

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

**EVALUACIÓN DE RENDIMIENTOS DE 8 LÍNEAS PRECOCES
DE TARWI (*Lupinus mutabilis* SWETT) EN EL CEA III
LOS PICHONES TACNA**

Presentada por:

Bach. DANIA NIETO QUISPE

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

**EVALUACIÓN DE RENDIMIENTOS DE 8 LÍNEAS PRECOCES DE
TARWI (*Lupinus mutabilis* SWETT) EN EL CEA III LOS PICHONES
TACNA**

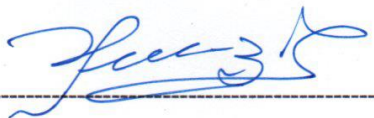
TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 18 DE MARZO DE 2019, SIENDO EL JURADO CALIFICADOR.

PRESIDENTE:



MSc. ARISTIDES CHOQUEHUANCA TINTAYA.

SECRETARIO:



MSc. NIVARDO NUÑEZ TORREBLANCA

VOCAL:



MGR. VIRGILIO SIMÓN VILDOSO GONZALES

ASESOR:



MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por iluminarme y guiarme hacia las metas que me he propuesto y bendecirme con una familia maravillosa.

A mis padres, Yolanda Quispe Maquera y Lucio Nieto Candia, por la vida, el amor, la educación y su apoyo incondicional para lograr mis metas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a la plana docente de la Escuela Profesional de Agronomía de la UNJBG por lo aprendido en estos cinco años de estudio.

A los profesores MSc. Aristides Choquehuanca Tintaya, MSc. Nivardo Núñez Torreblanca y MSc. Virgilio Vildoso Gonzales jurados de esta tesis.

Al MSc. Magno Santos Robles Tello por su asesoría, por sus consejos y orientación con sabiduría para impulsar mi trabajo de investigación.

A mi familia, Nieto Quispe, que me apoyaron en la ejecución y culminación de esta investigación.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Formulación y sistematización del problema	6
1.3. Delimitación de la investigación	6
1.3.1. Tiempo	6
1.3.2. Espacio	6
1.4. Justificación	6
1.5. Limitaciones	7

CAPÍTULO II: OBJETIVO E HIPÓTESIS

2.1. Objetivo de la investigación	8
2.2. Hipótesis de la investigación.....	8
2.3. Variables	8
2.3.1. Variable independiente	8
2.3.2. Variable dependiente.....	8

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1. Conceptos generales y definiciones	9
3.1.1. Importancia económica	9
3.1.2. Origen del género <i>lupinus</i>	11
3.1.3. Distribución del cultivo	12
3.1.4. Clasificación taxonómica	13
3.1.5. Descripción botánica	15
3.1.6. Morfología de la planta	17
3.1.7. Cultivares mejorados.....	20
3.1.8. Características fenológicas.....	21
3.1.9. Exigencias agroecológicas del cultivo	24
3.1.10. Manejo agronómico del cultivo	26
3.1.11. Variables agronómicas y botánicas	32
3.2. Marco referencial	38
3.2.1. Antecedentes de la investigación	38

CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Tipo de investigación	41
4.2. Localización del campo experimental	41
4.3. Historial de la parcela experimental	41
4.4. Propiedades físico-químicas del suelo.....	42
4.6. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo.....	44
4.7. Material experimental.....	45
4.7.1. Líneas precoces de Tarwi.....	45
4.7.2. Tratamientos.....	47
4.7.3. Variables de respuesta	48
4.7.4. Diseño experimental.....	49
4.7.5. Características del campo experimental.....	50
4.7.6. Análisis estadístico	51
4.7.7. Instrumentos de medición.....	51
4.8. Conducción del experimento.....	51
4.8.1. Eliminación de residuos y limpieza del campo	51
4.8.2. Trazado y medición de la parcela experimental	52
4.8.3. Incorporación de materia orgánica	52
4.8.4. Aplicación de fertilizantes	52
4.8.5. Siembra	53
4.8.6. Riego	53

4.8.7. Deshierbo	53
4.8.9. Aporque	54
4.8.10. Control de plagas y enfermedades	54
4.8.11. Cosecha	56
4.8.12. Poscosecha	57
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.1. Resultados y discusión	58
5.1.1. Altura de planta (cm)	58
5.1.2. Número de inflorescencia por planta	60
5.1.3. Número de vainas por planta.....	62
5.1.4. Número de granos por vaina	64
5.1.5. Rendimiento total (t/ha)	65
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Análisis físico químico de suelo experimental.....	42
Tabla 2.	Datos meteorológicos registrados durante la campaña del cultivo de Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Swett)	44
Tabla 3.	Análisis de varianza de altura de planta (cm) de ocho líneas precoces de Tarwi	58
Tabla 4.	Prueba de Duncan para la altura de planta de Tarwi.....	59
Tabla 5.	Análisis de varianza de número de inflorescencias por planta de ocho líneas precoces de Tarwi.....	60
Tabla 6.	Prueba de Duncan de número de inflorescencias por planta de tarwi.....	61
Tabla 7.	Análisis de varianza de número de vainas por planta, de ocho líneas precoces de tarwi.....	62
Tabla 8.	Prueba de Duncan de de número de vainas por planta, de ocho líneas precoces de tarwi.....	63
Tabla 9.	Análisis de varianza de número de granos por vaina, de ocho líneas precoces de tarwi.....	64

Tabla 10.	Análisis de varianza del rendimiento (t/ha), de ocho líneas precoces de Tarwi	65
Tabla 11.	Prueba de Duncan de rendimiento de granos por hectárea (t) de ocho líneas precoces de tarwi	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis y distribución del campo experimental con sus respectivos tratamientos.	49
Figura 2 . Altura (cm) de planta de tarwi según los tratamientos	60
Figura 3. Número de Inflorescencias por planta de Tarwi, según los tratamientos.....	62
Figura 4. Número de vainas por planta de tarwi, según los tratamientos	64
Figura 5. Rendimiento de grano (t/ha) de planta de tarwi, según los tratamientos.....	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Altura de planta (cm).....	77
Anexo 2. Número de inflorescencia por planta	77
Anexo 3. Número de granos por vaina	77
Anexo 4. Rendimiento de grano por hectárea (t/ha)	78
Anexo 5. Panel fotográfico	78

RESUMEN

La presente investigación evaluó el rendimiento de ocho líneas precoces de tarwi, cuyo objetivo fue determinar la línea con mejor respuesta en el rendimiento de grano. Las líneas evaluadas fueron: SLP_UNA 1 (t₁); SLP_UNA 2 (t₂); SLP_UNA 3 (t₃); UNA 108 (t₄); UNA 206 (t₅); UNA 210 (t₆); Puno 202 (t₇); SLP_UNA 4 (t₈). El diseño experimental utilizado fue bloques completos aleatorios con ocho tratamientos y cuatro repeticiones; el análisis estadístico se realizó utilizando la técnica del análisis de varianza y para determinar la mejor línea de tarwi se realizó la prueba de Duncan al 5 %. Los resultados obtenidos indicaron que el mayor rendimiento de grano lo obtuvieron las líneas UNA 206 (t₅) y SLP_UNA 2 (t₂) con 3,35 y 4,30 t/ha.

Palabras clave: líneas de tarwi, rendimiento de grano, líneas precoces.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the yield of eight early tarwi lines, with the objective of determining the line with the best response in grain yield. The lines evaluated were: SLP_UNA 1 (t1); SLP_UNA 2 (t2); SLP_UNA 3 (t3); UNA 108 (t4); UNA 206 (t5); UNA 210 (t6); Puno 202 (t7); SLP_UNA 4 (t8). The experimental design used was randomized complete blocks with eight treatments and four replications; the statistical analysis was carried out using the analysis of variance technique and to determine the best tarwi line, the Duncan test was performed at 5%. The results obtained indicated that the highest grain yield was obtained by lines UNA 206 (t5) and SLP_UNA 2 (t2) with 3.35 and 4.30 t/ha.

Key words: tarwi lines, grain yield, early lines.

INTRODUCCIÓN

La leguminosa de grano que se cultiva en los andes es el tarwi o chocho, este cultivo tiene una gran tradición para los pobladores altoandinos del Perú, principalmente en La Libertad, Cusco y Puno. El tarwi es un cultivo que tiene un potencial nutricional y comercial importante, esto se debe a su alto contenido proteico de 44,3 g por cada 100 g, este grano presenta muchos beneficios y características, en la actualidad es un cultivo que ha tomado mucha importancia y está siendo utilizado y reconocido como una alternativa para la seguridad alimentaria.

La utilización del grano de tarwi en la alimentación de la población altoandina. La cadena productiva desde la producción hasta la comercialización de este grano, los derivados que se obtienen del tarwi son harina y aceite. También se utiliza en la industria como insumo para una diversidad de productos, presenta un sabor ligero no dominante, permite su uso en diferentes potajes, el grano de tarwi puede ser utilizado en la fabricación de alimentos altos en proteína siendo poco consumido he utilizado por clientes y consumidores.

Este cultivo se encuentra en una etapa crítica y precaria, debido a que los pobladores de las zonas rurales lo utilizan como autoconsumo, siendo su producción muy baja comparada con otros cultivos altoandinos que son producidos por estos pobladores como el maíz amiláceo, la papa, entre otros. El desconocimiento de los consumidores hace que la producción y demanda de este grano sea baja.

Australia, es el primer productor de lupino con 641 mil toneladas. Sin embargo, esta especie de lupino es muy diferente a la que se produce en nuestro país, en Australia se produce *Lupinus albus* y en el Perú *Lupinus mutabilis*. *L. albus*, presenta menor contenido proteico que *L. mutabilis*, asimismo es más sensible al ataque de plagas, es más dulce por su bajo contenido de alcaloides.

El tarwi, debido al tema de responsabilidad social y ambiental ha cobrado vital importancia, ya que representa una forma de trabajo y subsistencia para el poblador altoandino. Además, este grano podría contribuir a la seguridad alimentaria de nuestro país y de los países en desarrollo que carecen de una alimentación con alto contenido nutricional. Dicho esto, este cultivo es una alternativa para mejorar la calidad de vida de las familias de las zonas rurales y altoandinas del país.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Tacna está ubicado en la cabecera del Desierto de Atacama, con buenas condiciones climáticas para los cultivos, pero con graves limitaciones de recurso hídrico; no obstante, los cultivos crecen con normalidad. Por esta razón, el tarwi es una alternativa de seguridad alimentaria, por su alto contenido de proteína 36%, aceites 17 %, fibra cruda 8%, cenizas 41% y carbohidratos 36 %. Esto lo convierte en un producto alternativo para la alimentación de la población rural y para la alimentación del ganado.

El lupinus o tarwi, es una planta originaria de los Andes de Ecuador, Perú y Bolivia, este cultivo que ha experimentado cierto desarrollo agronómico y agroindustrial. Asimismo, presenta resistencia a los ambientes y condiciones adversas que se presentan debido al cambio climático, se desarrolla muy bien en suelos con bajo contenido de materia orgánica y resiste bajas temperaturas, a las plagas y enfermedades. Presenta buena rentabilidad ya que su rendimiento promedio es de 4 a 5 toneladas y su costo de producción es bajo.

El tarwi presenta un ciclo de vida de 6 a 9 meses, esto lo convierte en un cultivo poco rentable por el ciclo vegetativo largo en comparación con otros cultivos. Sin embargo, es un cultivo rustico que tolera sequias y heladas y resiste a las plagas. Su uso oleaginoso por su alto contenido de proteínas y su contenido de alcaloides que se utiliza en la sanidad animal y vegetal, lo convierte en un cultivo con mucho potencial productivo y con buenas perspectivas en las zonas altoandinas; y por ser una leguminosa que fija nitrógeno al suelo

Actualmente se cultiva en una superficie de 1 500 hectáreas. El uso de las semillas de tarwi en todo el mundo está limitado debido a la presencia de sustancias tóxicas, principalmente por los alcaloides quinoídicos de las semillas, que causan cierto grado de toxicidad y tienen un fuerte sabor amargo; estas sustancias protegen a las plantas en el medio ambiente e impiden el uso de semillas no tratadas para el consumo directo. Según datos del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), las principales zonas productoras de tarwi en el Perú son La Libertad con el 33,2 % de la producción nacional; Cusco con el 18,6 % y Puno, con el 16,3 %.

Actualmente el tarwi se cultiva en la costa, sin embargo, su cultivo predomina en la sierra de forma marginal. En nuestro país se cultiva desde los 500 hasta 3 900 msnm, Cajamarca, Trujillo, y Amazonas cultivan el 40%

de área, Ancash, Huánuco y Junín presentan el 20% del área cultivada y Cuzco, Puno y Apurímac representan el 39 %. No se encuentran investigaciones, la difusión y el consumo de este grano es muy bajo, todo esto hace que el área de siembra y los rendimientos no se incrementen, por lo tanto, los pequeños agricultores rurales al no conocer la importancia y el valor nutricional de este cultivo, solo lo producen para su subsistencia y autoconsumo.

En Tacna aún no se cultiva esta especie, por lo cual el cultivo de tarwi es una alternativa para introducir a nuestra región a los sectores de Magollo, Calana, Pachia, Valle Viejo - Tacna; ya que este cultivo contribuye con el aporte de nitrógeno al suelo; de tal manera que el uso de fertilizantes nitrogenados sea menor y por ende los costos de producción sean bajos.

Es por esta razón que se busca ver los rendimientos de las líneas precoces de tarwi en la región de Tacna en el Centro experimental Agrícola III – “Los Pichones”; por las características que presenta el cultivo sería una buena alternativa para la rotación de cultivos en nuestra zona; por ende, un medio de ingreso económico para los agricultores de Magollo hasta el Valle Viejo - Tacna; de esta manera incrementar y mejorar su economía.

1.2. Formulación y sistematización del problema

¿Cuál línea precoz de tarwi presenta el mayor rendimiento de grano en el Centro Experimental Agrícola III Los Pichones?

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Tiempo

El trabajo de investigación se realizó desde setiembre del 2015 hasta enero del 2016.

1.3.2. Espacio

La investigación se realizó en el Centro Experimental Agrícola III Los Pichones de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

1.4. Justificación

El cultivo de tarwi se caracteriza por presentar mayor contenido de proteínas y alcaloides que otras leguminosas, el alcaloide obtenido puede ser utilizado como repelentes o biosidas de las principales plagas que afectan a los cultivos de las zonas, mejora la fertilidad del suelo incorporando más de 100 kg/ha de nitrógeno, es eficiente en el uso de agua que otras leguminosas, su costo de producción es bajo, los rendimientos promedios son 3 500 y 5 000 kg/ha en condiciones óptimas; estas

características le convierten al tarwi en una excelente alternativa de cultivo para generar ingreso económico para los agricultores altoandinos frente al cambio climático que está alterando cada vez más.

1.5. Limitaciones

Una restricción es el agua, por la falta de dotación hacia el reservorio principal, debido a problemas de infraestructura en el canal conductor de agua hacia el reservorio principal.

CAPÍTULO II

OBJETIVO E HIPÓTESIS

2.1. Objetivo de la investigación

Determinar la línea precoz de tarwi con mayor rendimiento de grano en el Centro Agrícola Experimental III - Los Pichones.

2.2. Hipótesis de la investigación

Al menos una línea precoz de tarwi presenta mayor rendimiento de grano en Centro Experimental Agrícola III - Los Pichones.

2.3. Variables

2.3.1. Variable independiente

Líneas precoces de Tarwi (X)

2.3.2. Variable dependiente

Rendimiento de grano (t/ha)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1. Conceptos generales y definiciones

3.1.1. Importancia económica

3.1.1.1. Importancia Económica Mundial

Según Fries y Tapia (2007), la producción mundial de tarwi o chocho es económicamente importante en algunos países, y esta producción está dominada por Australia, donde se concentra más del 85 % de la cosecha anual total. A cerca de eso, Velasco (2009) afirma que en Australia los lupinos se utilizan principalmente para la producción de concentrados de alimentos para el ganado, especialmente aves y peces. La especie de lupino dominante en este continente es el lupino de hoja estrecha *Lupinus angustifolius*, que representa casi el 85 % del área de leguminosas. Entre 1993 y 2003, la producción australiana se mantuvo cerca de 1,2 millones de toneladas, pero no se redujo drásticamente en las últimas temporadas agrícolas registradas (2006 y 2007) debido a las prolongadas sequías registradas en los últimos años. Cuando se trata de mercados internacionales, Australia vuelve a dominar. Exportación media anual

430 000 toneladas, el valor es cercano a los 70 millones de dólares y el precio unitario promedio alcanza los 154 dólares por tonelada. Los principales países importadores de este producto son: Japón, Corea del Sur y la Unión Europea, concentran casi el 90 % de las exportaciones de Australia (Velasco, 2009).

3.1.1.2. Importancia para la seguridad y soberanía alimentaria

El lupino es un cultivo que necesita menos nutrientes y crece en suelos francos, pero su aporte a la agricultura es valioso ya que mantiene la fertilidad del suelo al fijar el nitrógeno e incorporarlo al suelo como abono verde, determina la producción de papas y granos resultando en una mayor disponibilidad de nutrientes; la materia orgánica ayuda a retener mejor la humedad y mejorar la estructura del suelo y es una alternativa viable para mejorar la productividad del suelo en los valles altoandinos (CIPCA, 2004).

Tarwi es una leguminosa que puede utilizarse para el consumo humano y la alimentación animal. No obstante, el poco uso y la falta de apoyo de los sectores público y privado hace que este producto original pueda desaparecer, ya que la industria carece de incentivos para mejorar las condiciones de producción, agregar valor y promoverlo. El producto se comercializa en los mercados nacionales y extranjeros; si aún existe es

porque gran parte de la agrobiodiversidad está en manos de los pequeños agricultores que tradicionalmente han sustentado el cultivo (ODEPA, 2005).

3.1.2. Origen del género *lupinus*

Dos antiguas culturas, la andina y la egipcia, domesticaron especies de lupinos hace al menos cuatro mil años: la especie *L. luteos* lupino egipcio y *L. mutabilis* lupino andino, son tarwi o chocho. Los usos alimentarios de estas especies son similares. Estas culturas sometieron las dos especies a procesos similares de remojo o maceración y lavado para eliminar los alcaloides antes de ser utilizado en la alimentación básica de la población (Carrillo, 1956).

En la región andina, el tarwi se utiliza desde hace miles de años. Se han encontrado rastros de sus semillas en entierros de la cultura Nazca (100-500 a.C.), y se han hallado pinturas en vasos ceremoniales de la cultura Tiahuanaco (500-1000 d.C.), lo que atestigua su amplia distribución. Como pariente silvestre de *L. prestantis* y *L. paniculatus* se conocen comúnmente como decaerá (Tarwi) en quechua y ícela (tauri/tarhui) en aimara. Esta especie *L. muta bilis* es originaria de los Andes peruanos, Bolivia y Ecuador (antiguo Perú) y la especie *L. Albus* es originaria de Egipto, Grecia y Roma (Frías y Tapia, 2007).

3.1.3. Distribución del cultivo

Tarwi es una leguminosa domesticada por los colonos andinos mucho antes del surgimiento del Imperio Inca. Su consumo está muy extendido en todas las regiones influenciado directa o indirectamente por la cultura quechua (Pader-Cosude, 2006).

Según Mujica (1992), el tarwi se produce en diferentes agroecosistemas, desde Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y el noreste de Argentina. Por otro lado, Lescano (1994) señala que se encontraron pequeñas áreas en el estado Táchira (Venezuela), la provincia de Pasto (Colombia) y en los valles interandinos de Vilcanota y el Mantaro (Cusco), Abancay y Ayacucho (Perú), y los departamentos de Cochabamba, Potosí y Sucre (Bolivia). Según Tapia (1978) la producción de tarwi en Bolivia ocurre en las tierras altas del norte de La Paz, particularmente en la península de Copacabana y Calabuco, donde los suelos arenosos son favorables para el cultivo. En las orillas del lago Titicaca, la producción de tarwi se concentra en la región Puno en Yunguyo y Pomata, sobre suelos arenosos a una altitud de 3 800 msnm, esta especie es resistente y de producción precoz (Lescano, 1994). Las estadísticas de Bolivia y Perú muestran que las áreas cultivadas varían considerablemente de un año a otro, en el Perú el crecimiento del cultivo entre los años 1980 hasta 1983 llegó a 6 000 hectáreas estableciendo un

mercado seguro para el producto, sin embargo en los últimos años el área cultivada ha disminuido notablemente (Espinoza, 2010).

Por otro lado, Guzmán (2006) menciona que hace miles de años, la civilización andina domesticó muchas especies de plantas que han sido fuente de sustento para todas las generaciones desde tiempos muy remotos y ahora son de importancia mundial.

3.1.4. Clasificación taxonómica

Mujica y Seven (2006) listaron al tarwi como una leguminosa, del género lupino. Es uno de los géneros de leguminosas más importantes distribuidos a nivel mundial con unas 300 especies. Las categorías de especies incluidas en el estudio son las siguientes:

Reino: Vegetal

División: Fanerógamas

Clase: dicotiledóneas

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Tribu: Genisteas

Género: *Lupinus*

Especie: *Lupinus mutabilis* Sweet

Nombre común: tarwi, lupino, chocho, tauri

El tarwi es una leguminosa anual cuyo grano se utiliza en un alimento conocido como chocho en el norte de Perú y Ecuador, tarwi en el centro de Perú y tauri en el sur de Perú y Bolivia (o conocido como chuchus en Cochabamba Bolivia). Esta especie está estrechamente relacionada con los lupinos del Viejo Mundo, o lupinos, que todavía se cultivan en las regiones mediterráneas de Europa (principalmente España e Italia), pero difieren en el número de cromosomas. las plantas de tarwi muestran una enorme variación morfológica y adaptabilidad ecológica en los Andes; por lo que se han propuesto tres subespecies (Gross, 1982; Fries y Tapia, 2007).

La especie *L. mutabilis*, conocida como chocho en el norte de Perú y Ecuador, es más ramificada, muy tardía, pilosa en hojas y tallos, algunos ecotipos son bienales, resistentes a la antracnosis. Y *L. mutabilis*, llamada tarwi en el sur y centro de Perú, tiene pocas ramas, crecimiento juvenil y poca resistencia a la antracnosis. Por otro lado, cuando esta especie se

cultiva en las tierras altas de Perú y Bolivia, las plantas más pequeñas (1 a 1,40 m de altura), los tallos principales muy desarrollados son muy precoces y susceptibles a la antracnosis (Gross, 1982; Tapia y Blanco, 1981).

3.1.5. Descripción botánica

Tapia (2000) describe a los lupinos o tarwis como plantas anuales cuyo tamaño oscila entre 0,4 y 2,5 m de altura, según el genotipo y el medio de cultivo. La raíz primaria es fuerte, hasta 3 m de profundidad; raíces secundarias ramificadas con nódulos simbióticos con bacterias *Rhizobium*. Presenta tallos de forma cilíndrico y leñosos; las hojas son digitadas; presenta inflorescencia tipo racimo que varían en color desde azul, púrpura, azul claro, rosa hasta blanco. Presenta estambres dorsales y 5 estambres basales; el 50 al 70% de las flores no fructifican debido a la caída de las flores, especialmente en las ramas secundarias y terciarias. Los frutos son vainas pubescentes que son indehiscentes en los cultivares y parcialmente dehiscentes en las especies semicultivadas y silvestres, las vainas son de forma ovalada u oblonga con puntas puntiagudas, y las plantas de *L. mutabilis* producen alrededor de 130 vainas por planta. planta. Las semillas miden de 8 a 10 mm de largo y de 6 a 8 mm de ancho y varían en color desde blanco y negro moteado hasta castaño, marrón, gris y amarillo

verdoso; la cubierta dura, que constituye el 10% del peso de la semilla, contiene un alto contenido de alcaloides. Cien semillas pesan de 20 a 28 gramos. El ciclo vegetativo varió de 150 a 360 días dependiendo del genotipo y si se consideró por separado la maduración axial o de otras ramas. Los diferentes estados fenológicos son: emergencia, primera hoja verdadera, formación de racimos florales en el tallo central, anthesis, vaina, maduración y madurez fisiológica. Las semillas están inactivas debido a la inmadurez y requieren una etapa posterior a la maduración antes de la germinación. En especies de lupinos silvestres, se propaga espontáneamente por desprendimiento, que puede alcanzar varios metros.

Espinoza (2000) señala que la planta de tarwi alcanza una altura aproximada de 1 a 2 metros y varía según el ecotipo; la raíz es tipo pivotante y tallo principal, las flores son de color azul a púrpura. La vaina presenta de 2 a 6 semillas; el tarwi es una planta importante en la nutrición en las montañas del Perú. Se selecciona por su mayor rendimiento y menos amargor, la especie más duradera. Los colonos andinos conocían este cultivo mucho antes del surgimiento del Imperio Inca, con sus rituales, medicina, forraje, comida andina y resiliencia al cambio climático. Los frijoles silvestres contienen más proteína.

3.1.6. Morfología de la planta

3.1.6.1. Raíz

Palacios (2004) indica los lupinos entre ellos el tarwi, posee una raíz principal ramificada, robusta, leñosa y superficial. Tiene varias ramas y muchas raíces pequeñas y pelos radicales. Las raíces primarias de las plantas de tarwi en Perú suelen tener muchos nódulos, que son bacterias nitrificantes llamadas rizobios, y estas varían de 1 a 3 cm de diámetro. En el tarwi los nódulos se forman a partir del quinto día después de la germinación y son rojizos cuando se cortan.

3.2.6.2. Tallo

Blanco (1980) reportó que la altura de la planta está determinada por el eje principal y varía de 50 a 200 cm. El tallo de la planta de tarwi suele ser muy leñoso y se utiliza como combustible. El alto contenido en fibra y celulosa hace que se utilice como material de combustión, pero también es apto para procesos industriales. El color de los tallos varía de verde oscuro a marrón. Las especies silvestres tienen tallos de color rojo a morado oscuro. Dependiendo de la ramificación, la planta puede tener un gran eje central ramificado desde el centro de la planta, candelabros o ramas terminales; o una rama en la base con inflorescencias a la misma altura. El

número de ramas por planta varía de unas pocas a 52. Las vainas de frutas y los brotes se correlacionan positivamente con altos rendimientos.

Ávila (1979) indica que el tarwi presenta un tallo con una base muy desarrollado sin ramificación permitiendo una mayor densidad de plantas, asimismo una maduración uniforme. Esta característica está relacionada con muchas variedades lo que permite que sean cultivadas en zonas con pocas precipitaciones.

3.1.6.3. Hoja

Gross (1982) menciona que las hojas tienen forma de digitada, generalmente constan de 8 a 9 folíolos, que van de ovadas a lanceoladas. En la base del tallo tiene unas cuantas hojas pequeñas, generalmente inmaduras, que se diferencian de otras especies de tarwi en que las hojas no tienen pelo. El color de las hojas puede variar de amarillo verdoso a verde oscuro, dependiendo del contenido de antocianinas de la planta.

3.1.6.5. Flores e inflorescencia

Blanco (1980) afirmó que el tarwi pertenece a la subfamilia Papilionidae y que tiene una corola de 1 a 2 cm, la corola consta de 5 pétalos, dos quillas y dos alas. Dependiendo del tipo de ramificación de la planta, puede producir hasta tres flores seguidas. También mencionó que una planta

puede producir hasta 1 000 flores. El color de las flores cambia de azul pálido a un color muy intenso desde el inicio de la formación hasta la madurez, de ahí el nombre científico mutabilis, es decir, cambia de color. Los colores más comunes son el azul y morado, mientras que el blanco, crema, rosa y amarillo son menos comunes.

3.1.6.6. Fruto

Gross (1982) enumeró frutos como vainas pubescentes o vainas sin dehiscencia en especies cultivadas, y vainas con alguna dehiscencia en especies semicultivadas y silvestres; la forma de las vainas es ovales u oblongas, y con puntas en ambos extremos, una planta puede producir hasta 130 vainas.

Marmolejo y Suasnabar (2010) refirieron que los frutos son vainas ovales o alargadas, cuyo tamaño varía según la variedad (número de semillas), generalmente las vainas son 6 a 12 cm de largo y 1,5 a 2,3 cm de ancho, la cáscara de la vaina es pubescente hasta la maduración. El número de semillas por vaina varía 1 a 8 ovales a lenticulares de 4 a 15 mm.

3.1.6.7. Semilla

Gross (1982) describió las semillas de tarwi contenidas en vainas de 5 a 12 cm que varían en número y forma (redondas, ovaladas a casi

cuadradas) y de tamaño variado de 0,5 a 1,5 cm diámetro. También muestra de 3500 a 5000 semillas por kilogramo. El tamaño varía según las condiciones de crecimiento y el ecotipo o variedad. Las semillas están cubiertas por una cáscara endurecida, que constituye el 10 % del peso total. Los colores de las semillas incluyen blanco, amarillo, gris, ocre, pardo, castaño, marrón y mezclas de diferentes colores como jaspeado, creciente, pan y manchado. Según Blanco (1980), la genética del color de la semilla es muy compleja, con colores y genes dominando cada combinación.

3.1.7. Cultivares mejorados

Sevilla y Holle (2004) argumenta que los cultivares avanzados, también llamados “modernos” o “mejorados”, se obtienen mediante diferentes métodos de mejoramiento genético. Las semillas originales se producen fuera del campo del agricultor y, en la mayoría de los casos, el agricultor o alguna otra fuerza de evolución natural no participó en la producción de la variedad. La diferencia entre nativo, obsoleto y avanzado no está muy clara. Las variedades mejoradas solo pueden distinguirse de otras variedades si tienen características específicas reconocidas por el mercado. El mismo autor menciona que las variedades mejoradas deben ser diferentes a otras variedades existentes. En cuanto a las características que lo definen, debe ser uniforme y estable, ya que sus características únicas no pueden

transmitirse de generación en generación. La Nomenclatura Internacional de Plantas Cultivadas define una variedad como "un taxón seleccionado por un rasgo particular o una combinación de rasgos que es distinto, uniforme y de carácter estable y que mantiene su singularidad a través de la propagación usando los rasgos apropiados".

Las variedades mejoradas también pueden ser líneas, híbridos, clones, variedades combinadas o variedades por derecho propio, dependiendo de cómo se produzcan. Los compuestos son, por tanto, mezclas o recombinaciones de varias líneas de mejora o genotipos mantenidos por polinización normal. Si la especie es alogénica, la recombinación a lo largo de varias generaciones da lugar a una raza. Si la especie es independiente, la población resultante es polifilética, es decir, una población heterogénea formada por individuos homocigóticos.

3.1.8. Características fenológicas

3.1.8.1. Fenología

De acuerdo con CIPCA (2009) las etapas fenológicas son: germinación, emergencia y formación de cotiledón, formación de hoja verdadera y formación de tallo central, floración, maduración de vaina y maduración fisiológica.

3.1.8.2. Ciclo vegetativo

Según el CIPCA (2009), el ciclo vegetativo de las plantas de tarwi varía de 150 a 360 días en función del ecotipo y de la madurez del eje central o de otros brotes secundarios.

Germinación y emergencia: la mayoría de las semillas germinan inmediatamente después del desarrollo, incluso antes de la cosecha normal. No obstante, después de que el embrión deja de crecer y la humedad baja; las semillas entran a un período de latencia o letargo en el que el embrión mantiene una respiración mínima, justo cuando está mejor en la capacidad de resistir las condiciones ambientales adversas (Agencia CyTA, 2002).

Emergencia de hojas verdaderas: Después del crecimiento de los cotiledones, la plántula se puede clasificar como germinación epigea, cuando el hipocótilo se alarga, el cotiledón se eleva del suelo. Dependiendo de la especie, los cotiledones a menudo realizan funciones fotosintéticas por un período de tiempo más largo o corto antes de marchitarse y caer (Agencia CyTA, 2002).

Inicio de la ramificación: La ramificación comienza 45 días después de la formación de la primera hoja verdadera, dependiendo del tipo de ramificación, las plantas pueden tener un gran eje central que se ramifica

desde el centro de la planta, en forma de candelabro o ramificado desde la base con inflorescencias a la misma altura, la ramificación varía desde unas cuantas hasta 52 ramas por planta (Fries y Tapia, 2007).

Inicio de la floración: La floración inicia a los 100 a 120 días después de que comienzan a formarse los tallos florales. De acuerdo con Fries y Tapia (2007) el color de la flor cambia de azul claro a flores muy intensas al comienzo de la formación y madurez, dando como resultado su epíteto *L. mutabilis* que significa cambiable. Los colores más comunes son varios tonos de azul y morado, rara vez blanco, crema, rosa y amarillo, dependiendo de la variedad, tipo de ramificación puede florecer una sola vez o tres floraciones seguidas; las plantas pueden tener hasta 1 000 flores (CIPCA, 2009).

Formación de vainas: La formación y el número de vainas, y la ramificación están positivamente relacionados con el rendimiento en grano (CIPCA, 2009).

Madurez fisiológica: las vainas cuando alcanzan su madurez fisiológica cambian de color y se secan completamente, aunque las ramas primarias, secundarias y terciarias siguen floreciendo. Por otro lado, toda la planta empieza a perder color, a marchitarse y secarse (Fries y Tapia, 2007).

3.1.9. Exigencias agroecológicas del cultivo

3.1.9.1. Condiciones edáficas.

La planta de tarwi, requiere suelos arcillosos y francos bien equilibrados y drenados con un pH de 5 a 7. En suelos ácidos, los rizobios tienen una fijación de nitrógeno muy pobre (Fries y Tapia, 2007). Por otro lado, Tapia y Blanco (1981) señalan que *L. mutabilis* crecen mejor en suelos desnutridos, suelos franco-arenosos bien drenados, debido a que este cultivo no tolera la acumulación pesada de suelo y el exceso de humedad. Millones (1980), afirmó que un suelo con un pH de 4 a 7 es el más adecuado para este cultivo, no se debe sembrar chocho en suelos mal drenados o alcalinos, necesita un equilibrio adecuado de nutrientes, no necesita altos niveles de nitrógeno, pero fósforo y potasio en cantidades adecuadas.

3.1.9.2. Condiciones climáticas

Temperatura: la temperatura es muy importante porque afecta prácticamente todos los procesos fisiológicos de las plantas, afectando el crecimiento. Esta especie no tolera las heladas (bajadas repentinas de temperatura) durante la formación de yemas y la maduración. Sin embargo, los ecotipos cultivados a orillas del lago Titicaca toleran al frío (Fries y Tapia, 2007). Por otra parte, Meneses (1996), menciona que la planta de tarwi crece bien en climas templados a fríos más que en climas cálidos y

ultrasuaves. El tarwi no se cultiva en invierno, crece hasta 4 000 msnm, la temperatura óptima diurna para el crecimiento es de 20 a 25 °C; las bajas temperaturas nocturnas favorecen la síntesis de aceites en un 20 %.

Humedad relativa: Es necesaria una alta humedad atmosférica para lograr altos niveles de autopolinización. Por el contrario, para una formación óptima del grano, lo ideal es reducir las precipitaciones al final del período de crecimiento de la planta, detener por completo la maduración y reducir la humedad atmosférica, lo que tiene importantes efectos físicos y biológicos (Lescano, 1994).

Precipitaciones: los requerimientos de humedad varían mucho según el suelo, la temperatura atmosférica y la madurez temprana de las plantas. Sin embargo, el tarwi se cultiva principalmente en áreas secas que requieren entre 350 y 700 mm de lluvia, el período en que la planta demanda más agua es durante la etapa reproductiva floración y fructificación (Meneses, 1996),

Fotoperíodo: el tarwi aparentemente es una planta neutra al fotoperíodo, sin embargo se cultiva en condiciones de días cortos. Gross (1982) asevera que el tarwi es considerada una planta neutral en cuanto a la duración del día, al menos en lo que respecta a su desarrollo.

3.1.10. Manejo agronómico del cultivo

3.1.10.1. Preparación del Suelo.

Si bien el cultivo de tarwi requiere una labranza mínima, también se determinó que las actividades culturales como el deshierbe y la quema de rastrojos son necesarias en algunos casos para eliminar enfermedades o plagas preexistentes (Suquilanda, 1984).

Arado: Se recomienda un arado “cincelado” para enterrar malezas y rastrojos de cultivos anteriores y exponer el suelo a insectos, luz solar y agentes de control biológico (pájaros, sapos, lagartijas, etc.) (Suquilanda, 1984).

Grada o rastra: Dependiendo de las condiciones físicas del suelo, de dos a cuatro pasadas con la rastra pueden ser suficientes para romper los terrones. Se debe aprovechar estos momentos durante la arrancada para quitar los rastrojos del cultivo anterior de las raíces. Antes de la siembra, se debe mantener limpio el suelo para su posterior surcado (Suquilanda, 1984).

Surcos: Cuando llueve o riega, el agua escurre lentamente para evitar la erosión del suelo, los surcos no suelen ser necesarios ya que se pueden sembrar las semillas al voleo (Suquilanda, 1984).

3.1.10.2. Siembra

El momento de la siembra está determinada por las condiciones climáticas de la región o zona de cultivo: se debe tener en cuenta el inicio de las precipitaciones, la ubicación geográfica altitud y latitud. En general, cuando se considera la altitud, cada 300 m de aumento en la altitud el período vegetativo se alarga aproximadamente un mes, y el ecotipo utilizado en cada zona también en la época de siembra (Peralta, Mazón, Murillo, & Rodríguez, 2014). De acuerdo con Gross (1982), las semillas se en suelo pesado se colocan a una profundidad de 2 cm y en suelos franco-arenosos a una profundidad de no más de 3 cm. La siembra es más profunda en suelos ligeros; a mayor profundidad, la emergencia de plántulas disminuye debido al ataque de enfermedades que atacan los hipocótilos.

3.1.10.3. Densidad de siembra

Se tiene conocimiento que la densidad de siembra tiene gran influencia en el rendimiento de grano, por lo que se viene estudiando densidades de siembra de diferentes variedades, este factor está determinado por el ancho de los surcos y número de semillas por surco (Peralta et al., 2014). La densidad de plantación viene determinada principalmente por la germinación o ramificación de las plantas para maximizar el

aprovechamiento de la energía solar de la superficie vegetal; normalmente se recomiendan 100 a 120 kg/ha de semilla (Gross, 1982). En este sentido, Mujica (1994) afirma que la densidad de siembra óptima es de 80 kg/ha de semilla, siendo el distanciamiento de siembra más apropiado de 0,70 m de separación entre hileras por 0,30 m entre plantas y 3 semillas por planta.

3.1.10.4. Labores culturales

Dado que los lupinos son más sensibles a los factores ambientales adversos en las primeras etapas de crecimiento, como la falta de humedad o los ataques de larvas de dípteros o caracoles en el suelo, se debe proporcionar suficiente humedad para la siembra y se deben usar algunos insecticidas para la prevención. No se requieren labores culturales específicas durante el resto del período de crecimiento de la planta, aparte de una ligera remoción de tierra durante el deshierbe (Peralta et al., 2014).

3.1.10.5. Riego

El tarwi crece solo en condiciones secas, lo que significa que no necesita más riego que el agua de lluvia. De esta forma, se cultiva en Bolivia, Perú, Ecuador y en los valles de los Andes (Peralta et al., 2014). No obstante, Meneses (1996) afirma que el primer riego se suele hacer 20-30 días después de la siembra, antes de que el suelo esté lo suficientemente húmedo para sembrar el cultivo. El riego depende de las necesidades

hídricas del cultivo, ya que las necesidades hídricas son mayores durante la formación de flores y frutos, pero normalmente de cuatro a cinco veces entre la siembra y la cosecha. Es importante no tener demasiada agua estancada, ya que los tarwis son sensibles al exceso de humedad.

3.1.10.6. Control de malezas

El tarwi debe estar libre malezas, especialmente durante los primeros 45 días de crecimiento, escardando una o dos veces al inicio de la floración, teniendo cuidado de no maltratar la planta y dañarla durante el escardado (Galarza, 1995).

El control de malezas es una de las tareas más importantes en el cultivo, ya que las malezas compiten con las plantas cultivadas por luz, agua y nutrientes, lo que reduce el rendimiento y la calidad del grano. El período crítico es en las primeras semanas de crecimiento vegetativo, cuando no pueden competir con la resistencia de las malas hierbas. Esto generalmente se hace a mano, pero también es posible el control químico (Meneses, 1996).

3.1.10.7. Plagas y Enfermedades

En general, es claro que las plagas aún no han alcanzado una importancia endémica en la región andina. Las plagas se propagan

principalmente durante las estaciones seca y cálida (Gross, 1982). Los más importantes son: los masticadores de hojas, barrenadores (*Copitarsia turbata* y *Agromyza sp.*) y chupadores (*Frankliniella tuberosi* y *Myzus sp.*). En cuanto a las enfermedades, encontramos tres hongos principales: la antracnosis, la roya y el fusarium, que afectan directamente a las plantas. Por otra parte, Tapia (1997) reportó que una de las enfermedades más importantes es la antracnosis, la cual es producida por el hongo antracnosis, que ataca tallos, hojas, brotes y primordios foliares, formando manchas necróticas. Los cultivos también pueden verse afectados por otra especie de Rhizoctonia, que ataca los cuellos de las raíces. La marchitez de las plántulas está asociada con *Fusarium oxysporum* en plantas pequeñas en campos mal drenados. Otra enfermedad del tarwi es la roya del lupino, produce pústulas que se pueden ver como polvo anaranjado en hojas, tallos e incluso frutos.

3.1.10.8. Cosecha

La cosecha del tarwi se determina cuando las hojas se vuelven amarillas, la planta deja caer sus hojas, los tallos se vuelven leñosos, las vainas se secan y el grano tiene una consistencia que puede soportar la presión de las uñas. El campo se puede cosechar hasta dos veces; la primera vez, cuando el eje central está seco, los granos son grandes y uniformes y

deben usarse como semillas; la segunda vez cuando las ramas laterales están maduras o secas y la humedad es de 15% a 18% después de 20 a 30 días (Peralta et al., 2014). Por otro lado, Meneses (1996) señala que la cosecha se efectúa entre junio y julio, una vez determinada la madurez fisiológica de las vainas y cuando estas están secas. La cosecha debe realizarse en el momento oportuno, ya que de lo contrario trae pérdidas en los rendimientos debido a que se pueden presentar problemas como ataque de insectos, pudrición de vainas por exceso de humedad y derrame de las semillas por dehiscencia debido a los cambios de temperatura. La cosecha se realiza cuando las vainas están completamente maduras; las semillas se separan de las vainas golpeándolos con un palo torcido o pisoteándolos con un animal (FAO, 2007). A diferencia de otros lupinus, el tarwi no divide ni esparce sus semillas en el suelo. Los agricultores de Incanato seleccionaron plantas que mantuvieron sus semillas hasta la cosecha (Sumac Perú, 2008).

3.1.10.9. Formación de pequeñas parvas y secado

Las plantas secas se arrancan a mano, con una hoz o con una cortadora de césped y luego exponerse a la luz solar para secar los tallos y las vainas de manera uniforme. Por otro lado, también se realiza cuando las vainas estén de color marrón claro y completamente secas, utilizando una hoz o

simplemente cortar a mano un grupo de vainas (CIPCA, 2004). Para la selección de semillas deben elegirse plantas sanas con buena estructura, crecimiento vigoroso y gran número de vainas. La cosecha debe hacerse individualmente quitando las vainas del eje central (Suquilanda, 1984).

3.1.10.10. Trillado y venteado de granos.

La trilla es laboriosa y difícil, las plantas secas deben ser machacadas y aireadas para separar el grano de las vainas. También se utilizan animales en el proceso, pero se debe tener cuidado de no lesionar las patas de los animales con los bordes afilados de las vainas (Fries y Tapia, 2007).

3.1.11. Variables agronómicas y botánicas

3.1.11.1. Rendimiento.

Otros rasgos, como el alto potencial de rendimiento y calidad, la resistencia a las enfermedades y la tolerancia a la sequía, están relacionados con la composición genética de la planta (Vitorino, 1989).

Los componentes del rendimiento son genéticamente cuantitativos y poligénicos, y es imposible encontrar un solo gen o segmento cromosómico, y mucho menos un cromosoma, que determine el rendimiento (Berduzco, 2005).

De acuerdo con Lescano (1994) los rasgos de rendimiento se heredan genéticamente cuantitativamente, y no es posible encontrar un solo gen o segmento cromosómico que determine el rendimiento.

3.1.11.2. Factores que afectan el rendimiento

Gill et al. (1964) el rendimiento principal de una planta depende de la cantidad de compuestos de glucosa que sea capaz de producir, es decir, depende principalmente de la capacidad para realizar la función de la clorofila. La tasa fotosintética depende de varios factores específicos de la planta y de varias condiciones ambientales. Las principales características de esta planta son:

La asimilación neta es la cantidad de materia seca producida por unidad de superficie foliar por unidad de tiempo. La superficie de hojas u otro tejido verde y la duración del ciclo vegetativo de la planta.

Los factores ambientales más importantes son: la intensidad de la luz, la temperatura y el contenido de dióxido de carbono en el aire. La condición del suelo, incluido el almacenamiento de agua y la disponibilidad de nutrientes.

Algunos factores pueden ser controlados por los agricultores, en tanto que otros están fuera de su control. Las características de las plantas están

determinadas genéticamente y dependen del tipo de planta elegido. El follaje de una planta determinada puede modificarse, reducirse mediante el pastoreo o la siega; en general, los cultivos que pueden ser tratados de esta manera, sin ser perturbados el mayor tiempo posible sin caída de hojas, darán el mayor rendimiento de materia seca. De los factores ambientales, sólo la temperatura y la intensidad luminosa pueden controlarse para garantizar que las plantas crezcan en la época del año en que estos factores son más favorables. En condiciones de campo, el contenido de dióxido de carbono del aire no puede alterarse. El almacenamiento de agua puede modificarse hasta cierto punto mediante drenaje o riego, pero el factor más fácilmente modificable es la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo. Por lo tanto, los cultivos ideales de alto rendimiento son aquellos con un alto valor fotosintético, una elevada proporción de tejido clorofílico, una larga temporada de crecimiento durante el periodo más favorable del año y una buena respuesta a los fertilizantes. Los tipos de plantas deseables suelen ser objetivos ideales para la selección de cultivos, aunque obviamente no se pueden cumplir todos los requisitos (Gil et al., 1964).

3.1.11.3. Medidas de rendimiento

Según Huamán (1999), los indicadores de rendimiento son: número de ramas y vainas, número de semillas por vaina, peso de 1000 semillas y rendimiento de grano.

3.1.11.4. Componentes principales de rendimiento en el tarwi

Longitud de inflorescencia: las inflorescencias terminales del tarwi varían en tamaño de una rama a otra, donde la ventaja es la inflorescencia en el eje central de la planta que es la más grande que las otras, por lo tanto produce más granos, lo que constituye una adecuada componente de rendimiento utilizado para seleccionar las características de rendimiento. En una inflorescencia pueden florecer hasta 60 flores, pero no todas florecerán, especialmente las que se encuentran en la punta del racimo. En tal sentido, mientras más grande es la inflorescencia, mayor es la cantidad de flores potencialmente productivas (Ramos, 2009).

Ramificación: las ramas son otro componente importante del rendimiento porque producen flores y vainas con granos, es decir, hay una correlación positiva entre la cantidad de ramas y el rendimiento del grano, lo que significa que el número de vainas y ramas fructíferas se correlacionaron positivamente con un alto rendimiento. El número de ramas varía de unas pocas a 52. No obstante, la ramificación afectará la madurez general de la

planta, retrasando su ciclo completo, aunque algunos individuos desarrollarán una ramificación temprana, que es importante para la selección de estos dos rasgos (Cubero, 2003).

Algunas especies no desarrollan ramas; teniendo la ventaja de una maduración más temprana porque dan sólo los primeros períodos de floración, pero la desventaja es que no están seguros de obtener altos rendimientos (Gross, 1982).

La mayoría de los lupinus tienen ramificaciones en forma de V, donde el epicótilo desarrolla primero el eje, y las tres primeras ramificaciones comienzan debajo de la inflorescencia principal, seguidas de otras ramificaciones. Su origen es diverso; las ramas de este tipo tienen la mayor masa vegetal en comparación con los otros dos tipos de ramificaciones. Las plantas con ramificación en forma de V invertida son las más raras, en este caso, a diferencia de la rama V, el primer resultado del eje principal es el más alto, y luego hay un resultado en cada nivel en orden descendente. En los principales tipos de ramificación, todos los frutos están al mismo nivel, en general, el tipo de ramificación principal es la característica deseable por las siguientes razones: maduración temprana, madurez uniforme, mayor estabilidad del rendimiento, semillas uniformes de mejor calidad.

Una planta de tarwi generalmente consta de un eje principal, un eje transversal principal y un eje transversal menor. No obstante, la amplia variación genética, incluidos los ecotipos, continuó formando ramas laterales. Por otra parte, algunas especies no desarrollan ramas, cuya ventaja de estos tipos es la maduración temprana, ya que solo se produce la primera floración. No obstante, al mismo tiempo reduce la seguridad del cultivo, por ejemplo, cuando el granizo daña la inflorescencia en el eje principal (Gross, 1982, citado en Huamán, 1999).

3.1.11.5. Efecto de la precocidad en el rendimiento

En algunos casos, las plantas tienen que madurar, por lo que en este caso el periodo de desarrollo es más corto, por tanto, el rendimiento es menor. Este tipo de cultivo sólo es ideal cuando el valor añadido de las variedades tempranas representa el componente de reducción del rendimiento o cuando la madurez temprana permite cultivar las plantas en condiciones climáticas que no permiten el desarrollo de variedades de alto rendimiento y larga vida (Gil et al., 1964).

3.2. Marco referencial

3.2.1. Antecedentes de la investigación

Quico (2013) en su estudio evaluó el rendimiento de grano y seleccionó 93 líneas de tarwi en condiciones K'ayra-Cusco. Entre los resultados la línea CTC-16 logró el mayor rendimiento con un promedio de 0,56 kg. Mientras que la línea CTC-156 obtuvo el rendimiento más bajo con un promedio de 0,08 kg/planta. Para evaluar la entrada temprana a la etapa fenológica, el ciclo vegetativo de la planta duró de 160 a 167 días, y se seleccionaron 10 líneas tempranas entre ellas CTC-1, CTC-12, CTC-16, CTC-40, CTC-508, CTC . - 2150, H-5-4-S/A, L-379, CTC-009R, S-MAS-12. Referente al número de vainas y granos, la línea CTC-16 tuvo el mayor número de vainas con 19 y 98 semillas por vaina, y la línea CTC-16 tuvo el menor rendimiento. Asimismo, la línea CTC-156 presentó 6 vainas y 17 semillas por vaina en el tallo principal.

Galarza (1995) en su trabajo sobre el efecto de la nutrición mineral en la floración del chocho en Kusumaba, Cotopaxi, Quito. Observó que los mayores rendimientos se observaron en los tratamientos con aplicación de fósforo a razón de 60 kg/ha, alcanzándose un rendimiento promedio de 618,26 kg/ha, mientras que los tratamientos sin aplicación de fósforo apenas promediaron 284,72 kg/ha.

Gómez (2013) en su investigación sobre “Producción de tarwi en comunidades campesinas de la provincia de Camacho” (el caso de la comunidad Sakuco), La Paz, Bolivia, confirma que, según el estudio, la comunidad se ubica en la zona alrededor del lago y siempre ha valorado y promovido el uso de sus semillas como un producto potencial para promover el desempeño productivo y la generación de ingresos para las familias campesinas de la región. Desde esta perspectiva, el estudio renueva y evalúa la producción de semilla de tarwi como una alternativa económica y sostenible para los agricultores de la comunidad de Sacuco en la provincia de Camacho, La Paz.

Plata (2016) investigó las características agronómicas de dos variedades de tarwi a tres densidades de siembra en la comunidad Marka Hilata Carabuco de La Paz, Bolivia. Una densidad de siembra de 110 kg/ha permitió menos días para la floración del tallo central y la madurez fisiológica, mientras que densidades de siembra superiores requirieron más días para alcanzar estas variables. En términos de rendimiento, el rendimiento medio de Carabuco es de 1 456,19 kg/ha, superior al de las variedades dulces. Mientras que en Cochabamba el promedio es de 1 320,33 kg/ha.

Moreno (2008), en su estudio sobre los valores nutricionales del lupino y las recomendaciones culinarias. Quito confirmó que durante el período de estudio, se observó que los lupinus tienen un alto valor nutricional debido a su alto valor proteico y vitamínico. Los cereales son ricos en calcio, fósforo, magnesio, hierro y zinc. El fósforo se encuentra en el núcleo de la partícula y el calcio encuentra en la cáscara. La principal desventaja del lupino es que tiene un alto contenido de alcaloides, que son tóxicos para los humanos; así que con el tiempo inventaron remedios caseros para quitarle el amargor y poder comerlo; hoy existen métodos modernos y se hacen con máquinas embebidas. El chocho es principalmente una leguminosa popular entre las clases media baja y baja; las clases alta y media alta lo consumen de manera diferente, pero es parte de su dieta.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Tipo de investigación

La investigación fue experimental

4.2. Localización del campo experimental

El trabajo de investigación experimental se realizó en el Centro de Experimental Agrícola III (CEA); "Los Pichones" de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Coordenadas: 18° 1'50.60" de latitud sur; 70° 15'24.26" longitud y una altitud de 530 msnm.

4.3. Historial de la parcela experimental

El campo experimental antes de la siembra del tarwi, lo antecedieron los cultivos de tomate y pepinillo en el año 2015.

4.4. Propiedades fisicoquímicas del suelo

Los resultados de las propiedades del suelo del campo experimental se realizaron a través del análisis de suelo del campo experimental donde se desarrolló la investigación se presentan en la tabla 1:

Tabla 1

Análisis físico químico de suelo experimental

Análisis físico	Resultados
Textura	Franco arenosa
Arena %	59,2
Limo %	34
Arcilla %	6,8
Análisis químico	Resultados
pH	5,54
CE (dS/m)	5,34
Materia orgánica (MO)	0,55%
N (%)	0,029
P (ppm)	143,4
K (ppm)	2,040
CIC y Cationes cambiables	Resultados
CIC (meq/100g)	8,6
PSI (%)	7,33
Ca ²⁺ (meq/100g)	3,06
Mg ²⁺ (meq/100g)	0,61
K ⁺ (meq/100g)	3,10
Na ⁺ (meq/100g)	0,63

Fuente: Laboratorio de Análisis Químico de & servicios E.I.R.L. Arequipa 2015

De los resultados del análisis del suelo, podemos decir: El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del suelo, las muestras traídas al laboratorio fueron clasificadas como muy ácidas, el pH óptimo para la mayoría de las plantas está entre 6,7 y 7,2. En particular, el pH afecta la

disponibilidad de nutrientes (como fósforo, potasio, hierro, cobre, boro) en el suelo para ser absorbidos por las raíces de las plantas.

La revisión general señaló que los valores de pH inferiores a 5,5; el aluminio intercambiable podría ser sospechoso, aunque los valores de pH inferiores o iguales a 4,5 la presencia de este elemento es más probable.

Suelos muy ácidos con un pH inferior a 5,5, que a su vez pueden causar problemas de toxicidad por aluminio, hierro y manganeso, toxinas orgánicas y mala absorción de nitrógeno y boro.

La conductividad eléctrica (CE) mide la cantidad total de sales solubles y las muestras se clasifican como salinas. No hay suficiente nitrógeno, excesivo fósforo, alto contenido de potasio.

La clase textural del suelo es franco: considerando las características agrícolas de estos suelos, generalmente son aptos para varios cultivos y, si se manejan adecuadamente, son suelos muy productivos, retienen poca humedad y generalmente tienen una nutrición satisfactoria y varía con la clase textural y el contenido de MO.

La baja capacidad de intercambio catiónico es una propiedad química del suelo relacionada con la disponibilidad de nutrientes para las plantas y una medida del potencial de fertilidad del suelo.

El PSI (porcentaje de sodio intercambiado), la cantidad de sodio absorbida por las partículas del suelo se clasifica como suelo bajo en sodio, lo que supone una ventaja porque los altos niveles de sodio pueden afectar negativamente a la estructura del suelo; en este caso, las partículas de arcilla no se dispersan, por lo que la capacidad de oxígeno de la zona radicular no contribuye al crecimiento normal de las plantas.

4.6. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo

Tabla 2

Datos meteorológicos registrados durante la campaña del cultivo de Tarwi (Lupinus mutabilis Swett)

Meses	T° Máxima °C	T° Mínima °C	T° Media °C	H° R° %	Horas Luz Kw/m2
Agosto	20,05	12,23	17,30	86,23	0,27
Septiembre	20,50	12,48	17,39	84,56	0,28
Octubre	23,64	13,84	18,23	83,21	0,29
Noviembre	24,95	14,74	19,90	74,36	0,29
Diciembre	27,03	16,37	21,20	73,18	0,26
Enero	28,36	17,73	21,50	72,13	0,26

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) estación MAP Jorge Basadre Grohmann – Tacna 2015

En la tabla 2 se muestran los datos meteorológicos registrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) durante el crecimiento del cultivo de tarwi. Se puede decir que, durante el experimento, las condiciones climáticas se determinaron entre 20,05 °C y

28,36 °C. La temperatura óptima de crecimiento durante el día está entre 20 y 25 °C, y las bajas temperaturas nocturnas favorecen la producción de aceite hasta en un 20% (Meneses 1996).

4.7. Material experimental

Se utilizaron 8 líneas de tarwi procedentes del centro de investigación y producción de Camacani de la Universidad del Altiplano

4.7.1. Líneas precoces de Tarwi

PUNO 202

Las características de esta línea son: tiene una altura 150 centímetros de altura 9 ramas primarias, 4 secundarias, de 5 a 7 semillas por vaina y la semilla es de color negro jaspeado de frutos medianos. Mide 150 centímetros de altura, 17 vainas por inflorescencia, 14 inflorescencias.

UNA 210

Esta línea tiene una altura de 110 cm, 8 ramas primarias, de 3 a 4 ramas secundarias, 22 vainas por inflorescencia, 9 inflorescencias, 7 semillas por vaina, Semilla color negro jaspeado, precoz.

UNA 206

Esta línea presenta una altura de 155 cm, 6 ramas primarias, 4 ramas secundarias, 9 inflorescencias, 2 vainas por inflorescencia, 6 semillas por vaina, semillas de color crema grano pequeño.

UNA 108

Las características de esta línea son: tiene una altura de 120 cm, 10 ramas primarias, 3 a 4 ramas secundarias, 21 inflorescencias por planta, 14 vainas por inflorescencia, Semilla color blanco semilla grande.

SLP UNA 1

Las características de esta línea son: tiene una altura de 130 cm, Semilla color crema granos grandes, 7 ramas primarias, 4 ramas secundarias, 12 inflorescencias por planta, 13 vainas por inflorescencia

SLP UNA 2

Las características de esta línea son: tiene una altura de 120 cm, semilla color negro jaspeado granos medianos, 10 ramas primarias, 7 ramas secundarias, 16 inflorescencias por planta, 14 vainas por inflorescencia.

SPL UNA 3

Las características de esta línea son: tiene una altura de 150 cm, semilla color blanco y negro, presenta granos medianos, 10 ramas primarias, 6 ramas secundarias, 15 inflorescencias por planta, 10 vainas por inflorescencia.

SLP UNA 4

Las características de esta línea son: tiene una altura de 110 cm, semilla color negro jaspeado granos medianos, 9 ramas primarias, 4 ramas secundarias, 13 inflorescencias por planta, 10 vainas por inflorescencia.

4.7.2. Tratamientos

Los tratamientos que se emplearon fueron:

t₁: SLP_UNA 1

t₅: UNA 206

t₂: SLP_UNA 2

t₆: UNA 210

t₃: SLP_UNA 3

t₇: PUNO

t₄: UNA 108

t₈: SLP_UNA 4

4.7.3. Variables de respuesta

a. Altura de planta (cm)

La altura de la planta se midió en la fase de cuajado de los frutos, 100 días después de la siembra. La medida se tomó desde el cuello de la planta hasta la rama superior de la planta utilizando una regla metálica de 100 cm. La medición se realizó en 10 plantas seleccionadas al azar de cada unidad experimental.

b. Número de inflorescencias por planta

Esta característica se midió contando todas las inflorescencias de 5 plantas seleccionadas aleatoriamente por unidad experimental.

c. Número de vainas por planta

Se contaron todas las vainas cuajadas por planta, para lo cual se tomaron 5 plantas al azar por unidad experimental.

d. Número de granos por vaina

Después del secado y la trilla de vainas, se contaron las semillas por vaina de 5 plantas elegidas aleatoriamente por unidad experimental.

e. Rendimiento de grano por hectárea (t/ha)

Se pesaron los granos secos después de la trilla de cada unidad experimental, luego se hizo la suma respectiva de todo en general, utilizando una balanza digital, los valores registrados se elevaron a hectárea en t/ha.

4.7.4. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en el estudio fue de bloques completos al azar (DBCA) con 8 tratamientos y 4 repeticiones. La aleatorización y distribución del campo experimental se muestra en la figura 1.

BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV
t ₃	t ₈	t ₁	t ₅
t ₇	t ₅	t ₆	t ₃
t ₅	t ₂	t ₇	t ₈
t ₁	t ₄	t ₂	t ₆
t ₄	t ₆	t ₄	t ₁
t ₂	t ₇	t ₈	t ₄
t ₈	t ₁	t ₅	t ₇
t ₆	t ₃	t ₄	t ₂

Figura 1. Aleatorización de los tratamientos en estudio.

Fuente: Elaboración propia

4.7.5. Características del campo experimental

a. Parcela experimental:

Largo : 24,0 m

Ancho : 20,0 m

Área total : 480 m²

b. Bloque experimental

Largo : 24,0 m

Ancho : 2,5 m

Área total : 60 m²

c. Unidad experimental

Largo : 2,5 m

Ancho : 1,5 m

Área total : 3,7 m²

Distancia entre plantas : 0,40 m

Distancia entre líneas : 1,50 m

Número de plantas por golpe	: 2
Plantas por unidad experimental	: 24
Plantas por parcela experimental	: 768

4.7.6. Análisis estadístico

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza (ANVA); los niveles de significación fueron 0,05 y 0,01, respectivamente. Se utilizó la prueba de significación de Duncan al 5% de significación para comparar los promedios de los tratamientos.

4.7.7. Instrumentos de medición

Los instrumentos que se utilizaron para la toma de los datos fueron:

Balanza digital	Calculadora
Cinta métrica	Libreta de campo

4.8. Conducción del experimento

4.8.1. Eliminación de residuos y limpieza del campo

Esta labor se realizó el 4 de agosto de 2015, consistió en eliminar los residuos, brozas, y malezas del cultivo anterior.

4.8.2. Trazado y medición de la parcela experimental

Esta labor se realizó el 14 de agosto del 2015, empleando una cinta de 50 metros se trazaron los bloques y las unidades experimentales.

4.8.3. Incorporación de materia orgánica

Esta labor se realizó el 20 de agosto del 2015, consistió en incorporar las fuentes orgánicas de acuerdo con el tratamiento.

4.8.4. Aplicación de fertilizantes

La fórmula de fertilización utilizada fue 40 kg/ha de nitrógeno (N); 80 kg/ha de fósforo (P_2O_5) y 60 kg/ha de potasio (K_2O), según lo recomendado por Tapia – ANPE UNALM; el nitrógeno se fraccionó en 2 partes:

La 1ª fertilización efectuada el 20 de septiembre del 2015, dos semanas después de la emergencia de la planta, se aplicó la tercera parte del N, todo de P_2O_5 y K_2O .

La 2ª fertilización realizada el 15 de noviembre del 2015, en la fase del cuajado de vainas. Se aplicó 2/3 de nitrógeno en forma localizada.

Las fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio utilizadas fueron: Nitrato de amonio, fosfato di amónico y sulfato de potasio.

4.8.5. Siembra

La siembra se efectuó el 31 de agosto del 2015, primero se realizó la desinfección de semillas con la aplicación de Rizholex (tolclofos methyl) 5 g por un kg de semilla.

Posteriormente se procedió a sembrar de forma manual y directa, a una separación de 0,40 cm entre planta y de 1,50 m entre surcos y 2 a 3 semillas por golpe, para que pueda haber más porcentaje de germinación y posterior desahijé, la emergencia total fue dos semanas después de la siembra.

4.8.6. Riego

El riego por goteo presurizado con cintas RODRIP de 16 mm diámetro con goteros distanciados a 20 cm. La frecuencia de riego se realizó de acuerdo con el estado fenológico de la planta.

4.8.7. Deshierbo

El control de malezas se realizó manualmente cuando estas aparecen en el campo. Se realizaron escardas manuales, en tres oportunidades; la semana después del trasplante y posteriormente cada dos semanas. Las malas hierbas más importantes durante el desarrollo del cultivo fueron: Yuyo (*Amaranthus shop*) y Cebadilla (*Bromus spp*).

4.8.9. Aporque

En la etapa de floración se realizó el aporque para dar mayor soporte a la planta y evitar el contacto directo del agua con los tallos para evitar problemas fitosanitarios.

4.8.10. Control de plagas y enfermedades

a) Plagas

Se realizó la primera aplicación para prevenir el ataque de un complejo de gusanos cortadores de tallos tales como *Agrotis ypsilon*, *Prodenia spp.* Se utilizó lorsban (Chlorpyrifos) por sistema de riego a razón de 1 L/ha en la fecha, (29/08/2015).

En la segunda semana de la emergencia se presentó el ataque de trips (*Frankliniella alonsae*).

Los cuales para su control se utilizó Methomyl (Lannate) a razón de 100g/200 litros de agua (20 /09/2015).

La siguiente aplicación se hizo 15 días después por vía foliar, se utilizó un abono foliar a base de fosforo (Focus) a razón de 100 ml/200 litros de agua más un Methomyl (Lannate) a una dosis de 100 g/200 litros de agua el día (05/10/2015).

La aplicación de Focus abono foliar a base de fosforo se hizo con la finalidad de incrementar el área radicular y por ende el área foliar, y el *Methomyl* para el control de gusano cortador de hojas.

Para prevenir el ataque de otras plagas se aplicó por vía foliar *Lancer* (imidacloprid) a una dosis de 180 ml/cil 200 L de agua, esto para prevención y control de mosca blanca, trips y otros insectos picadores y chupadores.

Las aplicaciones se hicieron con mochilas aspersoras de 20 l y se hicieron semanalmente a partir de la tercera semana de la siembra del tarwi.

Para prevenir el ataque de otras plagas se realizó las aspersiones foliares siguientes:

Insecticida agrícola Oberts (Fipronil) 200 g/l a una dosis de 180 ml/200 litros de agua para el control de trips y gusano de cortadores de brotes. Sunfire (Chlorfenapyr) 240 g/l a una dosis de 0,20 l/cil. para el control de polilla. Lancer (Imidacloprid) a una dosis de 180 ml/ 200 litros de agua para rotar con Oberts; para el control de insectos picadores chupadores.

b) Enfermedades

Se realizaron controles preventivos a base de aspersiones foliares de rizholex para control de enfermedades fungosas como la pudrición radicular estos en la primera semana de la siembra.

Aspersiones foliares de Rizholex a razón de 20 g/10 litros de agua. Consiguiendo con esta práctica fortalecer los mecanismos de defensa de la planta. A los dos primeras semanas después de la emergencia se presentó *Phytophthora infestans*, se aplicó por vía foliar Ridomil (Metalaxil - Mancozeb) a una dosis de 500 g por 200 litros de agua para tener un mejor control de esta enfermedad. Se presentó problemas de Oídium (*Erysiphe*) y Antracnosis para su control se aplicó Score (Difeconazol) a una dosis de 0,20 l/cil.

4.8.11. Cosecha

La cosecha se realizó, a un promedio de 16 semanas después de la siembra se procedió a cosechar, se realizó con la ayuda de una segadera, efectuando un corte en el tallo de la planta. Se colocaron en rumas con el fin de que terminen el secando.

4.8.12. Poscosecha

Se realizaron las labores de selección de todas las vainas procedentes del área de cada unidad experimental, posteriormente se seleccionó y se dejó a secar en el sol para que facilite el trillado de las vainas. Una vez secado se procedió a trillar y ventear para separar las semillas de las vainas para ello se usaron palos, para efectuar dicha labor.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados y discusión

5.1.1. Altura de planta (cm)

Tabla 3

Análisis de varianza de altura de planta (cm) de ocho líneas precoces de Tarwi

F.V	GL	SC	CM	Fc	F α 0,05 - 0,01
Bloques	3	45,2538	15,0846	0,91	ns
Tratamientos	7	730,949	104,421	6,27	*
Error Exp.	21	349,656	16,6503		
Total	31	1 125,860			

Fuente: Elaboración propia

C.V= 7,140 %

El análisis de varianza para la variable altura de la planta, en la tabla 3 muestra que no hay diferencia significativa entre los bloques, lo que indica que existe homogeneidad entre ellos, pero sí una diferencia estadística significativa entre los tratamientos, lo que demuestra que al menos una línea tarwi temprana es diferente, y el valor del coeficiente de variabilidad es 7,140 %, lo que significa que el experimento estuvo bien controlado y dentro de un rango aceptable para las condiciones del experimento de campo.

Tabla 4

Prueba de Duncan para la altura de planta de Tarwi

Orden de merito	Tratamientos	Promedio cm	Significación $\alpha = 0,05$
1	T5: UNA 206	66,20	a
2	T6: UNA 210	63,90	a
3	T1: SLP_UNA 1	56,30	b
4	T4: UNA 108	55,90	b
5	T2: SLP_UNA 2	55,30	b
6	T7: PUNO 202	54,00	b
7	T8: SLP_UNA 4	53,60	b
8	T3: SLP_UNA 3	51,95	b

Fuente: Elaboración propia

La prueba de significación de Duncan se presenta en la tabla 4, muestra que los tratamientos más significativos son: línea UNA 206 (t_5), línea UNA 210 (t_6); con valores promedios de 66,20 y 63,90 cm. siendo estadísticamente igual y superior a otros tratamientos. En tercer lugar, se encuentra la línea SLP_UNA 1(t_1) con una longitud promedio de 56,30 cm y en último lugar la línea SLP_UNA 3 (t_3) con una longitud promedio de 51,95 cm.

Plata (2016) evaluó las características agronómicas de 80 accesiones de tarwi del banco de germoplasma Camacani en Puno. Indicó que las líneas de mayor rendimiento fueron: LES_73 con 3 744,9 kg/ha y LES_128 con 3 427,8 kg/ha. Las líneas que presentaron mayor altura de planta fueron LES_133 con 154 cm y LES_86 con 152 cm.

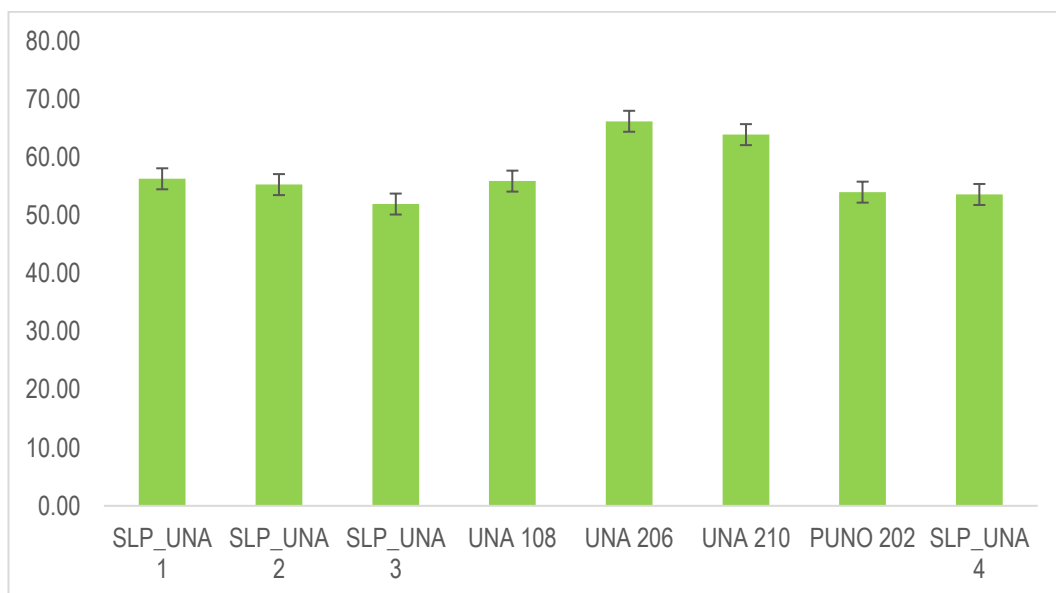


Figura 2 . Altura (cm) de planta de tarwi según los tratamientos

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Número de inflorescencia por planta

Tabla 5

Análisis de varianza de número de inflorescencias por planta de ocho líneas precoces de Tarwi

F.V	GL	SC	CM	Fc	F α 0,05 - 0,01
Bloques	3	0,461250	0,15375	0,04	ns
Tratamientos	7	115,0525	16,43607	4,27	*
Error exp.	21	80,7800	3,84667		
Total	31	196,2938			

Fuente: Elaboración propia

C.V= 7,83 %

En la tabla 5, al realizar el análisis de varianza no reveló diferencias significativas entre bloques, indicando que son homogéneos; sin embargo, se encontró significación estadística entre los tratamientos. Por ende, al

menos una de las ocho líneas precoces de tarwi fue diferente. El valor del coeficiente de variabilidad fue 7,83 %, estando en los rangos aceptables para las condiciones del experimento a nivel de campo.

Tabla 6

Prueba de Duncan de número de inflorescencias por planta de tarwi

Orden de mérito	Tratamientos	Promedios	Significación $\alpha = 0,05$
1	T5:UNA 206	28,13	a
2	T2: SLP_UNA 2	26,44	bc
3	T8: SLP_UNA 4	25,88	bcd
4	T4: UNA 108	25,75	bcd
5	T7: PUNO 202	25,30	bcd
6	T1: SLP_UNA 1	24,19	cde
7	T3: SLP_UNA 3	22,93	de
8	T6: UNA 210	21,75	e

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Duncan al 5 % se presenta en la tabla 6, demuestra que el mayor número de inflorescencias obtuvo la línea de tarwi UNA 206 (t_5) con 28,13 unidades, superando estadísticamente a los demás tratamientos. En segundo lugar, la línea SLP_UNA 2 (t_2); con 26,44 unidades y en último lugar la línea UNA 210 (t_6) con 21,75 unidades.

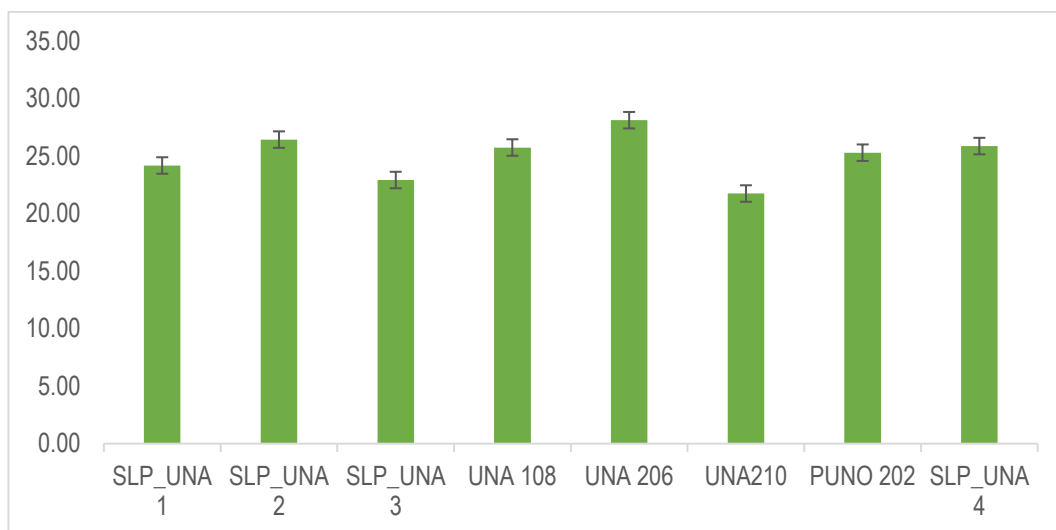


Figura 3. Número de Inflorescencias por planta de Tarwi, según los tratamientos.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3, se visualiza que la línea UNA 206 (t_5) destaca frente a los demás tratamientos.

5.1.3. Número de vainas por planta

Tabla 7

Análisis de varianza de número de vainas por planta, de ocho líneas precoces de tarwi

F.V	GL	SC	CM	Fc	F α 0,05 - 0,01
Bloques	3	138,3437	46,114	0,83	ns
Tratamientos	7	1504,468	214,92	3,86	*
Error Exp.	21	1170,4063	55,733		
Total	31	2813,2188			

Fuente: Elaboración propia

C.V: 16,46 %

En la tabla 7, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre bloques, lo que indica que son homogéneos. Pero, si hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, lo que indica que al menos una de las ocho líneas de tarwi precoz tiene un número diferente de vainas por planta.

El valor del coeficiente de variación fue 16,46 %, estando en los rangos aceptables para las condiciones del experimento a nivel de campo.

Tabla 8

Prueba de Duncan de de número de vainas por planta, de ocho líneas precoces de tarwi

Orden de merito	Tratamientos	Promedio	Significación $\alpha = 0,05$
1	T5: UNA 206	58,25	a
2	T2: SLP_UNA 2	55,00	a b
3	T8: SLP_UNA 4	45,75	b c
4	T3: SLP_UNA 3	43,25	c
5	T6: UNA 210	41,25	c
6	T7: PUNO 202	40,50	c
7	T4: UNA 108	39,45	c
8	T1: SLP_UNA 1	39,00	c

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Duncan se presenta en la tabla 8, se observa que las líneas que destacan son: línea UNA 206 (t_5), SLP_UNA 2 (t_2), con promedios, 58,25 y 55 vainas. En promedio respectivamente; la línea UNA 206 (t_5), fue estadísticamente superior con respecto a los otros tratamientos. En tercer

lugar, se observó la línea SLP_UNA 4(t₈), con un promedio de 45,75 unidades y en último lugar se ubicó la línea SLP_UNA 1 (t₁), con un promedio de 39 unidades.

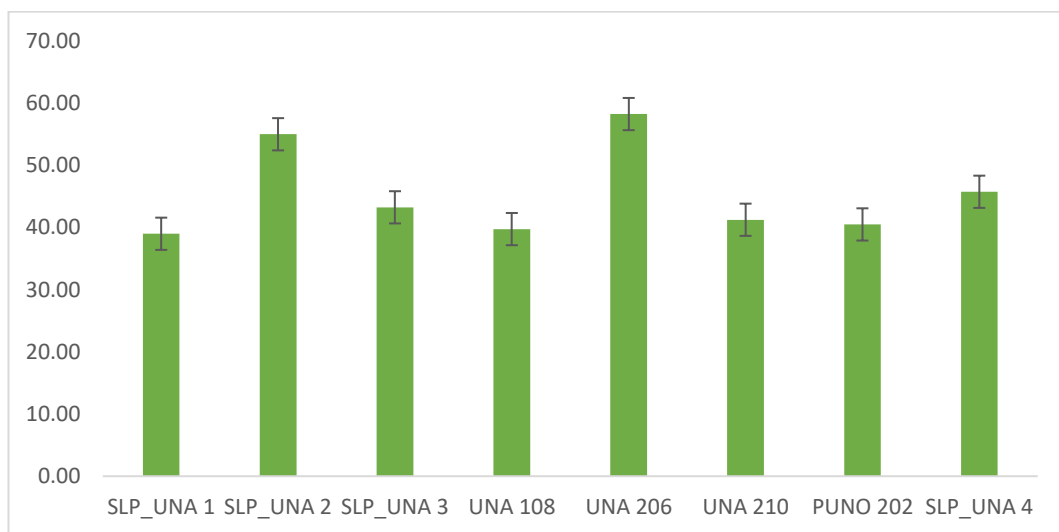


Figura 4. Número de vainas por planta de tarwi, según los tratamientos

Fuente: Elaboración propia

5.1.4. Número de granos por vaina

Tabla 9

Análisis de varianza de número de granos por vaina, de ocho líneas precoces de tarwi

F.V	GL	SC	CM	Fc	F α 0,05 - 0,01
Bloques	3	0,9193	0,3064	2,83	ns
Tratamientos	7	0,9275	0,1325	1,22	ns
Error Exp.	21	2,2731	0,1082		
Total	31	4,1200			

Fuente: Elaboración propia

C.V: 7,83 %

La tabla 9 muestra el análisis de varianza para el número de vainas individuales. No hay diferencias significativas entre bloques, lo que indica que son homogéneos; no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, por lo que las medias entre tratamientos son similares.

5.1.5. Rendimiento total (t/ha)

Tabla 10

Análisis de varianza del rendimiento (t/ha), de ocho líneas precoces de Tarwi

F.V	GL	SC	CM	Fc	F α 0,05 - 0,01
Bloques	3	0,9063	0,3021	1,69	ns
Tratamientos	7	17,5019	2,5002	14,01	**
Error Exp.	21	3,7479	0,1784		
Total	31	22,1562			

Fuente: Elaboración propia

C.V= 10,94 %

En la tabla 10, el análisis de varianza para el rendimiento no muestra diferencias significativas entre bloques. Sin embargo, se encontró diferencias estadísticas entre tratamientos. Por lo tanto, una o más líneas tarwi difiere en rendimiento de grano.

El coeficiente de variabilidad fue de 10,94% la cual se encuentra en un nivel aceptable para experimentos en condición de campo.

Tabla 11

Prueba de Duncan de rendimiento de granos por hectárea (t) de ocho líneas precoces de tarwi

Orden de merito	Tratamientos	Promedio t/ha	Significación $\alpha = 0,05$
1	T5: UNA 206	5,35	a
2	T2: SLP_UNA 2	4,30	b
3	T8: SLP_UNA 4	4,14	b
4	T4: UNA 108	3,96	b c
5	T7: PUNO 202	3,79	b c
6	T1: SLP_UNA 1	3,43	c d
7	T3: SLP_UNA 3	3,12	d
8	T6: UNA 210	2,80	d

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Duncan se muestra en la tabla 11, se observó que el primer lugar para rendimiento de grano por hectárea se obtuvo con la línea UNA 206 (t_5) con promedio de 5,35 toneladas que fue superior a los de más tratamientos, seguido por los tratamientos SLP_UNA 2 (t_2), SLP_UNA 2 (t_8) con promedios 4,30 y 4,14 toneladas respectivamente, las cuales fueron estadísticamente similares.

Quico (2013) ha realizado pruebas de fijación total de nitrógeno en 5 líneas tempranas y diferentes cultivares de tarwi en el Centro de Investigación y Producción de Camacani. Se confirmó que eran similares a las líneas SLP4 y SLP3 en el rendimiento promedio de vaina/planta, número de granos/vaina y rendimiento de granos, ya que tuvieron el rendimiento más alto, mientras que la variedad Yunguyo fue el último.

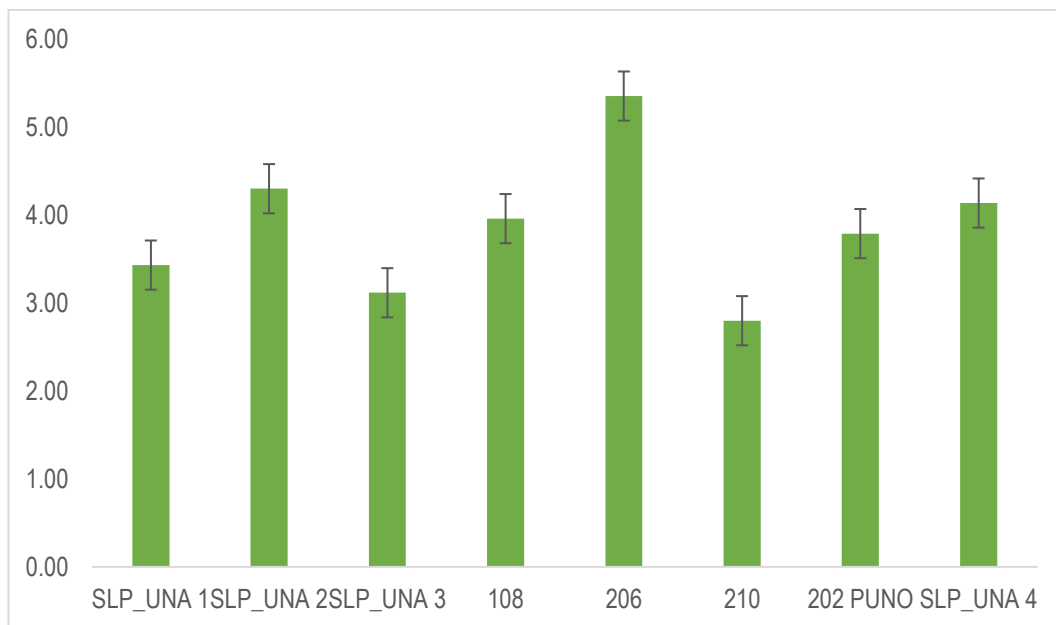


Figura 5. Rendimiento de grano (t/ha) de planta de tarwi, según los tratamientos

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5, podemos observar como la línea UNA 206 (t5) sobresale con respecto a los demás tratamientos.

CONCLUSIONES

1. El mayor rendimiento de grano se obtuvo con la línea UNA206 con 5,35 toneladas, seguidos por las líneas SLP_UNA2 y SLP_UNA 4 con rendimientos de 4,30 y 4,14 toneladas por hectárea respectivamente.
2. La mayor altura de planta se registró con la línea UNA 206 y línea UNA 210 con alturas de, 66,20 y 63,90 centímetros.
3. El mayor número de inflorescencia por planta, fueron logrados por las líneas UNA206 y SLP_UNA2, con promedios de 28,13 y 26,44 unidades, los cuales fueron las que prevalecieron con respecto a las demás líneas.
4. Para la variable número de granos por vaina los tratamientos estudiados no influyeron.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la línea UNA 206 para la zona, con el cual se obtuvo el mayor rendimiento de 5,35 toneladas de grano por hectárea.
2. Incluir otras líneas o cultivares en futuras investigaciones para comparar los resultados obtenidos.
3. Se recomienda tener un mayor control fitosanitario especialmente de ataques de trips (*Frankliniella alonsae*) en etapas de floración, para no afectar en la inflorescencia y por ende en el cuajado de los frutos.
4. Incluir otras líneas o cultivares en futuras investigaciones para comparar los resultados obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA CyTA. (2002). *Semillas un punto de vista agronómico*.

Recuperado de <http://www.cyta.com.ar>.

Ávila, G. (1979). *Mejoramiento genético integral del Tarwi*. En: Segunda Reunión Nacional sobre Tarwi o Lupino. Pairumani, Cochabamba, Bolivia.

Alvarez, A., y Céspedes, E. (2002). *Curso de fitomejoramiento general*. Cusco, Perú: FAZ. Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco.

Berduzco, V. W. (2005). *Rendimiento de cuatro genotipos de tarwi (Lupinus mutabilis S.) en tres épocas de siembra bajo condiciones de Kayra* (Tesis Ing. Agr). Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco, Perú.

Blanco, O. (1980). *Genetic variability of tarwi (Lupinus mutabilis)*. In I Conferencia Internacional de Lupinus. Lima, Cusco, Perú.

CIPCA. (2004). *Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. El potencial del tarwi*. La Paz, Bolivia: Memoria Informe de gestión.

- CIPCA. (2009). *Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. Cultivo del Tarwi*. La Paz, Bolivia: Memoria Informe de gestión. p 11-34.
- Carrillo, E. (1956). *Revisión del género Lupinus en el Perú*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Cubero, J. I. (2003). *Introducción a la mejora genética vegetal*. 2° Edición. Editorial Madrid, España: Mundi- Prensa.
- Espinoza, E. (2010). *Cultivo del Tarwi. "Tarwi como alternativa para la crisis alimentaria"*. La Paz, Bolivia. Recuperado de <http://www.edgar espinoza montesinos.blogspot.com./2010/blogspot>.
- Espinoza, E. A. (2000). *Cultivos Andinos*. Lima, Perú: 120 pág.
- FAO. (2007). *El chocho*. Recuperado de <http://www.Cenddoc/html>.
- Fries, A. M., y Tapia, M. E. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Perú: FAO, ANPE-PERÚ
- GADE. (1972) *Granos andinos nativos y su aporte a la alimentación en el Perú (quinua, kañiwa, tarwi y kiwicha)*. Serie y recomendaciones de eventos técnicos, N° 235. Huaraz, Perú. FAO, ANPE-.
- Galarza, Y. D. (1995). *Efecto de la nutrición mineral sobre la caída de flores en chocho (Lupinus mutabilis Sweet)*. Cusubamba, Cotopaxi. (Tesis de Grado). Universidad Central del Ecuador, Quito. 13 pp.

- Gómez, E. (2013). *La producción de tarwi en la economía campesina de la provincia Camacho*. (Tesis de Grado). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 151 pp.
- Gross, R. (1982). *El cultivo y la utilización del tarwi Lupinus mutabilis Sweet* (No. 581.632 F3). Roma, Italia: FAO.
- Guzmán, M. (2006). *El cultivo de tarwi o chocho (Lupinus mutabilis Sweet)*. Perú: Ministerio de agricultura y riego.
- Huamán, G. (1999). *Selección y caracterización de entradas precoces de tarwi (Lupinus mutabilis S.) Bajo condiciones de Kayra*. (Tesis Ing. Agr). Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco, Perú.
- Lescano, J. L. (1994). *Genética y mejoramiento de cultivo altoandinos*. La Paz, Bolivia: Convenio Inadelpelt-Cotesu. Producciones CIMA. p. 65-450.
- Meneses, R. (1996). *Las leguminosas en la agricultura Boliviana*. Cochabamba, Bolivia: Proyecto Rhizobiología Bolivia. CIAT-CIF-PNLG-CIFP-WALL. p. 209- 225.
- Millones, P. M. (1980). *Importancia socio económica del cultivo de tarwi*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-OEA. Dirección Regional de Agricultura y Alimentación. Serie de informes de conferencias, cursos y reuniones, (210), 100-107.

- Moreno, K. (2008). *Estudio sobre las características nutricionales del chocho y propuesta gastronómica* (Tesis de Ingeniería en Hotelería y Turismo.) Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.
- Mujica, A. (1992). *Granos y leguminosas andinas. Cultivos Marginados Otra Perspectiva*. Puno, Perú: Ediciones Hernández Bermejo, pp. 129-146.
- Mujica, A., y Seven, J. (2006). *El tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) y sus parientes silvestres*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Marmolejo, D., y Suasnabar, C. (2010). *Leguminosas de grano*. Huancayo, Peru: Universidad Nacional del Centro.
- ODEPA. (2005). *Publicación de la oficina de estudios y políticas agrarias. Cultivo de lupino. Situación Nacional*. Recuperado de http://www.odepa.cl/documentos/_panorama-de-la-agricultura-chilena-2005/.
- PADER – COSUDE. (2006). *Cadena de valor de tarwi*. Potosí. Bolivia: Taller “Agenda de responsabilidad compartida de la cadena de valor de tarwi”. Mancomunidad del Altiplano Andino de Norte. 58 pp.
- Palacios, V. (2004). *Obtención de alcohol a partir de la malta de Lupinus mutabilis (tarwi)*. Junín, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

- Peralta, I., Mazón, N., Murillo, I., y Rodríguez, D. G. (2014). *Manual agrícola de granos andinos: Chocho, quinua, amaranto y ataco. Cultivos, variedades, costos de producción*. Quito, Ecuador: INIAF. 65 p.
- Plata, J. M. (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, La Paz, Bolivia.
- Quico, L. M. (2013). *Evaluación y selección de noventa y tres líneas de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) para rendimiento de grano condiciones de K'ayra – Cusco*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- RAMOS, E. L. (2009). *Refrescamiento y selección para tres variables agronómicas en tarwi (Lupinus mutabilis S.) del banco de germoplasma del CICA - FAZ – UNSAAC*. (Tesis Ing. Agr). UNSAAC. Cusco, Perú.
- Sevilla, P. R., y Holle, M. (2004). *Recursos genéticos vegetales*. La Molina Lima, Perú: Primera edición. Luís León Asociados S.R.L.
- Sevilla, R. (2012). *Documentos técnicos del Proyecto “Desarrollo de cultivos de granos andinos con potencial para asegurar la nutrición popular y la superación de la pobreza”*. Lima, Perú: SCGIAR - Bioversity

- Suquilanda, M. (1984). *Cultivos asociados en el Ecuador: una experiencia*. IV Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Centro Regional de Investigaciones, Obonuco, Pasto, Colombia. ICA. 79-80 p.
- SUMAC – PERÚ. (2008). (En línea). Consultado 14 sep. 2013. Disponible en: <http://www.wiki.sumaqperu.com/es/Tarwi>.
- Tapia, M. 2000. *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación*. Segunda Edición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. Santiago de Chile. CD-ROM Cultivos Andinos FAO. V.1.0
- Tapia, M. E., y Blanco, O. (1981). *La producción de los granos andinos nativos y su aporte en la alimentación en el Perú (quinua, kariwa, tarwi y kiwicha)*. Huaraz, Perú: Curso Sobre Manejo de la Producción Agraria en Laderas, 175.
- Velasco, R. (2009). *Producción de canola, lupino y arveja en la precordillera de Bio-Bio y el sacano costero de la provincia de Arauco*. Chillán, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 166 pp.
- Vitorino, B. (1989). *Fertilidad de Suelos y Fertilizantes*. Cusco, Perú: Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco.

ANEXOS

Anexo 1. Altura de planta (cm)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
BI	60,20	54,00	54,40	51,80	60,80	58,80	55,60	47,80
B2	49,00	55,60	55,00	57,20	68,80	68,20	54,80	58,00
B3	57,80	57,00	51,00	53,60	65,80	61,60	56,40	50,00
B4	58,20	54,60	47,40	61,00	69,40	67,00	49,20	58,60
Prom.	56,3	55,3	51,95	55,9	66,2	63,9	54	53,6

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Número de inflorescencia por planta

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
BI	23,75	25,25	22,25	28,00	27,25	20,25	24,70	27,25
B2	24,00	26,50	21,70	27,50	28,50	22,00	26,00	24,50
B3	21,25	26,75	23,25	24,00	27,50	24,00	28,50	25,75
B4	27,75	27,25	24,50	23,50	29,25	20,75	22,00	26,00
Prom.	24,19	26,44	22,93	25,75	28,13	21,75	25,30	25,88

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Número de granos por vaina

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
BI	5,00	4,25	5,00	5,25	5,25	4,25	4,25	5,25
B2	5,25	5,00	4,75	5,00	5,50	4,75	5,00	5,50
B3	4,75	4,75	5,25	4,75	5,00	5,00	5,25	4,25
B4	4,70	4,50	4,75	4,50	4,75	4,25	4,75	4,75
Prom.	4,93	4,63	4,94	4,88	5,13	4,56	4,81	4,94

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Rendimiento de grano por hectárea (t/ha)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
BI	3,51	4,61	3,38	4,11	5,77	2,78	4,20	3,75
B2	2,96	4,10	3,01	4,45	5,15	2,32	3,88	4,20
B3	3,30	4,22	3,13	3,73	4,95	2,79	3,66	3,31
B4	3,95	4,26	2,95	3,54	5,54	3,30	3,42	5,29
Prom.	3,43	4,30	3,12	3,96	5,35	2,80	3,79	4,14

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Panel fotográfico