4. Bradyrhizobium

Bacterias gram negativas fijadoras de nitrógeno, que forman nódulos en la planta anfitrión. pertenece a la familia Bradyrhizobiaceae, género *Bradyrhizobium*, esta se caracteriza por ser una bacteria de desarrollo lento. En medio YMA, aparecen como colonias redondas, rara vez transparentes, blanquecinas, convexas, generalmente de menos de 1 mm de diámetro después de 5-7 días de incubación a 28 °C, y productoras de álcali (Lezama, 2010).

Taco y Zúñiga (2020), mencionan que el tarwi principalmente es nodulado por bacterias de *Bradyrhizobium* perteneciente a los Rhizobiales y a la familia Bradyrhizobiceae. La simbiosis *Lupinus – Bradyrhizobium* participa activamente en la fijación de nitrógeno.

1.3.5. *Azospirillum*

Parra y Cuevas (2002), describen que las bacterias que pertenecen a este genero son organismos fijadores de N₂. Al inocular las plantas con *Azospirillum* se puede evidenciar cambios en muchos parámetros de su crecimiento, esto puede o no afectar el rendimiento del cultivo. Generalmente esta bacteria fijadora de nitrógeno no es específica, presenta efectos notorios sobre cultivos comerciales, cereales, pastos cultivados, arroz, trigo, sorgo y maíz. Además, produce asociaciones con plantas suculentas desérticas. También se observa efectos positivos sobre las raíces, incrementando el número de raíces por cada planta, aumenta la longitud de las raíces laterales, aumenta el volumen de estas, peso seco de raíz, densidad, número y aparición temprana de los pelos radicales.

Según Paredes (2013) las bacterias de *Azospirillum* son diazotróficas, presentan potencialidad de expandirse en toda la rizósfera de muchas gramíneas y cereales de importancia económica. Al comienzo, sólo se tenía en consideración el beneficio a algunas gramíneas inoculadas por su facilidad de fijar nitrógeno ambiental, luego de algunas experimentaciones se llegó a concluir que el mayor beneficio que se aporta a los cultivos, es a través de los nutrientes y minerales captados del suelo. En consecuencia, mayor incremento de raíces de los cultivos infectados.

De-Basham *et al.* (2007) describen que los cambios más notorios luego de inocular con bacterias de *Azospirillum* se observa en los cambios morfológicos en el sistema radicular. Estos cambios se deben principalmente a la concentración del inoculo; cuando este supera la cantidad óptima presenta efectos inhibitorios, pero niveles de dosis bajos no causan ningún efecto. Puede invadir toda la estructura de la raíz, la parte interna y externa. Durante el proceso interno de colonización, las bacterias de *Azospirillum* invaden las raíces ingresando por los espacios intercelulares, por lo general coloniza las zonas de elongación de la raíz y de pelos radiculares. Las cepas nativas de *Azospirillum* interceptan el nitrógeno ambiental, como bacterias en estado libre o asociadas a plantas.

1.4. REFERENCIAS CONCEPTUALES

1.4.1 Ecotipos

Producto de la adaptación de una especie a un ambiente particular. Lo que define al ecotipo es principalmente su área de adaptación. Las definiciones de ecotipo solo deben usarse para especies nativas. Los investigadores que recolectan poblaciones silvestres principalmente de los bosques usan el término "origen" para identificar la fuente de las muestras recolectadas. Un origen definido no determina necesariamente un ecotipo; más de una procedencia, aún muy distanciadas entre ellas, estas pueden corresponder a un mismo ecotipo. Para diferenciar los ecotipos se recomienda cultivar todas las procedencias de manera conjunta en una determinada área con las mismas características o en distintas localidades dentro del área de adaptación de la especie. Si varios orígenes comparten características morfológicas y respuestas fisiológicas similares, pueden asignarse a un ecotipo específico. (INIEA, 2006).

1.4.2. Calidad

Conjunto de definiciones deseables, que agrupa varios atributos deseables que indican la aptitud de la semilla para ser utilizados en la siembra. Además, se describe que la cantidad de características o cualidades no es fija, y que constantemente se produce una evolución conforme avanza el conocimiento y la tecnología. La definición de la calidad en relación con las semillas, se subdivide en cuatro cualidades fundamentales vistas agrónomicamente: genética, fisiológica, sanitaria y física (Farrás, 1990).

1.4.3. Rendimiento

El rendimiento agronómico se basa en la cantidad de producto que el productor obtiene de cada unidad de tierra; en los países que utilizan el sistema métrico decimal, el resultado se expresa en kilogramos por hectárea. El rendimiento es una medida simple del fruto producida por una combinación de muchos factores naturales y humanos en un cultivo en particular. La magnitud obtenida de una producción indica la calidad de eficiencia y está relacionada con la combinación de factores que influyen de manera directa en la cosecha (Alanis, 2005).

1.4.4. Nódulos

Calvo (2011), menciona que los nódulos son estructuras ubicadas en el sistema radicular obtenidas de la simbiosis exitosa entre la planta y la bacteria. Las bacterias se encuentran ubicadas en la zona denominada rizosfera, en donde se realiza la interrelación única y activo entre la superficie radicular de las plantas y los microorganismos del suelo. La fijación biológica del nitrógeno atmosférico se ejecuta en los nódulos radiculares. Los nódulos como una

característica ya definida poseen células meristemáticas en constante división que permite al nódulo crecer y desarrollarse.

1.4.5. Leg-hemoglobina

Proteína estabilizadora que controla el nivel de acumulación de oxígeno dentro del nódulo radicular. Esta proteína alberga en mayor cantidad minerales como el hierro, que cumple la función de tampón; incrementa y disminuye los niveles de oxígeno en la parte interna de los nódulos con el objetivo de suministrar de manera constante. Además, participa como filtro de oxígeno; regula la tensión de oxígeno en el nódulo del sistema radicular. (Calvo, 2011).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL CAMPO EXPERIMENTAL

2.1.1. Ubicación

El trabajo experimental se desarrolló en los terrenos de la granja Montefino en la campaña agrícola 2018 – 2019, se instaló el 14 de diciembre de 2018 culminándose el 28 de agosto de 2019. Se encuentra localizado en la región natural Suni a 3725 msnm de altitud; situado en la comunidad de Llachoccmayo, distrito de Chiara, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. Se observa una fisiografía plana con pendientes, que oscilan de 1.5 a 2%. Ecológicamente se ubica dentro de la zona de vida natural estepa montano subtropical (GRA, 2012).

2.1.2. Ubicación política

Lugar : Comunidad de Llachoccmayo
Distrito : Chiara
Provincia : Huamanga
Departamento : Ayacucho

2.1.3 Ubicación geográfica

Coordenadas UTM : 583052.39E, 8518093.71S
Latitud Sur : 13°24'13.08"S
Longitud Oeste : 74°13'58.64"O
Altitud : 3725 msnm.
Región natural : Suni.

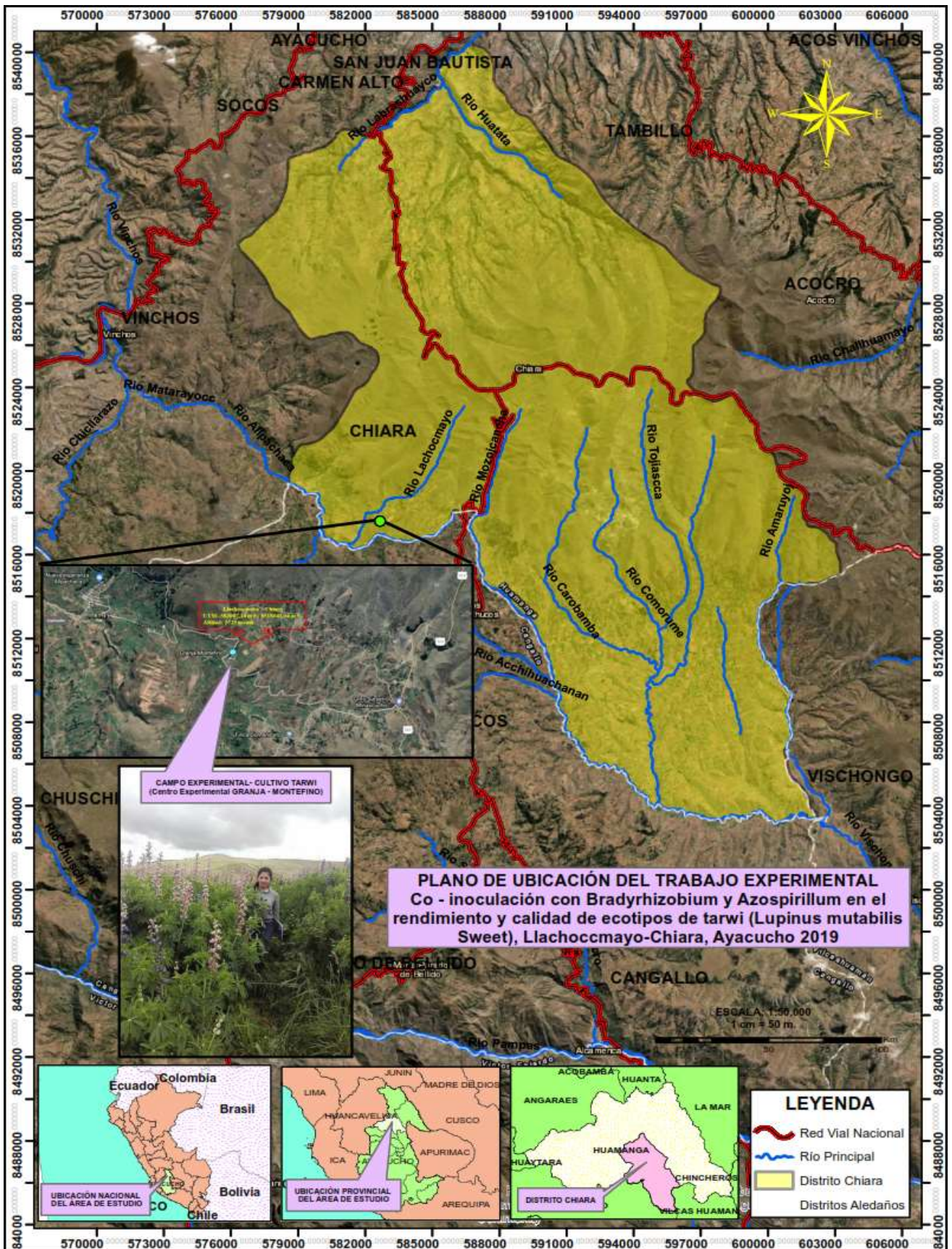


Figura 2.1. Georreferenciación del campo experimental. Comunidad de Llachoccmayo, distrito Chiara, provincia Huamanga, región de Ayacucho.

2.1.4. Condiciones meteorológicas

Para el análisis respectivo de las condiciones climáticas que presenta el área geográfica donde se instaló el ensayo experimental, se tuvo en cuenta las observaciones meteorológicas de la estación meteorológica más cercana posible que en este caso se encuentra ubicado en la comunidad de Allpachaka propiedad del Proyecto Especial Río Cachi, a una altitud de 3550 msnm, cuyos resultados se detallan en la tabla 2.1 y figura 2.2.

Los resultados que se obtuvieron de las variables de temperatura y precipitación fueron del periodo septiembre del 2018 hasta agosto del 2019, durante todo este periodo la precipitación total anual alcanzó los 728.25 mm; los resultados de temperatura mínima, media y máxima anual fueron de 2.12, 10.77 y 20.75 °C, respectivamente. Debido a la siembra tardía y el periodo vegetativo largo que presenta el tarwi, el descenso de la temperatura en los meses de mayo, junio, julio y agosto afectaron negativamente el desarrollo del cultivo.

De acuerdo a la propuesta por la Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales se realizó los cálculos para obtener la evapotranspiración potencial (ONERN, 1976). Al restar la evapotranspiración potencial ajustada o real (ETPR) con la precipitación, se obtuvo el déficit o exceso de agua en el suelo (balance hídrico). Posteriormente, con el balance hídrico obtenido, se observa que en los meses de setiembre y octubre de 2018 así como también en los meses de junio, julio y agosto de 2019 hubo déficit de humedad en el suelo. Mientras que, excesos de humedad se vio en los meses de noviembre de 2018 hasta mayo del 2019, presentando alta humedad los meses de enero, febrero y marzo de 2019; el exceso de humedad en estos meses fue un problema, donde aparecieron enfermedades de tipo fungosa como la roya.

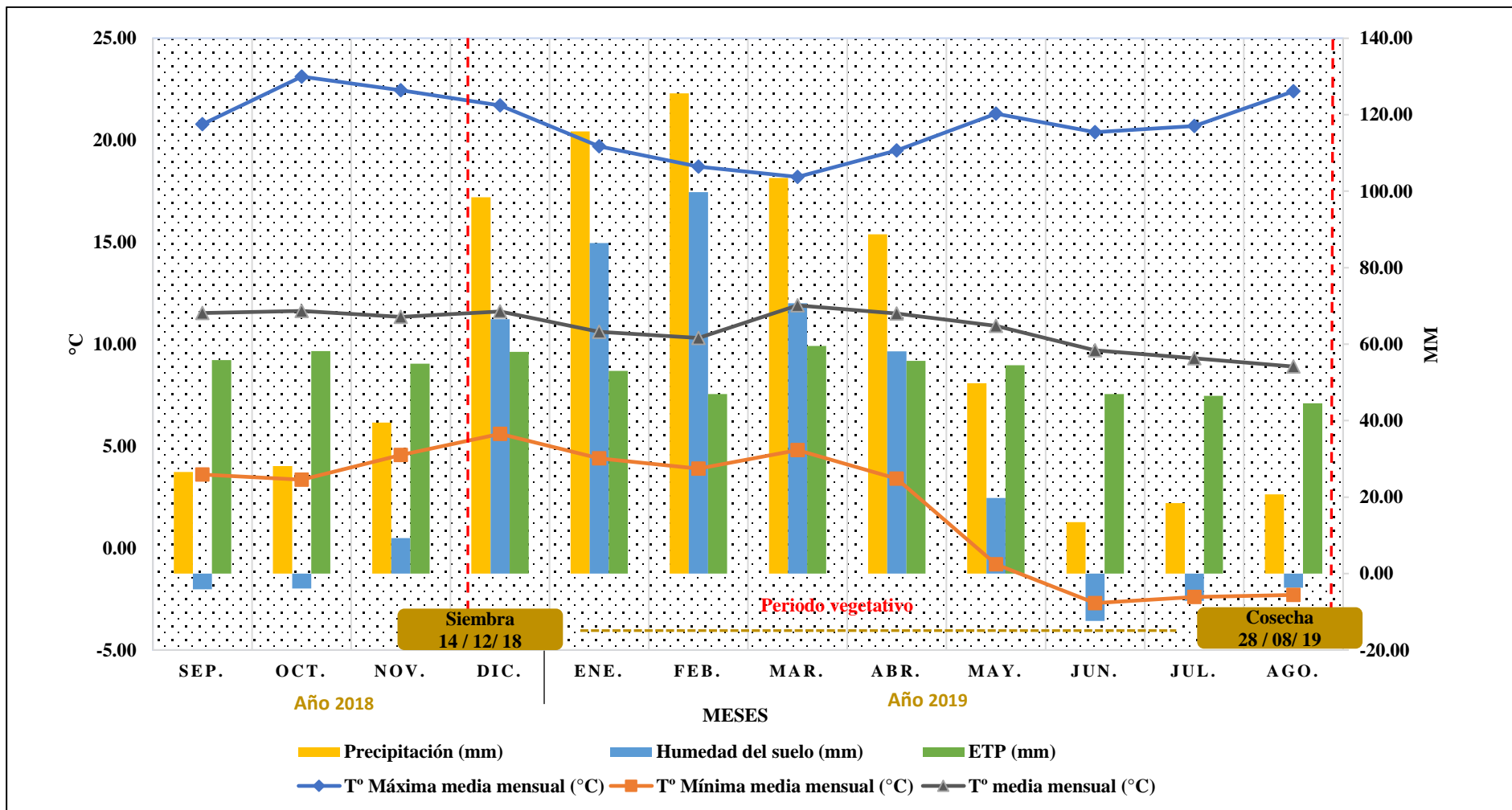


Figura 2.2. Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, mínima, promedio), precipitación y balance hídrico. Estación meteorológica Allpachaka – 3550 msnm.

Fuente: Estación meteorológica de Allpachaka - Proyecto Especial Río Cachi – GRA.

2.1.5. Antecedentes y condiciones del terreno

Para el desarrollo del trabajo de investigación, se utilizó un terreno cuyo antecedente de siembra de la campaña agrícola anterior estuvo conformado por avena forrajera con un plan de fertilización nula, sin fines de investigación científica. De acuerdo a la topografía observada en la zona de estudio, ésta involucra superficies sedimentarias, capas relativamente profundas y relieve medianamente plano, con pendientes de 1.5 a 2%. Dispone de riego casi permanente, cuya fuente de agua es abastecida por el canal de riego del proyecto especial Río Cachi. Se realizó muestreos al azar en distintos puntos dentro de la parcela de conducción con el método tradicional a una profundidad de 0.20 m, mezclándose de manera homogénea todo el sustrato para poder determinar las características físico – químico del suelo. Finalmente, la muestra representativa se envió al laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes “AGROLAB” para su respectivo análisis.

Tabla 2.2. Datos del análisis físico – químico de la parcela experimental

Tipo de análisis	Valor	Método	Interpretación
Análisis físico			
Arena (%)	41.00		
Limo (%)	21.00	Bouyocus	Franco arcilloso
Arcilla (%)	38.00		
Análisis químico			
pH	4.78	Potenciometría	Suelo ácido
Conductividad eléctrica (dSm ⁻¹)	0.08	Conductimetría	Sin salinidad
Materia orgánica (%)	12.64	Walkey y Black	Muy alto
Nitrógeno estimado (%)	0.62	Semi- micro kjeldahl	Alto
P -disponible (ppm)	39.76	Olsen Modificado	Alto
K -disponible (ppm)	220.5	Absorción atómica	Medio
CIC (Cmol ⁽⁺⁾ .kg ⁻¹)	20.73	Extr. Acetato de amonio	Alto
Magnesio (Mg ++)	1.38	Absorción atómica	
Al (+3) + H (+1)	2.02	Volumetría	
% Sat. De bases	40		Medio

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (AGROLAB) – 2018

Teniendo en cuenta los datos mostrados en la tabla 2.2, se afirma que el suelo presenta una reacción ácida, según Millones (1980) las superficies con pH ácida que oscilan de 4 a 7 son terrenos idóneos para la siembra de tarwi y se debe evitar cultivar en suelos mal drenados o alcalinos. Así mismo se observa un porcentaje muy alto de contenido de materia orgánica, nivel alto de nitrógeno disponible, nivel alto de fósforo disponible, nivel medio de potasio intercambiable y una conductividad eléctrica baja, razón por ello no se tuvo problemas de

salinidad en las parcelas experimentales. Orsag (2010) afirma que la conductividad eléctrica mayores de 4 dS m⁻¹ perjudica enormemente el desarrollo normal de la planta. El análisis físico da como respuesta una clase textural de Franco – Arcilloso, característica que se confiere a la mayor parte de suelos que se ubican sobre los 3500 msnm. En conclusión, basado en los resultados del análisis obtenido se desarrolló el experimento.

2.2. MATERIALES Y EQUIPOS

2.2.1. Materiales para el ensayo experimental

a. Material genético utilizado (semilla)

El material genético que se usó para la instalación del campo experimental estuvo conformado por 4 ecotipos de tarwi adquiridas de distintos productores de la zona de influencia, se optó por estos ecotipos por sus características genéticas favorables para soportar la altitud, sequía y adaptabilidad a la zona; dos ecotipos fueron adquiridas de la empresa Avelac producidos en la localidad de Llachoccmayo, uno de Puquihuillca (Vilcas Huamán) y el otro de Huancapi. Al realizar la prueba de germinación se obtuvo un promedio de 97% en los 4 ecotipos, se efectuó la siembra con una densidad de 25 kg semilla ha⁻¹ con todos los ecotipos.

Tabla 2.3. Ecotipos de tarwi y sus características morfogénicas

Características	Ecotipo 1 Avelac I	Ecotipo 2 Avelac II	Ecotipo 3 - Puquihuillca	Ecotipo 4 - Huancapi
Periodo vegetativo	Semi tardío	Tardío	Semi tardío	Semi tardío
Días de floración	120	125	120	128
Altura de planta (m)	1.80	1.70	1.90	1.80
Longitud de vaina (cm)	12	11	13	9
N° de vainas por planta	25	30	33	22
N° de granos por vaina	6	7	7	6
Días de cosecha	300	300	300	300
Rdto. grano seco (kg. ha ⁻¹)	2000	2100	2300	2200

Fuente: Datos empíricos brindados por los productores.

b. Inoculante

En el proceso de inoculación y co-inoculación se usó inoculantes con cepas de bacterias seleccionadas del género *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* estas fueron suministradas por el proyecto Fortalecimiento e Implementación del Laboratorio de Rhizobiología para la Investigación y Desarrollo Ayacucho UNSCH-FOCAM. Localizado en los ambientes de los Laboratorios de la Escuela Profesional de Agronomía (Aula AD 205 – 206) - Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

c. Fuente de nitrógeno

El nitrógeno asimilable (NO_3^- y NH_4^+) que fue utilizada en las unidades experimentales para los respectivos tratamientos de comparación, fue la urea (46 % de nitrógeno), cálculo realizado en base a la extracción del cultivo y evaluación química del suelo. Cuyo nivel de fertilización utilizado de NPK fue 43 – 0 – 0 Kg / Ha.

2.2.4. Materiales, insumos y herramientas de trabajo

- Herramientas de mano (pala, azadón, pico).
- Materiales para reconocer las parcelas demostrativas (estacas, wincha, letreros, cordel).
- Herramientas manuales (martillo, pala, azadón, pico, hoz)
- Insumos para la elaboración de pellets (dolomita, goma arábrica, inoculante líquido y turboso de *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* respectivamente)
- Materiales de gabinete.
- Cuaderno de campo.
- Recipientes de medición.

2.2.5. Equipos de trabajo

- Mochila aspersora.
- Carretilla.
- Cámara fotográfica.
- Equipo de cómputo.
- Equipo Gps.
- Balanza digital de precisión.
- Calculadora.

2.3. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿En qué medida influirá la co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en el rendimiento de ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet) en Llachoccmayo-Chiara?
- ¿En qué medida influirá la co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en la calidad de ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet) en Llachoccmayo-Chiara?
- ¿En qué medida influirá el efecto de la co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en los ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet) en Llachoccmayo-Chiara?
- ¿En qué medida influirá la co-inoculación en la rentabilidad económica del cultivo?

2.4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

2.4.1. Factores evaluados

En el trabajo experimental se evaluaron dos factores:

a. Ecotipos de tarwi (E)

- E₁: Avelac I
- E₂: Avelac II
- E₃: Puquihuilca
- E₄: Huancapi

b. Aplicaciones (Inoculación, co-inoculación y controles o testigos) (A)

- A₁: Inoculación con *Bradyrhizobium*
- A₂: Co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*

Controles o testigos: Para los cuatro ecotipos de tarwi en estudio se establecieron controles o testigos positivos y absolutos, como sigue:

- A₃: Fertilización nitrogenado inorgánica, urea (Testigo positivo)
- A₄: Sin inoculante, sin fertilización inorgánica (Testigo absoluto)

2.4.2. Descripción de los tratamientos

Tabla 2.4. Tratamientos empleados en el campo experimental. Llachoccmayo.

Parcela grande (Ecotipo)	Parcela pequeña (Aplicación)	Interacción	Descripción / Tratamiento
E ₁	A ₁	E ₁ *A ₁	Avelac I con <i>Bradyrhizobium</i>
	A ₂	E ₁ *A ₂	Avelac I con <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>
	A ₃	E ₁ *A ₃	Avelac I con Urea (Testigo positivo)
	A ₄	E ₁ *A ₄	Avelac I sin inoculante y Urea (Testigo absoluto)
E ₂	A ₁	E ₂ *A ₁	Avelac II con <i>Bradyrhizobium</i>
	A ₂	E ₂ *A ₂	Avelac II con <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>
	A ₃	E ₂ *A ₃	Avelac II con Urea (Testigo positivo)
	A ₄	E ₂ *A ₄	Avelac II sin inoculante y Urea (Testigo absoluto)
E ₃	A ₁	E ₃ *A ₁	Puquihuilca con <i>Bradyrhizobium</i>
	A ₂	E ₃ *A ₂	Puquihuilca con <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>
	A ₃	E ₃ *A ₃	Puquihuilca con Urea (Testigo positivo)
	A ₄	E ₃ *A ₄	Puquihuilca sin inocul. y Urea (Testigo absoluto)
E ₄	A ₁	E ₄ *A ₁	Huancapi con <i>Bradyrhizobium</i>
	A ₂	E ₄ *A ₂	Huancapi con <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>
	A ₃	E ₄ *A ₃	Huancapi con Urea (Testigo positivo)
	A ₄	E ₄ *A ₄	Huancapi sin inoculante y Urea (Testigo absoluto)

En la tabla 2.4. se muestra los tratamientos que se dieron como resultado de la interacción entre los dos factores en evaluación, ecotipo de tarwi (E) y las aplicaciones (A). Cabe resaltar que el factor Ecotipo está representado en la parcela grande y el factor de Aplicación está vinculado con la parcela pequeña.

2.4.3. Diseño experimental

El trabajo experimental se realizó en los terrenos de la empresa Montefino ubicado en la localidad de Llachoccmayo, en el cultivo de tarwi, donde se evaluó la aplicación de las bacterias *Bradyrhizobium* - *Azospirillum* y la respuesta de los testigos (positivo y absoluto). El tipo de investigación fue experimental. Los tratamientos fueron dispuestos con arreglo factorial de 4 ecotipos de tarwi * 4 aplicaciones (aplicaciones de *Bradyrhizobium*, *Bradyrhizobium* - *Azospirillum*, testigo positivo Urea y testigo absoluto). Para la disposición de las unidades de prueba en la parcela experimental, se usó el diseño de parcelas divididas conducido en el Diseño Bloques Completo al Azar (DBCA).

Se estableció 16 parcelas grandes con 4 repeticiones haciendo un total de 64 Subparcelas experimentales. Los datos tabulados se sometieron al Análisis Funcional de la Variancia (ANVA) y cuando se encontró significancia en los datos resultantes, se sometieron a la prueba de contraste de Tuckey. El modelo aditivo lineal para el análisis estadístico en el diseño de parcelas divididas con arreglo bifactorial es:

$$\text{Modelo matemático: } Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \gamma_{ijk} + (\tau\gamma)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- **Y_{ijk}** : Es la observación en el k-ésimo nivel del factor aplicado a la subparcela, de la i-ésimo parcela principal en el j-ésimo bloque.
- **μ** : Es la media general.
- **τ_i** : Efecto de los ecotipos de tarwi (parcela grande), (i=1, 2, 3, 4).
- **β_j** : Efecto del bloque o repetición (j=1, 2, 3, 4).
- **$(\tau\beta)_{ij}$** : Error experimental de la parcela grande.
- **γ_{ijk}** : Efecto de la co-inoculación (parcela pequeña), (k=1, 2,3, 4).
- **$(\tau\gamma)_{ik}$** : Interacción de la parcela grande con la parcela pequeña.
- **ϵ_{ijk}** : Error experimental de la parcela pequeña.

Sub índice:

i: 1,2,3,4 Ecotipos de tarwi **j:** 1,2,3,4 Co-inoculación **k:** 1,2,3,4 bloques

2.3.4. Metodología utilizada

La metodología utilizada fue propuesta por el Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas, PLGO (1992). Además, de ello se estudió los experimentos mediante registro de variables cuantitativas fundamentado en las normas internacionales, para las características continuas y discretas se realizó medidas en unidades métricas; tomando 10 plantas competitivas al azar dentro del campo experimental.

Por otro lado, la nodulación y otros parámetros del efecto de las bacterias *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en los ecotipos de tarwi, se efectuó a inicios de la floración de acuerdo a la metodología del Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT (1987) usando una escala de medida visual de 1 a 9 (1= pobre, 9= excelente), se observó el número de nódulos y la coloración rojiza característica que nos indica la eficiencia de las bacterias. El muestreo se realizó cada de tres golpes por cada parcela experimental bajo el registro de los distintos indicadores.

2.3.5. Descripción de la parcela experimental

a. Campo experimental

- Número de repeticiones o bloques: 4
- Número de parcela grande: 16
- Número de parcela pequeña: 64
- Longitud total: 51 m
- Ancho total: 25 m
- Ancho de la calle: 1 m
- Área de cada parcela grande: 66 m²
- Área de cada parcela pequeña: 16.5 m²
- Área total del campo experimental: 1275 m²
- Área efectiva del campo experimental: 1056 m²

b. Bloques

- Número de repeticiones o bloques: 4
- Número de parcela grande por bloque: 4
- Número de parcela pequeña por bloque: 16
- Longitud del bloque: 51 m
- Ancho del bloque: 5.5 m
- Área total del bloque: 280.5 m²

- Área efectiva del bloque: 264 m^2

c. Parcela grande

- Longitud: 12 m y ancho: 5.5 m
- Área de cada parcela grande: 66 m^2

d. Parcela pequeña

- Longitud: 3 m y ancho: 5.5 m
- Área de cada parcela pequeña: 16.5 m^2
- Distanciamiento entre surcos: 0.80 m
- Distanciamiento entre golpe: 0.40 m
- Número de surcos por parcela pequeña: 4
- Número de golpes por surco: 13
- Número de golpes por parcela pequeña: 52
- Número de semillas por golpe: 3

e. Croquis del campo experimental



Figura 2.3. Dimensiones del campo experimental. Llachoccmayo, 3725 msnm

f. Unidad experimental

Estuvo conformada de una parcela pequeña con plantas de tarwi, de 3 surcos de 5.5 m de largo y 3 m de ancho.

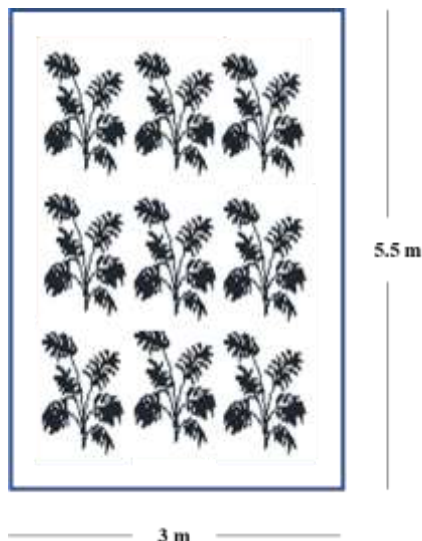


Figura 2.4. Dimensiones de la unidad experimental

2.3.6. Instalación y manejo agronómico del experimento

a. Evaluación de las condiciones ambientales

- **Suelo**

Las características físicas y químicas del suelo fueron evaluadas en un laboratorio especializado de análisis de suelos para determinar la fertilidad del suelo.

- **Agua**

Se realizó el riego por gravedad, ya que el lugar cuenta con riego casi permanente, cuya fuente de agua es abastecida por el canal de riego del proyecto especial Río Cachi.

- **Clima (Temperatura, precipitación y humedad del suelo)**

Los datos meteorológicos se obtuvieron de la estación meteorológica de Allpachaca propiedad del Proyecto Especial Río Cachi, a una altitud de 3550 msnm, datos que sirvieron como referencia para los cálculos de riego y siembra.

b. Preparación del terreno

El acondicionamiento del terreno para la instalación del experimento se realizó el 7 de diciembre del 2018, realizándose como primera actividad la eliminación de todo tipo de malezas, piedras y cualquier desecho existente en el terreno. Como segunda actividad se utilizó un tractor agrícola para realizar la aradura a una profundidad aproximada de 30 cm y como última actividad se realizó el rastrado, mullido y nivelación del terreno.

c. Demarcación y delimitación del campo experimental

Actividad realizada el 13 de diciembre del 2018, el campo experimental se dimensionó de acuerdo al croquis experimental delimitándose 4 bloques, 16 parcelas grandes, 64 parcelas pequeñas, 6 calles; operación en la cual se utilizó cordel, flexómetro, yeso y estacas.

d. Surcado del terreno

El proceso de surcado se realizó el 14 de diciembre del 2018, en forma manual mediante el uso de lampas y picos, teniendo en cuenta el espaciamiento de 0.80 m entre surco obteniéndose 03 surcos por cada unidad experimental.

e. Evaluación de semilla (Porcentaje de pureza y germinación)

Las semillas fueron adquiridas de agricultores que garantizaron la cualidad de la semilla. Se efectuaron pruebas de germinación y pureza obteniéndose un promedio de 97% de germinación y 95% de pureza. Con estos parámetros se obtuvo el valor de uso y la cantidad de semilla para la instalación del experimento.

f. Inoculación de las semillas

Las semillas antes de ser sembradas en campo definitivo fueron inoculadas con bacterias de *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*, para lo cual se siguió las recomendaciones propuestas en el proyecto Fortalecimiento e Implementación del Laboratorio de Rhizobiología para la Investigación y Desarrollo Ayacucho UNSCH-FOCAM. Utilizándose 250 g de inoculante turboso *Bradyrhizobium* (1×10^9 UFC/g) y 250 ml de inoculante *Azospirillum* (1×10^8 UFC/ml) para 25 kg de semilla. El proceso de inoculación consistió en agregar directamente el inoculante (líquido y turboso) a las semillas juntamente con un adherente (goma arábica), se mezcló homogéneamente hasta cubrir toda la superficie de la semilla para luego agregar carbonato de calcio formando pellets, el producto final se dejó orear a la sombra. La inoculación de las semillas se realizó el 14 de diciembre de 2018.

g. Aplicación de fertilizante nitrogenado (Urea)

La incorporación del fertilizante nitrogenado (Urea) se efectuó según al croquis experimental y tratamientos establecidos, la aplicación en el surco fue en el fondo, entre golpes cubriéndose con una capa de tierra, todo ello antes de la siembra. Cabe mencionar que solo se incorporó la roca fosfórica como fertilizante de fondo en todas las unidades experimentales.

h. Siembra

Realizado el 14 de diciembre del 2018, la siembra se realizó manualmente de acuerdo a los tratamientos ya establecidos, bajo el sistema de siembra en golpes, colocando 3 semillas de tarwi por golpe en el fondo del surco, el distanciamiento entre golpe fue 0.40 m y entre surcos

de 0.80 m; el tapado de las semillas se realizó manualmente. Primero se sembró las semillas sin ningún tratamiento y después las semillas con tratamientos, para evitar posibles contaminaciones entre tratamientos.

Se debe mencionar que se hizo dos resiembras después de los 15 días de instalado en el campo experimental, debido a que la semilla del ecotipo Huancapi (E₄) fue muy susceptible al ataque de plagas y a las condiciones edafoclimáticas; demoró en germinar por lo que no se obtuvo muestras significativas de este ecotipo.

i. Riego

La siembra coincidió con el periodo de inicio de lluvias, por lo que no fue necesario regar; pasado 5 meses desde la instalación del cultivo, se efectuó el primer riego por método de inundación, solo se ejecutó 03 riegos hasta la cosecha esto debido a que el recurso hídrico fue limitado por la época seca.

j. Control de malezas

El control de malezas se efectuó con la finalidad de evitar la competencia con el cultivo por los nutrientes, luz y agua. Se realizó solo 01 deshierbo que coincidió con el aporque, se llevó a cabo a los 75 días después de la siembra cuando la planta tenía una altura aproximada de 0.40 m, se realizó de forma manual utilizando azadones.

k. Aporque

El aporque se realizó en forma manual con la ayuda de azadones, el número de aporques solo fue 01 a los 75 días cuando la planta presentaba una altura aproximada de 0.40 m. El aporque consistió en llevar tierra agrícola al cuello de la planta, con la finalidad de dar mayor soporte y mayor retención de humedad.

l. Control fitosanitario

A lo largo del desarrollo del cultivo se presentó dos etapas altas de incidencia de plagas, la primera fue a las primeras semanas después de la emergencia de la plántula, donde se observó principalmente la presencia del gusano de tierra (*Agrotis ipsilon L.*) así como la presencia de una larva de color negro no identificado y la segunda incidencia fue cuando la planta entro en floración donde se observó la presencia de larvas barrenadores de tallos (*Melanagromyza sp.*). En ambos casos se aplicó un insecticida con acción preventiva, curativa y erradicativa (Ciperklin 10 ml por cada 20 litros de agua). Debido a la excesiva área foliar del cultivo no se pudo hacer el control sobre la enfermedad de la Roya (*Uromyces lupini*) la incidencia fue mínima.

m. Cosecha

La cosecha se realizó el 28 de agosto del 2019, después de verificar que las plantas presentaban hojas amarillentas y alta incidencia de defoliación, tallos lignificados, vainas secas y granos de consistencia dura. La cosecha se hizo de manera manual con la ayuda de tijeras y segadoras, se recolectó solo los racimos conteniendo las vainas y se tomaron los datos respectivos de cada tratamiento para su respectiva evaluación.

2.3.7. Evaluación de las variables dependientes y sus indicadores

Se evaluó las variables de capacidad simbiótica, biométricos, calidad, rendimiento y rentabilidad económica. Es necesario hacer énfasis que al finalizar el trabajo experimental no se obtuvo muestras significativas del ecotipo de tarwi Huancapi (E₄) para su respectiva evaluación experimental.

a. Variables de capacidad simbiótica

Para evaluar la capacidad simbiótica y el efecto de la inoculación, se realizaron muestreos de 10 plantas de cada unidad experimental a los 120 días, inicio de floración de todos los ecotipos y tratamientos en estudio.

- **Longitud de raíz (cm)**

La medición se realizó con una regla graduada se determinó la longitud de la raíz principal y laterales expresados en centímetros.

- **Peso fresco de raíz (g)**

Para realizar esta actividad se realizó un corte en la corona o cuello de la planta, para obtener la estructura de la raíz (principal y laterales), se etiquetó por cada tratamiento para luego ser pesado en una balanza de precisión, registrándose en gramos.

- **Peso seco de raíz (g)**

Luego de realizar las mediciones correspondientes a las raíces húmedas, se acondicionó con papel absorbente para su posterior secado en la estufa a una temperatura de 60 °C por 07 días aproximados, para luego ser pesado en una balanza de precisión, registrándose en gramos.

- **Localización de nódulos**

Para las evaluaciones se utilizó las mismas muestras colectadas, utilizándose una ficha. Se describió en que parte de la raíz se encuentran localizadas el mayor porcentaje de nódulos; como en la corona, en la raíz principal y raíces laterales.

- **Morfología nodular**

Para la evaluación de la morfología nodular se tuvo en cuenta la metodología propuesta por el CIAT (1987). Los nódulos se describieron según su forma (esféricos, alargados o ramificados).

- **Tamaño de nódulos**

Se determinó el tamaño nodular bajo el siguiente criterio o escala: Grandes, medianas y pequeñas.

- **Número de nódulos por planta**

Se contabilizó el total de los nódulos por planta, a partir de la raíz principal, laterales y de la corona.

- **Cantidad leg-hemoglobina de nódulo**

El grupo de nódulos evaluados presentó ciertas características de color al ser cortadas, ésta se evaluó en una escala arbitraria (1 = sin color, 2 = rosado, 3 = rojo y 4 = muy rojo).

- **Peso fresco de nódulo por planta (g)**

Los nódulos que fueron extraídos de la raíz principal, laterales y de la corona de la raíz fueron pesadas en una balanza de precisión para obtener el peso húmedo de nódulos, registrándose en gramos.

- **Peso seco de nódulos por planta (g)**

Después de evaluar los nódulos frescos, éstas se colocan sobre papel periódico y se secan en estufa a 60 °C durante 07 días aproximados, finalmente se obtiene el peso en promedio de la materia seca en gramos.

b. Variables biométricos

- **Altura de planta (m)**

La medición de la altura de la planta se realizó a los 180 días luego de la floración, en donde la planta alcanzó el máximo tamaño. Se tomó la medida desde la base del tallo al ras del suelo hasta el ápice de la inflorescencia del tallo principal, se expresa en metros. Se medio 10 plantas de cada unidad experimental, haciendo un total de 640 plantas.

- **Número de ramas por planta**

Evaluación realizada a los 180 días después de la floración, se registró el número total de la ramificación principal y secundarios.

- **Número de inflorescencia por planta**

Se evaluó a los 270 días próximos a la cosecha, cuando la inflorescencia completó su desarrollo vegetativo. Se enumeró todas las inflorescencias laterales y centrales.

- **Longitud de inflorescencia (cm)**

La medición de la longitud de inflorescencia se realizó a los 270 días próximos a la cosecha. Se tomó la medida de 10 panojas al azar de cada unidad experimental, la medida se realizó desde la base hasta el ápice de la panoja, expresados en centímetros.

- **Número de vainas por inflorescencia**

Se registró el total de vainas que existe en una planta, la población total fue de 10 plantas tomadas al azar correspondientes a una unidad experimental.

- **Número de granos por vaina**

Se recolectó al azar dentro de cada unidad experimental 10 vainas por planta, se contabilizó el número total de granos y luego se determinó el número promedio de granos por vaina.

- **Longitud de vaina (cm)**

Empleando una regla milimetrada se realizó la medición al azar de 10 vainas por planta, expresada en centímetros. Los datos sirvieron para tomar registro del promedio de longitud de vainas por planta. Se midió a los 270 días próximos a la cosecha.

- **Peso fresco de follaje por planta (g)**

La evaluación se realizó a los 120 días en inicios de la floración del cultivo. El volumen foliar evaluado incluía hojas y ramas laterales. La muestra foliar fresco fue pesado en una balanza de precisión para obtener el peso húmedo de la muestra foliar, se registró en gramos.

- **Peso seco de follaje por planta (g)**

Después de realizar el pesado del follaje fresco, éstas se empaquetaron en papel periódico llevados posteriormente a la estufa para el secado respectivo, a una temperatura de 30 °C durante 07 días aproximados, finalmente se pesó y se obtuvo el promedio de la materia seca en gramos.

- **Color de la planta**

Fue evaluado a los 120 días en inicios de la floración del cultivo. La evaluación fue realizada de acuerdo a la escala diseñada con la metodología de Likert, según al color de hojas, donde las hojas más verdes tienen una puntuación de 9 y las más amarillas de 0.

Tabla 2.5. Escala de Likert para la evaluación de color de hojas.

Escala	daño	Conclusión
Excelente	[9; 6]	Color excelente
Bueno	⟨6; 3⟩	Color bueno
Deficiente	⟨3; 0⟩	deficiente

- **Vigor de la planta**

Por cada unidad experimental se evaluó 10 plantas, haciendo un total de 160 plantas por bloque. Se usó la escala de Likert para la evaluación del vigor de la planta, donde las plantas que presentan mejor característica morfoagronómica tuvieron una puntuación mayor a 6 y las plantas con características morfoagronómicas deficientes tuvieron una puntuación menor a 5.

Tabla 2.6. Escala Likert para la evaluación del vigor de la planta

Escala	daño	Conclusión
Muy buena	[10; 8]	Vigor excelente
Buena	⟨8; 6⟩	Buen vigor
Regular	⟨6; 4⟩	Vigor regular
Mala	⟨4; 2⟩	Vigor malo
Muy mala	⟨2; 0⟩	Vigor muy malo

c. Variables de rendimiento

Se hace mención que el descenso brusco de la temperatura (helada), afectó el desarrollo normal de las vainas de tarwi, ya que el suceso ocurrió cuando las plantas de tarwi se encontraban en pleno proceso de llenado de granos (quincena del mes de junio del 2019). Factor que redujo el asertividad de los tratamientos en el ensayo experimental.

- **Peso de grano seco por planta (g)**

Se pesó todos los granos recolectados por planta, se registró en gramos. Se evaluó 10 plantas por cada unidad experimental, haciendo un total de 160 plantas por bloque.

- **Peso de 100 semillas (g)**

Se muestreó al azar 3 grupos de 100 semillas de cada tratamiento, estas fueron pesadas en la balanza electrónica de precisión y se obtuvo la media para cada tratamiento, se registró en g.

- **Rendimiento en grano seco (kg/ha)**

Se evaluó a los 270 días cuando la vaina presentó una madurez fisiológica indicador de cosecha, se estableció a través del peso total de las semillas cosechadas de cada uno de los tratamientos para luego ser expresado en kg ha^{-1} .

d. Variables de calidad

- **Contenido de proteína bruta**

Para determinar el porcentaje de proteína, las semillas de tarwi se sometieron a un análisis de laboratorio, donde primeramente se determinó el porcentaje de nitrógeno estos datos se multiplicaron por un factor (6.25) obteniéndose finalmente el porcentaje de proteína del tarwi. Cada muestra tuvo un peso de 25 g, por cada bloque se obtuvo 16 muestras y por los 4 bloques se obtuvo un total de 64 muestras que fueron enviadas al Laboratorio de Química Agrícola, del Instituto Rural Valle Grande ubicado en San Vicente de Cañete.

e. Evaluación de la rentabilidad económica

Se evaluó la rentabilidad económica de cada uno de los tratamientos utilizando los criterios de costo de producción, rendimiento de los tratamientos, el precio unitario de venta y la utilidad neta. La siguiente fórmula se utilizó para determinar el porcentaje de rentabilidad:

$$\% R = (\text{Utilidad neta/Costo total}) * 100.$$

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. VARIABLES DE CAPACIDAD SIMBIÓTICA

3.1.1. Longitud de raíz (cm)

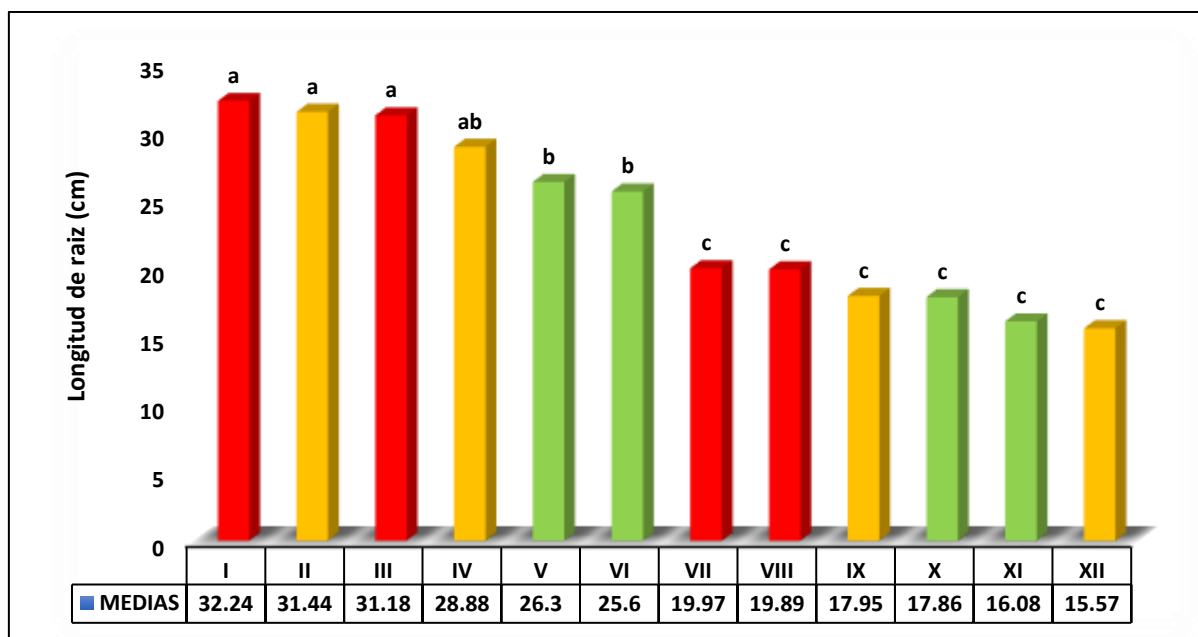
La longitud de las raíces muestra el análisis de variancia de los distintos Ecotipos de tarwi (E) con Aplicación (A) (ver Tabla 3.1), se puede visualizar que no existe diferencias significativas en la fuente de bloques. Indicándonos de esta manera, que todos los bloques son iguales u homogéneos. Así mismo, se puede observar que en las fuentes de interacción (E * A) y demás fuentes de variación, existe una diferencia significativa alta, lo cual nos indica que existe prueba suficiente para explicar que los promedios de la longitud de las raíces no son semejantes, por lo que será necesario efectuar la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$).

Tabla 3.1. Análisis de variancia de la longitud de raíces (cm) de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Modelo	1816.94	20	90.85	25.13	<0.0001
Bloques	11.15	3	3.72	0.96	0.4719 ns
Ecotipo (E)	152.42	2	76.21	19.58	0.0023 **
Error (a)	23.35	6	3.89	1.08	0.4007
Aplicación (A)	1559.51	3	519.84	143.82	<0.0001 **
Ecotipo (E) * Aplicación (A)	70.5	6	11.75	3.25	0.0155 *
Ecotipo en A1	88.102	2	44.051	12.202	0.00332**
Ecotipo en A2	66.952	2	33.476	9.2731	0.00571**
Ecotipo en A3	29.097	2	14.548	4.0301	0.02820*
Ecotipo en A4	38.719	2	19.359	5.3628	0.01652*
Aplicación en E1	2463.873	3	110.012	30.474	0.00038**
Aplicación en E2	1423.309	3	247.614	68.591	0.00341**
Aplicación en E3	269.644	3	185.730	51.448	0.00874**
Error (b)	97.59	27	3.61		
Total	1914.53	47			

C.V. = 8.0

Calzada (2010) indica que un experimento es altamente confiable si presenta un coeficiente de variación menor al 30 %. Así mismo afirma que trabajos experimentales conducidos en ambientes controlados, el C.V. permitido debe ser menor del 15 %. Por consiguiente, podemos afirmar buena precisión en el presente trabajo experimental, ya que presenta un coeficiente de variación del 8.06%, indicando un valor altamente confiable.



INTERACCIONES	CODIGO	INTERACCIONES	CODIGO
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i>	I	Ecotipo 3 sin tratamiento (Testigo absoluto)	VII
Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	II	Ecotipo 3 + Urea (Testigo positivo)	VIII
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	III	Ecotipo 2 + Urea (Testigo positivo)	IX
Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i>	IV	Ecotipo 1 sin tratamiento (Testigo absoluto)	X
Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	V	Ecotipo 1 + Urea (Testigo positivo)	XI
Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i>	VI	Ecotipo 2 sin tratamiento (Testigo absoluto)	XII

Figura 3.1. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de la longitud de raíces en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

En la figura 3.1. observamos la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de la longitud promedio de raíces en los distintos Ecotipos de tarwi con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). Las interacciones con código I, II y III fueron significativamente superiores a los demás tratamientos, con un promedio de 32.24, 31.44 y 31.18 cm de longitud de raíz respectivamente, seguido de la interacción IV que superó estadísticamente a las interacciones V y VI. Los 3 Ecotipos que recibieron la fertilización nitrogenada (testigo positivo) juntamente con los tratamientos sin aplicación (testigo absoluto), cuyos promedios de longitudes de raíces fueron similares, variando en un rango de 19.97 a

15.57cm, resultandos inferiores a comparación con las longitudes obtenidas en los tratamientos con inoculantes.

Mollinedo (2015), en su trabajo de investigación sobre los efectos de aislamientos de *Rhizobium* obtenidos de plantas cultivadas y silvestres en plantas de tarwi en condiciones de invernadero, obtuvo como resultado que no existe significancia entre los distintos tratamientos. Esto nos muestra que los aislamientos de los *Rhizobium* no son significativos en la longitud, peso y volumen de la raíz del tarwi. Al comparar estos valores con lo que se obtuvo en el presente trabajo de investigación éstas difieren con los resultados obtenidos.

3.1.2. Peso seco de raíz (g)

El análisis de variancia del peso seco de las raíces de los Ecotipos de tarwi con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto), se muestra en la tabla 3.2. donde se observa que en las fuentes de Bloque y Ecotipo (E) no hay diferencias significativas, siendo iguales y no influyen en el peso seco de la raíz. De igual forma, podemos afirmar que hay diferencias altamente significativas en las fuentes de Aplicación (A) e interacción (E*A), esto nos muestra que los promedios del peso seco de la raíz no son semejantes, lo cual amerita efectuar la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$).

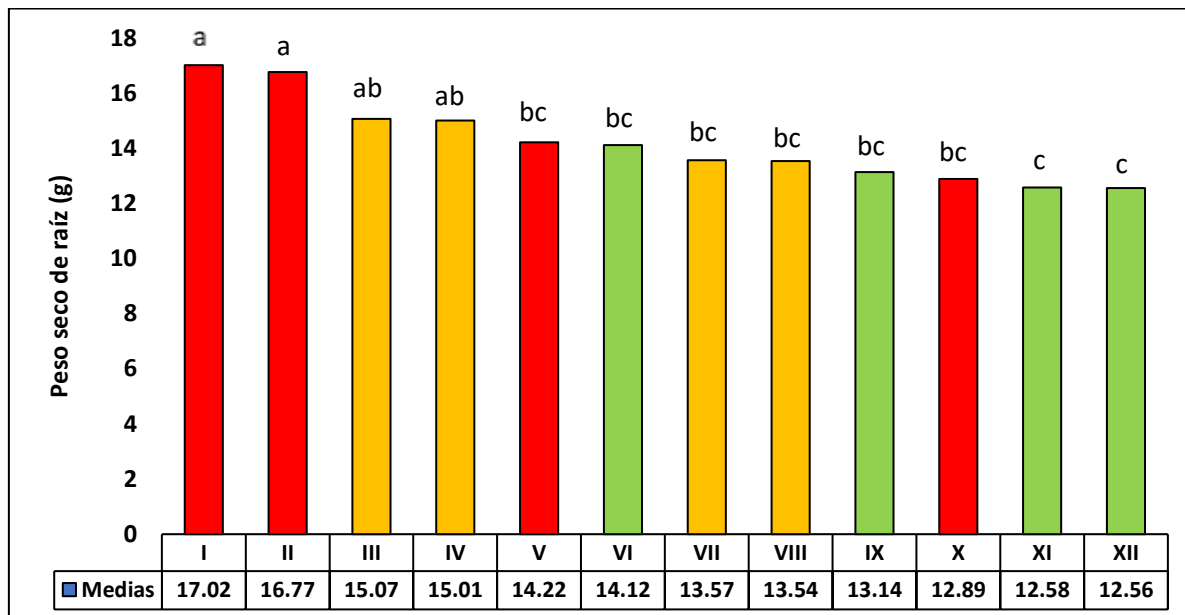
Tabla 3.2. Análisis de variancia del peso seco de las raíces (g) de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Modelo	122.29	20	6.11	6.75	<0.0001
Bloques	0.26	3	0.09	0.02	0.9945 ns
Ecotipo (E)	36.33	2	18.16	4.89	0.0549ns
Error (a)	22.27	6	3.71	4.09	0.0048
Aplicación (A)	48.31	3	16.1	17.77	<0.0001**
Ecotipo (E)*Aplicación (A)	15.12	6	2.52	2.78	0.0309*
Ecotipo en A1	17.594	2	8.797	9.667	0.00527**
Ecotipo en A2	26.394	2	13.197	14.502	0.00236**
Ecotipo en A3	5.397	2	2.699	2.966	0.04869*
Ecotipo en A4	2.002	2	1.001	1.100	0.19301ns
Aplicación en E1	6.395	3	2.132	2.342	0.05050ns
Aplicación en E2	8.850	3	2.950	3.242	0.02390*
Aplicación en E3	48.191	3	16.064	17.652	0.00020**
Error (b)	24.47	27	0.91		
Total	146.76	47			

C.V. = 6.70%

Calzada (2010) indica que un experimento es altamente confiable si presenta un coeficiente de variación menor al 30 %. Así mismo afirma que trabajos experimentales conducidos en

ambientes controlados, el C.V. permitido debe ser menor del 15 %. Por consiguiente, podemos afirmar buena precisión en el presente trabajo experimental, ya que presenta un coeficiente de variación del 6.70%, indicando un valor altamente confiable.



INTERACCIONES	CODIGO	INTERACCIONES	CODIGO
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i>	I	Ecotipo 2 + Urea (Testigo positivo)	VII
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	II	Ecotipo 2 + Sin tratamiento (Testigo absoluto)	VIII
Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	III	Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	IX
Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i>	IV	Ecotipo 3 + Sin tratamiento (Testigo absoluto)	X
Ecotipo 3 + Urea (Testigo positivo)	V	Ecotipo 1 + Urea (Testigo positivo)	XI
Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i>	VI	Ecotipo 1 + Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XII

Figura 3.2. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) del peso seco de las raíces en las interacciones ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

En la Figura 3.2. se observa la prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de la media del peso seco de las raíces de los distintos ecotipos de tarwi con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). Las interacciones con código I y II son significativamente superiores a los demás tratamientos con un promedio de 17.02 y 16.77 g de peso seco de las raíces respectivamente. El Ecotipo 1 con sus 4 tratamientos (inoculación con *Bradyrhizobium*, co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*, fertilización nitrogenada y sin tratamiento) presentan promedios similares que varían entre un rango de 12.56 a 14.12 g.

3.1.3. Número de nódulos por planta

Se observa en la tabla 3.3. que el análisis de variancia realizado para el indicador número de nódulos por planta dentro de los factores Ecotipos de tarwi y Aplicación, muestra que no existe significancia entre los bloques, indicándonos la similitud entre todos los bloques. Sin embargo,

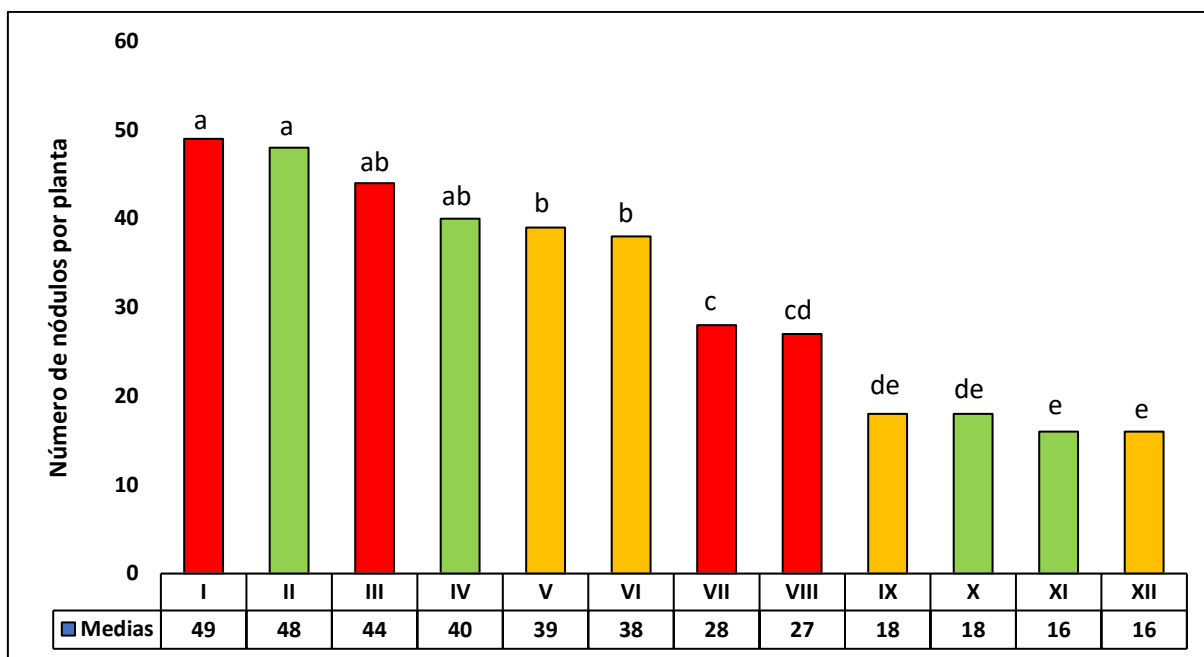
existe diferencias altamente significativas en las fuentes de interacción (E * A) y demás fuentes de variación, lo cual señala que existe prueba suficiente para indicar que los promedios del número de nódulos no son semejantes, por lo que se realizó la prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de los tratamientos. El coeficiente de variación no supera al valor límite del 30 % indicado por (Calzada, 1982), pues esta resultado 11.27%, lo cual detalla una exactitud del trabajo experimental y es altamente confiable.

Tabla 3.3. Análisis de variancia de los números de nódulos de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Modelo	7375.17	20	368.76	29.21	<0.0001
Bloques	96.56	3	32.19	2.3	0.1769 ns
Ecotipo (E)	718.79	2	359.4	25.71	0.0011**
Error (a)	83.88	6	13.98	1.11	0.3838
Aplicación (A)	6280.4	3	2093.5	165.9	<0.0001**
Ecotipo (E)*Aplicación (A)	195.54	6	32.59	2.58	0.0415*
Ecotipo en A1	107.385	2	53.693	4.255	0.02553*
Ecotipo en A2	203.047	2	101.523	8.045	0.00755**
Ecotipo en A3	113.322	2	56.661	4.490	0.02310*
Ecotipo en A4	143.655	2	71.828	5.692	0.01476*
Aplicación en E1	2138.848	3	712.949	56.494	0.00010**
Aplicación en E2	841.297	3	280.432	22.221	0.00010**
Aplicación en E3	1412.812	3	470.937	37.317	0.00010**
Error (b)	340.81	27	12.62		
Total	7715.98	47			

C.V. = 11.27%

En la figura 3.3. se observa la prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de las medias de los nódulos de los distintos Ecotipos de tarwi con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). Las interacciones con código I y II son altamente significativas, siendo superiores a los demás tratamientos con una media de 49 y 48 nódulos por planta respectivamente. El ecotipo 1 y 2 con fertilización nitrogenada (testigo positivo) y sin tratamiento (testigo absoluto), presentan promedios de número de nódulos similares e inferiores al resto de las interacciones.



INTERACCIONES	CODIGO	INTERACCIONES	CODIGO
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	I	Ecotipo 3 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	VII
Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	II	Ecotipo 3 + Urea (Testigo positivo)	VIII
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i>	III	Ecotipo 2 + Urea (Testigo positivo)	IX
Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i>	IV	Ecotipo 1 + Urea (Testigo positivo)	X
Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	V	Ecotipo 1 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XI
Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i>	VI	Ecotipo 2 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XII

Figura 3.3. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) del número de nódulos en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

Casa (2014), en su trabajo sobre fijación de nitrógeno por bacterias *Rhizobium* spp. en invernadero, para tarwi (*Lupinus mutabilis*) y otras leguminosas. Encontró alta significancia para cepas de *Rhizobium* spp y comparaciones, con un promedio de 64.5 nódulos/planta. Además de ello, indica que el testigo absoluto como el tratamiento nitrogenado no presentan nódulos ubicándose en el último grado de significancia. En comparación con los resultados obtenidos en el trabajo experimental, se observó una alta significación entre los procedimientos de evaluación, lo que es consistente con los resultados obtenidos por el autor. Sin embargo, el número de nódulos obtenidos fue inferior, con un promedio de 49 nódulos por planta; por otro lado, por tratarse de un experimento en campo existe cepas nativas de *Rhizobium*, manifestándose en los tratamientos de testigo absoluto y nitrogenado los cuales presentaron nódulos en menor número a comparación de los tratamientos inoculados.

En el artículo, Efecto de la inoculación de plantas de Tarwi con cepas de *Bradyrhizobium* spp. aisladas de un lupino silvestre, Taco y Zúñiga (2020), encontraron significancia en el número

de nódulos primarios y secundarios en los distintos tratamientos. En la raíz principal obtuvo promedios de 9 a 12.4 nódulos por planta y en las raíces secundarias obtuvo promedios de 41 a 88 nódulos por planta y los testigos presentaron varios nódulos secundarios pequeños. En el presente trabajo de investigación existe diferencias significativas en el número de nódulos entre los distintos tratamientos.

La cantidad de nódulos se mostró de forma diferente con el uso de los *Rhizobium* aislados. Esto nos da luces que por lo menos uno de las cepas aisladas es distinto en esta variable evaluada. En la etapa de floración se obtuvo un mayor número de nódulos, el proceso simbiótico que se presenta entre las plantas y bacterias es muy activo en la etapa de desarrollo foliar, esta actividad simbiótica se reduce rápidamente en la proximidad de la cosecha y culminándose el desarrollo de la planta. El número de nódulos entre tratamientos presentaron un valor de media alto de 9 nódulos por planta, seguido por el testigo sin inóculo, con un valor media de 5 nódulos por planta (Mollinedo, 2015).

3.1.4. Peso seco de nódulos por planta (g)

La evaluación de variancia para el peso seco de nódulos de los Ecotipos de tarwi con Aplicación, se muestra en la tabla 3.4. donde se observa que en las fuentes de bloque no hay diferencias significativas, esto evidencia que todos los bloques son semejantes y no influye en el peso seco de los nódulos. No obstante, podemos afirmar que hay una alta significancia en las fuentes de Ecotipo (E), Aplicación (A) e interacción (E * A), lo que evidencia que al menos un tratamiento evaluado difiere en los promedios del peso seco de los nódulos, para ello fue necesario efectuar la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de la interacción de los tratamientos. Podemos indicar buena precisión del trabajo experimental con un coeficiente de variación de 17.03%, el cual indica que es un valor altamente confiable (Calzada, 2010).

Tabla 3.4. Análisis de variancia del peso seco de los nódulos de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Modelo	144.91	20	7.25	12.3	<0.0001
Bloques	2.54	3	0.85	1.43	0.3242 ns
Ecotipo (E)	19.49	2	9.75	16.4	0.0037**
Error (a)	3.56	6	0.59	1.01	0.4423
Aplicación (A)	110.92	3	37	62.7	<0.0001**
Ecotipo (E)*Aplicación (A)	8.4	6	1.4	2.37	0.0500*
Ecotipo en A1	9.441	2	4.720	8.001	0.0076**
Ecotipo en A2	15.216	2	7.608	12.895	0.0030**
Ecotipo en A3	0.933	2	0.466	0.791	0.2560ns
Ecotipo en A4	2.118	2	1.059	1.795	0.1072ns
Aplicación en E1	29.234	3	9.745	16.516	0.00020**
Aplicación en E2	27.404	3	9.135	15.482	0.00020**
Aplicación en E3	61.883	3	20.628	34.962	0.00010**
Error (b)	15.92	27	0.59		
Total	160.83	47			

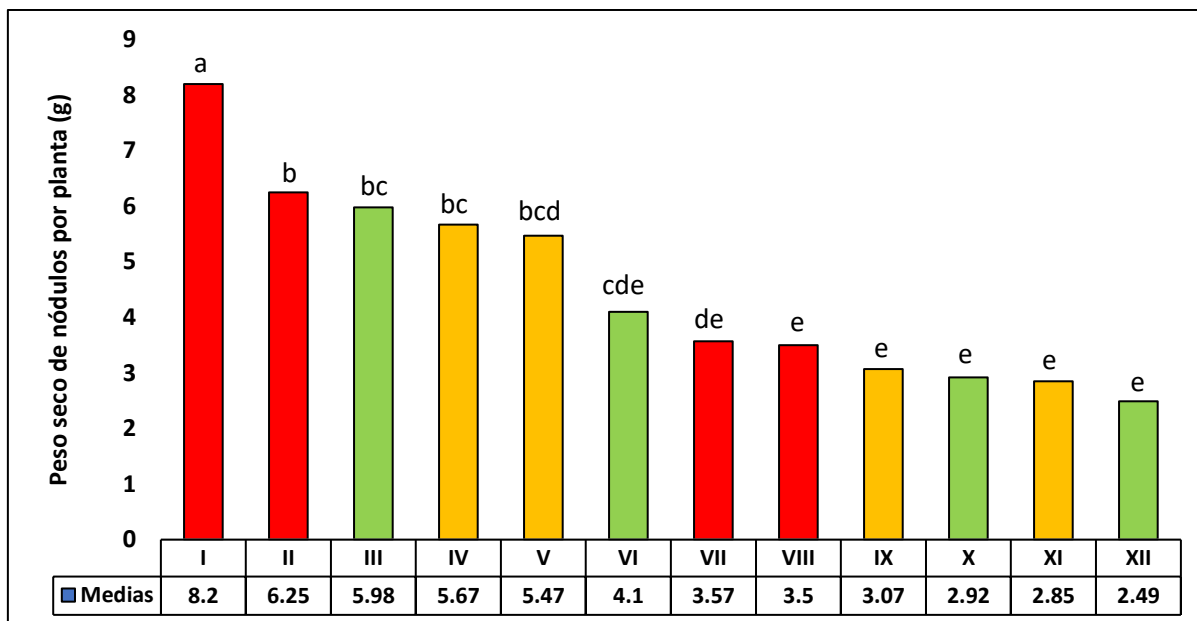
C.V. = 17.03%

En la figura 3.4. se observa la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) del peso promedio de los nódulos secos de la interacción Ecotipos de tarwi con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). La interacción Ecotipo 3 con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* es altamente significativa, superando a los otros tratamientos con una media superior de 8.2 g de peso seco de nódulos por planta. Se observa que los Ecotipos 1, 2 y 3 con las interacciones urea (testigo positivo) y sin tratamiento (testigo absoluto), los promedios fueron similares e inferiores a las demás interacciones con inoculación.

Casa (2014), al realizar ensayos con cepas de *Rhizobium* obtuvo rangos de peso seco de nódulos, 0.23 g/planta en promedio, los cuales son muy inferiores a lo obtenido en el ensayo experimental incluso se encuentra por debajo de los testigos. Se detalla que en el último nivel se encontraron los tratamientos testigos, estos suelos al ser esterilizados y no inoculados, no presentaron nódulos (Casa, 2014).

Mollinedo (2015) en su trabajo de investigación sobre los efectos de rizobios aislados de plantas cultivadas y silvestres sobre plantas de tarwi bajo condiciones de invernadero, afirma que los tratamientos con mejor resultado en tema materia seca de nódulos fueron en el periodo de floración, donde el porcentaje de materia seca de los nódulos a nivel general no fue diferente entre los tratamientos.

Según León et al. (2001) citado por Mollinedo (2015), la interacción inoculante y planta (aislamiento), resultó significativo sobre la nodulación, difiriendo en el peso seco de los nódulos. Donde el inoculante fue la fuente principal de variación para el peso seco de nódulos. Tomando como base lo mencionado por el autor se afirma que los inoculantes utilizados en el trabajo experimental fueron fuentes de variación en el peso seco de los nódulos.



INTERACCIONES	CODIGO	INTERACCIONES	CODIGO
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	I	Ecotipo 3 + Urea (Testigo positivo)	VII
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i>	II	Ecotipo 3 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	VIII
Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	III	Ecotipo 2 + Urea (Testigo positivo)	IX
Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	IV	Ecotipo 1 + Urea (Testigo positivo)	X
Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i>	V	Ecotipo 2 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XI
Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i>	VI	Ecotipo 1 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XII

Figura 3.4. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) del peso seco de los nódulos en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación.

3.2. VARIABLES BIOMÉTRICAS

3.2.1. Altura de planta (m)

En el análisis de variancia de la altura de planta de los ecotipos de tarwi y Aplicación (ver Tabla 3.5.), se evidencia la no significancia entre los bloques, esto nos indica que son iguales y no influyen en la altura de la planta. , hay diferencias muy significativas en las fuentes de interacción ($E * A$) y demás fuentes de variación lo cual muestra prueba suficiente para validar que las medias de la altura de planta no son iguales, siendo necesario efectuar la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de los efectos simples de la interacción.

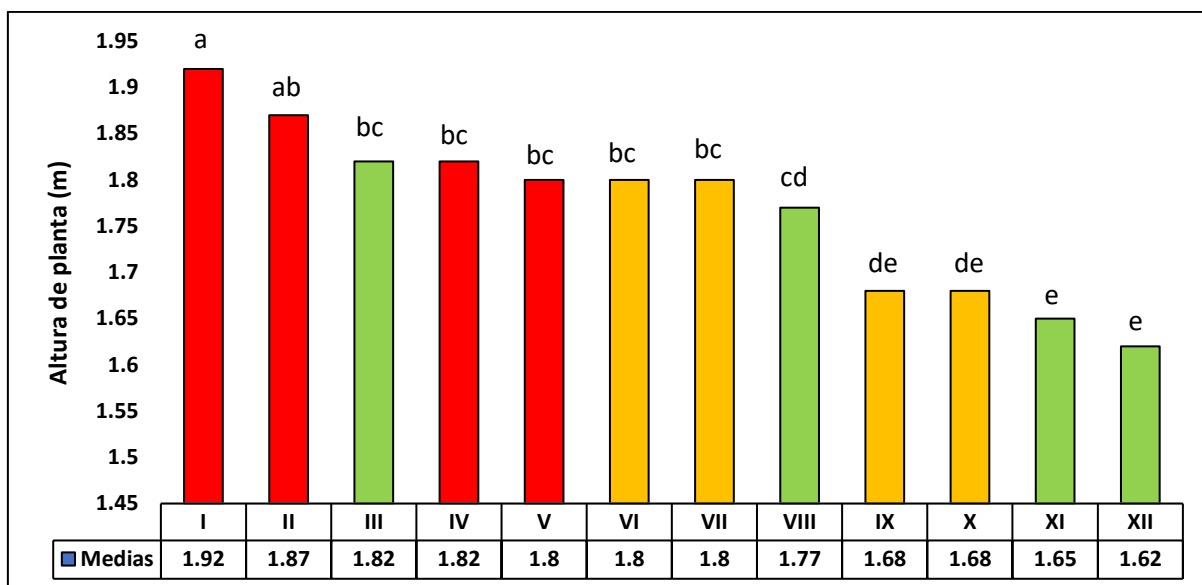
Tabla 3.5. Análisis de variancia de la altura de planta (m) de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Modelo	0.38	20	0.02	15.31	<0.0001
Bloques	0.01	3	2.1003	0.98	0.4622 ns
Ecotipo (E)	0.17	2	0.09	41.17	0.0003**
Error (a)	0.01	6	2.1003	1.67	0.1669
Aplicación (A)	0.17	3	0.06	45.51	<0.0001**
Ecotipo (E) * Aplicación (A)	0.02	6	3.6003	2.87	0.0272**
Ecotipo en A1	0.0501	2	0.0251	0.0193	0.0498*
Ecotipo en A2	0.0119	2	0.0059	0.0046	0.0049**
Ecotipo en A3	0.0657	2	0.0328	0.0253	0.4911ns
Ecotipo en A4	0.0670	2	0.0335	0.0258	0.4909ns
Aplicación en E1	0.111	3	0.0369	0.0284	0.00250**
Aplicación en E2	0.053	3	0.0176	0.0136	0.00750**
Aplicación en E3	0.032	3	0.0106	0.0081	0.49845ns
Error (b)	0.03	27	1.3003		
Total	0.42	47			

C.V. = 2.0%

Calzada (2010) indica que un experimento es altamente confiable si presenta un coeficiente de variación menor al 30 %. Así mismo afirma que trabajos experimentales conducidos en ambientes controlados, el C.V. permitido debe ser menor del 15 %. Por consiguiente, podemos afirmar buena precisión en el presente trabajo experimental, ya que presenta un coeficiente de variación del 2.0 %, indicando un valor altamente confiable.

En la figura 3.5. se observa la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de la media de altura de planta de la interacción de los distintos Ecotipos de tarwi con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). La interacción Ecotipo 3 con *Bradyrhizobium* es altamente significativa, superando al resto de los tratamientos con una media de 1.92 m, seguido por la interacción Ecotipo 3 con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* con una media de 1.87 m. Los rangos mínimos de las medias de la altura de planta oscilan entre 1.62 a 1.68 m, presentados por los Ecotipos 1 y 2 con las interacciones urea (testigo positivo) y sin tratamiento (testigo absoluto).



INTERACCIONES	CODIGO	INTERACCIONES	CODIGO
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i>	I	Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i>	VII
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	II	Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i>	VIII
Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	III	Ecotipo 2 + Urea (Testigo positivo)	IX
Ecotipo 3 + Urea (Testigo positivo)	IV	Ecotipo 2 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	X
Ecotipo 3 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	V	Ecotipo 1 + Urea (Testigo positivo)	XI
Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	VI	Ecotipo 1 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XII

Figura 3.5. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de la altura de planta en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

Taipe (2021), en su trabajo efectos del *Bradyrhizobium*, en los indicadores rendimiento y capacidad simbiótica, en dos variedades de tarwi, menciona que las variedades no influyen en la altura de planta, en comparación con los resultados obtenidos del presente trabajo experimental la altura de planta si es influenciada por los ecotipos. Por otro lado, el autor indica que la dosis de *Bradyrhizobium* inoculados a los cultivares de tarwi es superior al testigo, con una media de 110.23 y el testigo con 88.48cm. Por consiguiente, la altura promedio que se obtuvo en el trabajo experimental es superior a lo indicado por el autor.

3.2.2. Número de inflorescencia por planta

La tabla 3.6. presenta el análisis de variancia del número de inflorescencia de los Ecotipos de tarwi con Aplicación, se evidencia que no existe significancia diferencias en los bloques y Ecotipo (A) señalando de esta manera que los bloques y Ecotipos son similares y no influyen en la cantidad de la inflorescencia por planta. Así, mismo, existe diferencias altamente significativas en las fuentes de Aplicación (A) e interacción (E * A) lo cual nos manifiesta que al menos uno de los tratamientos estudiados varía en los promedios del número de inflorescencia, fue necesario efectuar la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$).

Tabla 3.6. Análisis de variancia del número de inflorescencias de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Modelo	84.67	20	4.23	6.72	<0.0001
Bloques	3.67	3	1.22	1.52	0.3033 ns
Ecotipo (E)	5.17	2	2.58	3.21	0.1129 ns
Error (a)	4.83	6	0.81	1.28	0.2997
Aplicación (A)	46.5	3	15.5	24.6	<0.0001**
Ecotipo (E) * Aplicación (A)	24.5	6	4.08	6.49	0.0003**
Ecotipo en A1	18.072	2	9.0358	14.343	0.0024**
Ecotipo en A2	2.087	2	1.0433	1.656	0.1198ns
Ecotipo en A3	0.035	2	0.0175	0.028	0.4902ns
Ecotipo en A4	1.445	2	0.7225	1.147	0.1851ns
Aplicación en E1	9.530	3	3.1767	5.042	0.0075**
Aplicación en E2	9.912	3	3.30417	5.245	0.0067**
Aplicación en E3	35.595	3	11.865	18.833	0.0002**
Error (b)	17	27	0.63		
Total	101.67	47			

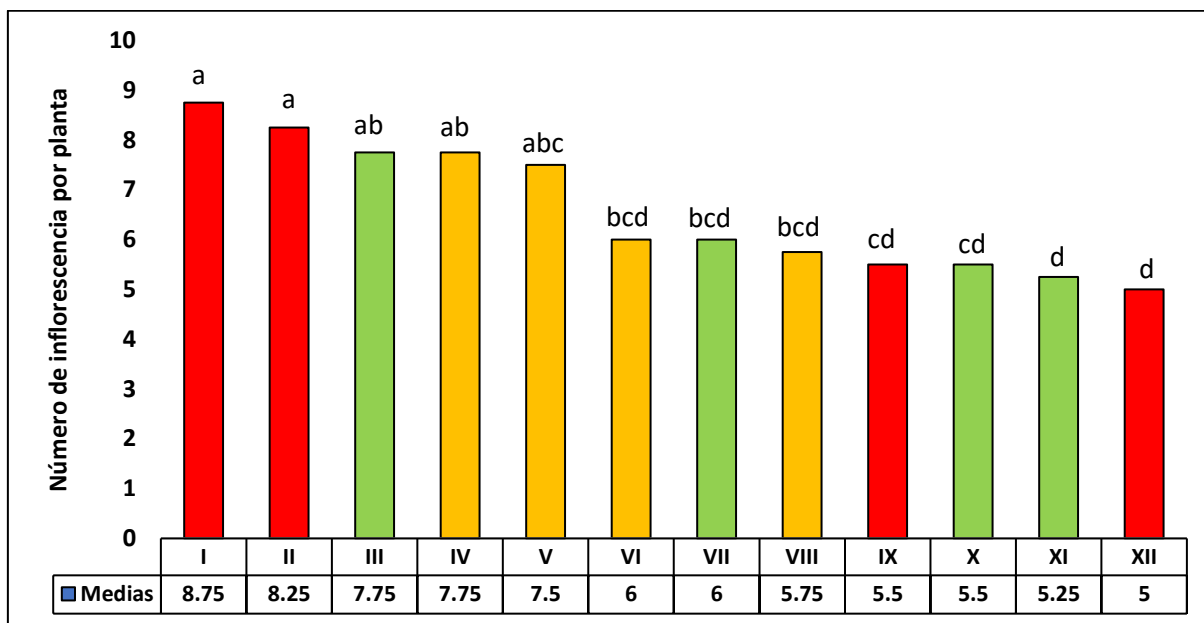
C.V. = 12.05%

Calzada (2010) indica que un experimento es altamente confiable si presenta un coeficiente de variación menor al 30 %. Así mismo afirma que trabajos experimentales conducidos en ambientes controlados, el C.V. permitido debe ser menor del 15 %. Por consiguiente, podemos afirmar buena precisión en el presente trabajo experimental, ya que presenta un coeficiente de variación del 12.05%, indicando un valor altamente confiable.

En la figura 3.6. se observa la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de número de inflorescencias en las interacciones de los distintos Ecotipos de tarwi con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). Las interacciones Ecotipo 3 con *Bradyrhizobium*, así como también el tratamiento Ecotipo 3 con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* son significativamente superiores a los demás tratamientos con un promedio de 9 y 8 en número de inflorescencias respectivamente. El Ecotipo 1 con las interacciones (*Bradyrhizobium*, testigo absoluto y urea) muestra promedios de 5, 6 y 6 de números de inflorescencia respectivamente; cabe señalar que el Ecotipo 1 con el tratamiento *Bradyrhizobium* mostró resultados inferiores, esto debido probablemente a la interferencia de un factor externo como pueden ser las condiciones medio ambientales.

Aguilar (2015), señala en su trabajo rendimiento de grano y capacidad simbiótica de once accesiones de tarwi, que el mayor número de inflorescencias laterales fue 16.27, mientras que

el menor número es 7.63 inflorescencias. La media registrada por las accesiones evaluadas fue de 10.64 inflorescencias laterales. Datos superiores a lo registrado en el trabajo experimental, esta diferencia se debe probablemente a las diferentes accesiones que se utilizaron y al manejo agronómico.



INTERACCIONES	CODIGO	INTERACCIONES	CODIGO
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i>	I	Ecotipo 1 + Urea (Testigo positivo)	VII
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	II	Ecotipo 2 + Urea (Testigo positivo)	VIII
Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	III	Ecotipo 3 + Urea (Testigo positivo)	IX
Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i>	IV	Ecotipo 1 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	X
Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	V	Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i>	XI
Ecotipo 2 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	VI	Ecotipo 3 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XII

Figura 3.6. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de número de inflorescencias en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación.

3.2.3. Longitud de inflorescencia (cm)

En la tabla 3.7. el análisis de variancia realizado para el indicador longitud de la inflorescencia dentro de los factores Ecotipos de tarwi con Aplicación, muestra que no existe diferencia significativa en la fuente de bloque el cual hace referencia que todos los bloques son semejantes. Sin embargo, existe diferencias de significancia en las fuentes de interacción ($E * A$) y resto de fuentes de variación, existiendo prueba suficiente para indicar que los promedios de la longitud de inflorescencia no son semejantes, por lo que fue necesario efectuar la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$).

Calzada (2010) indica que un experimento es altamente confiable si presenta un coeficiente de variación menor al 30 %. Así mismo afirma que trabajos experimentales conducidos en

ambientes controlados, el C.V. permitido debe ser menor del 15 %. Por consiguiente, podemos afirmar buena precisión en el presente trabajo experimental, ya que presenta un coeficiente de variación del 4.92 %, indicando un valor altamente confiable.

Tabla 3.7. Análisis de variancia de la longitud de inflorescencia (cm) de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

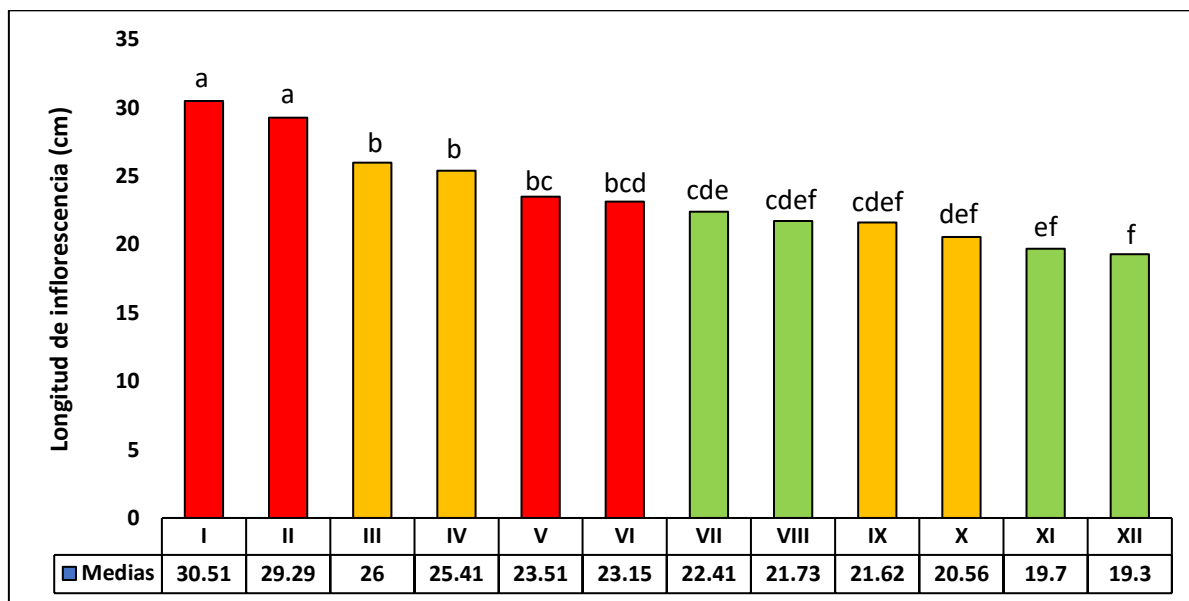
F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Modelo	617.18	20	30.86	22.91	<0.0001
Bloques	30.76	3	10.25	2.84	0.1281 ns
Ecotipo (E)	272.95	2	136.47	37.79	0.0004 **
Error (a)	21.67	6	3.61	2.68	0.0358
Aplicación (A)	253.23	3	84.41	62.65	<0.0001 **
Ecotipo (E) * Aplicación (A)	38.57	6	6.43	4.77	0.0020 **
Ecotipo en A1	95.121	2	47.561	35.230	0.00040**
Ecotipo en A2	154.457	2	77.229	57.206	0.00015**
Ecotipo en A3	30.118	2	15.059	11.155	0.00397**
Ecotipo en A4	32.013	2	16.007	11.857	0.00352**
Aplicación en E1	27.692	3	9.231	6.838	0.0032**
Aplicación en E2	88.085	3	29.362	21.749	0.0001**
Aplicación en E3	175.982	3	58.661	43.452	0.2535ns
Error (b)	36.38	27	1.35		
Total	653.55	47			

C.V. = 4.92%

En la figura 3.7. se observa la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de la longitud promedio de inflorescencia de la interacción Ecotipos de tarwi con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). La interacción Ecotipo 3 con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*, así como el tratamiento Ecotipo 3 con *Bradyrhizobium* son altamente significativas, siendo mayor a los otros tratamientos con un promedio de 30.51 y 29.29 cm respectivamente. Caso contrario se observa en las interacciones Ecotipo 1 con urea (testigo positivo) y sin tratamiento (testigo absoluto) que muestran resultados inferiores y similares, promedios de 19.3 y 19.7 cm de longitud de inflorescencia respectivamente.

De la Cruz (2018), evaluó ecotipos de chocho que provenían del centro y sur del Perú bajo características ambientales del Callejón de Huaylas, obteniendo longitudes medias de inflorescencia principal que osciló de 24.15 cm para ecotipos del centro y 23.36 cm para ecotipos provenientes del sur. Afirma que el promedio de la longitud de las inflorescencias no fue afectado por el lugar de procedencia ya que los datos obtenidos no fueron significativos,

caso contrario ocurrió en el trabajo experimental los distintos ecotipos empleados fueron estadísticamente significativos.



INTERACCIONES	CODIGO	INTERACCIONES	CODIGO
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	I	Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i>	VII
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i>	II	Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	VIII
Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	III	Ecotipo 2 + Urea (Testigo positivo)	IX
Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i>	IV	Ecotipo 2 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	X
Ecotipo 3 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	V	Ecotipo 1 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XI
Ecotipo 3 + Urea (Testigo positivo)	VI	Ecotipo 1 + Urea (Testigo positivo)	XII

Figura 3.7. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de la longitud de inflorescencias en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación.

3.2.4. Número de vainas por inflorescencia

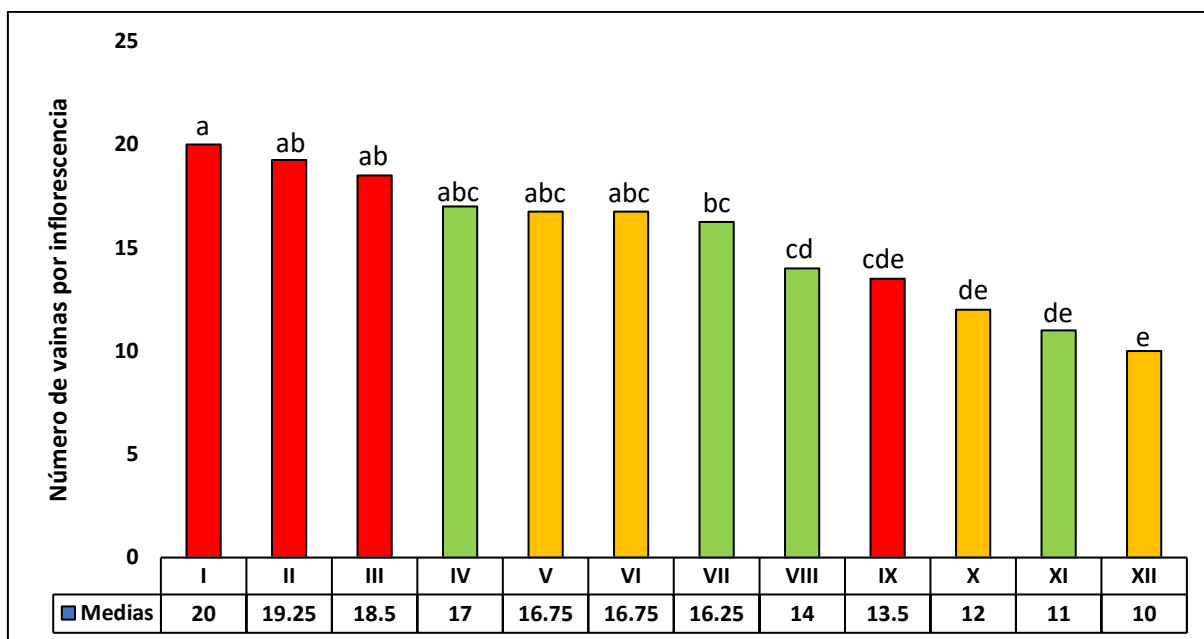
La tabla 3.8. presenta el análisis de variancia del número de vainas por inflorescencia de los Ecotipos de tarwi con Aplicación, se observa que no hay diferencias significativas en las fuentes de bloque el cual nos indica que todos los bloques son homogéneos y no tienen influencia en el número de vainas por inflorescencia. Sin embargo, existe diferencias altamente significativas en las fuentes de Ecotipo (E), Aplicación (A) e interacción (E * A) lo que indica que hay evidencia suficiente para sustentar que las medias del número de vainas por inflorescencia no son iguales, por lo que es necesario realizar la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de los efectos simples de la interacción de los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 9.62%, indica buena precisión del trabajo experimental siendo un valor altamente confiable, pues no supera al valor límite del 30 % (Calzada, 2010).

Tabla 3.8. Análisis de variancia de número de vainas de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Modelo	488.29	20	24.41	11.1	<0.0001
Bloques	6.17	3	2.06	1.3	0.3566 ns
Ecotipo (E)	141.54	2	70.77	44.89	0.0002 **
Error (a)	9.46	6	1.58	0.72	0.6394
Aplicación (A)	294.17	3	98.06	44.59	<0.0001 **
Ecotipo (E) * Aplicación (A)	36.96	6	6.16	2.8	0.0299 *
Ecotipo en A1	29.754	2	14.877	6.762	0.01059*
Ecotipo en A2	8.958	2	4.479	2.036	0.08935ns
Ecotipo en A3	114.743	2	57.372	26.078	0.00073**
Ecotipo en A4	28.285	2	14.142	6.428	0.01168*
Aplicación en E1	85.547	3	28.516	12.961	0.0005**
Aplicación en E2	139.564	3	46.521	21.146	0.0001**
Aplicación en E3	95.704	3	31.901	14.500	0.0004**
Error (b)	59.38	27	2.2		
Total	547.67	47			

C.V. = 9.62%

En la figura 3.8. se observa la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) del número promedio de vainas de los distintos Ecotipos de tarwi con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). La interacción Ecotipo 3 con *Bradyrhizobium* es altamente significativa, siendo mayor al resto de los tratamientos con una media de 20 vainas por planta. En segundo lugar, está la interacción Ecotipo 3 con urea (testigo positivo) con promedio de 19.25 vainas por planta. Resaltar que las interacciones que menor promedio de vainas mostraron fueron las interacciones Ecotipo 2 sin tratamiento (testigo absoluto), Ecotipo 1 sin tratamiento (testigo absoluto), Ecotipo 2 con urea (testigo positivo) y Ecotipo 3 sin tratamiento (testigo absoluto) presentaron como resultado valores similares e inferiores a las demás interacciones. Taípe (2021), obtuvo resultados de 8.5 vainas por inflorescencia lateral. Menciona que el cultivar de tarwi utilizada mostró diferencias estadísticas muy significativas respecto al número de vainas por inflorescencia. Caso contrario ocurrió con las dosis de *Bradyrhizobium* donde no hay diferencias estadísticas significativas, así como también para la interacción (variedades x *Bradyrhizobium*). Al realizar la comparación con los datos obtenidos por el autor se menciona que la dosis de *Bradyrhizobium* mostro resultados óptimos con promedios de hasta 20 vainas por inflorescencia en comparación con los testigos absolutos que solo dieron origen un mínimo de 10 vainas por inflorescencia.



INTERACCIONES	CODIGO	INTERACCIONES	CODIGO
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i>	I	Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i>	VII
Ecotipo 3 + Urea (Testigo positivo)	II	Ecotipo 1 + Urea (Testigo positivo)	VIII
Ecotipo 3 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	III	Ecotipo 3 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	IX
Ecotipo 1 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	IV	Ecotipo 2 + Urea (Testigo positivo)	X
Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	V	Ecotipo 1 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XI
Ecotipo 2 + <i>Bradyrhizobium</i>	VI	Ecotipo 2 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XII

Tabla 3.8. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de número de vainas en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

3.2.5. Número de granos por vaina

En el análisis de variancia del número de granos por vaina de los Ecotipos de tarwi con Aplicación (ver tabla 3.9.), se puede ver que no existe significancia con las fuentes de bloques e interacción ($E * A$) esto indica que el número de granos por vaina es semejante en todos los bloques e interacciones. Sin embargo, existe diferencias que son muy significativas en las fuentes de Ecotipo (E) y Aplicación (A) esto nos dice que existe prueba suficiente para señalar que las medias del número de granos por vaina no son similares, de esta manera fue necesario realizar la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de los efectos principales de los ecotipos de tarwi y de las Aplicaciones. Existe buena precisión del trabajo experimental ya que el coeficiente de variación es de 10.81%, valor altamente confiable.

Tabla 3.9. Análisis de variancia de número de granos por vaina de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Modelo	34.17	20	1.71	5.95	<0.0001
Bloques	0.92	3	0.31	0.79	0.5441 ns
Ecotipo (E)	7.17	2	3.58	9.21	0.0148 **
Error (a)	2.33	6	0.39	1.35	0.2682
Aplicación (A)	22.25	3	7.42	25.84	<0.0001**
Ecotipo (E) * Aplicación (A)	1.5	6	0.25	0.87	0.5288 ns
Error (b)	7.75	27	0.29		
Total	41.92	47			

C.V. = 10.81%

La figura 3.9. presenta la prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) donde se puede evidenciar que no existe diferencia significativa entre el Ecotipo 1 y Ecotipo 2, pero si existe una diferencia significativa entre los Ecotipos mencionados con el Ecotipo 3, donde el Ecotipo 3 supera en número de granos por vaina a los Ecotipos 1 y 2. Las medias del número de granos por vaina difieren dependiendo del Ecotipo desde 4.63 hasta 5.5 granos por vaina.

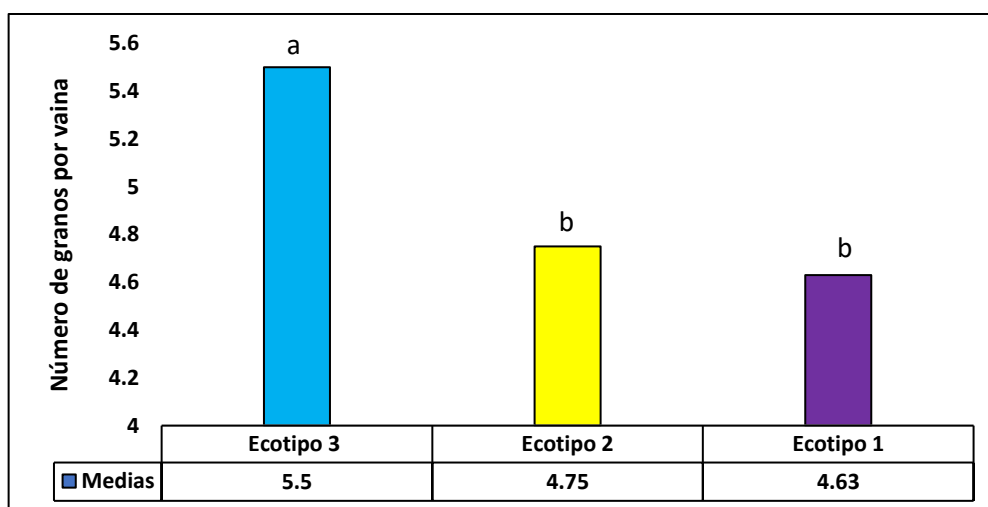


Figura 3.9. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de número de granos por vaina en Ecotipos de tarwi. Llachoccmayo, 3725 msnm.

La figura 3.10. muestra la prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) del número de granos por vaina con Aplicación; en el cual existe diferencias significativas entre las distintas fuentes. La co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* y la inoculación con *Bradyrhizobium* presentaron resultados estadísticamente superiores con un promedio de 5.5 granos por vaina que es mayor al resto de las fuentes, mientras el testigo muestra promedios de 3.83 granos por vaina. La variabilidad del número de granos por cada vaina fue gracias a la eficiencia de cada inoculante y Ecotipo.

En este trabajo experimental se tuvo un máximo de 5.5 granos por vaina, siendo ligeramente inferior a lo que obtuvo por Aguilar (2015) que registra promedios de 5.8 granos por vaina. Haciendo una comparación al resultado obtenemos que los valores resultantes en el trabajo fueron inferiores. Esta diferencia puede ser a causa de las condiciones medio ambientales y el Ecotipo, mas no así por la capacidad simbiótica que presenta el tarwi.

Aguero (2018) evaluó cultivos de tarwi sembrados en terrazas y laderas aplicando fertilización fosfatada, obtuvo diferencias significativas en el número de granos por vaina en las terrazas y laderas donde se aplicó distintos niveles de fertilización fosfatada, siendo 4.12 y 4.79 granos en las terrazas y en laderas fueron 3.52 y 4.58 granos. A mayor dosis de fósforo los resultados de números granos por vaina se incrementan.

Quenallata (2008), estudió los indicadores agronómicos de cinco ecotipos de chocho en dos localidades, en donde obtuvo resultados casi similares en ambas comunidades, esto seguramente en respuesta de los diversos cultivares y ecotipos de chocho, a la escasa precipitación en la fase de llenado de las vainas y a los caracteres agronómicos de las unidades experimentales. Presentó promedios de 4.23 a 5.23 granos por vaina resultado similar a lo obtenido en el trabajo experimental.

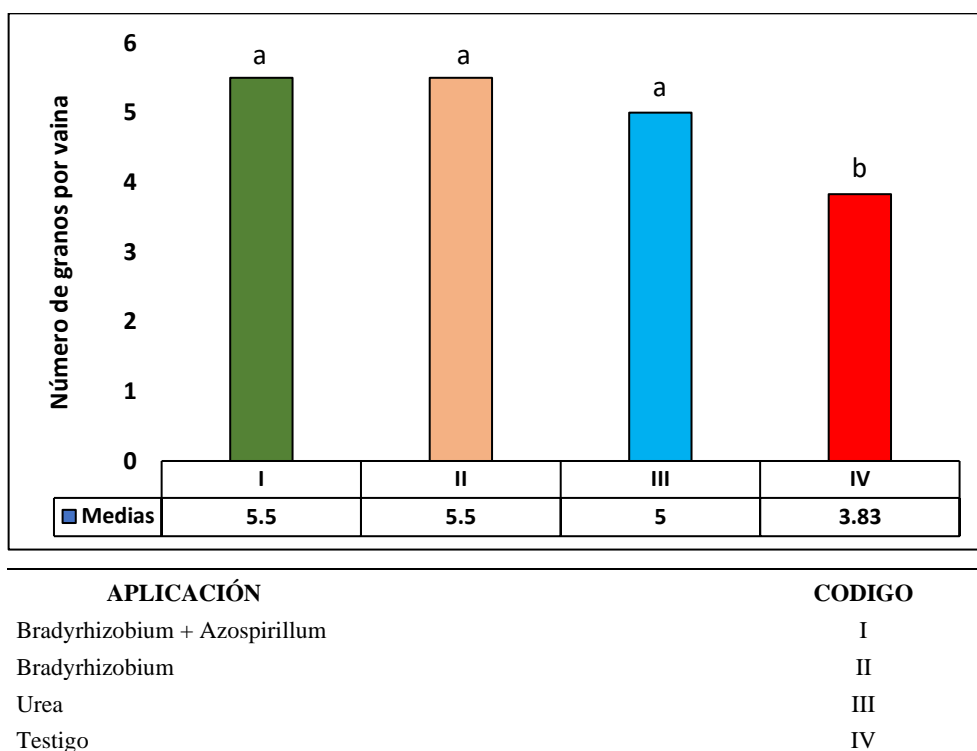


Figura 3.10. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de número de granos por vaina con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). Llachoccmayo, 3725 msnm.

3.2.6. Longitud de vaina (cm)

En el análisis de variancia de la longitud de vaina en los Ecotipos de tarwi con Aplicación (ver tabla 3.10.), podemos observar que no existe significancia en las fuentes de bloques e interacción (E * A) esto nos señala que la longitud de las vainas es homogénea en los bloques e interacciones. Caso contrario, se evidencia diferencias muy significativas en las fuentes de Ecotipo (E) y Aplicación (A) señalando de esta manera que existe prueba suficiente para mencionar que las medias del número de granos por vaina no son homogéneas, siendo necesario realizar la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de los efectos simples de los Ecotipos de tarwi y de las Aplicaciones. Se observa precisión del resultado experimental presentando un valor alto de confiabilidad, cuyo coeficiente de variación fue de 2.59%, ya que esta no supera a lo establecido por (Calzada, 2010).

Tabla 3.10. Análisis de variancia de la longitud de vaina de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm

F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Modelo	18.14	20	0.9	13.01	<0.0001
Bloques	0.37	3	0.1	0.76	0.5564 ns
Ecotipo (E)	7.75	2	3.9	23.89	0.0014 **
Error (a)	0.97	6	0.2	2.33	0.0612
Aplicación (A)	8.81	3	2.9	42.12	<0.0001 **
Ecotipo (E) * Aplicación (A)	0.24	6	0	0.58	0.7442 ns
Error (b)	1.88	27	0.1		
Total	20.02	47			

C.V. = 2.59%

La figura 3.11. indica la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) donde se puede evidenciar que no existe diferencias significativas entre el Ecotipo 1 y Ecotipo 2, pero si existe una diferencia significativa entre los Ecotipos mencionados con el Ecotipo 3, en donde el Ecotipo 3 fue superior en longitud de vaina respecto a los Ecotipos 1 y 2. Los promedios de longitud de vaina varían dependiendo del Ecotipo desde 9.89 a 10.78 cm.

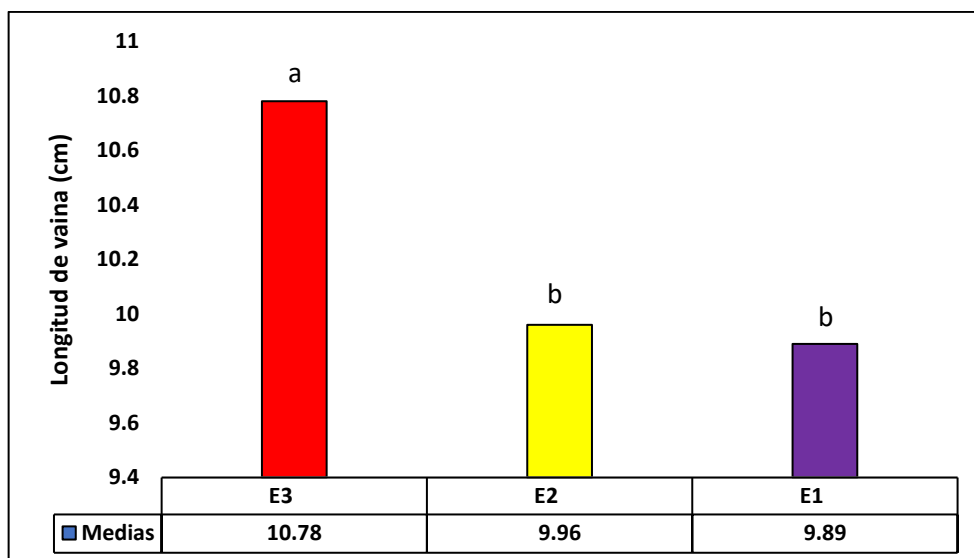


Figura 3.11. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) longitud de vaina en ecotipos de tarwi. Llachoccmayo, 3725 msnm

En la figura 3.12. se observa la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de la longitud de vaina con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto), en el cual existe diferencias significativas entre las distintas fuentes. La inoculación con *Bradyrhizobium* y la co-inoculación con *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* presentaron resultados superiores con un promedio de 10.75 y 10.49 cm respectivamente, estos resultados son superiores a las demás fuentes, mientras el testigo absoluto muestra promedios de 9.66 cm de longitud de vaina. Esta diferencia de la longitud por vaina se debe a la actividad eficiente de cada inoculante y a las condiciones edafoclimáticas del suelo.

Taipe (2021), realizó evaluaciones del efecto de *Bradyrhizobium* en variedades de tarwi, en donde obtuvo que las dosis de *Bradyrhizobium* actúan de manera diferenciada en la longitud de vaina en comparación de variedades sin inóculo. Obtuvo promedios de 9.87 cm de longitud de vaina, respecto al testigo (sin inóculo) que obtuvo un promedio de 8.36 cm de longitud de vaina, indicándonos de esta manera que el *Bradyrhizobium* si influye en la longitud de la vaina. En este trabajo experimental se obtuvo promedios de 10.75 cm de longitud de vaina, estas son superiores a los datos obtenidos por el autor.

Aguilar (2015) obtuvo promedios generales de 82.39 mm de longitud de vaina sin la aplicación de ningún inoculante, resultado menor a comparación con los datos obtenidos en el trabajo experimental que se utilizó inoculantes, esta comparación comprueba que el uso de inoculantes favorece positivamente en el desarrollo de la planta de tarwi. En un trabajo experimental realizado en Cusco por Porras (2012) citado por Aguilar (2015), registró promedios de 101 mm de largo de vaina, estos resultados se asemejan a los obtenido en el trabajo experimental.

Agüero (2018) evaluó las longitudes de vaina con fertilización fosfatada, obteniendo promedios de 7.87 a 8.24 cm de longitud de vaina, menor a comparación con los datos obtenidos en este trabajo experimental, inclusive el testigo absoluto (sin inoculante) supera con promedios de 9.66 cm de longitud de vaina.

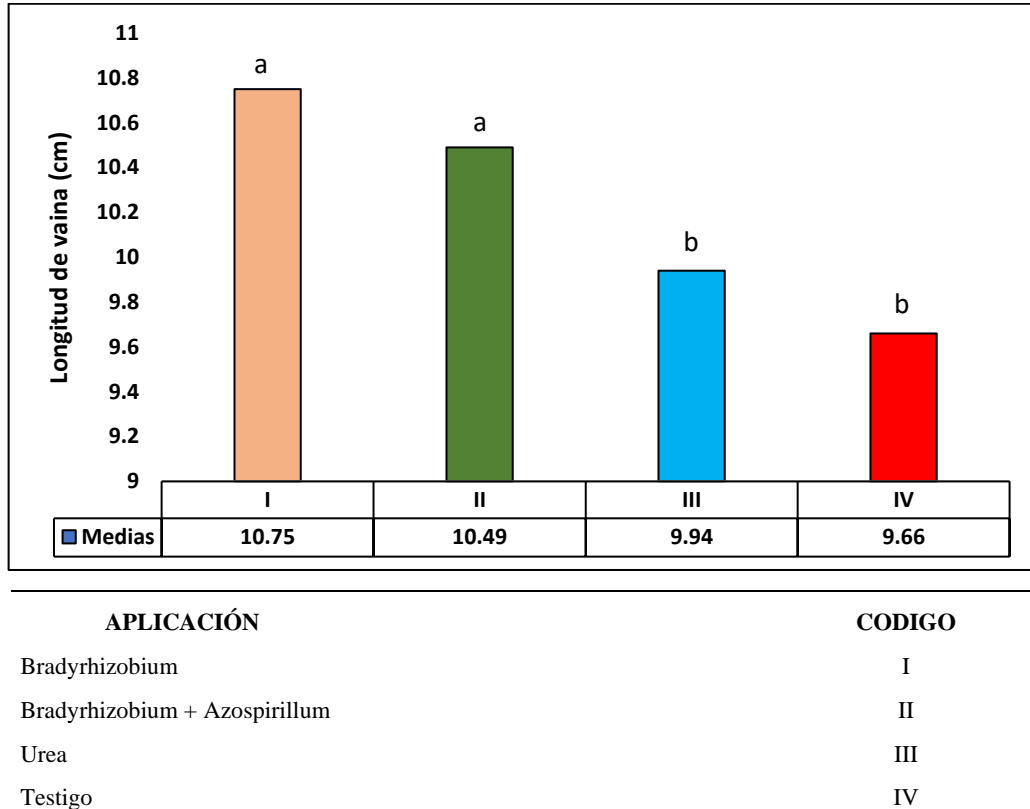


Figura 3.12. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de longitud de vaina con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). Llachoccmayo, 3725 msnm.

3.2.7. Peso seco de follaje (g)

En la tabla 3.11. se observa el análisis de variancia del peso seco de follaje de los Ecotipos de tarwi con Aplicación, no existe significancia en las fuentes de bloque, indicándonos de esta manera que los bloques son iguales y no influyen en el peso seco de follaje. Además de ello, hay diferencia muy significativa en la fuente de Ecotipo, Aplicación e interacción ($E * A$) lo que nos señala que al menos uno de los tratamientos estudiados difiere del resto en los promedios del peso seco de follaje, siendo necesario efectuar la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$). Se observa una alta precisión del ensayo experimental presentando un valor muy confiable, cuyo coeficiente de variación fue de 8.76%, ya que esta no supera a lo establecido por (Calzada, 2010).

Tabla 3.11. Análisis de variancia del peso seco de follaje de Ecotipos de tarwi con Aplicación.
Llachoccmayo, 3725 msnm

F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Modelo	54487.75	20	2724.39	14.04	<0.0001
Bloques	1740.71	3	580.24	0.85	0.5159 ns
Ecotipo (E)	8758.81	2	4379.4	6.4	0.0325 *
Error (a)	4103.16	6	683.86	3.52	0.0105
Aplicación (A)	36533.4	3	12177.8	62.74	<0.0001**
Ecotipo (E) * Aplicación (A)	3351.67	6	558.61	2.88	0.0267 *
Ecotipo en A1	6646.731	2	3323.365	17.122	0.00170**
Ecotipo en A2	514.374	2	257.187	1.325	0.15814ns
Ecotipo en A3	3997.601	2	1998.801	10.298	0.00465**
Ecotipo en A4	951.233	2	475.616	2.450	0.06695ns
Aplicación en E1	16020.973	3	5340.324	27.513	0.0001**
Aplicación en E2	12513.634	3	4171.211	21.490	0.0001**
Aplicación en E3	11350.2150	3	3783.405	19.492	0.0001**
Error (b)	5240.72	27	194.1		
Total	59728.47	47			

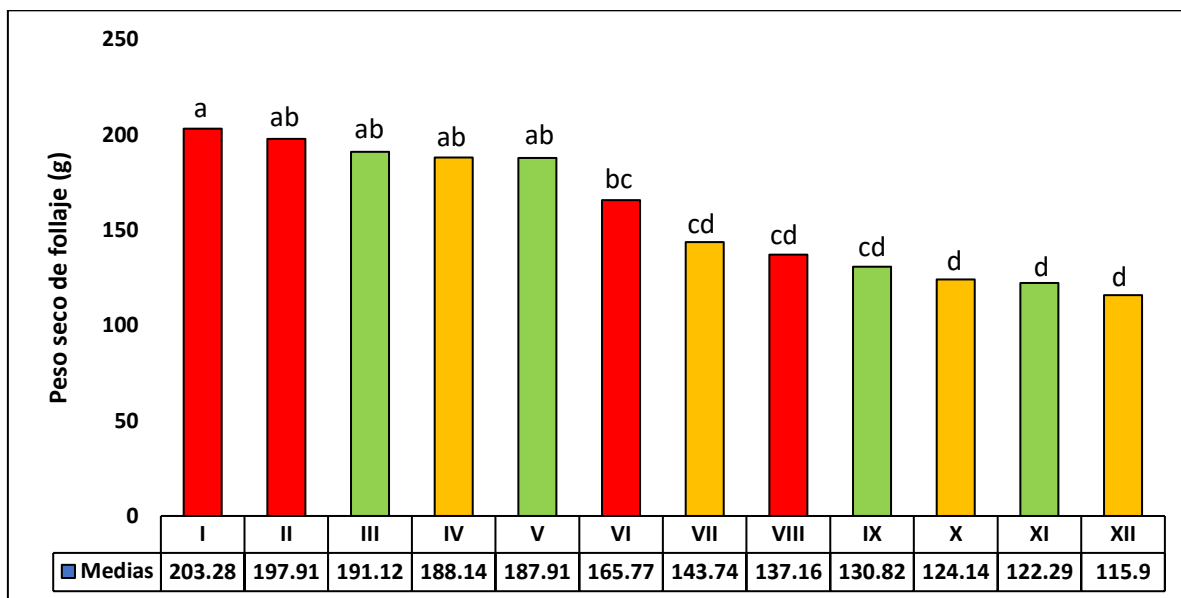
C.V. = 8.76%

En la figura 3.13. se observa la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) del peso seco de follaje de la interacción Ecotipos de tarwi con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). La interacción Ecotipo 3 con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* es altamente significativa, siendo mayor al resto de los tratamientos con una media de 203.28 g de peso seco de follaje. Sin embargo, los Ecotipos 2 y 1 sin tratamiento (testigo absoluto) presentan resultados inferiores con promedios de 115.9 y 122.29 g de peso de follaje respectivamente.

Mollinedo (2015), menciona que los *Rhizobium* tuvieron un efecto positivo en el incremento del peso real de la planta de tarwi, lo que significa un peso seco superior. Los *Rhizobium* son considerados muy efectivos en la fijación del nitrógeno atmosférico, también se puede realizar aislamientos de cepas específicos para este cultivo.

Benintende et al. (2010), evaluaron la materia seca del tarwi con inoculación simple con *Bradyrhizobium japonicum* e inoculación dual con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. Los resultados obtenidos por los autores coinciden con los datos que se obtuvo en el trabajo experimental. Donde la curva de acumulación de materia seca del testigo fue menor a los tratamientos inoculados. La acumulación de materia seca en el tratamiento de co-

inoculación fue mayor que en el tratamiento de inoculación simple. Los resultados obtenidos por los autores coinciden con los datos que se obtuvieron en trabajo experimental.



INTERACCIONES	CODIGO	INTERACCIONES	CODIGO
Ecotipo 3 + Bradyrhizobium y Azospirillum	I	Ecotipo 2 + Bradyrhizobium	VII
Ecotipo 3 + Bradyrhizobium	II	Ecotipo 3 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	VIII
Ecotipo 1 + Bradyrhizobium y Azospirillum	III	Ecotipo 1 + Urea (Testigo positivo)	IX
Ecotipo 2 + Bradyrhizobium y Azospirillum	IV	Ecotipo 2 + Urea (Testigo positivo)	X
Ecotipo 1 + Bradyrhizobium	V	Ecotipo 1 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XI
Ecotipo 3 + Urea (Testigo positivo)	VI	Ecotipo 2 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XII

Figura 3.13. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de peso seco de follaje en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). Llachocmayo, 3725 msnm.

3.3 VARIABLES DE RENDIMIENTO

3.3.1. Peso de grano seco por planta (g)

En la tabla 3.12. se observa el análisis de variancia del peso de grano seco por planta en los Ecotipos de tarwi con Aplicación, no existe significancia en los bloques, esto nos señala que los bloques son semejantes y no existe influencia en el peso de grano seco por planta. Por otro lado, hay diferencias altas de significancia en las fuentes de Ecotipo (E), Aplicación (A) e interacción (E *A) por lo que podemos afirmar que los promedios de los tratamientos no son iguales, finalmente fue necesario efectuar la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$). Se observa una alta precisión del ensayo experimental presentando un valor altamente confiable, cuyo coeficiente de variación fue de 6.80%, ya que esta no supera a lo establecido por (Calzada, 2010).

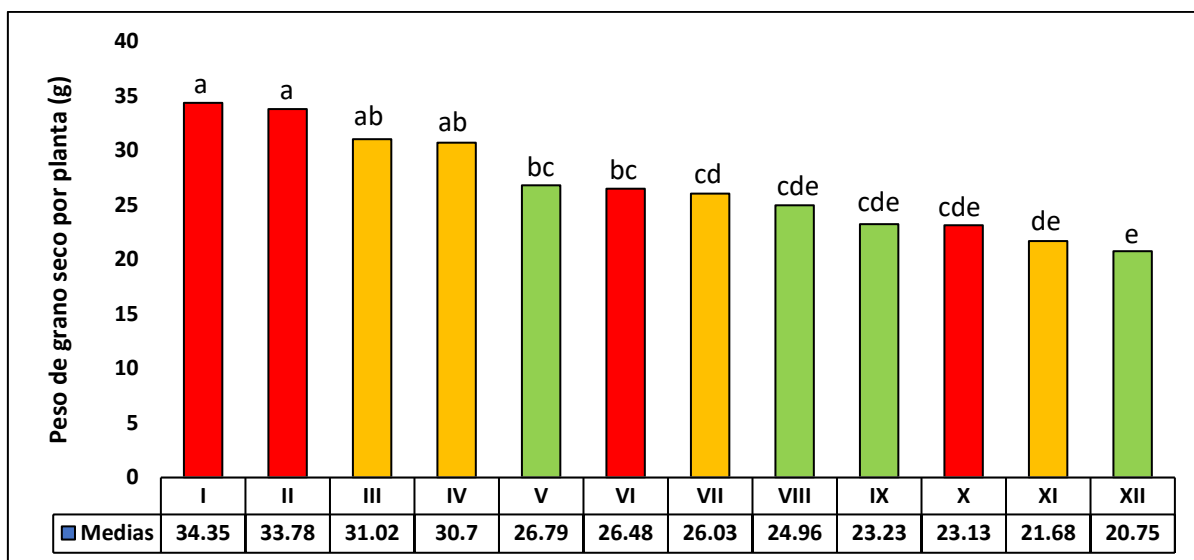
Tabla 3.12. Análisis de variancia del peso de grano seco de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Modelo	973.27	20	48.66	14.55	<0.0001
Bloques	14.37	3	4.79	0.9	0.4961ns
Ecotipo (E)	247.2	2	123.6	23.1	0.0015 **
Error (a)	32.1	6	5.35	1.6	0.1859
Aplicación (A)	612.02	3	204	60.98	<0.0001**
Ecotipo (E) * Aplicación (A)	67.59	6	11.27	3.37	0.0131**
Ecotipo en A1	179.215	2	89.607	26.748	0.0007**
Ecotipo en A2	99.163	2	49.581	14.800	0.0023**
Ecotipo en A3	24.868	2	12.434	3.712	0.0328*
Ecotipo en A4	11.519	2	5.760	1.719	0.1138ns
Aplicación en E1	79.548	3	26.516	7.915	0.0021**
Aplicación en E2	234.007	3	78.002	23.284	0.0001**
Aplicación en E3	366.166	3	122.055	36.434	0.0001**
Error (b)	90.33	27	3.35		
Total	1063.61	47			

C.V. = 6.80%

En la figura 3.14. se observa la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) del peso de grano seco por planta de la interacción Ecotipos de tarwi con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). La interacción Ecotipo 3 con *Bradyrhizobium*, así como la interacción Ecotipo 3 con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* fueron altamente significativas, siendo mayor al resto de los tratamientos con una media de 34.35 y 33.78 g de peso de grano seco respectivamente. Sin embargo, los Ecotipos (E1, E2 y E3) sin tratamiento (testigo absoluto) presentaron resultados inferiores con promedios de 20.75, 21.68 y 23.13 g de peso de grano seco respectivamente.

Taipe (2021), menciona que el tratamiento de tarwi inoculado con *Bradyrhizobium* es mayor con una media de 43 gr. frente al testigo que obtuvo una media de 35 gr. de peso, lo que nos muestra que el *Bradyrhizobium* influyó directamente en el peso de la semilla. Los datos que obtuvo el autor fueron superiores al resultado obtenido en el presente trabajo experimental, esta diferencia sea probablemente debido a factores medio ambientales, mas no por el efecto del *Bradyrhizobium*.



INTERACCIONES	CODIGO	INTERACCIONES	CODIGO
Ecotipo 3 + Bradyrhizobium	I	Ecotipo 2 + Urea (Testigo positivo)	VII
Ecotipo 3 + Bradyrhizobium y Azospirillum	II	Ecotipo 1 + Bradyrhizobium	VIII
Ecotipo 2 + Bradyrhizobium y Azospirillum	III	Ecotipo 1 + Urea (Testigo positivo)	IX
Ecotipo 2 + Bradyrhizobium	IV	Ecotipo 3 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	X
Ecotipo 1 + Bradyrhizobium y Azospirillum	V	Ecotipo 2 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XI
Ecotipo 3 + Urea (Testigo positivo)	VI	Ecotipo 1 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XII

Figura 3.14. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de peso de grano seco en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

3.3.2. Peso de 100 semillas (g)

En el análisis de variancia del peso de 100 semillas de los Ecotipos de tarwi con Aplicación (ver tabla 3.13.), no existe significancia en las fuentes de bloques e interacción ($E * A$) lo que evidencia que el peso de 100 semillas es semejante en las fuentes bloque e interacciones. Sin embargo, existe diferencias muy altas de significancia en las fuentes de Ecotipo (E) y Aplicación (A) por lo que se puede afirmar que los promedios del peso de 100 semillas no son semejantes, siendo necesario realizar la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de los efectos principales de los Ecotipos de tarwi y de la Aplicación. Se observa alta efectividad del ensayo experimental presentando resultados muy confiables, cuyo coeficiente de variación fue de 9.90%, ya que esta no supera a lo establecido por (Calzada, 2010).

Tabla 3.13. Análisis de variancia del peso de 100 semillas de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Modelo	1164.03	20	58.2	8.06	<0.0001
Bloques	40.64	3	13.55	3.75	0.0789 ns
Ecotipo (E)	301.25	2	150.63	41.75	0.0003 **
Error (a)	21.65	6	3.61	0.5	0.803
Aplicación (A)	694.04	3	231.35	32.04	<0.0001**
Ecotipo (E) * Aplicación (A)	106.45	6	17.74	2.46	0.0512 ns
Error (b)	194.98	27	7.22		
Total	1359.01	47			

C.V. = 9.90%

La figura 3.15. muestra la prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) donde podemos evidenciar que existe alta diferencias significativas entre los Ecotipos, en donde el Ecotipo 3 es superior en peso de 100 semillas respecto a los Ecotipos 1 y 2. Los promedios inferiores de peso de las 100 semillas varían dependiendo del Ecotipo desde 23.83 a 27.74 g.

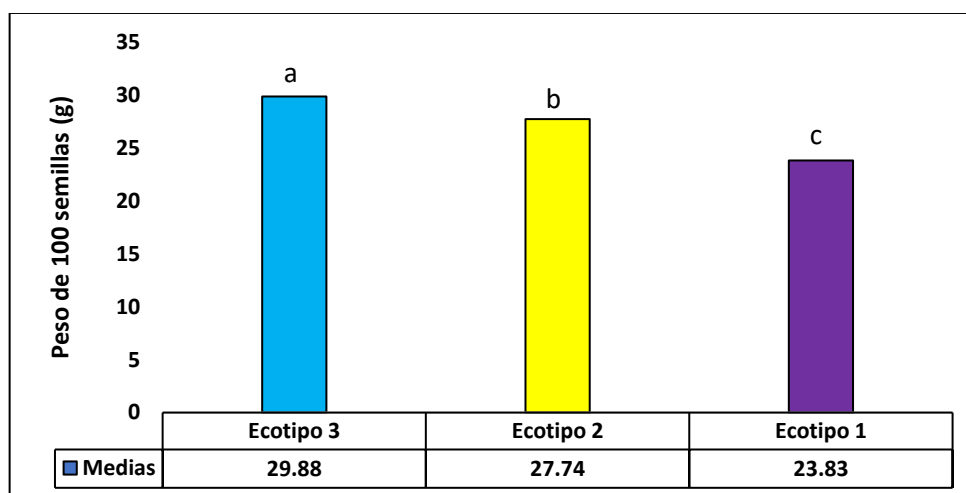
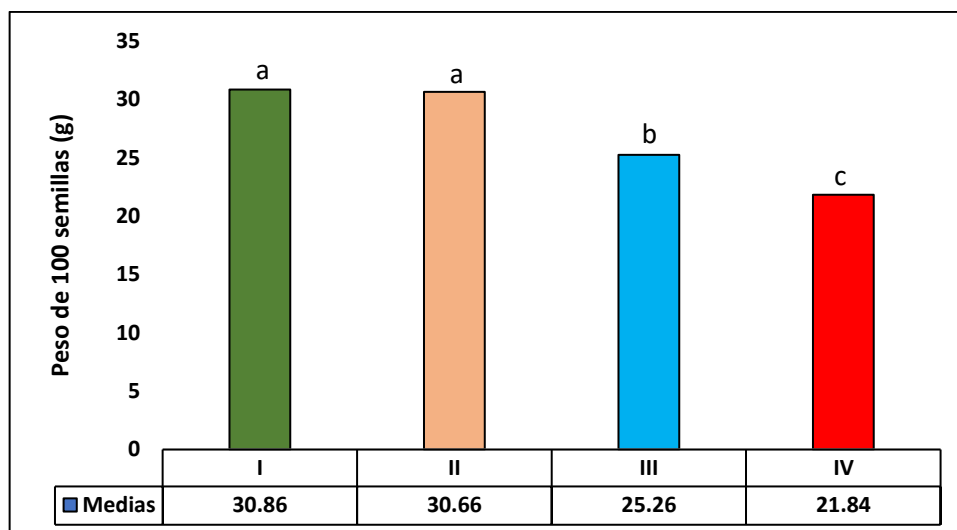


Figura 3.15. Prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) de peso de 100 semillas en Ecotipos de tarwi. Llachoccmayo, 3725 msnm.

En la figura 3.16. se observa la prueba de contraste Tukey ($P>0.05$) del peso de 100 semillas con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto), en el cual existe diferencias significativas entre las distintas fuentes. La co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* y la inoculación con *Bradyrhizobium* presentaron resultados superiores con un promedio de 30.86 y 30.66 g respectivamente, estos resultados son superiores a las demás fuentes, mientras el testigo absoluto muestra promedios de 21.84 g de peso de 100 semillas. La diferencia de peso se debe a la efectividad de cada inoculante y a las características edafológicas del suelo.



APLICACIÓN	CODIGO
Bradyrhizobium + Azospirillum	I
Bradyrhizobium	II
Urea	III
Testigo	IV

Figura 3.16. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de peso de 100 semillas con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). Llachoccmayo, 3725 msnm.

Taipe (2021) menciona que el tratamiento inoculado con *Bradyrhizobium* fue mayor con una media de 29.53 gr. frente al testigo quien obtuvo una media de 26.27 gr. de peso, esto describe que el *Bradyrhizobium* influye en el peso de 100 semillas. Los resultados que obtuvo el autor se asemejan a los promedios que se obtuvo en este ensayo experimental.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo experimental fueron mayores a los obtenidos por Plata (2016), quién en un estudio realizado, estudia el comportamiento agronómico de dos cultivares de chocho bajo tres densidades de siembra, logró un peso máximo de 24.47 g para las distintas variedades y un valor mínimo de 20 g.

Aguilar (2015), obtuvo resultados de 28.67 g con los tratamientos simbióticos mientras que el testigo presentó 22.39 g. La media del peso de 100 semillas de las distintas accesiones evaluadas en su ensayo fue de 24.52 g, siendo menor al peso que se obtuvo en el presente trabajo experimental. En otras regiones del Perú el peso de 100 semillas de otros ecotipos varía ampliamente. Para la región Sur, Porras (2012) citado por Aguilar (2015) en su ensayo experimental realizado en Cusco, indica que el peso de 100 semillas varía entre 30 y 35 gramos, ya que este resultado no refleja un buen rendimiento, este valor varía 500 a 700 kg/ha, todo ello se debe a un manejo agronómico idóneo. Así como: labranza, aporque, adecuado manejo fitosanitario, incorporación de materia orgánica y excesiva precipitación.

3.3.3. Rendimiento en grano seco (kg/ha⁻¹)

En la tabla 3.14. podemos ver el análisis de variancia del rendimiento en grano seco de los Ecotipos de tarwi con Aplicación, donde no existe significancia en los bloques. Indicándonos así, que son similares y no influye en el rendimiento de grano seco. Además de ello, existe diferencias altas de significancia en las fuentes de Ecotipo, Aplicación e Interacción (E * A) esto nos señala que al menos uno de los tratamientos evaluados difiere dentro de los rendimientos en grano seco, siendo necesario realizar la prueba de contraste Tukey (P>0.05). Calzada (2010) indica que un experimento es altamente confiable si presenta un coeficiente de variación menor al 30 %. Así mismo afirma que trabajos experimentales conducidos en ambientes controlados, el C.V. permitido debe ser menor del 15 %. Por consiguiente, podemos afirmar buena precisión en el presente trabajo experimental, ya que presenta un coeficiente de variación del 6.80%, indicando un valor altamente confiable.

Tabla 3.14. Análisis de variancia del rendimiento en grano seco (kg/ha-1) de ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

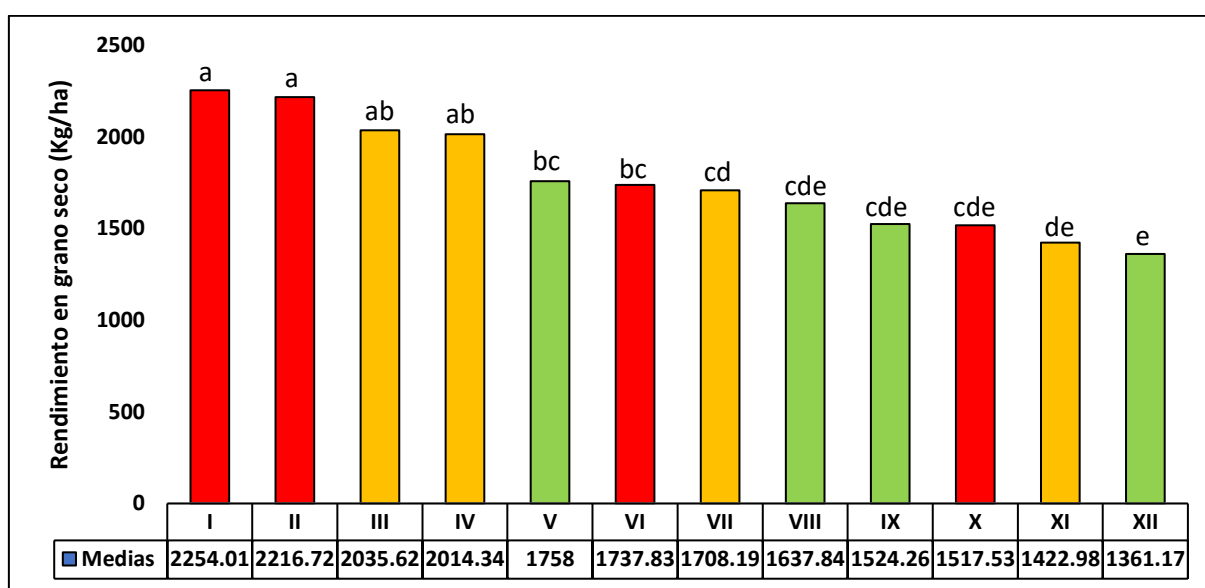
F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Modelo	4192237.9	20	209611.89	14.56	<0.0001
Bloques	61939.81	3	20646.6	0.9	0.4956 ns
Ecotipo (E)	1064754.3	2	532377.17	23.11	0.0015**
Error (a)	138211.75	6	23035.29	1.6	0.1856
Aplicación (A)	2636499	3	878832.98	61.04	<0.0001**
Ecotipo (E) * Aplicación (A)	290833.01	6	48472.17	3.37	0.0131*
Ecotipo en A1	771814.07	2	385907.03	26.804	0.0007**
Ecotipo en A2	427058.37	2	213529.19	14.831	0.0023**
Ecotipo en A3	107099.01	2	53549.50	3.719	0.0326*
Ecotipo en A4	49610.35	2	24805.17	1.723	0.1135ns
Aplicación en E1	342583.0	3	114194.3	7.93	0.0021**
Aplicación en E2	1007782.8	3	335927.6	23.33	0.0001**
Aplicación en E3	1576944.7	3	525648.2	36.51	0.0001**
Error (b)	388727.31	27	14397.31		
Total	4580965.2	47			

C.V. = 6.80%

En la figura 3.17. se observa la prueba de contraste Tukey (P>0.05) del rendimiento en grano seco de la interacción Ecotipos de tarwi con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto). La interacción Ecotipo 3 con *Bradyrhizobium*, así como la interacción Ecotipo 3 con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* son altamente significativas, siendo superior a los demás tratamientos con un promedio de 2254.0 y 2217.0 kg/ha⁻¹ de peso

respectivamente. Sin embargo, los Ecotipos (E1, E2 y E3) sin tratamiento (testigo absoluto) presentaron resultados inferiores con promedios de 1361.0, 1423.0 y 1518.0 kg/ha⁻¹ de rendimiento en grano seco.

Agüero (2018), en su trabajo sobre los efectos de la fertilización fosfatada en el rendimiento del grano seco de tarwi, obtuvo efectos positivos en el rendimiento promedios de 1780 a 1228 kg/ha⁻¹. Estudios en *Lupinus* describen que el sistema tradicional del agricultor es no fertilizar y sembrar en barbecho obteniendo rendimientos de 500 a 100 kg/ha⁻¹. A comparación con los datos obtenidos en este trabajo son mucho menores, ya que el rendimiento promedio con los tratamientos inoculados superó los 2254 kg/ha⁻¹.



INTERACCIONES	CODIGO	INTERACCIONES	CODIGO
Ecotipo 3 + Bradyrhizobium	I	Ecotipo 2 + Urea (Testigo positivo)	VII
Ecotipo 3 + Bradyrhizobium y Azospirillum	II	Ecotipo 1 + Bradyrhizobium	VIII
Ecotipo 2 + Bradyrhizobium y Azospirillum	III	Ecotipo 1 + Urea (Testigo positivo)	IX
Ecotipo 2 + Bradyrhizobium	IV	Ecotipo 3 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	X
Ecotipo 1 + Bradyrhizobium y Azospirillum	V	Ecotipo 2 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XI
Ecotipo 3 + Urea (Testigo positivo)	VI	Ecotipo 1 Sin tratamiento (Testigo absoluto)	XII

Figura 3.17. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) del rendimiento en grano seco (kg/ha-1) en las interacciones Ecotipos de tarwi con Aplicación.

Quenallata (2008), menciona que el rendimiento varió de acuerdo a los ecotipos entre 2189,70 a 1714,90 kg/ha⁻¹. Se puede decir que la configuración genética propia de cada ecotipo, es influenciada principalmente por las distintas condiciones climáticas que se presentan en la etapa de formación de grano; todo ello se ve influenciada en los diferentes valores de rendimientos evaluados de diferentes ecotipos en dos comunidades estudiadas,

El efecto de la inoculación con *Azospirillum* en el cultivo de tarwi, sobre el aumento del rendimiento en trabajos de investigación de campo por lo general oscila entre un 10-30 %. Pocos trabajos revelan valores muy altos entre 50-70 % sobre controles que no fueron inoculados. Sin embargo, algunos incrementos moderados en el rendimiento (hasta un 20 %) fueron comercialmente importantes en la agricultura moderna (Parra y Cuevas, 2002).

3.4 VARIABLES DE CALIDAD

3.4.1. Contenido de proteína bruta (%)

En el análisis de variancia del contenido de proteína bruta de los Ecotipos de tarwi con Aplicación (ver tabla 3.15.), podemos ver que no existe significancia en la fuente de bloque e interacción (E * A) lo que nos indica que el contenido de proteína bruta es similar en todos los bloques e interacciones. Caso contrario sucede en las fuentes de Ecotipo (E) y Aplicación (A) donde existe diferencias altamente significativas, indicándonos que hay prueba suficiente para decir que los promedios del contenido de proteína bruta no son similares, siendo útil realizar la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$). Se observa una alta precisión del ensayo experimental presentando un valor muy confiable, cuyo coeficiente de variación fue de 3.5%, ya que esta no supera a lo establecido por (Calzada, 2010).

Tabla 3.15. Análisis de variancia del contenido de proteína bruta de Ecotipos de tarwi con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Modelo	198.2	20	9.91	4.41	0.0002
Bloques	12.08	3	4.03	3.38	0.095 ns
Ecotipo (E)	124.7	2	62.4	52.4	0.0002**
Error (a)	7.14	6	1.19	0.53	0.781
Aplicación (A)	33.53	3	11.2	4.97	0.007 **
Ecotipo (E) * Aplicación (A)	20.76	6	3.46	1.54	0.2038 ns
Error (b)	60.74	27	2.25		
Total	258.94	47			

C.V. = 3.5%

La figura 3.18. muestra la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) en donde se observa que existe alta diferencias significativas entre los Ecotipos, en donde el Ecotipo 3 es superior en contenido de proteína bruta respecto a los Ecotipos 1 y 2.

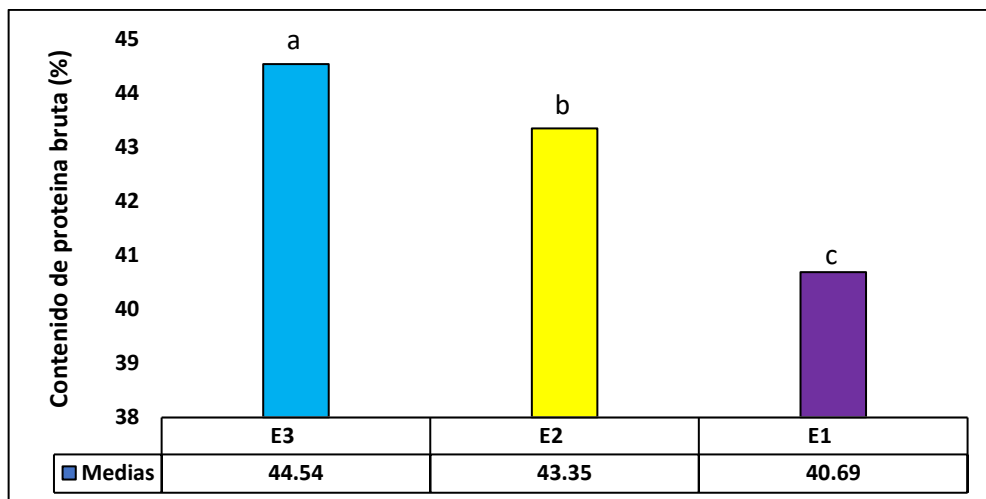
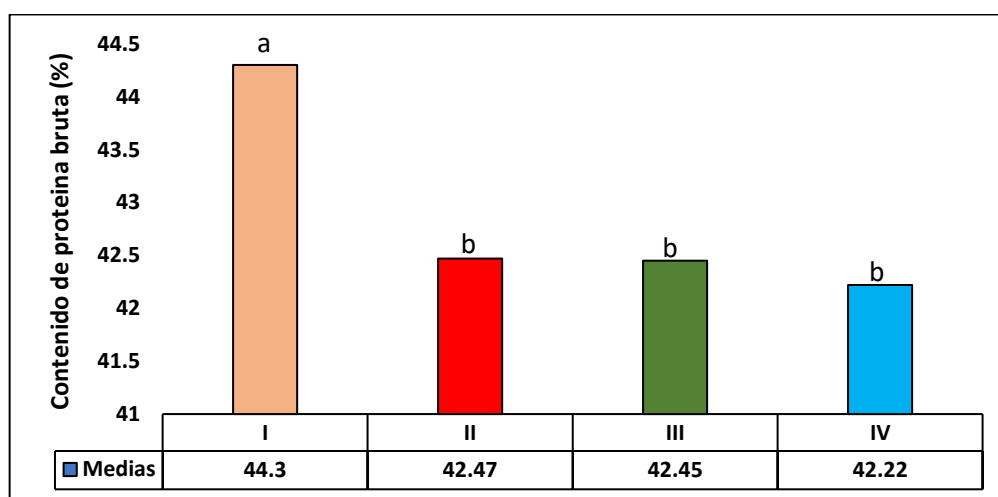


Figura 3.18. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de contenido de proteína bruta de ecotipos de tarwi. Llachoccmayo, 3725 msnm.

En la figura 3.19. se observa la prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) del contenido de proteína bruta con Aplicación (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto); en el cual existe diferencias significativas entre las distintas fuentes. La inoculación con *Bradyrhizobium* presenta resultados superiores con un promedio de 44.3 %, estos resultados son superiores a los demás tratamientos, mientras que el testigo absoluto, *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* y urea (testigo positivo) presentaron medias de 42.47, 42.45 y 42.22% de contenido de proteína bruta. Esta diferencia de peso se debe a la eficiencia de cada inoculante y a las condiciones edafológicas del terreno.



APLICACIÓN	CODIGO
Bradyrhizobium	I
Testigo	II
Bradyrhizobium + Azospirillum	III
Urea	IV

Figura 3.19. Prueba de contraste Tukey ($P > 0.05$) de contenido de proteína bruta con Aplicación. Llachoccmayo, 3725 msnm.

Estos resultados nos indica un efecto directo de la eficiencia de las cepas de *Bradyrhizobium* en la fijación biológica del nitrógeno atmosférico, la que se verifica con la nodulación eficiente que presenta los ecotipos de tarwi estudiados; donde el Ecotipo 3 tuvo mejor respuesta a la inoculación.

3.4 EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD ECONÓMICA

Basado en los costos de producción, rendimientos en la cosecha y el precio de venta se realizó el análisis de rentabilidad económica del cultivo de tarwi en grano seco de los tratamientos. Donde se obtuvo el mayor beneficio de rentabilidad con la interacción Ecotipo 3 y *Bradyrhizobium* con 285.8% de rentabilidad, seguido por el resto de los tratamientos que se observan en la tabla 3.16. Al momento de vender el tarwi, el precio de venta tuvo una ligera variación de 4 a 4.5 soles por cada kilogramo de grano seco. El porcentaje de rentabilidad en los distintos tratamientos son positivos en estas condiciones. Cabe indicar, que la mayor rentabilidad obtenida en el presente trabajo experimental fue inferior a lo mostrado por Plata (2016) quien reportó una rentabilidad de 334.16% en condiciones de La Paz – Bolivia, siendo esta diferencia debido a varios factores tales como el precio, época de cosecha, costo de producción y al rendimiento de los tratamientos por efecto de la nodulación.

Tabla 3.16. Rentabilidad económica del cultivo de tarwi en grano seco

Interacción	Rendimiento (kg. ha⁻¹)	Precio de venta (s/.)	Ingreso (s/.)	Costo de producción (s/.)	Utilidad (s/.)	Rentabilidad (%)
Ecotipo 3 con <i>Bradyrhizobium</i>	2254.01	4	9016.02	2337.00	6679.02	285.8
Ecotipo 3 con <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	2216.71	4	8866.86	2347.00	6519.86	277.8
Ecotipo 2 con <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	2035.62	4	8142.49	2347.00	5795.49	246.9
Ecotipo 2 con <i>Bradyrhizobium</i>	2014.34	4	8057.37	2337.00	5720.37	244.8
Ecotipo 1 con <i>Bradyrhizobium</i> y <i>Azospirillum</i>	1758.00	4	7031.98	2347.00	4684.98	199.6
Ecotipo 3 con Urea (testigo positivo)	1737.83	4	6951.33	2792.00	4159.33	149.0
Ecotipo 2 con Urea (testigo positivo)	1708.19	4	6832.74	2792.00	4040.74	144.7
Ecotipo 1 con <i>Bradyrhizobium</i>	1637.84	4	6551.34	2337.00	4214.34	180.3
Ecotipo 1 con Urea (testigo positivo)	1524.26	4	6097.02	2792.00	3305.02	118.4
Ecotipo 3 sin tratamiento (testigo absoluto)	1517.53	4	6070.12	2312.00	3758.12	162.5
Ecotipo 2 sin tratamiento (testigo absoluto)	1422.98	4	5691.92	2312.00	3379.92	146.2
Ecotipo 1 sin tratamiento (testigo absoluto)	1361.17	4	5444.68	2312.00	3132.68	135.5

CONCLUSIONES

- El mayor rendimiento de grano seco de tarwi se obtuvo con la interacción Ecotipo 3 y *Bradyrhizobium* con 2254.01 kg. ha⁻¹, seguido del Ecotipo 3 con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* 2216.71 kg. ha⁻¹ y como tercer lugar está la interacción Ecotipo 2 con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* 2035.62 kg. ha⁻¹.
- El Ecotipo que mejor optimizó la aplicación de los tratamientos (inoculación, co-inoculación, fertilización nitrogenada y testigo absoluto) en condiciones de la comunidad Llachoccmayo, reflejándose en mejor rendimiento fue el Ecotipo 3 proveniente de Puquihuillca (Vilcas Huamán).
- En todos los indicadores evaluados tales como: longitud de raíz, número de nódulos, peso seco de nódulos, altura de planta, número de inflorescencia, número de vaina, peso de semilla, rendimiento en grano seco y entre otros indicadores, la aplicación de los inoculantes tuvo mejor performance que el uso de la urea (testigo positivo) como también del testigo absoluto.
- La mayor rentabilidad económica se logró con la interacción Ecotipo 3 más *Bradyrhizobium*, así como con la interacción Ecotipo 3 más *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* con 285.8% y 277.8%, respectivamente y se obtuvo mayor utilidad, que oscila de 6679.02 a 6519.86 soles.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda cultivar el Ecotipo 3 proveniente de Puquihuilca (Vilcas Huamán), porque es un cultivo semi tardío de flor morada, esta responde a la aplicación de los inoculantes a base de las bacterias *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*, ya que esta presenta los mayores rendimientos en grano seco.
- Realizar otros trabajos de investigación, utilizando otros ecotipos de tarwi, otros inoculantes, otras formas de siembra y otros nichos ecológicos. Enfatizando la agricultura familiar.
- Continuar con los trabajos de inoculación y co-inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico promotores del crecimiento vegetal, por sus beneficios en la agricultura sostenible.
- Llevar a cabo proyectos de investigación que incluyan tratamientos con fertilizantes inorgánicos y orgánicos con inoculantes específicos. En futuros trabajos de investigación también utilizar abonos orgánicos de mayor riqueza, para interrelacionar con los inoculantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguero, S. (2018). *Sistemas de producción de Lupinus mutabilis Sweet 'chocho' en terrazas y laderas con fertilización fosfatada en Cajamarca*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3090>
- Aguilar, L. (2015). *Evaluación del rendimiento de grano y capacidad simbiótica de once accesiones de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet), bajo condiciones de Otuzco - La Libertad*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1626>
- Alanis, E. (2005). Los rendimientos y la productividad en la agricultura. *Chapingo*, 28(3), 160. <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rga-1769.pdf>
- Benintende, S., & W. Uhrich, M. H. (2010). Comparación entre coinoculación con Bradyrhizobium japonicum y Azospirillum brasilense e inoculación simple con Bradyrhizobium japonicum en la nodulación, crecimiento y acumulación de N en el cultivo de soja. *Agriscientia*, 27(2), 71-77. <http://www.scielo.org.ar/pdf/agrisc/v27n2/v27n2a02.pdf>
- Calvo, G. S. (2011). *Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno*. Univesidad de Salamanca.
- Calzada, B. J. (2010). *Métodos estadísticos para la investigación*. Cornell University.
- Camarena, M. F., Huaranga, J. A., Jiménez, D. J., & Mostacero, N. E. (2012). *Revaloración de un cultivo subutilizado: Chocho o Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet)*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica . <https://catalogo.biblio.unc.edu.ar/Record/agropecuarias.11431#description>
- Casa, B. (2014). *Evaluación de la fijación de nitrógeno de cepas de Rhizobium spp. en invernadero, para arveja (Pisum sativum), chocho (Lupinus mutabilis), fréjol (Phaseolus vulgaris), haba (Vicia faba) y vicia (Vicia sp.), Cutuglagua - Pichincha*. [Tesis pregrado, UCE]. Repositorio institucional. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2856>
- CIAT, T. C. (1987). *Simbiosis Leguminosa-Rizobio; manual de metodos de evaluación, selección y manejo agronómico*. CIAT. file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/SB203.S541_Simbiosis_leguminosa-rizobio.

- CORPOICA. (2008). Inoculación con Rhizobium: una alternativa para biofertilizar el cultivo de arveja. *Corporación colombiana de investigación agropecuaria*, 3(1), 4. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/20548?locale-attribute>
- Cuna, A. (2011). *Manual sobre producción y transformación básica de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet), La semilla del futuro tarwi ecotipo Carabuco*. CUNA. Primera Edición.
- De Bashan, L., Holguin, G. G., & Bashan, Y. (2007). *Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propósitos agrícolas y ambientales*. Trillas.
- De la Cruz, N. (2018). *Caracterización fenotípica y de rendimiento preliminar de ecotipos de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet), bajo condiciones del Callejón de Huaylas - Ancash*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3727>
- Domingues, C. F., Cecato, U., Trento, T., Mamédio, D., & Galbeiro, S. (2020). Azospirillum spp. en gramíneas y forrajeras. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(1), 223 - 240. doi:<https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4951>
- DRAC. (2017). Mejoramiento de la competitividad de la cadena productiva de los cultivos andinos quinua, tarwi y haba en las provincias de la region Cajamarca. *Manual del cultivo de Tarwi*, 1(1), 21.
- FAO. (2007). *Cultivos andinos. El cultivo del tarwi o chocho*. FAO. Obtenido de FAO. (2007). Cultivos Andinos. El Cultivo del Tarwi o Chocho. Retrieved from <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenid/libro>.
- Farrás, T. (1990). Calidad de semilla: qué implica y cómo determinarla. *Calidad de semilla - plan agropecuario*, 3(1), 15-25. https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/180_2775.pdf
- Ferlini, A. H. (2006). Co-Inoculación en soja (Glicyne max) con Bradyrhizobium japonicum y Azospirillum brasilense. *Engormix*, 5(1), 18. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/co-inoculacion-en-soja-t26446.htm>
- Garay, C. B. (2015). *El tarwi alternativa para la lucha contra la desnutrición infantil*. Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/731>
- Gonzales, E. (2019). *Evaluación de un biofertilizante (Azotobacter y Rhizobium) para tarwi y frijol caupí como alternativa ambiental a la fertilización nitrogenada*. [Tesis de

- maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/10602>
- GRA. (2012). *Desarrollo de capacidades en zonificación ecológica, económica y ordenamiento territorial en la región Ayacucho*. Ayacucho.
- Gross, R. (1982). El cultivo y la utilización del tarwi. *Agencia Alemana de Cooperación Técnica FAO*, 4(1), 17.
- INIEA. (2006). *Manual para caracterización in situ de cultivos nativos*. Unidad de Medios y Comunicación Técnica - INIEA. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/103>
- Chincheros, J. (1996). *Selección de aislamientos Bradyrhizobium lupini a partir de plantas cultivadas de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet)*. [Tesis pregrado, La Paz]. Repositorio institucional.
- Jacobsen, S.-E., & Mujica, A. (2006). *El tarwi (Lupinus mutabilis Sweet.) y sus parientes silvestres*. UMSA.
- Lezama, P. (2010). *Las especies de Lupinus L. (Fabaceae) y de sus simbioses en el distrito de Corongo-Ancash*. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/1386>
- Lezcano, R. J. (1994). *Genética y mejoramiento de cultivos andinos*. INADE/PELT - COTESU.
- MIDAGRI. (2016). *Leguminosas de grano cultivares y clases comerciales del Perú*. GALU GRAF S.A.C. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/legumbres/>
- Millones, P. M. (1980). *Importancia socio económica del cultivo de tarwi*. Lima: Serie de informes de conferencias, cursos y reuniones N° 210.
- Mollinedo, O. (2015). *Efecto de aislamientos de Rhizobium obtenidos de plantas cultivadas (Lupinus mutabilis Sweet) y silvestres (Lupinus spp.) sobre plantas de tarwi en condiciones de invernadero (Quipaquipani - La Paz)*. [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/123456789/5641>
- Mujica, S. Á. (1990). Advances in Lupinus mutabilis Sweet Research in Peru. *International Lupin Association*. 6.th International Lupin Conference.
- Mujica, S. Á. (2006). *Lupinus mutabilis (tarwi). Leguminosa andina con gran potencial industrial*. Fondo Editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://fondoeditorial.unmsm.edu.pe/index.php/fondoeditorial/catalog/download/>
- ONERN. (1976). *Mapa ecológico del Perú*. Guía explicativa.

- <https://hdl.handle.net/20.500.12543/1052>
- Orsag, V. (2010). *El recurso suelo: principios para su manejo y conservación*. Zeus. <http://fobomade.org.bo/2010/09/01/el-recurso-suelo>.
- Paredes, M. (2013). *Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica Argentina]. Repositorio institucional. <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/393/1/doc.pdf>
- Parra, Y., & Cuevas, F. (2002). Potencialidades de Azospirillum como inoculante para la agricultura. *Cultivos tropicales*, 23(3), 31- 41. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218120004.pdf>
- Plata, J. (2016). *Comportamiento agronómico de dos variedades de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet), bajo tres densidades de siembra en la comunidad Marka Hilata Carabuco, La Paz*. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio institucional. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/6821>
- Quenallata, J. (2008). *Evaluación de variables agronómicas de cinco ecotipos de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet.) en dos comunidades del municipio de Ancoraimes*. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/123456789/4404>
- Quispe, R. (2017). *Fijación biológica de nitrógeno en tres especies de tarwi (Lupinus mutabilis) con abonamiento orgánico en el centro experimental de Cota Cota*. [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio institucional. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/15274>
- Salazar, G. A. (2015). Propiedades nutricionales y medicinales del tarwi o chocho (Lupinus mutabilis, Sweet). *ResearchGate*, 1(1), 9. <https://www.researchgate.net/publication/275274314>
- Taco, T. N., & Zúñiga, D. D. (2020). Efecto de la inoculación de plantas de tarwi con cepas de Bradyrhizobium spp. aisladas de un lupino silvestre, en condiciones de invernadero. *Revista peruana de biología*, 27(1), 35-42. doi:<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v27i1>
- Taipe, A. (2021). *Evaluación del efecto de Bradyrhizobium, en rendimiento y capacidad simbiótica, en dos variedades de tarwi (Lupinus mutabilis), en Buenavista - Lircay*. [Tesis de Grado, Universidad para el Desarrollo Andino]. Repositorio institucional. <http://repositorio.udea.edu.pe/handle/UDEA/148>
- Tapia, E. M., & Fries, A. M. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Millenium Digital srl.

- Tapia, N. M. (2015). *El tarwi, Lupino andino*. Corporación Gráfica Universal SAC.
<http://fadvamerica.org/wp-content/uploads/2017/04/TARWI-espanol.pdf>
- Zapata, I. (2015). *Acumulación de materia seca y fijación biológica de nitrógeno en diferentes especies del género Lupinus cultivadas en suelos de Zapopan, Jalisco*. [Tesis de grado, Universidad de Guadalajara]. Repositorio institucional.
<http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/1234567>

ANEXOS

ANEXO 1. Costo de producción para cada tratamiento

Tratamiento	:	<i>Bradyrhizobium</i>	Lugar	:	Llachocmayo, 3725 msnm
Superficie	:	1 ha	Cultivo	:	Tarwi
Tecnología	:	Media			

Actividades agrícolas	Época de ejecución	Unidad de medida	Número de unidades	Precio unitario s/.	Valor s/.
A) Costos directos del cultivo					2132.00
Análisis de suelo					102.50
Muestreo de suelo	Diciembre	jornal	0.5	35	17.5
Análisis de suelo	Diciembre	Análisis	1	85	85
Preparación de terreno					485
Limpieza del terreno	Oct-Nov	jornal	1	35	35
Aradura	Oct-Nov	hora/máq	4	70	280
Rastrado	Oct-Nov	hora/máq	1	110	110
Surcado	Oct-Nov	hora/máq	1	60	60
Siembra y fertilización					539.5
semilla	Diciembre	Kg	25	6	150
Desinfectante semilla	Diciembre	Kg	1	25	25
Inoculante <i>Bradyrhizobium</i>	Diciembre	Kg	0.130	0.10	10
Goma Arábica	Diciembre	g	250.000	0.06	15
Desinfección e inoculación semilla	Diciembre	jornal	0.5	35	17.5
Siembra manual y fertilización	Diciembre	jornal	4	35	140
Fertilización de fondo	Diciembre	Kg	4	28	112
Tapado	Diciembre	jornal	2	35	70
Labores culturales					385
Primer deshierbo	febrero	jornal	5	35	175
Aporque	marzo	jornal	6	35	210
Cosecha					620
Corte manual	agosto	jornal	6	35	210
Emparve	setiembre	jornal	3	35	105
Trilla	octubre	hora/máq	3	50	150
Limpieza y ensacado	noviembre	jornal	3	35	105
Transporte producto cosechado	diciembre	transporte	1	50	50
B) Costos indirectos del cultivo					205
Depreciación piquillos 5% (s/. 20)	Ene-Feb	piquillos	15	1	15
Depreciaciones segaderas 5% (s/. 30)	Abril	segaderas	12	5	60
Depreciación de envases	Abril	Envases	60	0.5	30
Gastos administrativos	Set-Abr	8% GD	0	0	0
Costo uso de la tierra	Set-Abr	Meses	1	100	100
Costos financieros (23%)	Set-Abr	Meses	0	0	0
Resumen de gastos					
A) Costos directos					2132.00
B) Costos indirectos					205
Total					2337.00

Tratamiento : *Bradyrhizobium* Lugar : Llachoccmayo
 : *Azospirillum*
 Superficie : 1 ha Cultivo : Tarwi
 Tecnología : Media

Actividades agrícolas	Época de ejecución	Unidad de medida	Número de unidades	Precio unitario s/.	Valor s/.
A) Costos directos del cultivo					2142.00
Análisis de suelo					102.50
Muestreo de suelo	Diciembre	jornal	0.5	35	17.5
Análisis de suelo	Diciembre	Análisis	1	85	85
Preparación de terreno					485
Limpieza del terreno	Oct-Nov	jornal	1	35	35
Aradura	Oct-Nov	hora/máq	4	70	280
Rastrado	Oct-Nov	hora/máq	1	110	110
Surcado	Oct-Nov	hora/máq	1	60	60
Siembra y fertilización					549.5
semilla	Diciembre	Kg	25	6	150
Desinfectante semilla	Diciembre	Kg	1	25	25
Inoculante <i>Bradyrhizobium</i>	Diciembre	Kg	0.130	0.10	10
Inoculante <i>Azospirillum</i>	Diciembre	Kg	0.130	0.10	10
Goma Arabica	Diciembre	g	250.000	0.06	15
Desinfección e inoculación semilla	Diciembre	jornal	0.5	35	17.5
Siembra manual y fertilización	Diciembre	jornal	4	35	140
Fertilización de fondo	Diciembre	Kg	4	28	112
Tapado	Diciembre	jornal	2	35	70
Labores culturales					385
Primer deshierbo	febrero	jornal	5	35	175
Aporque	marzo	jornal	6	35	210
Cosecha					620
Corte manual	agosto	jornal	6	35	210
Emparve	setiembre	jornal	3	35	105
Trilla	octubre	hora/máq	3	50	150
Limpieza y ensacado	noviembre	jornal	3	35	105
Transporte producto cosechado	diciembre	transporte	1	50	50
B) Costos indirectos del cultivo					205
Depreciación piquillos 5% (s/. 20)	Ene-Feb	piquillos	15	1	15
Depreciación segaderas 5% (s/. 30)	Abril	segaderas	12	5	60
Depreciación de envases	Abril	Envases	60	0.5	30
Gastos administrativos	Set-Abr	8% GD	0	0	0
Costo uso de la tierra	Set-Abr	Meses	1	100	100
Costos financieros (23%)	Set-Abr	Meses	0	0	0
Resumen de gastos					
A) Costos directos					2142.00
B) Costos indirectos					205
Total					2347.00

Tratamiento	:	Urea	Lugar	:	Llachoccmayo, 3725 msnm
Superficie	:	1 ha	Cultivo	:	Tarwi
Tecnología	:	Media			

Actividades agrícolas	Época de ejecución	Unidad de medida	Número de unidades	Precio unitario s/.	Valor s/.
A) Costos directos del cultivo					2587.00
Análisis de suelo					102.50
Muestreo de suelo	Diciembre	jornal	0.5	35	17.5
Análisis de suelo	Diciembre	Análisis	1	85	85
Preparación de terreno					485
Limpieza del terreno	Oct-Nov	jornal	1	35	35
Aradura	Oct-Nov	hora/máq	4	70	280
Rastrado	Oct-Nov	hora/máq	1	110	110
Surcado	Oct-Nov	hora/máq	1	60	60
Siembra y fertilización					994.5
semilla	Diciembre	Kg	25	6	150
Desinfectante semilla	Diciembre	Kg	1	25	25
Desinfección e inoculación semilla	Diciembre	jornal	0.5	35	17.5
Siembra manual y fertilización	Diciembre	jornal	4	35	140
Urea (Nitrógeno)	Diciembre	Kg	4	120	480
Fertilización de fondo	Diciembre	Kg	4	28	112
Tapado	Diciembre	jornal	2	35	70
Labores culturales					385
Primer deshierbo	febrero	jornal	5	35	175
Aporque	marzo	jornal	6	35	210
Cosecha					620
Corte manual	agosto	jornal	6	35	210
Emparve	setiembre	jornal	3	35	105
Trilla	octubre	hora/máq	3	50	150
Limpieza y ensacado	noviembre	jornal	3	35	105
Transporte producto cosechado	diciembre	transporte	1	50	50
B) Costos indirectos del cultivo					205
Depreciación piquillos 5% (s/. 20)	Ene-Feb	piquillos	15	1	15
Depreciaciones segaderas 5% (s/. 30)	Abril	segaderas	12	5	60
Depreciación de envases	Abril	Envases	60	0.5	30
Gastos administrativos	Set-Abr	8% GD	0	0	0
Costo uso de la tierra	Set-Abr	Meses	1	100	100
Costos financieros (23%)	Set-Abr	Meses	0	0	0
Resumen de gastos					
A) Costos directos					2587.00
B) Costos indirectos					205
Total					2792.00

Tratamiento : Testigo Lugar : Llachocmayo, 3725 msnm
 Superficie : 1 ha Cultivo : Tarwi
 Tecnología : Media

Actividades agrícolas	Época de ejecución	Unidad de medida	Número de unidades	Precio unitario s/.	Valor s/.
A) Costos directos del cultivo					2107.00
Análisis de suelo					102.50
Muestreo de suelo	Diciembre	jornal	0.5	35	17.5
Análisis de suelo	Diciembre	Análisis	1	85	85
Preparación de terreno					485
Limpieza del terreno	Oct-Nov	jornal	1	35	35
Aradura	Oct-Nov	hora/máq	4	70	280
Rastrado	Oct-Nov	hora/máq	1	110	110
Surcado	Oct-Nov	hora/máq	1	60	60
Siembra y fertilización					514.5
semilla	Diciembre	Kg	25	6	150
Desinfectante semilla	Diciembre	Kg	1	25	25
Desinfección e inoculación semilla	Diciembre	jornal	0.5	35	17.5
Siembra manual y fertilización	Diciembre	jornal	4	35	140
Fertilización de fondo	Diciembre	Kg	4	28	112
Tapado	Diciembre	jornal	2	35	70
Labores culturales					385
Primer deshierbo	febrero	jornal	5	35	175
Aporque	marzo	jornal	6	35	210
Cosecha					620
Corte manual	agosto	jornal	6	35	210
Emparve	setiembre	jornal	3	35	105
Trilla	octubre	hora/máq	3	50	150
Limpieza y ensacado	noviembre	jornal	3	35	105
Transporte producto cosechado	diciembre	transporte	1	50	50
B) Costos indirectos del cultivo					205
Depreciación piquillos 5% (s/. 20)	Ene-Feb	piquillos	15	1	15
Depreciaciones segaderas 5% (s/. 30)	Abril	segaderas	12	5	60
Depreciación de envases	Abril	Envases	60	0.5	30
Gastos administrativos	Set-Abr	8% GD	0	0	0
Costo uso de la tierra	Set-Abr	Meses	1	100	100
Costos financieros (23%)	Set-Abr	Meses	0	0	0
Resumen de gastos					
A) Costos directos					2107.00
B) Costos indirectos					205
Total					2312.00

ANEXO 2. Imágenes de evaluación de germinación, inoculación, preparación del terreno, siembra, labores culturales, cosecha y evaluación de rendimiento.



Lámina 01. Prueba de germinación de los ecotipos sembrados en el campo experimental.



Lámina 02. Inoculantes líquidos y turbosos de bacterias de *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*



Lámina 03. Semillas de tarwi peletizadas, listas para sembrar (inoculadas con bacterias de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*).



Lámina 04. Pesado del abono de fondo (Roca Fosfórica)



Lámina 05. Preparación, delimitación y surcado del terreno



Lámina 06. Abonado de fondo y siembra de tarwi.



Lámina 07. Emergencia de la semilla de tarwi a los 15 días.



Lámina 8. Aparición de las primeras hojas verdaderas. En los tratamientos con el ecotipo 4, hay pocas plantas emergidas; por lo tanto, se realizó una resiembra.



Lámina 9. Primera labor cultural deshierbo a los 45 días.



Lámina 10. Aplicación preventiva contra el barrenador



Lámina 11. Aporque de plantas de tarwi a los 50 cm de longitud aproximadamente.



Lámina 12. Plena floración de los ecotipos evaluados.



Lámina 13. Llenado de vainas



Lámina 14. Cosecha de tarwi a los 270 días.



Lámina 15. Pesado de semillas de tarwi para determinar el rendimiento kg. ha^{-1} .

ANEXO 3. Imágenes de evaluaciones de la nodulación



Lámina 01. Evaluación de la nodulación al inicio de la floración.



Lámina 02. Evaluación de todas las variables a nivel nodular en el laboratorio.



Lámina 03. Nódulos del ecotipo Puquihuilca (E3) con sus 4 tratamientos respectivos.

ANEXO 4. Análisis de semillas de tarwi para determinar porcentaje de nitrógeno



SOLICITANTE : MILAGROS LONAZCO PALOMINO

ANÁLISIS N° : 1229-01FRUT-24FRUT-2019

PREDIO : MILAGROS LONAZCO PALOMINO

LUGAR : AYACUCHO

MATRIZ : SEMILLAS DE TARWI

FECHA DE RECEP. : 23/12/2019

INFORME DE ANÁLISIS DE FRUTO - ESPECIAL PARÁMETRO: NITRÓGENO TOTAL

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	RESULTADO	UNIDAD
N° 01	7.31	%
N° 02	6.96	%
N° 03	6.94	%
N° 04	6.69	%
N° 05	6.74	%
N° 06	6.27	%
N° 07	6.16	%
N° 08	6.34	%
N° 09	6.81	%
N° 10	6.19	%
N° 11	6.25	%
N° 12	6.00	%
N° 13	6.02	%
N° 14	5.98	%
N° 15	6.73	%
N° 16	6.76	%
N° 17	6.73	%
N° 18	6.81	%
N° 19	6.77	%
N° 20	6.68	%
N° 21	6.97	%
N° 22	6.97	%
N° 23	6.77	%
N° 24	6.77	%

Los resultados están expresados en nuestra seca

Donde :

% : masa/masa

Técnica: Dumas

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola


MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú

Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563

Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



SOLICITANTE : MILAGROS LONAZCO PALOMINO

ANÁLISIS N° : 1229-25FRUT-48FRUT-2019

PREDIO : MILAGROS LONAZCO PALOMINO

LUGAR : AYACUCHO

MATRIZ : SEMILLAS DE TARWI

FECHA DE RECEP. : 23/12/2019

INFORME DE ANÁLISIS DE FRUTO - ESPECIAL
PARÁMETRO: NITRÓGENO TOTAL

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	RESULTADO	UNIDAD
N° 25	6.87	%
N° 26	6.84	%
N° 27	6.69	%
N° 28	6.89	%
N° 29	7.30	%
N° 30	6.97	%
N° 31	7.29	%
N° 32	6.93	%
N° 33	7.08	%
N° 34	7.05	%
N° 35	7.04	%
N° 36	7.19	%
N° 37	7.42	%
N° 38	7.23	%
N° 39	7.09	%
N° 40	6.77	%
N° 41	7.09	%
N° 42	7.16	%
N° 43	7.14	%
N° 44	7.14	%
N° 45	7.02	%
N° 46	7.07	%
N° 47	7.12	%
N° 48	7.41	%

Los resultados están expresados en nuestra seca

Donde :

% : masa/masa

Técnica: Dumas

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú

Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563

Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

ANEXO 5. Análisis de suelo del campo experimental después de la cosecha para determinar el porcentaje de nitrógeno residual



SOLICITANTE : MILAGROS LONAZCO PALOMINO

ANÁLISIS N° : 1229-01S-12S-2019

PREDIO : MILAGROS LONAZCO PALOMINO

LUGAR : AYACUCHO

MATRIZ : SUELO AGRÍCOLA

FECHA DE RECEP. : 23/12/2019

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - ESPECIAL

PARÁMETRO : NITRÓGENO TOTAL

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	RESULTADO	UNIDAD
N° 01	0.62	%
N° 02	0.55	%
N° 03	0.55	%
N° 04	0.58	%
N° 05	0.53	%
N° 06	0.47	%
N° 07	0.57	%
N° 08	0.54	%
N° 09	0.64	%
N° 10	0.62	%
N° 11	0.55	%
N° 12	0.55	%

Los resultados están expresados en muestra seca

Donde :

% : masa/masa

Técnica: Dumas

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


MSc. Quim. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú

Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563

Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

ANEXO 6. Análisis de suelo del campo experimental



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS.
- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA.
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS.
- ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
- AGRICULTURA SUSTENTABLE.

1052190

Solicitante: Sr (a). Milagros Lonasco Palomino

Departamento: Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: Chiara

Fecha: 10/12/2018

Numero de muestra		pH (1:1)	C.E. dS.m ⁻¹	CO ³⁺ %	Nt %	MO %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes cambiabiles					% Sat. De Bases
Lab	Campo								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺ + H ⁺	
8308	Llachocmayo-MLP	4.78	0.08	0.00	0.62	12.64	39.76	272	ORGANICO			20.73	5.76	1.38	0.98	0.21	2.02	40	


Ph. D. MARHENI CERDA GÓMEZ
 Responsable de Laboratorio

A = arena, A.Fr = Arena franca; Fr.A. = Franco arenoso; Fr = Franco; Fr.L = Franco limoso; L = Limoso; FrArA = Franco arcillo arenoso; FrAr = Franco arcilloso; FrArL = Franco arcillo limoso; ArA = Arcillo arenoso; ArL = Arcillo limoso; Ar = Arcilloso.

Urb. Mariscal Cáceres Mz. "G-12" - Ayacucho / ☎ (066) 312049 - 📠 966938028 - 966631889 / RPM: *758028; *751889 / 📞 982781298 📧 agrolab01@yahoo.es



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias, deja constancia que el trabajo de tesis titulado;

Co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en el rendimiento y calidad de ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), Llachoccmayo - Chiara, Ayacucho 2019

Autor : Kathleen Milagros Lonazco Palomino

Asesor : Alejandro Camasca Vargas

Ha sido sometido al análisis del sistema antiplagio TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de 21 % de similitud.

Por lo que, de acuerdo al porcentaje establecido en el Artículo 13 del Reglamento de originalidad de trabajos de investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, es procedente otorgar la Constancia de Originalidad.

Ayacucho, 28 de febrero de 2023

Ing. WALTER AUGUSTO MATEU MATED

Presidente de comisión

Co-inoculación con
Bradyrhizobium y Azospirillum
en el rendimiento y calidad de
ecotipos de tarwi (*Lupinus
mutabilis* Sweet), Llachoccmayo
- Chiara, Ayacucho 2019
por Kathleen Milagros Lonazco Palomino

Fecha de entrega: 08-feb-2023 10:06a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2009325306

Nombre del archivo: TESIS_TARWI_-_MILAGROS_LONAZCO_1.pdf (5.46M)

Total de palabras: 31465

Total de caracteres: 168601

Co-inoculación con Bradyrhizobium y Azospirillum en el rendimiento y calidad de ecotipos de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet), Llachoccmayo - Chiara, Ayacucho 2019

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	7 %
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	4 %
3	fondoeditorial.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	2 %
4	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	1 %
6	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1 %
7	repositorio.udea.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

9	docslib.org Fuente de Internet	<1 %
10	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
12	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unaj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	purl.org Fuente de Internet	<1 %
17	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
19	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
20	documents.mx Fuente de Internet	<1 %

21	www.scielo.org.ar Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	wslc.math.ist.utl.pt Fuente de Internet	<1 %
25	1library.co Fuente de Internet	<1 %
26	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
27	recursos.corpoica.org.co Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to City University of New York System Trabajo del estudiante	<1 %
29	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	www.scielo.org.pe Fuente de Internet	<1 %
31	siempreagronomia1.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
32	www.dspace.uce.edu.ec	

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 30 words