

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



“COMPONENTES MORFOAGRONÓMICOS, RENDIMIENTO DE GRANO SECO Y GRANO DESAMARGADO DE VARIEDADES Y ECOTIPOS DE *Lupinus mutabilis* Sweet EN MARCARÁ – ÁNCASH”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERA AGRÓNOMA

MELANIE UBILLÚS TRINIDAD

LIMA - PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LAMOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA

**“COMPONENTES MORFOAGRONÓMICOS, RENDIMIENTO DE
GRANO SECO Y GRANO DESAMARGADO DE VARIEDADES Y
ECOTIPOS DE *Lupinus mutabilis* Sweet EN MARCARÁ – ÁNCASH”**

Presentado por:

MELANIE UBILLÚS TRINIDAD

Tesis para optar el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Sady García Bendezú

PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Amelia Huaranga Joaquín

ASESORA

Dr. Félix Camarena Mayta

MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. Julián Chura Chuquija

MIEMBRO

Lima – Perú

2021

DEDICATORIA

Con mucho amor y gratitud:

A mis padres Carlos Enrique Ubillús Moyano y Maritza Trinidad Muñoz, por ser mi motivación, mi guía, mi ejemplo y mi apoyo.

A mi abuelo en el cielo Magno Trinidad Sánchez, a mi abuela Irma Muñoz Loli y a mis tíos Margot Trinidad Muñoz y José Trinidad Muñoz por su apoyo incondicional.

Les agradezco eternamente por ayudarme a cumplir el objetivo de ser profesional.

AGRADECIMIENTOS

A mi patrocinadora Ing. Mg. Sc. Amelia Huaringa Joaquín cuyo apoyo incondicional, paciencia y experiencia fueron fundamentales para la culminación de esta tesis. Admiro su pasión por la investigación, su gran fuerza y gran generosidad.

Al Sr. Pablo Tafur Herrera y familia por su dedicación en desarrollar el cultivo de tarwi de esta investigación en sus parcelas.

A mi hermano Ronnie, a mis amigos Néstor De La Cruz, Fátima Arévalo, Renato Bascones y a todos los que me apoyaron en diferentes momentos durante el desarrollo de mi tesis.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN LITERARIA	3
2.1	ASPECTOS GENERALES DEL TARWI.....	3
2.2	TAXONOMÍA.....	3
2.3	ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN.....	4
2.4	IMPORTANCIA DEL GRANO.....	4
2.4.1	Valor nutricional.....	4
2.4.2	Alcaloides	5
2.5	MORFOLOGÍA.....	6
2.5.1	La raíz.....	6
2.5.2	El tallo.....	6
2.5.3	Hojas.....	6
2.5.4	Flor e inflorescencia	6
2.5.5	Fruto y semillas	7
2.6	PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.....	8
2.6.1	Requerimientos agroclimáticos	8
2.6.2	Suelo	9
2.6.3	Preparación de terreno	9
2.6.4	Siembra	10
2.6.5	Humedad.....	10
2.6.6	Fertilización	11
2.6.7	Control de malezas	12
2.6.8	Plagas y enfermedades.....	12
2.6.9	Rotación y asociación de cultivos	14
2.6.10	Cosecha.....	15
2.6.11	Rendimiento	16
2.7	DESAMARGADO DEL GRANO.....	17
2.7.1	Procedimiento del desamargado por método acuoso.....	18
2.7.2	Control de calidad.....	21
2.7.3	Efecto del proceso de desamargado por el método acuoso sobre el volumen, peso y densidad aparente de los granos de tarwi.....	21
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1	ÁREA DE ESTUDIO	23
3.1.1	Ubicación política.....	23

3.1.2	Ubicación geográfica en coordenadas UTM.....	23
3.2	ANTECEDENTES DE CAMPO.....	23
3.3	ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS	23
3.4	DATOS METEOROLÓGICOS	25
3.5	MATERIALES	26
3.5.1	Material genético en estudio	26
3.5.2	Materiales para la fase campo y gabinete	28
3.5.3	Materiales e insumos para el proceso de desamargado.....	28
3.5.4	Materiales y recursos para la prueba sensorial	29
3.6	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	29
3.6.1	Fase de campo	29
3.6.2	Fase de laboratorio.....	30
3.7	METODOLOGÍA.....	31
3.8	INSTALACIÓN Y MANEJO DEL EXPERIMENTO	32
3.8.1	Fase de campo	32
3.8.2	Fase de laboratorio.....	34
3.9	CARACTERÍSTICAS EVALUADAS.....	37
3.9.1	Componentes morfoagronómicos	37
3.9.2	Rendimientos de grano seco y sus componentes	39
3.9.3	Rendimiento de grano desamargado	40
3.9.4	Prueba sensorial.....	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	42
4.1	COMPONENTES MORFOAGRONÓMICOS	42
4.1.1	Características cualitativas	42
4.1.2	Parámetros biométricos de la planta	46
4.2	RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES	52
4.2.1	Rendimiento de grano	52
4.2.2	Número de vainas por inflorescencia central	53
4.2.3	Número de vainas por inflorescencias laterales	53
4.2.4	Número de vainas por planta.....	54
4.2.5	Longitud de vaina	55
4.2.6	Anchura de vaina	55
4.2.7	Espesor de vaina	55
4.2.8	Número de lóculos por vaina	56
4.2.9	Número de granos por vaina	56
4.2.10	Longitud de las semillas.....	58
4.2.11	Anchura de semilla	58

4.2.12	Espesor de la semilla	58
4.2.13	Peso de 100 semillas	58
4.2.14	Susceptibilidad a los insectos plaga y enfermedades	59
4.3	RENDIMIENTO DEL GRANO DESAMARGADO.....	63
4.3.4	Volumen del grano amargo	63
4.3.5	Volumen de grano desamargado	63
4.3.6	Incremento del volumen	63
4.3.7	Peso del grano desamargado	64
4.3.8	Densidad aparente del grano amargo.....	65
4.3.9	Densidad aparente del grano desamargado	65
4.4	PRUEBA SENSORIAL	67
V.	CONCLUSIONES	68
VI.	RECOMENDACIONES.....	69
VII.	BIBLIOGRAFÍA	70
VIII.	ANEXOS.....	78

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición química del grano de tarwi (%)	5
Tabla 2: Porcentaje de alcaloides en la semilla de tarwi.....	5
Tabla 3: Principales plagas del cultivo de tarwi	13
Tabla 4: Principales enfermedades del cultivo de tarwi	14
Tabla 5: Comparación del método acuoso de desamargado de <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet en diferentes localidades	20
Tabla 6: Resultados del análisis de suelo del campo experimental	24
Tabla 7: Datos de la estación meteorológica "Santiago Antúnez De Mayolo" – Huaraz, en la campaña de tarwi conducido en Vicos – Áncash 2017	26
Tabla 8: Descripción de las variedades y ecotipos promisorios de tarwi conducidos en Marcará-Áncash.....	26
Tabla 9: Frecuencia de los resultados del tipo de crecimiento de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash	42
Tabla 10: Frecuencia de los resultados de la formación del tallo de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash	43
Tabla 11: Resultados del tipo de crecimiento, porte de planta, formación del tallo, ramificación, forma de foliolos e inserción de las flores de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash.....	44
Tabla 12: Resultados del color e intensidad de las flores de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará, Áncash.	45
Tabla 13: Resultados del tamaño y posición del ápice de vaina de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash	46
Tabla 14: Resultados, prueba de Duncan y análisis de varianza de altura de planta, n° ramas primarias/planta, n° foliolos/hoja, diámetro de los foliolos, longitud de la inflorescencia principal con y sin pedúnculo, días a floración y días a madurez	51
Tabla 15: Resultados, prueba de Duncan y análisis de varianza de rendimiento, n° de vainas/inflorescencia central y lateral, n°vainas/planta, longitud, anchura y espesor de vaina y n° de lóculos y granos/vaina de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash	57
Tabla 16: Resultados y prueba de Duncan de longitud, anchura y espesor de semilla y peso de 100 semillas de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash...	59

Tabla 17: Susceptibilidad a insectos plaga de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash	60
Tabla 18: Susceptibilidad a las enfermedades de los ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash.....	61
Tabla 19: Resultados, prueba de Duncan y análisis de varianza del volumen, peso y densidad aparente del grano amargo y desamargado de muestras de 100 g de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash.....	66
Tabla 20: Resultados de los 12 panelistas que eligieron una alternativa en la prueba sensorial de tarwi fresco y desamargado.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Flujo de operaciones para la obtención de grano desamargado de tarwi de acuerdo al protocolo de Jacobsen y Mujica (2006)	18
Figura 2: Campo experimental de tarwi en Vicos-Áncash durante la campaña 2017	24
Figura 3: Granos cosechados de las variedades y ecotipos promisorios de tarwi conducidos en Vicos-Áncash durante la campaña 2017	27
Figura 4: Labores culturales de trillado y venteado de grano de tarwi de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash durante la campaña 2017	34
Figura 5: Mediciones y proceso de desamargado de las variedades y ecotipos promisorios de tarwi, conducido en el laboratorio del PLGO de la UNALM.....	36
Figura 6: Granos desamargados y frescos de las variedades y ecotipos de tarwi y los panelistas en la prueba sensorial.....	37
Figura 7: Estado fenológico de floración de tarwi del estudio conducido en Vicos-Áncash durante la campaña 2017.....	49
Figura 8: Estado fenológico de desarrollo del grano en las vainas de tarwi del estudio llevado a cabo en Vicos-Áncash durante la campaña 2017	54
Figura 9: Plagas y sintomatología en plantas de tarwi del estudio llevado a cabo en Vicos-Áncash durante la campaña 2017	62

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Croquis experimental del estudio conducido en Marcará, Áncash en la campaña 2017	78
ANEXO 2: Datos de la estación meteorológica "Santiago Antúnez De Mayolo" durante el presente estudio conducido en Vicos – Áncash (2017).....	79
ANEXO 3: Datos estadísticos de la superficie cosechada, producción, rendimiento y precio en chacra de tarwi en el departamento de Áncash en el periodo 2010-2018.....	80
ANEXO 4: Datos estadísticos de la superficie cosechada, producción, rendimiento y precio en chacra a nivel nacional en el periodo 2010-2018	82
ANEXO 5: Costo promedio de producción del cultivo de tarwi por hectárea en la zona de Vicos-Áncash.....	85
ANEXO 6: Número de plantas por parcela de las variedades y ecotipos de tarwi	86
ANEXO 7: Protocolo de desamargado de tarwi del Programa de Leguminosas de grano y Oleaginosas de la UNALM	86
ANEXO 8: Cantidades de agua utilizada para la etapa de hidratación del proceso de desamargado de tarwi conducido en el laboratorio del PLGO de la UNALM	87
ANEXO 9: Cantidades de agua utilizada para la etapa de cocción del proceso de desamargado conducido en el laboratorio del PLGO de la UNALM.....	88
ANEXO 10: Cantidades de agua utilizada para la etapa de lavado del proceso de desamargado conducido en el laboratorio del PLGO de la UNALM.....	89
ANEXO 11: Cartilla de evaluación sensorial del grano fresco y desamargado de tarwi	90

RESUMEN

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) es una leguminosa originaria de los Andes Sudamericanos y dado su alto porcentaje de proteínas y aceites, contribuiría a la seguridad alimentaria del Perú. La región Áncash destaca por el consumo de grano fresco y la comercialización es tanto interna como fuera de la región. El presente trabajo de investigación se realizó en la campaña 2017 con el objetivo de evaluar los componentes morfoagronómicos, el rendimiento de grano seco y grano desamargado para identificar las variedades y ecotipos promisorios de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) procedentes de otras localidades que difieran y/o superen al ecotipo local bajo las condiciones de Marcará-Áncash. El ensayo se instaló en Vicos, Marcará bajo el diseño de bloques completos al azar con 5 tratamientos y tres repeticiones, para el desamargado del grano en el laboratorio se utilizó el diseño completo al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones y la prueba sensorial se realizó con 12 panelistas. Las variedades y ecotipos promisorios de tarwi presentaron plantas de crecimiento arbustivo y herbáceo, de porte erecto, ramificadas, con folíolos de forma elíptica, ápice de vaina corto y central, los colores en las alas y la quilla de la flor variaron entre rosado, violeta y azul, en el estandarte variaron entre azul, violeta y rosado y en su región central entre amarillo y blanco. Las variedades Andenes y Yunguyo fueron las más precoces, Altagracia, Patón Grande y Cholo Fuerte presentaron los mejores rendimientos de grano seco con 3416, 3400 y 2965 kg/ha, respectivamente. Las variedades y ecotipos de tarwi tuvieron un incremento del volumen y peso del grano desamargado en 2.8 y 2.7 veces, respectivamente. La prueba sensorial aplicada indica que el método de desamargado fue adecuado y el ecotipo Altagracia obtuvo un 100 % de aceptabilidad.

Palabras clave: Tarwi, desamargado, ecotipos, variedades, rendimiento

ABSTRACT

Lupine (*Lupinus mutabilis* Sweet) is a legume native to the South American Andes and because of its high percentage of proteins and oils it would contribute to the safety supply of food in Peru. The region of Áncash outstands for the consumption of fresh grain and the commercialization is inside and outside the region. The present research was conducted during the 2017 campaign, aiming to identify the morphagronomic components, dry grain and grain debittering yield from the Lupine (*Lupinus mutabilis* Sweet) varieties and promising ecotypes from other locations which may differ and/or overcome the local ecotype under Marcará – Áncash conditions. The test was conducted in Vicos, Marcará by applying a design of random full blocks with five treatments and three repetitions; as for the grain debittering in the laboratory, the design of random full blocks was used with five treatments and four repetitions, and the sensory test was carried out by 12 panelists. The Lupine ecotypes and promising varieties showed plants with shrub and herbaceous growth, erect bearing, branched with elliptical shape leaflets, apex of short and central pod, the wings and keel's colors varied among pink, violet and blue, in the three banner areas, colors varied among blue, violet, pink, and in the central region between yellow and white. The Andenes and Yunguyo varieties were more premature, Altagracia, Patón Grande and Cholo Fuerte showed the best dry grain yield with 3416, 3400 and 2965 Kg/ha respectively. Lupine's varieties and ecotypes' debittered grain increased volume and weight 2.8 and 2.7 respectively. The applied sensory test indicates the accuracy of the debittering method and the Lupine ecotype La Molina III obtained 100% acceptability.

Key words: Lupine, debittering, ecotypes, varieties, yield.

I. INTRODUCCIÓN

La población andina siempre fue sabia en escoger los alimentos que incluían en su dieta diaria, hace cuatro mil años la cultura andina y la cultura egipcia fueron los primeros en domesticar y usar esta leguminosa (Tapia, 2015). El mayor potencial del lupino de los Andes está en la región andina de América del sur, ya que es posible incrementar la producción (Jacobsen y Mujica, 2008). En el Perú es conocido también como “tarwi”, “tarhui”, “chocho” y “tauri” es un cultivo que contribuye con el cuidado del medio ambiente, debido a que su sistema radicular fija el nitrógeno atmosférico y mejora la fertilidad de suelo, esta leguminosa también es utilizada para la rotación de cultivos, alternando su siembra con cereales y tubérculos (Caicedo y Peralta, 2001). El tarwi es considerado un recurso valioso para la seguridad alimentaria y la salud de la población desde la cultura incaica (Camarena *et al.*, 2012). Esta especie tiene un alto valor nutritivo y se caracteriza por ser una leguminosa con alto porcentaje de proteína (41-51 %) y de aceite (14-24 %), sus propiedades nutraceuticas contribuirían con la seguridad alimentaria de las regiones donde se produce (Jacobsen y Mujica, 2006). El grano de tarwi crudo tiene sabor amargo por su alto contenido de esparteína, lupinina, lupanidina y otros alcaloides que limitan su consumo, siendo necesario realizar el desamargado (Garay, 2015). Los alcaloides quinolizidínicos son tóxicos a dosis elevadas tanto en animales como en seres humanos (Villacrés, *et al.*, 2006). El grano desamargado es de sabor agradable y de consistencia suave (Jacobsen y Mujica, 2006), y es un producto comercial que satisface a un diverso mercado y proporciona ingresos económicos a los procesadores, al venderlo a los consumidores o a los intermediarios (Caicedo y Peralta, 2000).

Según los datos del MINAGRI (2020) hasta la campaña del año 2018 existió un incremento en la superficie, producción y rendimiento de este cultivo a nivel nacional, mientras que en la región Áncash estos datos estadísticos fueron muy variables, mostrando una gran reducción en la producción y superficie cosechada en los últimos años. Los agricultores siembran ecotipos locales tardíos, esto hace que sean afectados por condiciones climáticas

adversas como sequías y heladas, además de ser susceptibles a diversas enfermedades (Huaranga *et al.*, 2019b). Por consiguiente, las provincias productoras de Áncash, como Pomabamba, Yungay, Huaylas y Carhuaz no satisfacen la demanda del grano seco de estos lugares y los distritos de Huaraz y Carhuaz son el centro de mayor consumo de grano desamargado fresco (Huaranga *et al.*, 2019a). Siendo necesario seguir promoviendo con investigación la extensión de las áreas de siembra de esta especie tan valiosa y así beneficiar a los agricultores y consumidores, se llevó a cabo la presente investigación para generar información sobre el comportamiento de variedades y/o ecotipos promisorios de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en la zona de estudio.

Objetivo general

Identificar las variedades y/o ecotipos promisorios de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) por sus componentes morfoagronómicos, rendimiento de grano seco, grano desamargado y características sensoriales adecuadas con respecto al ecotipo local bajo las condiciones de Marcará-Áncash.

Objetivos específicos

- Comparar los componentes morfoagronómicos de las variedades, ecotipos promisorios de tarwi y el ecotipo local.
- Seleccionar la variedad y/o ecotipo promisorio de tarwi que obtenga el mayor rendimiento de grano seco sin desamargar.
- Determinar el efecto del desamargado mediante el método acuoso sobre el rendimiento y las características organolépticas del grano fresco de tarwi.

II. REVISIÓN LITERARIA

2.1 ASPECTOS GENERALES DEL TARWI

La importancia del tarwi radica en su elevado valor nutritivo, su contenido de proteína es de 44.3 %, superior al 33.4 % de la soya, mientras que su contenido de aceite es similar con 16.5 y 16.4 % para el tarwi y la soya respectivamente (Gross *et al.*, 1988 citado por Camarena *et al.*, 2012). La asociación simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno, le permite fijar 100 kg/ha de nitrógeno atmosférico, de esta manera se reintegra la fertilidad del suelo andino desde la época del incanato (Jacobsen y Mujica, 2006), pero su aprovechamiento en el mundo se ha limitado por la presencia de sustancias tóxicas (Jacobsen y Sherwood, 2006 citado por Ortega *et al.*, 2010) de las cuales se han distinguido 70. Estos alcaloides deben eliminarse antes de su consumo (Carvajal, 2013).

2.2 TAXONOMÍA

La clasificación taxonómica según ITIS (2020), es la siguiente:

Reino: Plantae

Sub reino: Viridiplantae

División: Tracheophyta

Sub división: Spermatophytina

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Tribu: Genisteae

Género: *Lupinus*

Especie: *Lupinus mutabilis* Sweet

2.3 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Hace 4000 años, la cultura egipcia y la cultura andina domesticaron y utilizaron como alimento a *L. luteus* en Egipto y *L. mutabilis* en los Andes (Tapia, 2015). En América del Sur se encuentra desde el país de Venezuela hasta Chile, en Perú se encuentra distribuida como plantas silvestres o en pequeñas parcelas en la región andina hasta 3850 m.s.n.m., en condiciones que ninguna otra planta similar logra desarrollarse (Franco, 1991 citado por Garay, 2015). Además, los hallazgos de la cultura Nazca, Chavín e Incanato indican que los pobladores de la cultura andina tenían una dieta balanceada que la conformaban el tarwi, frejol, maíz y la papa (Gross *et al.*, 1978; Cerrate *et al.*, 1981 citados por Huarina, 2019b).

2.4 IMPORTANCIA DEL GRANO

2.4.1 Valor nutricional

Los granos de *L. mutabilis* son muy nutritivos, su proteína contiene altas cantidades del aminoácido esencial lisina, que son compuestos limitados en cualquier fuente vegetal. Esta leguminosa tiene ácidos grasos que benefician nuestra salud, es por ello que sus propiedades nutricionales en algunos casos superan a la soya, la que es considerada como la fuente proteínica y oleaginosa más importante a nivel mundial (Repo-Carrasco, 1992 citado por Suca y Suca, 2015). Diversos autores de acuerdo a estudios realizados mencionan que hay una gran variación en la composición química en las variedades y ecotipos de *Lupinus*, Sosa (2000) citado por Gutiérrez *et al.*, (2016) describe que el tarwi tiene un porcentaje de proteína cruda de 43.07 %, según Gross *et al.*, (1988) citado por Jacobsen y Mujica (2006) más del 50 % del peso de los granos está conformado por aceites y proteínas y las investigaciones en aproximadamente 300 genotipos demuestran que la proteína varía de 41-51 % y el aceite de 14-24 %, Villacrés *et al.*, (2006) indican que los granos con alcaloides o granos amargos tienen 42 % de proteína aproximadamente, mientras que en el procedimiento de desamargado se concentra más y puede alcanzar hasta un 51% en base a materia seca. En la tabla 1, se puede observar la composición química del grano de tarwi.

Tabla 1: Composición química del grano de tarwi (%)

Componentes	Tarwi amargo	Tarwi desamargado
Proteína	47.8	54.05
Grasa	18.9	21.22
Fibra	11.07	10.37
Cenizas	4.52	2.54
Humedad	10.13	7.05
ELN	17.62	11.82
Alcaloides	3.26	0.03
Azúcares totales	1.95	0.73
Azúcares reductores	0.42	0.61
Almidón total	4.34	2.88
K	1.22	0.022
Mg	0.24	0.07
Ca	0.12	0.48
P	0.6	0.43

Fuente: Allauca *et al.*, (2005) citados por Villacrés *et al.*, (2006)

2.4.2 Alcaloides

Los alcaloides son compuestos orgánicos de origen natural y nitrogenado, que generalmente se derivan de aminoácidos, se localizan en el tejido que recubre la semilla, en la corteza de la raíz, fruto, tallos y en la epidermis de las hojas, al estar en los tejidos periféricos cumplen una función de protección para la planta, contra plagas como insectos, herbívoros y patógenos microbianos. En el grano cosechado, los alcaloides se encuentran en una proporción de 1-4 %, generan un sabor amargo y son tóxicos, por esta razón se deben eliminar para poder consumirlos sin peligro (Rodríguez, 2009; Fernández, 2017). En la tabla 2, se puede observar el porcentaje de alcaloides en la semilla de tarwi.

Tabla 2: Porcentaje de alcaloides en la semilla de tarwi

Alcaloides	Porcentaje
Lupanina	60.0
13-Hidroxilupanina	15.0
Esparteína	7.5
4-Hidroxilupanina	9.0
Isolupanina	3.0

Fuente: Jarrin (2003) citado por Rodríguez (2009)

2.5 MORFOLOGÍA

2.5.1 La raíz

La raíz del *Lupinus* es pivotante y muy gruesa, en profundidad alcanza hasta los 3 m, una de sus características más importantes son los nódulos, que pueden pesar hasta 50 g por cada planta, la asociación es con bacterias del género *Rhizobium*, que pueden fijar nitrógeno del aire y aportan entre 40 y 80 kg/ha de nitrógeno (Tapia y Fries, 2007). El desarrollo de la raíz depende del manejo agronómico, así como de las prácticas de fertilización y riego, además depende de factores como la textura del suelo, sus propiedades físicas y químicas (Caicedo y Peralta, 2001).

2.5.2 El tallo

Es un órgano aéreo, mayormente se presenta un solo tallo cilíndrico y puede ser aplanado ligeramente (Tapia, 2015), totalmente glabro, grueso, leñoso y ramificado; en las especies cultivadas hay una variación de colores desde gris castaño hasta verde y en las especies silvestres puede variar entre morado y rojo, esto depende de la lignificación, su altura varía entre 0.5 y 2 m, siendo lo normal que alcance un valor promedio aproximado de un metro, el tallo principal, puede ser prominente si es que emerge por sobre sus ramas laterales y no prominente si las ramas tienen la misma altura que el tallo principal (Camarena *et al.*, 2012).

2.5.3 Hojas

El tarwi es reconocido por la forma de sus hojas palmeadas (Gross, 1982 citado por Chino, 2019). Tienen forma de láminas de tipo digitado con un número de folíolos que varían de 5 a 12, ya sea ovalada o lanceolada (Tapia y Fries, 2007) y la base del pecíolo puede tener hojas estipulares y a veces rudimentarias. El contenido de antocianinas indican el color de las hojas que puede variar de amarillo verdoso a verde con intensidad oscura, y otra de sus características es la poca pubescencia a comparación de otras especies del mismo género (Camarena *et al.*, 2012).

2.5.4 Flor e inflorescencia

Las flores son autógamas y cada una mide alrededor de 1.2 cm de longitud y tiene la forma característica de la familia papilionáceas, la corola tiene cinco pétalos, uno de ellos es el estandarte, dos la quilla y dos las alas, la quilla envuelve al pistilo y a los diez estambres y una planta puede tener más de mil flores (Tapia y Fries, 2007). La pigmentación de la corola

de las flores puede variar entre los colores blanco, crema, amarillo, púrpura, azul-púrpura y rosado, debido a las antocianinas y flavonas que tenga la planta (Caicedo y Peralta, 2001), haciendo que el comportamiento floral sea variable, y es por ello el nombre científico de *Lupinus mutabilis*. La coloración de la flor cambia entre el inicio de su formación hasta la fase de maduración de un color azul claro hasta azul muy intenso y de allí se origina el nombre específico, *mutabilis*, es decir que cambia de color durante la ontogenia de la flor (Valverde, 2004 y Blanco, 1980 citado por FAO, s.f). El color o longitud de onda predominante o matiz puede ser modificado de acuerdo a algún cambio de tipo de pigmento o proporción de cada pigmento en una mezcla, y la pureza, saturación o intensidad pueden ser modificados por los cambios en la concentración de sus compuestos (Andersen y Jordheim, 2006 y Glover, 2007 citados por Narbona, *et al.*, 2014). Parody (s.f), menciona que las plantas sintetizan los metabolitos secundarios de acuerdo a sus requerimientos y su entorno, por ejemplo su contenido hídrico, horas luz, pH del suelo y otros, los pigmentos son considerados metabolitos secundarios, por más que un gen esté presente no necesariamente se expresa en los niveles esperados, y no siempre se encuentran relacionados con un determinado color.

Por otro lado, la correlación entre la longitud de la inflorescencia y el rendimiento es positiva, es decir que, a mayor longitud de la inflorescencia, mayor será el número de semillas por vaina (Chacón, 1987 citado por Quico, 2013).

2.5.5 Fruto y semillas

El fruto está conformado por una vaina, algo dehiscente (Tapia, 2015). En la fase de madurez la vaina es plana y se presenta agudizada en forma curva en los extremos, su longitud mide de 7 a 15 cm de largo y de 1.5 a 2.5 cm de anchura, además son pubescentes cuando están verdes. El color puede ser muy variable, va desde blanco puro hasta el negro (Caicedo y Peralta, 2000). El número de vainas y de ramas fructíferas tiene correlación positiva con una alta producción. Además, la vaina puede contener de una a ocho semillas (Ticona, 1975 citado por Camarena *et al.*, 2012).

Un tegumento endurecido recubre la semilla y puede llegar a ser el 10 % del peso total. La herencia del color es amplia y hay un gen para el color principal y hay otro gen para cada combinación, es por ello que la semilla puede ser blanca, amarilla, gris, parda, marrón, marmoleada, con puntos, etc. El tamaño de la semilla depende de cada variedad o ecotipo y de sus condiciones de desarrollo, en 1 kg puede haber de 3500 – 5000 semillas (Gross, 1982;

Blanco, 1980 citado por FAO, s.f). La maduración de los granos es en forma escalonada desde la parte basal a la terminal (Tapia, 2016).

2.6 PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

2.6.1 Requerimientos agroclimáticos

L. mutabilis se desarrolla en ambientes agroecológicos algo secos y suelos arenosos que reciben 300 – 600 mm de precipitaciones al año y se encuentran entre 2600 – 3400 m.s.n.m (Caicedo y Peralta, 2001). Los ecotipos precoces tienen un requerimiento hídrico mínimo de 450 mm y los ecotipos tardíos de 600 – 700 mm, cantidades para su crecimiento vegetativo (Tapia, 2015). El tarwi requiere una humedad del suelo apropiada sobre todo en las fases fenológicas de floración y llenado de vainas, ya que son susceptibles al exceso de agua o moderadamente susceptible a la sequía. Las variedades precoces requieren menos cantidad de agua que las variedades tardías. Es aparentemente indiferente al fotoperiodo, sin embargo, se cultiva más en condiciones de días cortos, con un requerimiento promedio de 10 horas luz por día (Mendoza, 2014).

A menores temperaturas, mayor será el tiempo que necesita para acumular la temperatura que requiere el cultivo de tarwi, debido a esto, se alarga el periodo vegetativo y todas sus fases del desarrollo (Franco, 1991 citado por Agüero, 2018). Mendoza (2014), menciona que la temperatura óptima para el cultivo es de 20-25 °C durante el día y 8 °C por la noche, adicionalmente Camarena *et al.*, (2012), indican que en las zonas altoandinas, la diferencia de temperatura entre el día y la noche se incrementan al final del periodo de crecimiento y favorecen a la acumulación de grasa. *L. mutabilis*, está adaptado a climas templados y es susceptible a las heladas, la muerte de la planta puede ser causada por temperaturas menores a -2 °C, sobre todo si ocurren durante los primeros estadios fenológicos (Blanco, 1982 citado por Camarena *et al.*, 2012). Sin embargo, en nuestro país se puede encontrar el cultivo de tarwi en zonas que se caracterizan por las heladas como los alrededores del lago Titicaca, en el departamento de Puno, donde las temperaturas bajan hasta los -4 °C al final de la época de floración y probablemente las plantas resistan por la propiedad termorreguladora del agua (Tapia y Fries, 2007). La floración es atrasada por las heladas y también afecta el inicio de maduración de grano, presentando una gran mayoría de granos chupados, reduciendo así el rendimiento, otro de los factores ambientales desfavorables son las granizadas que pueden

llegar a provocar un aborto de flores y daño físico en las vainas (Tapia y Fries, 2007; Camarena *et al.*, 2012).

2.6.2 Suelo

Garay (2015) menciona que el tarwi es propio de suelos marginales y pobres, pero de la misma forma que otros cultivos, sus rendimientos dependen de la calidad del suelo donde se cultive. Los suelos arenosos y franco arenosos son los más apropiados para el cultivo de tarwi y se adapta muy bien en suelos con pH de 5.5 a 7.6 es decir de ácidos a ligeramente alcalinos (Caicedo y Peralta, 2001). Es preferible suelos sueltos y arenosos en comparación a los que tienen alta capacidad retentiva de agua, ya que favorece a la enfermedad de pudrición radicular en climas fríos y áreas relativamente marginales (Cerrate y Camarena, 1981 citados por Agüero, 2018).

2.6.3 Preparación de terreno

A mayor calidad del suelo y adecuada preparación, se obtendrá mejores rendimientos. Existen varios tipos de preparación de terreno, uno de ellos es la labranza cero, en la cual no se prepara el terreno y se opta por suelos suaves y limpios, esta práctica minimiza los costos de producción, conserva la humedad del suelo y evita la erosión del suelo por viento y agua, generalmente se realiza en la altura, donde hay poco desarrollo de malas hierbas; la preparación con chaquitaklla, es una actividad tradicional que se realiza en suelos suaves; la preparación con yunta, que es un recurso utilizado por pequeños productores, puede ser yuntas compuestas por bueyes, burros o caballos y la preparación con maquinaria agrícola, donde se utiliza el tractor para el arado, pase de rastra y surcado del terreno, esta alternativa es propia para suelos planos o con ligera pendiente, características de los valles interandinos (Caicedo y Peralta, 2001; Garay, 2015; Salis, 1985 citado por Quico, 2013).

Se considera llevar a cabo dos araduras profundas (30 – 35 cm), la primera al final de las últimas lluvias, para aprovechar el suelo húmedo y exponer al efecto de las condiciones climáticas los huevos, pupas y larvas de plagas que puedan dañar el cultivo y la segunda antes de la siembra, luego realizar una pasada de rastra para destruir los terrones (Garay, 2015), finalmente los surcos se forman cuando la planta ha crecido (Camarena, *et al.*, 2012).

2.6.4 Siembra

La siembra se debe realizar con semillas desinfectadas, de alta calidad y libre de enfermedades, la cantidad puede variar entre 60-80 kg/ha (Rodríguez y Rojas, s.f).

Generalmente el tarwi se siembra al voleo, siembra directa o en surcos en parcelas pequeñas bajo condiciones de secano. Por el sabor amargo y olor un poco repelente que tiene toda la planta evita que las plantas sean comidas por el ganado y es por ello que se siembra como borde de cultivos de quinua, papa y maíz (Tapia, 2015).

El tarwi tiene una amplia variabilidad en el número de ramas, hay ecotipos o variedades sin ninguna rama, sólo tienen un tallo principal y otros tienen hasta 52 ramas, y se debe tomar en cuenta para determinar la densidad de siembra, junto con el grado de crecimiento y desarrollo de la planta. La semilla debe ser depositada al fondo del surco a una profundidad de 3 a 6 cm, variando de acuerdo al tamaño de la semilla y textura del suelo (Blanco, 1980 y Box, 1961 citados por Mayhua, 2012).

Se debe tomar en cuenta las características climáticas de la región donde se cultivará para determinar la época de la siembra, como la altitud, latitud, el inicio de las lluvias, y tomando en cuenta los ecotipos propios de la región. En los departamentos del norte del Perú como Cajamarca, La Libertad y Áncash, la época de siembra va de setiembre hasta diciembre, en el departamento de Junín (sierra central) la época de siembra va de setiembre hasta la primera semana de octubre, en el departamento de Cuzco (sierra sur) se da desde el mes de setiembre hasta octubre y en el departamento de Puno (sierra sur) es de agosto a setiembre (Camarena *et al.*, 2012). Es recomendable que en zonas donde no existe riego, la siembra debe realizarse cuando las lluvias son frecuentes, de lo contrario las plantas tendrán dificultades para germinar (Garay, 2015).

2.6.5 Humedad

El cultivo de tarwi generalmente es exclusivo de secano y su requerimiento hídrico depende del tipo de suelo, viento y temperatura, puede variar entre los 350 a 800 mm esto depende del periodo de cada ecotipo o variedad, siendo susceptible al exceso de humedad. Al disponer de agua de regadío, se debe tener en cuenta la fase fenológica en la que se encuentra el cultivo, el riego de machaco se debe aplicar antes de realizar la aradura, y así poder activar la germinación de semillas de malezas que se encuentren en campo, el riego pre-aporque tiene la finalidad de suavizar el suelo, el riego de crecimiento ayuda el desarrollo de las

plantas, los riegos complementarios deben aplicarse en base a la necesidad y uno o dos días antes de las fumigaciones para aumentar la eficiencia de los productos. El tarwi es moderadamente susceptible a la sequía durante la fase de floración por eso necesita un riego de floración y pleno llenado de vainas para así prevenir la caída de flores y favorecer el llenado de vainas, además en este periodo las leguminosas son susceptibles al efecto de las heladas, es por ello que un buen riego amortigua los posibles daños causados (Garay, 2015; Blanco *et al.*, 1995 citado por Quico, 2013; Gross y Von Baer, 1981 citado por Tapia, 2015).

2.6.6 Fertilización

Gracias al nitrógeno fijado de esta leguminosa, el cultivo no requiere de altas dosis, así que el uso de fertilizantes nitrogenados se reduce y además se restituye la fertilidad del suelo, permitiendo la práctica de rotación de cultivos, y disminuyendo el daño producido por patógenos y plagas. (Camarena *et al.*, 2012 y Jacobsen y Mujica, 2006).

Se recomienda realizar el abonamiento, con la incorporación de abonos orgánicos descompuestos y húmedos, tales como estiércol de bovinos, vacunos, cuyes, camélidos, aves, guanos de las islas, humus de lombriz, entre otros; estos además de aportar nutrientes al suelo contribuyen a mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo previamente a la siembra (Rodríguez y Rojas, s.f). De acuerdo al análisis de suelo y sus requerimientos, se debe realizar la fertilización, pero si no se cuenta con el estudio (Caicedo y Peralta, 2001) recomiendan de manera general fertilizar con 30 a 60 kg/ha de fósforo en el momento de la siembra y aplicar un abono foliar antes de la fase de floración. De igual forma, Peralta *et al.*, (2012) mencionan que la dosis de fertilización para suelos arenosos es 30 - 60 kg/ha de P₂O₅ (fósforo) a la siembra, y posteriormente aplicar 65 - 130 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-00) y si hubiese deficiencias de micronutrientes, realizar una aplicación foliar con 2 kg/ha en la etapa de floración. Munguía (1980) citado por Agüero (2018) obtuvo un máximo rendimiento de 3.5 t/ha con la aplicación de las otras fuentes de nutrición con dosis de 25-80-30 de NPK. Aquino (2018) recomienda sembrar en un suelo fertilizado con la fórmula NPK 00-60-00 o 00-80-60, de acuerdo al nivel de fertilidad del suelo.

2.6.7 Control de malezas

En los primeros 45 días de crecimiento del tarwi es recomendable que el campo esté libre de malezas, para evitar la reducción significativa del rendimiento, en caso no haya un control oportuno, de esta manera eliminamos plantas anormales, con problemas fitosanitarios, plantas fuera de tipo, plantas hospederas de plagas y patógenos y se evita la competencia por el agua y los nutrientes. El control de malezas puede llevarse a cabo con herbicidas, en caso se usen productos químicos se debe identificar a las malas hierbas de hoja ancha y las de hoja angosta, con picotas, o puede llevarse a cabo a mano con ayuda de herramientas como lampas o zapapicos o mecánicamente. Se debe realizar la “raspada” pasando puntas con maquinaria aproximadamente de 30 a 40 días después de la emergencia (Garay, 2015; Camarena *et al.*, 2012; Rodríguez, s.f). Luego se hace un aporque a los 60 días, el mismo que sirve como segunda deshierba (Caicedo y Peralta, 2001). Generalmente, los pequeños agricultores realizan los deshierbos a mano. Esta práctica ahorra capital y mejora la aireación del suelo, pero no se generalizan en las prácticas de todos los campesinos, que usualmente dedican un trabajo mínimo a este cultivo considerado marginal (Salis, 1985 citado por Quico, 2013).

2.6.8 Plagas y enfermedades

Una de las características del tarwi es ser medianamente tolerante a plagas y enfermedades, no obstante factores como cultivos de mayor escala, cultivos intensivos, ambientes húmedos y condiciones adversas del clima pueden ser beneficioso para el desarrollo de las plagas y enfermedades (Tapia, 2015). El ataque de enfermedades e insectos depende especialmente de las condiciones climáticas (Camarena *et al.*, 2012). En las tablas 3 y 4, se observa las principales plagas y enfermedades del cultivo de tarwi.

Tabla 3: Principales plagas del cultivo de tarwi

Nombre común	Nombre científico	Órgano/Daño
Gusanos de tierra o gusanos cortadores	<i>Agrotis sp / Feltia sp</i>	Corta la plántula a la altura del cuello.
Gusano peludo de la semilla	<i>Copitarsia turbata</i>	La larva produce comeduras en los cotiledones y raíz.
Astylus	<i>Astylus sp</i>	Adulto se alimenta del polen y produce caída de flores.
Comedores del tallo	Agromiza sp	Las larvas barrenan el tallo en espiral, así también como a las raíces. En plantas tiernas causan marchitamiento y la muerte.
Gorgojo barrenador del tallo	Apion sp	Galería en la base y tallo.
Minador de hojas	<i>Liriomyza sp</i>	Minan las hojas, comen parénquima.
Trips	<i>Frankliniella sp</i>	Perforan hojas, castran flores (caída de flores).
Cigarritas	<i>Bergalia</i>	Consumen savia. Transmiten virus.
Diabrotica	<i>Diabrotica sp</i>	Las larvas se alimentan de raíces, hipocotilos y nódulos, los adultos se alimentan del follaje (agujeros grandes y redondos).
Carhua	<i>Epicauta sp</i>	Masticador de hojas.
Gusano celeste del tarwi o barrenador de las raíces (*)	Fam. Pyralidae	Se alimenta de la corteza de la raíz, destruye el sistema radical principal y raíces secundarias, causa amarillamiento, secado, defoliación y muerte de la planta.

Fuente: Garay (2015), Camarena *et al.*, (2012), Huaranga (*) (2016), Tapia (2015), Aguilar (*) (2015).

Tabla 4: Principales enfermedades del cultivo de tarwi

Nombre común	Nombre científico	Órgano/Daño
Antracnosis	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Manchas necróticas y hundidas de color anaranjado con tonalidades rojizas en tallo, hojas y brotes terminales.
Alternaria	<i>Pleiochaeta setosa</i>	Formas irregulares de color marrón oscuro o manchas púrpuras.
Quemado del tallo	<i>Ascochyta</i> sp. <i>Phoma lupini</i>	Manchas alargadas color negro sobre tallo donde desarrolla el micelio color gris. Necrosamiento de tallo.
Roya	<i>Uromyces lupini</i>	Comienza como pequeñas manchas cloróticas, luego forma pústulas (polvillo anaranjado) en hojas, tallos y vainas.
Chupadera fungosa o Marchitez	<i>Rhizoctonia solani</i>	Ataca raíces, reduce tamaño de plantas, las marchita y causa lesiones hundidas a nivel del cuello de la planta de color marrón en forma de (chancros) estrangulamientos.
Pudrición de la base del tallo	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Manchas extensas donde desarrolla el micelio blanco algodonoso, luego desarrolla esclerocios color negro.
Mildiu (*)	<i>Peronospora</i> sp	Las hojas superiores y medias de la planta se tornan cloróticas y en el envés se observa esporulación color grisáceo.
Fusarium	<i>Fusarium oxysporum</i>	Pudrición de raíz, manchas color café en raíces y cuello, clorosis, flacidez de hojas basales, defoliación, marchitez

Fuente: Camarena *et al.*, (2012); Tapia (2015); Aguilar (2015); Frey y Yabar (1983) citado por Garay (2015); Rodríguez (s.f.); Reyes y Huaranga (*) (2018)

2.6.9 Rotación y asociación de cultivos

El objetivo de las prácticas de rotación y asociación de cultivos es variar el cultivo de campaña a campaña, para evitar las plantas susceptibles a problemas fitosanitarios, y también evita la alta incidencia de malezas, enfermedades y plagas, así se aumenta los niveles de nitrógeno disponible y se reduce el requerimiento de fertilizantes sintéticos. La fijación de nitrógeno producida por la bacteria simbiótica asociada a *L. mutabilis* permite esta práctica, generalmente el tarwi se siembra después de un campo de papas o de maíz y

se recomienda la rotación con cereales como el maíz, trigo y cebada, además de otros cultivos como los tubérculos, hortalizas y quinua (Tapia, 2015; Peralta *et al.*, 2012). Tradicionalmente, los agricultores lo siembran asociado con otros cultivos, sin labranza y sin labores culturales (FAO, s.f).

2.6.10 Cosecha

La cosecha se realiza de diversas formas de acuerdo a la zona de cultivo, en las zonas bajas se cosechan las vainas secas, luego se espera que la planta vuelva a florear y se cosecha generalmente dos veces más y en las zonas altas de la provincia de Huaraz, tradicionalmente se espera a que las vainas se sequen en la misma planta y posteriormente retirarlas con ayuda de una hoz o manualmente (Franco, 1991 citado por Garay, 2015). Esto debido a que la floración se produce en diferentes etapas, en ramas secundarias, terciarias y cuaternarias, haciendo que la maduración sea desigual (Cerrate y Camarena, 1981 citados por Agüero, 2018). La primera vez que se cosecha se realiza cuando los ejes centrales se encuentran maduros y es recomendable que los granos de estos ejes se utilicen como semilla para una próxima campaña ya que son uniformes y de buen tamaño, la segunda vez que se cosecha generalmente es a los 20 – 30 días de la primera, cuando los ejes laterales están maduros con una humedad de 15 – 18 %. Por otro lado, para conocer el momento adecuado de la cosecha de tarwi es cuando los granos resistan la presión de las uñas y las hojas se tornen de color amarillo, hay caída de hojas, se lignifica el tallo y las vainas se secan. Si el objetivo de la cosecha es grano comercial es recomendable que se corte los racimos con ayuda de la hoz o manualmente y si el objetivo es obtener semilla, primero debemos seleccionar plantas que estén sanas y separar a cosecha de los ejes centrales (Caicedo y Peralta, 2001).

Luego de la cosecha, se realiza el trillado, el cual demanda mano de obra, ya que se debe golpear la planta seca para apartar las vainas y los granos, generalmente se realiza con animales, palos o maquinaria (Camarena *et al.*, 2012). Posteriormente se “ventea” y en las condiciones de la región sierra, se puede guardar el grano limpio por un tiempo de 2 a 4 años, sin afectar el poder germinativo y valor nutricional de los granos, pero hay evidencias de que los granos almacenados en envases cerrados pueden mantenerse sin cambios o daños por un periodo de 10 años (Garay, 2015).

2.6.11 Rendimiento

El rendimiento depende de factores internos de la planta y las condiciones medioambientales (Quico, 2013). Jacobsen y Mujica (2006) mencionan que el tarwi puede alcanzar rendimientos de 3500 – 5000 kg/ha cuando se suministra todo lo que requiere en dosis y momentos apropiados y tiene un buen manejo agronómico. Tapia (2016), indica que el lupino andino se ha sembrado siempre a alturas sobre los 2000 m.s.n.m. y sus rendimientos pueden variar de 800 a 3500 kg/ha. Gade (1972) citado por Mayhua (2012), reporta que el cultivo de tarwi puede llegar a obtener altos rendimientos desde 4 a 5 t/ha.

- **Ensayos comparativos de rendimiento:**

En el distrito de Yungay – Áncash a 3300 m.s.n.m, Mendoza (2014) reporta que el promedio de rendimiento de la variedad Andenes, Cholo fuerte y Yunguyo fue 456, 352 y 340 kg/ha, obtuvieron una altura de planta de 86, 96 y 82 cm respectivamente, el número promedio de granos por vaina fue de 5 y el peso de 100 semillas fue de 24,23 y 22 g, respectivamente.

En el estudio de Robles (1998), realizado en el Callejón de Huaylas a 3180 m.s.n.m, la variedad Yunguyo obtuvo un rendimiento de 1930 kg/ha y el promedio de los otros ecotipos de su estudio obtuvieron 1914 kg/ha. Adicionalmente, determina la variedad Yunguyo como un cultivar precoz con 166 días de periodo vegetativo.

De La Cruz (2018), bajo condiciones de Marcará – Áncash (2700 m.s.n.m), registró un rendimiento promedio de 1606 kg/ha, para Andenes INIA presentó 852 kg/ha mientras que Yunguyo presentó 1122 kg/ha, respecto a la altura de planta el promedio fue de 101.4 cm, Yunguyo obtuvo 106.2 cm mientras que Andenes INIA obtuvo 88.7 cm, la floración se presentó a los 86 días como promedio, el ecotipo Yunguyo con 89 días a la floración y Andenes INIA con 84 días a la floración, respecto al número de granos por vaina el promedio fue de 4, Andenes INIA y Yunguyo presentaron 4 granos/vaina y el peso de 100 semillas fue de 22.2 g en promedio, mientras que Andenes INIA y Yunguyo obtuvieron 18.9 y 21.3 g, respectivamente.

En la provincia de Otuzco, departamento de La Libertad, Aguilar (2015) registró un rendimiento promedio de 1435 kg/ha de grano seco de 11 accesiones de tarwi, el rendimiento

mínimo fue de 1191 kg/ha y el más alto fue 1795 kg/ha. Para la variable días a floración las accesiones de tarwi registraron en promedio 120 días, fluctuando los valores entre 117 y 122 días, y para los días a la madurez de cosecha el promedio fue de 238 días, la accesión más precoz presentó 231 días y la más tardía fue de 245 días.

2.7 DESAMARGADO DEL GRANO

Para aminorar la cantidad de alcaloides en los granos de tarwi, hay dos formas de lograrlo, ya sea por un proceso de desamargado o buscando variedades que tengan las mínimas cantidades de alcaloides (Cremer, 1983 citado por Suca y Suca, 2015).

En la región andina, los pequeños agricultores desarrollaron a través del tiempo una tecnología sencilla para desamargar el tarwi y poder consumirlo (Tapia y Fries, 2007), el primer paso es hervir los granos por aproximadamente 1 h y posteriormente en un contenedor, dejarlos en la corriente de un río, riachuelo o acequia por aproximadamente una semana (Morón, 2005 citado por León, 2017). Esta práctica se sigue utilizando actualmente en las zonas andinas del Perú.

Camarena *et al.*, (2012) mencionan que primero se selecciona los granos enteros y bien conformados separándolos de pajas, piedresillas, granos dañados, etc, luego hidratar los granos en agua por 4 a 8 h, para hervirlos por 30 a 60 min (desde que el agua alcanza la temperatura de ebullición), posteriormente se enjuagan reiteradamente y finalmente se lavan en agua corriente durante varios días. Según Suca y Suca (2015) el procedimiento se puede lograr con los siguientes métodos: biológico, químico y/o acuoso y Quispe (2015) menciona que ha logrado eliminar alcaloides también por técnicas como selección genética y obtención de aislados proteicos. Tapia (2000) citado por León (2017), menciona que también puede lograrse con soluciones de alcohol u óxido de etileno, pero la desventaja del proceso es que se pierden proteínas, aceites e hidratos de carbono. Al finalizar el proceso, el grano de tarwi desamargado y listo para poder consumirlo tiene un agradable sabor y suave consistencia (Jacobsen y Mujica, 2006).

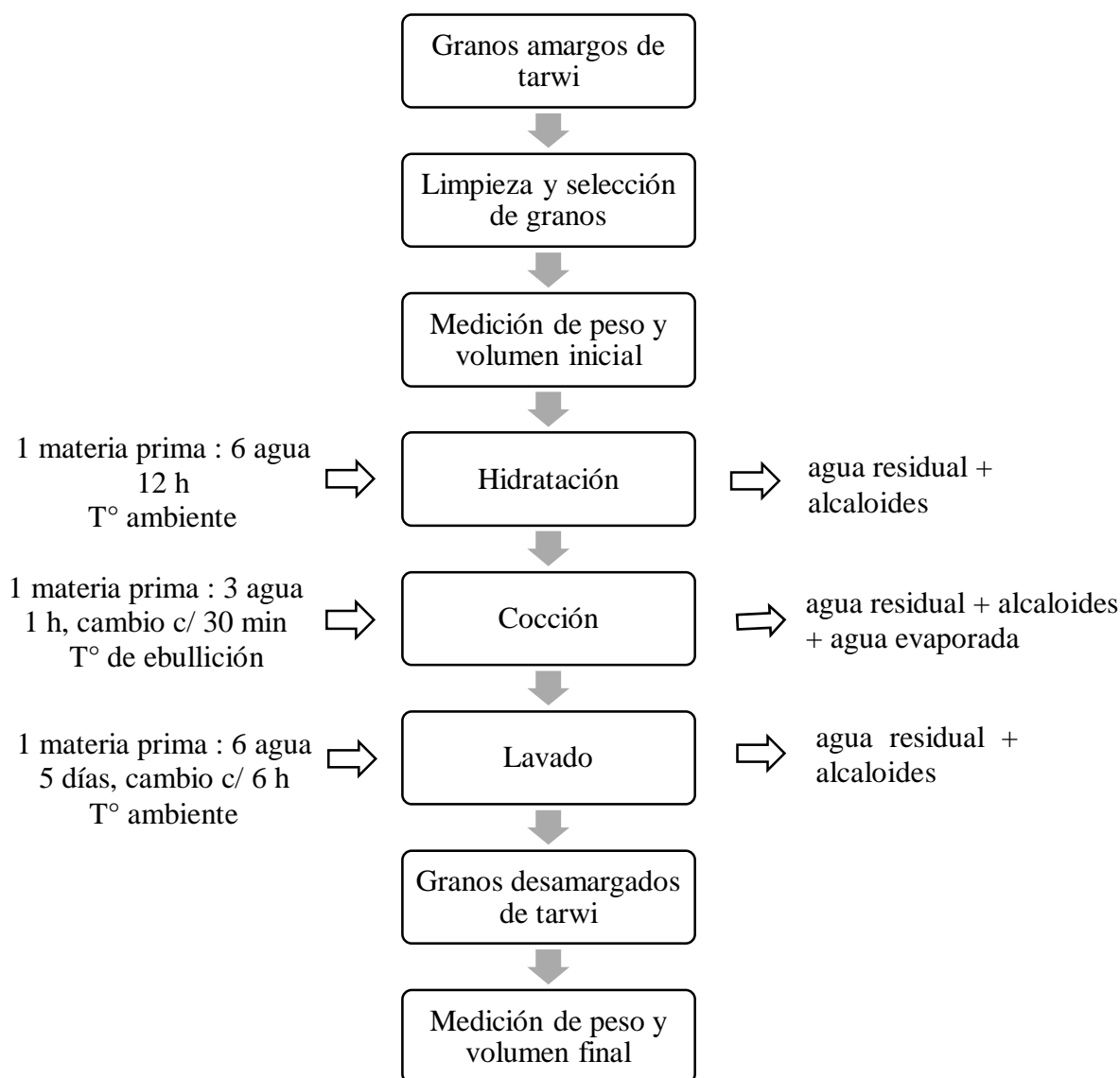


Figura 1: Flujo de operaciones para la obtención de grano desamargado de tarwi de acuerdo al protocolo de Jacobsen y Mujica (2006)

2.7.1 Procedimiento del desamargado por método acuoso

Carvajal (2013) menciona que se procede con el desamargado cuando existe más de 4.2 g de alcaloides por cada 100g de tarwi. Las desventajas del proceso son que tiene un periodo de más de 5 días, demanda 63 kg de agua por cada kg de grano amargo y seco y hay una pérdida de 0.27 kg de sólidos por cada kg de materia seca y las ventajas son que no emite productos químicos al ambiente y evita cambios en la calidad del grano como pasa en algunos otros procesos de desamargado. En la tabla 5, se puede observar la comparación de diferentes autores y localidades que desarrollan el método acuoso de desamargado del tarwi.

- Etapa de hidratación

Es la primera etapa en la que se aumenta la cantidad de agua en los granos y así facilita la extracción de alcaloides (Suca y Suca, 2015). Algunos estudios indican que la etapa de hidratación tiene un periodo de hasta 20 h, pero un tiempo prolongado hace que exista mayor salida de nutrientes como proteínas solubles en agua desde los granos de tarwi (Gutiérrez *et al.*, 2015). Existen dos maneras para llevar a cabo la hidratación, en el caso de agua estacionaria se debe considerar los parámetros de control como la relación materia prima: agua y el tiempo, o en agua de circulación, donde se considera el caudal y tiempo, pero es más difícil la reproducción y es costosa su tecnología (Quispe, 2015).

- Etapa de cocción

En la etapa de cocción se elimina microorganismos, se inactiva el poder germinativo de las semillas y de algunas enzimas como la lipoxigenasa y la lipasa. Adicionalmente, facilita la salida o lixiviación de alcaloides por la pared celular al aumentar su permeabilidad y evita la pérdida de proteínas al coagularlas. Existen dos parámetros de control en esta etapa, los cuales son la relación materia prima: agua y el tiempo, y en otros estudios se reporta algunos agregados como la cal, ácidos y sales además de agitación y dos tiempos de cocción (Suca y Suca, 2015; Quispe, 2015). La duración de la etapa de cocción varía de acuerdo al criterio de cada artesano, generalmente se determina el punto final de cocción presionando el grano entre los dedos y la cáscara se debe separar fácilmente del grano (Caicedo y Peralta, 2000). Por otro lado, Carvajal (2013), determinó en su estudio que el tiempo máximo y óptimo de cocción es de 60 min.

- Etapa de lavado

La última etapa de lavado consiste en eliminar los alcaloides remanentes que después de la hidratación y cocción quedan retenidos principalmente en los cotiledones, al finalizar la cocción los granos se deben escurrir, enfriar y sumergirlos bajo el agua, que también puede llevarse a cabo en agua en movimiento como en manantial, río o lago durante 2 a 3 días. Por otro lado, la solubilización logra la salida de los compuestos alcaloides es por ello que el proceso se puede llevar a cabo en domicilios al remojar en agua los granos cocidos y cambiándola cada 6 h por un periodo de 5 días (Jacobsen y Mujica, 2006; Quispe, 2015).

Tabla 5: Comparación del método acuoso de desamargado de *Lupinus mutabilis* Sweet en diferentes localidades

Autor	Localidad	Etapas de desamargado		
		Remojo	Cocción	Lavado
Jacobsen y Mujica (2006)	Puno- Perú	12 h mp:agua (1:6)	1 h, cambio de agua cada 30 min mp:agua (1:3)	mp:agua (1:3) Agua circulante 2-3 días Agua reposo 5 días cambio cada 6 h
Villacreses (2011)	Ecuador	18 h mp:agua (1:2.5)	1 h mp:agua (1:2.5)	mp:agua (1:2.5) Cambio de agua 3 veces/día (9,13 y 16 h)
Gutiérrez <i>et al.</i> , (2016)	Perú	6-8 h mp:agua (1:6 p/v)	30,60 y 120 min mp:agua (1:5 p/v)	mp:agua (1:3, 1:6, 1:9) 1,24 y 48 h 1, 5 y 10 lavados.
Carvajal (2013)	Ecuador	12 h mp:agua (1:2.5)	0.4 h mp:agua (1:2.5 p/p)	mp:agua (1:2.5 p/p) Cambio 3 veces/día 5.2 días

Fuente: Modificado de Quispe (2015)

Mp: materia prima
p/v: peso/volumen
p/p: peso/peso

2.7.2 Control de calidad

Quispe (2015) indica que para poder consumir los granos de tarwi, se inicia eliminando los alcaloides y los procedimientos que se aplican para ello tienen el objetivo de alcanzar los niveles permitidos por normativas de Europa y Sudamérica, los países de Europa exigen más respecto a niveles de toxicidad para la salud y los países de Sudamérica tienen más ampliación sobre estos. En Ecuador, la norma INEN 2390:2004 indica que los niveles de alcaloides deben estar entre 0.02 a 0.07 % en los granos para poder consumirlos. Por otro lado, Gross (1982) citado por Caicedo y Peralta (2000) menciona que para las aves y rumiantes el nivel de alcaloides debe estar entre 0.4 a 0.6 % y para los seres humanos y cerdos debe ser menor a 0.05 %. Glorio (1990) citado por Quispe (2015) menciona que el contenido de alcaloides remanentes que persisten después del proceso, no tiene efectos nocivos ya que son eliminados a través de las vías digestiva y urinaria. En el año 2019 fue aprobada la Norma Técnica Peruana aplicable al grano desamargado de tarwi para el consumo humano directo o como materia prima, en el Perú.

Existen dos factores para poder medir la calidad del tarwi desamargado, uno de ellos es el cumplimiento de las disposiciones legales de sanidad y composición y el otro y más importante es la aceptabilidad del consumidor, ya que el producto puede respetar todas las disposiciones legales, pero no ser aceptado por el consumidor por su olor, sabor o color (Caicedo y Peralta, 2001). Por ende, el método de aceptabilidad sensorial se emplea para determinar el nivel con el que es aceptado un producto por parte del consumidor.

2.7.3 Efecto del proceso de desamargado por el método acuoso sobre el volumen, peso y densidad aparente de los granos de tarwi

En el proceso de desamargado, el agua ingresa a las células y a los espacios intercelulares, al almacenarse incrementa el volumen de los granos al cambiar su estructura y tamaño que son irreversibles así los granos se seque nuevamente (Ortega *et al.*, 2010). En el estudio de Quispe (2018), se considera el uso de bolsas de malla de pescar para la fase de hidratación, que permite la expansión del grano 2.2 veces.

Camarena *et al.*, (2013) citado por Gutiérrez *et al.*, (2016) mencionan que en la primera etapa de hidratación hay un mayor incremento del peso de grano a comparación de la etapa de cocción y lavado. Quispe (2015), con el método acuoso de desamargado obtuvo incrementos

de peso de aproximadamente 150 % en Andenes, Vicos, Yunguyo y Compuesto Blanco Semiprecoz, 130 % en Altagracia, Moteado Beige, AAHO y Cholo fuerte, 110 % en Albus y 100 % en H6. De acuerdo a Masabanda (2016) citado por León (2017), en la etapa de hidratación se obtuvo un 240 % de incremento del peso inicial del grano de chocho. Del mismo modo, el estudio de Villacreses (2011) se llevó a cabo con el método acuoso y al séptimo día de lavado, logró llegar a los parámetros óptimos para que el grano sea seguro para el consumo humano, y además incrementó su peso en un 163 %.

En el proceso de desamargado por el método acuoso, hay salida de sólidos y proteínas solubles del grano (Suca y Suca, 2015). Provoca una pérdida del 22% del total de sólidos, principalmente grasas, minerales y carbohidratos (Carvajal, 2013). León (2017) indica que la densidad del chocho es mayor que la del agua y es de 1.46 g/cm^3 . Rojas (2010), indica que en diferentes experimentos la densidad disminuye cuando se incrementa el contenido de humedad en diferentes clases de semillas, por otro lado, menciona que la densidad aparente decrece en semillas completas e incrementa en semillas sin tegumento.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación política

Departamento	: Áncash
Provincia	: Carhuaz
Distrito	: Marcará
Centro poblado	: Vicos
Sector	: Tambo

3.1.2 Ubicación geográfica en coordenadas UTM

Latitud	: 9°19'48''
Longitud	: 77°33'9''
Altitud	: 3013 m.s.n.m.

3.2 ANTECEDENTES DE CAMPO

El cultivo que antecedió al presente ensayo fue papa, bajo condiciones de secano y riego y con un manejo agronómico oportuno.

3.3 ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS

La textura más adecuada para el cultivo de tarwi es el suelo franco o franco arenoso, en la tabla 6, se puede observar que el suelo del presente estudio fue de textura franco arcillosa, la cual permitió la retención de humedad en los meses de junio y julio que favorecieron el llenado de las vainas de las variedades y ecotipos promisorios de tarwi, sin embargo, favoreció al desarrollo del patógeno *Rhizoctonia solani* en los primeros estadíos del cultivo.

El cultivo de tarwi requiere un pH de 5.5 a 7.6 (suelos ácidos a ligeramente alcalinos) (Caicedo y Peralta, 2001). Sin embargo, el pH del suelo fue 4.81 (fuertemente ácido), indicando que la distribución y disponibilidad de los macronutrientes y micronutrientes son

limitados. La C.E. fue de 0.11 dS/m por lo tanto, el suelo es no salino y no hubo efectos negativos de las sales sobre el rendimiento, no se encontró niveles de carbonato de calcio, tuvo bajo contenido de materia orgánica (1.85 %) quiere decir bajo nivel de nitrógeno, alto nivel de fósforo (47 ppm), bajo nivel de potasio (85 ppm) y no hubo problemas de toxicidad de $Al^{+3} + H^{+}$.

Debido a estas características del suelo, se procedió a fertilizar con la fórmula NPK 20-20-20 para poder dar los niveles adecuados de nutrientes al cultivo; no obstante, el tarwi puede adaptarse muy bien a los suelos que tienen bajos niveles de macro y micronutrientes sin que se vea afectado el rendimiento.

Tabla 6: Resultados del análisis de suelo del campo experimental

Textura	pH (1:1)	CE (1:1) dS/m	CaCO₃ %	MO %	P ppm	K ppm	Al⁺³ + H⁺ Meq/100
Franco arcillosa	4.81	0.11	0	1.85	47	85	0.3



Figura 2: Campo experimental de tarwi en Vicos-Áncash durante la campaña 2017

3.4 DATOS METEOROLÓGICOS

Las variables meteorológicas presentadas en la tabla 7, son correspondientes a la duración de la investigación presente desde el mes de enero al mes de agosto del año 2017, y se obtuvieron de la estación tipo convencional - meteorológica “Santiago Antúnez De Mayolo” que se encuentra a 3079 m.s.n.m en el distrito de Independencia – Huaraz – Áncash, con una latitud de 9° 30’ 59.5” y una longitud de 77° 31’ 29.5”.

No se registraron grandes variaciones de temperatura máxima y temperatura mínima desde enero o inicio de cultivo hasta mayo, en el mes de julio hubo un descenso de temperatura mínima hasta los 4.1 °C y en agosto hubo un incremento de temperatura máxima que llegó hasta los 24.7 °C, por lo tanto, no hubo presencia de heladas y las temperaturas estuvieron dentro del rango que requiere el cultivo de tarwi. La humedad relativa registra en el mes de enero o inicio de cultivo 74.2 %, en el mes de marzo se registra el valor máximo de 77.9 % que va disminuyendo hasta llegar a 54.2 % en el mes de agosto. La precipitación registrada se incrementó de enero a marzo, y luego disminuyó hasta julio, mes en donde no se registraron precipitaciones, sin embargo, en agosto se presentaron mínimas precipitaciones, en total se acumuló 680 mm siendo adecuado para el cultivo de tarwi. Iniciando junio las lluvias cesaron pero el cultivo se encontraba en las etapas de floración y llenado de vainas, las cuales son susceptibles a las sequías, y podría causar caída de flores y un mal llenado de vainas, es por ello que se usó agua de regadío en dos ocasiones. Por otro lado, las precipitaciones y la humedad relativa, favorecieron la presencia de patógenos como chupadera fungosa (*Rhizoctonia solani*) ya que la textura del suelo tiene alta capacidad retentiva de agua, antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) cuya diseminación de sus conidias húmedas necesita de las salpicaduras de la lluvia y la roya (*Uromyces lupini*) que se acentuó en la etapa de floración favorecida por el agua de la lluvia sobre el follaje.

Tabla 7: Datos de la estación meteorológica "Santiago Antúnez De Mayolo" – Huaraz, en la campaña de tarwi conducido en Vicos – Áncash 2017

Mes	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
enero	21.8	8.9	74.2	9.0
febrero	21.5	8.9	74.6	139.8
marzo	21	8.9	77.9	288.8
abril	22	8.7	73.9	150.5
mayo	22	8.3	71.6	91.9
junio	23.5	5.9	63.9	1.0
julio	24.4	4.1	56.8	0
agosto	24.7	5.0	54.2	3.3
Promedio/ Total	22.6	7.4	68.4	684.3

Fuente: Estación meteorológica "Santiago Antúnez de Mayolo"– SENAMHI (2017)

3.5 MATERIALES

3.5.1 Material genético en estudio

En el presente estudio, el material genético evaluado estuvo conformado por las variedades Andenes y Yunguyo, los ecotipos Patón Grande y Altagracia y el testigo local Cholo Fuerte proveniente del Programa de Investigación de Leguminosas de Grano y Oleaginosas de la UNALM. En la tabla 8, se puede observar algunas características del material genético.

Tabla 8: Descripción de las variedades y ecotipos promisorios de tarwi conducidos en Marcará-Áncash

Variedad/Ecotipo	Peso de 100 semillas (g)	Color de semilla	Contenido de proteína (%)	Contenido de humedad (%)	Procedencia
Yunguyo (*)	21.9	Blanco	43.4	9.45	Puno
Cholo Fuerte (°)	26.6	Blanco	41.1	9.7	Áncash
Andenes (*)	25.4	Blanco	42.4	9.15	Cusco
Patón Grande (°)	30.2	Blanco	43.7	9.3	La Libertad
Altagracia (°)	27.5	Blanco	44.5	9.4	La Libertad

(*) Variedad / (°) Ecotipo

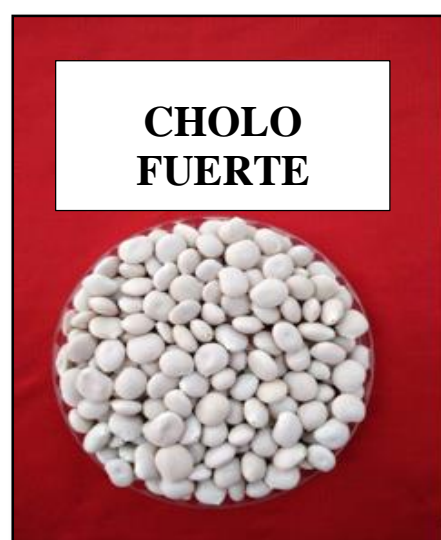


Figura 3: Granos cosechados de las variedades y ecotipos promisorios de tarwi conducidos en Vicos-Áncash durante la campaña 2017

3.5.2 Materiales para la fase campo y gabinete

- Wincha métrica, estacas, cal, rafia
- Palana, pala, picota, hoz
- Agroquímicos, mochila de aspersión
- Letreros de identificación
- Cintas de colores
- Cuaderno de apuntes, lapicero
- Lupa, cámara fotográfica, GPS
- Bolsas de papel kraft, lápiz, borrador
- Sacos de polipropileno
- Papelotes, regla, vernier digital

3.5.3 Materiales e insumos para el proceso de desamargado

- 400 g de tarwi Yunguyo
- 400 g de tarwi Altagracia
- 400 g de tarwi Andenes
- 400 g de tarwi Cholo Fuerte
- 400g de tarwi Patón Grande
- Cocina a gas y ollas
- 20 bolsas de tela, tijeras e hilo
- Buretas
- Balanza de precisión digital
- Guantes, secadores, recipientes y coladores
- Cuaderno de apuntes y lapicero.
- Cámara fotográfica

3.5.4 Materiales y recursos para la prueba sensorial

- Muestra de tarwi desamargado Yunguyo
- Muestra de tarwi desamargado Altagracia
- Muestra de tarwi desamargado Andenes
- Muestra de tarwi desamargado Cholo Fuerte
- Muestra de tarwi desamargado Patón Grande
- Platos, vasos y agua
- Cartilla de evaluación sensorial y lapiceros
- Cámara fotográfica
- Panelistas

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó mediante el programa SAS (*Statistical Analysis System*) con la versión 9.2 (SAS Institute, 2011). Las variables evaluadas de la fase experimental de campo (componentes morfoagronómicos y rendimiento de grano seco) y de la fase experimental de laboratorio (proceso de desamargado de tarwi) del testigo local, ecotipos y variedades, fueron procesadas con el análisis de varianza, inicialmente las variables número de folíolos por hoja y número de vainas por planta se transformaron con la raíz cuadrada de los valores para cumplir con los supuestos del análisis de varianza. A los resultados con diferencia significativa ($p < 0.05$) y altamente significativa ($p < 0.01$) se les aplicó la prueba de Duncan para la comparación de medias.

3.6.1 Fase de campo

El diseño experimental utilizado para las variables de componentes morfoagronómicos y rendimiento de grano seco de la fase experimental de campo, fue el de bloques completo al azar (DBCA) con cinco tratamientos (dos variedades y tres ecotipos) y tres repeticiones. A continuación, se observa el modelo aditivo lineal del análisis de varianza:

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

Donde:

Y_{ij} = Valor observado de la variedad/ecotipo i en el bloque j

μ = Media general

T_i = Efecto de la variedad/ecotipo i

B_j = Efecto del bloque j

E_{ij} = Efecto del error experimental en la unidad sujeta a la variedad/ecotipo i en el bloque j

Siendo los valores de:

$i = 1, 2, \dots, 5$ variedades y ecotipos

$j = 1, 2$ y 3 bloques

- **Parcela experimental:**

Número de repeticiones	: 3
Número de variedades y ecotipos	: 5
Número de surcos por parcela	: 4
Longitud de surco	: 5.1 m
Distancia entre surcos	: 0.8 m
Distancia entre plantas	: 0.3 m
Número de parcelas	: 15
Área de la parcela	: 16.32 m ²
Área neta total	: 244.8 m ²
Número de plantas por golpe	: 1-2

3.6.2 Fase de laboratorio

El diseño experimental utilizado para las variables de rendimiento de grano desamargado de la fase experimental de laboratorio, fue el diseño completo al azar (DCA) con cinco tratamientos (dos variedades y tres ecotipos) y cuatro repeticiones. A continuación, se observa el modelo aditivo lineal del análisis de varianza:

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

Donde:

Y_{ij} = Valor observado de la variedad/ecotipo i en el bloque j

μ = Media general

T_i = Efecto de la variedad/ecotipo i

E_{ij} = Efecto del error experimental en la unidad sujeta a la variedad/ecotipo i en el bloque j

Siendo los valores de:

$i = 1, 2, \dots, 5$ variedades y ecotipos

$j = 1, 2, \dots, 4$ repeticiones

- **Proceso de desamargado**

Número de repeticiones : 4

Número de variedades y ecotipos : 5

Peso inicial de las muestras : 100 g

3.7 METODOLOGÍA

En la presente investigación, el campo experimental se preparó de acuerdo al Diseño de bloques completo al azar, con 4 surcos por parcela y 0.80 m de distanciamiento entre ellos, se procedió a delimitar cada parcela experimental para las cinco variedades y ecotipos y tres repeticiones. y se procedió con la siembra el 25 de enero del 2017. Los ecotipos y variedades del estudio se evaluaron según el descriptor de *Lupinus* (IBPGR, 1981) y para las variables tipo de crecimiento y formación de tallo se consideró tablas de frecuencia. Se determinó las variables de rendimiento de grano y sus principales componentes según las recomendaciones del Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas de la UNALM. El procedimiento de desamargado de tarwi se llevó a cabo en laboratorio, según el protocolo modificado de Jacobsen y Mujica (2006) con las etapas de hidratación, cocción y lavado de acuerdo al diseño experimental DCA.

3.8 INSTALACIÓN Y MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.8.1 Fase de campo

- **Preparación de terreno**

Se inició con el despaje, la limpieza se realizó eliminando todo tipo de malezas, piedras existentes y rastrojo, luego se procedió con un riego por machaco, para la roturación se utilizó la yunta, y el suelo fue removido totalmente con el arado, luego se utilizó el rastrillo y pico.

La marcación del terreno se hizo con cal, el terreno se dividió en 15 parcelas según el diseño experimental y cada una de ellas constaba de cuatro surcos, éstos se realizaron manualmente utilizando el pico de acuerdo al distanciamiento establecido de 0.80 cm entre surcos.

- **Siembra**

Se seleccionó previamente las semillas a sembrar, que tengan tamaño adecuado, granos bien desarrollados, enteros, sin daño de insectos o patógenos y color uniforme. Posteriormente se contabilizaron, se separaron y se identificaron por parcelas en bolsas de papel kraft.

La siembra se realizó manualmente el día 25 de enero de 2017, y con ayuda de herramientas como lampa, en una hilera, se colocó 4 semillas en cada golpe con distanciamiento de 30 cm entre ellos. Se siguió las recomendaciones del Programa de Leguminosas y Oleaginosas de Grano de la UNALM y los conocimientos del agricultor encargado del cultivo.

- **Control de malezas**

El día de siembra se llevó a cabo el primer control de malezas de manera preventiva con el ingrediente activo linurón a una dosis de 500 g/200 L de agua. El día del aporque se realizó el segundo control de malezas y posteriormente se realizaron con herramientas manuales.

- **Fertilización y aporque**

La fertilización se llevó a cabo con un fertilizante granulado y compuesto de fórmula NPK 20-20-20 cuyas fuentes fueron la urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio

con una dosis de 10 g/golpe. Según Caicedo y Peralta (2001), en suelos con bajo contenido de nitrógeno se recomienda aplicarlo al inicio del cultivo, para la manutención de la planta hasta cuando obtenga su propio nitrógeno procedente de la fijación atmosférica. Posteriormente, en la etapa de pre-floración se aplicó un fertilizante foliar en base a los derivados de la caña de azúcar, conteniendo macronutrientes, micronutrientes y aminoácidos. Caicedo y Peralta (2001) recomiendan la aplicación de un abono foliar antes de la floración.

El aporque se realizó a los 39 días después de la siembra, con el objetivo de promover un buen desarrollo de raíces y evitar posibles tumbados de planta por el viento.

- **Riegos**

El experimento se instaló en enero y en los primeros meses hasta abril, el cultivo se desarrolló bajo condiciones de lluvia ya que por las altas precipitaciones características de la zona no fue necesario regar y la precipitación fue de 684.3 mm. El primer riego aplicado fue en junio cuando las plantas presentaron floración y el segundo riego fue finalizando junio en pleno llenado de vainas, estos riegos se dieron en las etapas susceptibles a la sequía, evitando la caída de flores y promoviendo un buen llenado de vainas.

- **Control fitosanitario**

- **Control de plagas**

En la etapa inicial del cultivo se presentó daño de gusanos de tierra, perforando los cuellos de planta, para su control se realizó tres aplicaciones químicas de un piretroide en “drench” a una dosis de 1.5 ml/l de agua. En las etapas de floración e inicio de formación de vainas se aplicó nuevamente un piretroide a la misma dosis para el control de comedores de hoja, trips, mosca minadora y *Astylus*.

- **Control de enfermedades**

En la primera etapa del cultivo, se presentó daño de *Rhizoctonia solani* o chupadera fungosa, para lo cual se aplicó un fungicida cuyo ingrediente activo es el metil tolcloflos con una dosis de 1.5 ml/l de agua. Posteriormente se hicieron aplicaciones para el control de *Colletotrichum gloeosporioides* (antracnosis), *Uromyces lupini* (roya) y *Pleiochaeta setosa* (alternaria) con fungicidas cuyos ingredientes activos fueron cimoxanyl, mancozeb, clorotalonil y tebuconazole.

- **Cosecha**

La cosecha se realizó en dos etapas de acuerdo a la madurez de cosecha de los ecotipos y variedades de tarwi, identificando el número de parcela, el número de bloque y se seleccionó aleatoriamente 10 plantas por parcela para la evaluación de los componentes de rendimiento. En la primera etapa se cosecharon las variedades y ecotipo más precoces a los 170 días después de la siembra y en la segunda etapa se cosecharon los ecotipos más tardíos con 216 días después de la siembra. Luego, se llevó a cabo el trillado para separar los granos de las vainas con la “pisa” de los agricultores y con ayuda de un garrote. Para seleccionar los granos se realizó el venteado en horas de la tarde, ya que existe mayor fuerza del viento, con ayuda de costales y envases de plástico.

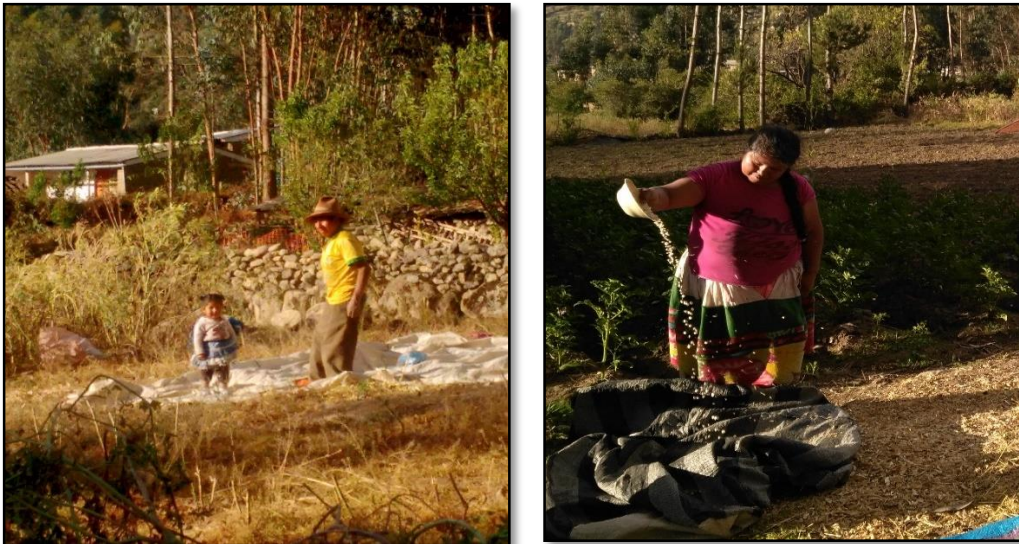


Figura 4: Labores culturales de trillado y venteado de grano de tarwi de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash durante la campaña 2017

3.8.2 Fase de laboratorio

En la fase experimental de laboratorio se seleccionó los granos para el desamargado de tarwi de acuerdo al método acuoso y el protocolo modificado de Jacobsen y Mujica (2006). Iniciando con el remojo durante 12 h, la cocción durante 1 h y finalizando con el lavado durante 5 días y con cambios de agua cada 6 h.

- **Procesamiento de cosecha**

Se inició con la limpieza de los granos trillados de la cosecha, separando restos de las vainas, pajas, piedrecillas y otros elementos ajenos, luego se seleccionó los granos que no tuviesen daños, granos enteros, grandes y de color uniforme.

- **Medición inicial de peso y volumen**

Se utilizó una balanza digital para pesar cada muestra de 100 g de tarwi por cada repetición y por cada variedad y ecotipo, en total 20 muestras. Posteriormente, se midió el volumen con una bureta y agua:

- Se vertió cada muestra de 100 gramos a una bureta, se enrasó con agua y se midió el volumen total (granos más agua).
- Se colaron los granos y se midió el volumen del agua.
- La diferencia entre el volumen total y el volumen del agua, dio como resultado el volumen neto de los granos.

Luego, las muestras fueron colocadas en bolsas de tela y se cerraron cosiéndolas.

- **Etapas de hidratación**

En la etapa de hidratación, se colocaron las muestras en un recipiente con agua, en una relación materia prima:agua de 1:6, la duración de esta fase fue de 12 h a temperatura ambiente.

- **Etapas de cocción**

La etapa de cocción se realizó en una cocina a gas, las muestras fueron colocadas en una olla con agua, en una relación materia prima:agua de 1:3. Las muestras se vertieron a las ollas, cuando el agua llega a la temperatura de ebullición, la duración de esta etapa fue de 1 h a temperatura de ebullición.

- **Etapas de lavado**

En la etapa de lavado, las muestras fueron colocadas en un recipiente con agua, en una relación materia prima:agua de 1:6, cambiando el agua cada 6 h durante 5 días y a temperatura ambiente.

- **Medición final de peso y volumen**

Al finalizar el proceso de desamargado de tarwi, se llevó a cabo las mediciones de peso y volumen, con el mismo procedimiento inicial.

- **Densidad de grano amargo y grano desamargado**

La densidad de grano amargo y grano desamargado se determinó como la relación entre el peso (g) y el volumen ($1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$) de los granos.



Figura 5: Mediciones y proceso de desamargado de las variedades y ecotipos promisorios de tarwi, conducido en el laboratorio del PLGO de la UNALM

- **Prueba sensorial**

La aceptabilidad del consumidor fue el parámetro de calidad que dio conformidad a la finalización del procedimiento de desamargado, participaron 12 panelistas familiarizados con el cultivo de tarwi, quienes evaluaron el sabor, color, olor, textura y amargor de las cinco variedades y ecotipos en estudio, usando una cartilla de evaluación sensorial (ver Anexo 10).



Figura 6: Granos desamargados y frescos de las variedades y ecotipos de tarwi y los panelistas en la prueba sensorial

3.9 CARACTERÍSTICAS EVALUADAS

3.9.1 Componentes morfoagronómicos

- **Tipo de crecimiento:** se evaluó cuando las plantas en la parcela se encontraban en estado de llenado de vainas, calificándolo como herbáceo o arbustivo. Se registró la media de 10 plantas.
- **Porte de la planta:** se registró la arquitectura de la planta cuando estaba en llenado de vainas y se clasificó entre porte erecto, semierecto y decumbente de la media de 10 plantas.
- **Formación del tallo:** se evaluó cuando la inflorescencia principal se encontraba en llenado de grano, pudiendo ser tallo principal prominente, tallo

principal no prominente y tallo e inflorescencias laterales al mismo nivel (uniforme). Se registró la media de 10 plantas.

- **Altura de la planta (cm):** se registró la altura de planta al finalizar la floración, la medición fue desde la base del cuello de planta hasta el ápice de la inflorescencia de los tallos principales. Se registró la media de 10 plantas.
- **Días a floración:** se consideró que el 50 % de todas las plantas se encuentren en el estado de floración para poder registrar el número de días a floración desde la fecha de la siembra.
- **Días hasta la maduración total:** se registró el número de días desde la emergencia hasta que el 50 % del total de plantas se encuentren maduras.
- **Ramificación:** finalizando el periodo vegetativo del cultivo, se registró si la planta es ramificada o no ramificada y el número de ramas primarias por planta de la moda de 10 plantas.
- **Forma de los foliolos:** se identificó si es elíptica o se ensancha hacia el extremo. Se registró la moda de 10 plantas.
- **Número de foliolos por hoja:** se registró la media de 10 plantas.
- **Anchura de foliolo (mm):** se registró la media de 10 foliolos.
- **Color e intensidad en las alas de las flores recién abiertas:** se identificó si presentó color blanco, amarillo, naranja, rosa, rojo, verde, azul, violeta, marrón y con intensidad claro, medio u oscuro. Se registró la moda de 10 plantas.
- **Color e intensidad de la quilla de las flores recién abiertas:** se evaluó si presentó color blanco, amarillo, naranja, rosa, rojo, verde, azul, violeta, marrón y con intensidad claro, medio u oscuro. Se registró la moda de 10 plantas.
- **Color e intensidad en el estandarte de las flores recién abiertas:** se identificó si presentó color blanco, amarillo, naranja, rosa, rojo, verde, azul, violeta, marrón y la intensidad del color, ya sea claro, medio u oscuro. Se registró la moda de 10 plantas.

- **Inserción de las flores:** se identificó como verticiladas y no verticiladas. Se registró la moda de 10 plantas.
- **Longitud de inflorescencia principal (cm):** se registró la longitud de inflorescencia principal en el inicio de llenado de vainas, desde la flor inferior hasta el ápice de la inflorescencia de la media de 10 plantas.
- **Longitud de inflorescencia principal con pedúnculo (cm):** se registró la longitud de inflorescencia principal con pedúnculo en el inicio de llenado de vainas, desde la base del pedúnculo hasta el ápice de la inflorescencia. Se registró la media de 10 plantas.

3.9.2 Rendimientos de grano seco y sus componentes

- **Rendimiento de grano (kg/ha):** se registró el peso total de los granos cosechados de tarwi por parcela y se proyectó a hectárea.
- **Número de inflorescencias laterales por planta:** se registró la media del número total de las inflorescencias laterales de 10 plantas por parcela.
- **Número de vainas por inflorescencia central:** se registró la media del número total de vainas por inflorescencia central de 10 plantas por parcela.
- **Número de vainas por inflorescencias laterales:** se evaluó el número de vainas de 20 inflorescencias por planta y se registró la media de 10 plantas.
- **Número de vainas por planta:** se evaluó el número de vainas por planta, y se registró la media de 10 plantas.
- **Longitud de la vaina (mm):** se registró la media de longitud de 20 vainas por parcela.
- **Anchura de vaina (mm):** se evaluó la anchura de vaina, registrándose la máxima distancia que se encontró entre la sutura dorsal y la sutura ventral. Se evaluó 10 vainas de cada parcela.
- **Espesor de la vaina (mm):** se realizó la medida en 10 vainas de cada parcela.
- **Tamaño del ápice:** se identificó el tamaño clasificándolo como corto o largo. Se evaluó 10 vainas de cada parcela.
- **Posición del ápice:** se registró como central o lateral. Se evaluó 10 vainas de cada parcela.

- **Número de lóculos por vaina:** se evaluó el número de lóculos por vaina y se registró la media de 10 vainas.
- **Número de granos por vaina:** se evaluó el número de granos por vaina y se registró la media de 10 vainas.
- **Longitud de las semillas (mm):** la medición se llevó a cabo con vernier, y se tomó la media de 25 semillas de cada parcela.
- **Anchura de semilla (mm):** la evaluación se realizó con un vernier digital y se consideró la anchura máxima de cada semilla, registrándose la media de 25 semillas.
- **Peso de 100 semillas (g):** se evaluó el peso de 100 semillas y se registró la media de dos muestras.
- **Susceptibilidad a los insectos plaga y enfermedades:** se registró de acuerdo a la escala del IBPGR (1981) la moda de 10 plantas por parcela:

Sin síntomas (0)

Ligera (2)

Intermedia (5)

Severa (7)

Letal (9)

Para los insectos plaga, el (0) indica ningún daño o ausencia del insecto y (9) indica una infestación alta del insecto o daños severos y para las enfermedades el (0) indica la ausencia del patógeno o síntomas y el (9) indica una severidad alta.

3.9.3 Rendimiento de grano desamargado

- **Volumen de grano amargo (ml):** previamente al proceso de desamargado, se midió el volumen de cada muestra de 100 g.
- **Densidad de grano amargo (g/cm³):** se registró el resultado de la relación entre peso del grano amargo y volumen del grano amargo.
- **Volumen de grano desamargado (ml):** se registró el volumen de cada muestra de granos de 100 g, finalizando el procedimiento de desamargado de tarwi.

- **Incremento de volumen (%):** se registró la diferencia del volumen de grano amargo y volumen de grano desamargado.
- **Peso del grano desamargado (g):** se registró el peso de cada muestra de granos de 100 g, finalizando el procedimiento de desamargado de tarwi.
- **Densidad de grano desamargado (g/cm³):** se registró el resultado de la relación entre peso del grano desamargado y volumen del grano desamargado.

3.9.4 Prueba sensorial

- **Color de grano:** el panelista registro la opción elegida entre color crema o color crema oscuro.
- **Sabor de grano:** el panelista registro la opción elegida entre sabor agradable o desagradable.
- **Textura de grano:** el panelista registro la opción elegida entre textura suave/intermedia o textura dura.
- **Amargor de grano:** el panelista registro la opción elegida entre sin amargor o ligero amargor.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 COMPONENTES MORFOAGRONÓMICOS

4.1.1 Características cualitativas

En la tabla 9, se observa que Yunguyo y Andenes obtuvieron mayor porcentaje de plantas con crecimiento herbáceo y menor porcentaje con crecimiento arbustivo, a diferencia del testigo local Cholo Fuerte, Patón Grande y Altagracia que obtuvieron mayor porcentaje de plantas con crecimiento arbustivo y menor porcentaje de plantas con crecimiento herbáceo.

Tabla 9: Frecuencia de los resultados del tipo de crecimiento de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash

Variedad/Ecotipo	Tipo de crecimiento	<i>fa</i>	<i>fr</i>
Yunguyo	Herbáceo	22	0.72
	Arbustivo	8	0.28
	Total	30	1.00
Cholo Fuerte	Herbáceo	5	0.17
	Arbustivo	25	0.83
	Total	30	1.00
Andenes	Herbáceo	17	0.56
	Arbustivo	13	0.44
	Total	30	1.00
Patón Grande	Herbáceo	7	0.22
	Arbustivo	23	0.78
	Total	30	1.00
Altagracia	Herbáceo	12	0.39
	Arbustivo	18	0.61
	Total	30	1.00

fa: Frecuencia absoluta

fr: Frecuencia relativa

En la tabla 10, se observa que Yunguyo fue la única variedad que obtuvo mayor porcentaje de plantas con formación de tallo prominente y menor porcentaje con tallo no prominente y tallo uniforme, a diferencia del testigo local Cholo Fuerte, Andenes, Patón Grande y Altagracia que presentaron mayor porcentaje de plantas con formación de tallo prominente y menor porcentaje con formación de tallo no prominente.

Tabla 10: Frecuencia de los resultados de la formación del tallo de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash

Variedad/Ecotipo	Formación del tallo	<i>fa</i>	<i>fr</i>
Yunguyo	Prominente	20	0.67
	No prominente	5	0.17
	Uniforme	5	0.17
	Total	30	1.00
Cholo Fuerte	Prominente	28	0.94
	No prominente	2	0.06
	Uniforme	0	0.00
	Total	30	1.00
Andenes	Prominente	25	0.83
	No prominente	5	0.17
	Uniforme	0	0.00
	Total	30	1.00
Patón Grande	Prominente	17	0.56
	No prominente	13	0.44
	Uniforme	0	0.00
	Total	30	1.00
Altagracia	Prominente	16	0.50
	No prominente	14	0.50
	Uniforme	0	0.00
	Total	30	1.00

fa: Frecuencia absoluta

fr: Frecuencia relativa

En la tabla 11, se observa que el total de ecotipos y variedades de tarwi presentaron porte de planta erecto, ramificadas con forma de foliolos elíptica e inserción de flores verticilada.

Tabla 11: Resultados del tipo de crecimiento, porte de planta, formación del tallo, ramificación, forma de foliolos e inserción de las flores de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash

Variedad/ Ecotipo	Porte de planta	Ramificación	Forma de los foliolos	Inserción de las flores
Yunguyo	Erecto	Ramificada	Elíptica	Verticilada
Cholo Fuerte	Erecto	Ramificada	Elíptica	Verticilada
Andenes	Erecto	Ramificada	Elíptica	Verticilada
Patón Grande	Erecto	Ramificada	Elíptica	Verticilada
Altagracia	Erecto	Ramificada	Elíptica	Verticilada

En la tabla 12, se observa que el testigo local Cholo Fuerte y el ecotipo Patón Grande presentaron color violeta de intensidad claro en las alas de las flores recién abiertas, el mismo color lo presentó el ecotipo Altagracia pero de intensidad media, la variedad Yunguyo presentó color azul de intensidad claro y la variedad Andenes presentó color rosado de intensidad claro. A diferencia de otras partes de la flor, el estandarte mayormente tiene diferentes tonalidades en las franjas marginales, en la región intermedia y mancha central. Las franjas marginales fueron diferentes en la mayoría de los ecotipos y variedades, en Yunguyo fue azul claro, en Cholo Fuerte y Patón Grande fue violeta claro, en Andenes rosado claro y en Altagracia violeta medio, mientras que las regiones intermedias presentaron color amarillo de todos los ecotipos y variedades, excepto Andenes que mantuvo el color rosado claro de las bandas marginales. La mancha central del estandarte en todas las variedades y ecotipos registró el color blanco, excepto en la variedad Andenes que registró el color amarillo. La quilla de Patón Grande y Altagracia presentó color violeta de intensidad oscuro, Yunguyo presentó color violeta de intensidad medio, el testigo local Cholo Fuerte presentó color violeta de intensidad claro y Andenes presentó color rosado de intensidad claro.

Los colores evaluados azul claro y violeta, están dentro de los más comunes para *L. mutabilis* según (Gross y Tuesta, 1977 citado por Camarena *et al.*, 2012). Excepto la variedad Andenes que tiene uno de los colores menos comunes en el cultivo de Tarwi, así como el amarillo, crema y blanco, este color responde generalmente a la falta de pigmentos, al no haber pigmentos que absorban una parte del espectro de luz, esta es reflejada completamente. La variación que existe en los colores presentados, se debe a algunos pigmentos como las antocianinas y flavonas, y la intensidad del color depende de la concentración de cada uno (Caicedo y Peralta, 2001; Narbona *et al.*, 2014).

De La Cruz (2018) registra para la variedad Andenes INIA el color violeta medio para las alas y violeta claro para las quillas y para la variedad Yunguyo los colores violeta medio y rosado claro respectivamente. Parody (s.f) menciona que el contenido hídrico de la planta, el pH del suelo y la cantidad de luz son algunos factores por los que la planta sintetiza metabolitos secundarios como los pigmentos, además un gen puede estar presente pero no necesariamente se expresa como se espera y no está relacionado con un color determinado, es por ello que los colores varían en ambos estudios, aun siendo las mismas variedades.

Tabla 12: Resultados del color e intensidad de las flores de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará, Áncash.

Variedad/ Ecotipo	Color e intensidad de las alas de las flores recién abiertas	Color e intensidad del estandarte de las flores recién abiertas	Color e intensidad de la quilla de las flores recién abiertas
Yunguyo	Azul claro	Azul claro, amarillo y blanco	Violeta medio
Cholo Fuerte	Violeta claro	Violeta claro, amarillo y blanco	Violeta claro
Andenes	Rosado claro	Rosado claro y amarillo	Rosado claro
Patón Grande	Violeta claro	Violeta claro, amarillo y blanco	Violeta oscuro
Altagracia	Violeta medio	Violeta medio, amarillo y blanco	Violeta oscuro

En la tabla 13, se observa que el ápice de vaina presentó tamaño corto y se posicionó en la parte central de la vaina para las variedades y ecotipos en su totalidad. De igual forma, De La Cruz (2018) registró para Andenes y Yunguyo, ápice de tamaño corto y posición central en la vaina, bajo las condiciones de Marcará – Áncash.

Tabla 13: Resultados del tamaño y posición del ápice de vaina de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash

Variedad/ Ecotipo	Tamaño del ápice de vainas	Posición del ápice de vainas
Yunguyo	Corto	Central
Cholo Fuerte	Corto	Central
Andenes	Corto	Central
Patón Grande	Corto	Central
Altagracia	Corto	Central

4.1.2 Parámetros biométricos de la planta

- **Altura de la planta**

En la tabla 14, se observa que no hay diferencia estadística entre los ecotipos y variedades de tarwi, pero si hay diferencia entre los bloques. Se obtuvo un promedio de 156.4 cm de altura de la planta y el valor del coeficiente de variabilidad fue 6.9% siendo apto para el estudio realizado en campo abierto (Calzada, 1970). En la prueba de comparación de medias, se observa que el testigo local Cholo Fuerte y los ecotipos Altagracia y Patón Grande obtuvieron 169.4, 162.6 y 158.6 cm y superaron estadísticamente a Yunguyo y Andenes con 146.3 y 145 cm respectivamente.

En el distrito de Marcará – Áncash, Tarazona (2017) obtuvo 112, 99.7 y 92.3 cm de altura de planta para Cholo Fuerte, Andenes y Yunguyo. Estas diferencias pueden deberse a que la siembra se realizó en el mes de febrero, época tardía por las precipitaciones de la zona, el tipo de suelo fue franco arcilloso, y se fertilizó con la misma fórmula NPK 20-20-20, pero con diferentes fuentes (nitrato de amonio, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio) y el control de malezas se realizó con sólo una aplicación al inicio de cultivo.

- **Número de ramas primarias por planta**

En la tabla 14, se observa que hay diferencia estadística para los ecotipos y variedades pero no hay diferencia para los bloques. El promedio fue de 4 ramas primarias por planta y el coeficiente de variabilidad tubo un valor de 22.7%, el cual es apto para el estudio (Calzada, 1970). La prueba de comparación de medias, indica que Patón Grande, Cholo Fuerte y Altagracia obtuvieron 5 ramas primarias por planta y superaron estadísticamente a Yunguyo y Andenes que obtuvieron 3 ramas primarias por planta.

Ticona (1975) citado por Camarena *et al.*, (2012) menciona que existe una correlación positiva entre una alta producción y el número de vainas y de ramas, el ecotipo Patón Grande que presenta el mayor número de ramas primarias por planta presentó el segundo mayor rendimiento y la variedad Andenes obtuvo el menor valor tanto para número de ramas primarias como para rendimiento, afirmando la correlación mencionada. De La Cruz (2018) obtuvo 7 ramas primarias por planta para las variedades Andenes y Yunguyo, al ser la misma zona de estudio, esta diferencia puede deberse a diferencias de manejo, condiciones climáticas y a los problemas fitosanitarios que se presentaron al finalizar el periodo vegetativo, con el agente causal antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides*) cuyo daño afectó en un nivel severo al desarrollo de estas variedades.

- **Número de folíolos por hoja**

En la tabla 14, se observa el promedio obtenido de 9 folíolos por hoja y que hay diferencia estadística para los ecotipos y variedades pero no hay diferencia para los bloques. El coeficiente de variabilidad tubo un valor de 3.2 % el cual es apto para el estudio (Calzada, 1970). La prueba de comparación de medias indica que el testigo local Cholo Fuerte, Andenes y Yunguyo obtuvieron 9 folíolos por hoja y superaron estadísticamente a Altagracia y Patón Grande que obtuvieron un promedio de 8 folíolos por hoja.

De la misma forma, en condiciones de Marcará – Áncash, De La Cruz (2018) registró 9 folíolos por hoja para Andenes y Yunguyo, al ser el mismo genotipo y zona de estudio. Tapia (2016) indica que el número variable de folíolos es de 5 a 12, por lo tanto, los valores se encuentran dentro del rango.

- **Anchura de folíolo**

En la tabla 14, se presenta el promedio de la anchura de los folíolos, el cual fue 16.7 mm, y se observa que no hubo diferencia estadística para los ecotipos y variedades. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 11 % el cual es apto para el estudio (Calzada, 1970). El

ecotipo de mayor anchura fue el testigo local Cholo Fuerte superando el promedio con 18.5 mm, seguido de Altagracia con 17.7 mm de anchura de los foliolos y la variedad que presentó el menor valor fue Andenes con 15.5 mm.

- **Longitud de inflorescencia principal con pedúnculo**

En la tabla 14, se presenta el promedio obtenido, el cual fue 45.2 cm de longitud de inflorescencia principal con pedúnculo, además no hubo diferencia estadística para los ecotipos y variedades. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 8.5 % el cual es un valor apto para las condiciones de campo abierto (Calzada, 1970).

La variedad Yunguyo presentó la mayor longitud de 47.2 cm de la inflorescencia principal con pedúnculo, seguido del ecotipo Altagracia con 46.7 cm, Patón Grande con 44.8 cm, el testigo local Cholo Fuerte con 43.9 cm y la variedad con menor longitud fue Andenes con 43.6 cm.

- **Longitud de inflorescencia principal**

En la tabla 14, se muestra que el promedio fue de 32.4 cm de longitud de inflorescencia principal y no hubo diferencia estadística para los ecotipos, variedades ni bloques. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 7.6 % el cual es apto para el estudio (Calzada, 1970). La variedad Yunguyo tuvo una longitud de 35.9 cm de inflorescencia principal, seguido del testigo local Cholo Fuerte con 32.7 cm y Altagracia, Patón Grande y Andenes presentaron 31.2, 31.1 y 31 cm de longitud, respectivamente.

De La Cruz (2018) registró en el distrito de Marcará-Áncash, que las variedades Andenes y Yunguyo obtuvieron 22 y 27 cm de longitud de inflorescencia principal, las diferencias pueden deberse a que se sembró en el mes de abril que viene a ser época tardía, el tipo de suelo fue más suelto (textura franco arenosa) y menos ácido (pH 5.52), la fertilización fue similar en ambos ensayos con la fórmula NPK 20-20-20, excepto la fertilización foliar que en el presente estudio se aplicó en la etapa fenológica de pre-floración y pudo haber ayudado a obtener mayores longitudes de la inflorescencia principal.



Figura 7: Estado fenológico de floración de tarwi del estudio conducido en Vicos-Áncash durante la campaña 2017

- **Días a floración**

Según la tabla 14, se muestra el promedio de días a floración, el cual fue 77, además hubo diferencia estadística para los ecotipos y variedades. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 8.7 % el cual es apto para el estudio (Calzada, 1970). La prueba de comparación de medias indica que Altagracia, Andenes, Yunguyo y Patón Grande obtuvieron 70, 72, 73 y 78 días a floración y superaron estadísticamente al testigo local Cholo Fuerte con 92 días a floración.

De La Cruz (2018) registró bajo condiciones de Marcará-Áncash que Yunguyo y Andenes obtuvieron 89 y 84 días a floración, mostrando un comportamiento ligeramente tardío, esto puede deberse a que el inicio del cultivo fue con las últimas lluvias de la temporada, ya que la siembra se realizó en abril y posteriormente se aplicó riegos por gravedad, el suelo fue más ligero (textura franco arenosa), menos ácido (pH 5.52) y con niveles de P bajos (7.14 ppm), la fertilización fue similar en ambos ensayos con la fórmula NPK 20-20-20, y la fertilización foliar que se aplicó en la prefloración en el presente estudio, pudo haber inducido al desarrollo de esta etapa.

- **Días a la madurez**

Según la tabla 14, el promedio obtenido fue de 171 días a la madurez y se encontró diferencia estadística altamente significativa para los ecotipos y variedades. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 3.7 % el cual es apto para el estudio (Calzada, 1970). La prueba de comparación de medias indica que Andenes y Yunguyo obtuvieron 150 y 153 días a la madurez, superando estadísticamente a Altagracia con 173 días, y el último grupo estadístico estuvo conformado por Patón Grande y Cholo Fuerte con 188 y 191 días a la madurez. La precocidad de Andenes y Yunguyo es favorable ya que permite obtener producción en un menor tiempo y con una menor inversión de dinero, así mismo se puede evitar las condiciones climáticas adversas como precipitaciones, heladas, granizadas y otros (Quico, 2013), las cuales en etapa de floración o maduración de vainas pueden causar caída de flores y chupado de las vainas, afectando su rendimiento.

Robles (1998) en Shancayán – Huaraz a 3180 m.s.n.m, registró que la variedad Yunguyo obtuvo 167 días a la madurez después de su siembra, la cual se realizó a finales de noviembre, en un suelo franco arcilloso arenoso y una dosis de fertilización de NPK 30-80-60, durante el periodo del cultivo hubo una escasa precipitación de 229 mm totales y se aplicaron dos riegos al inicio de la campaña, la temperatura máxima y mínima fueron 18.3 y 4.2 °C, que se encuentran por debajo de la temperatura que requiere el cultivo de tarwi y además pudo haber influido en la diferencia de días, ya que a mayor piso altitudinal, la temperatura disminuye, y por ende aumenta el tiempo que se necesita para llegar a la temperatura óptima.

Tabla 14: Resultados, prueba de Duncan y análisis de varianza de altura de planta, n° ramas primarias/planta, n° foliolos/hoja, diámetro de los foliolos, longitud de la inflorescencia principal con y sin pedúnculo, días a floración y días a madurez

Variedad/ Ecotipo	Altura de planta (cm)	N° Ramas primarias/ planta	Número de foliolos por hoja	Anchura de foliolo (mm)	Longitud de la inflorescenci a principal con pedúnculo (cm)	Longitud de la inflorescenci a principal (cm)	Días a floración	Días a madurez
Yunguyo	146.3 b	3 b	8 ab	15.1 a	47.2 a	35.9 a	73 b	153 c
Cholo Fuerte	169.4 a	5 a	9 a	18.5 a	43.9 a	32.7 a	92 a	191 a
Andenes	145.0 b	3 b	9 a	15.5 a	43.6 a	31.0 a	72 b	150 c
Patón Grande	158.6 ab	6 a	8 c	17.1 a	44.8 a	31.1 a	78 b	188 a
Altagracia	162.6 ab	5 a	8.3 bc	17.7 a	46.7 a	31.2 a	70 b	173 b
Bloque	846.27 *	1.74 N.S	0.07 N.S	0.73 N.S	22.11 N.S	7.63 N.S	28.47 N.S	0.47 N.S
Variedad/ecotipo	332.66 N.S	5.94 *	0.47 *	6.27 N.S	7.77 N.S	13.25 N.S	240.27 *	1074.9 **
Promedio	156.4	4	9	16.7	45.2	32.4	77	171
C.V. (%)	6.9	22.7	3.2	11	8.5	7.6	8.7	3.7

NS: No significativo
 Significación estadística: * (p<0.05), ** (p<0.01)

4.2 RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES

4.2.1 Rendimiento de grano

Según la tabla 15, el promedio del rendimiento de grano fue 2741 kg/ha, los ecotipos Altagracia, Patón Grande y el testigo local Cholo Fuerte rindieron 3416, 3400 y 2965 kg/ha respectivamente, además hubo diferencia estadística para los ecotipos y variedades, pero no hubo diferencia para los bloques. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 21.6 % el cual es apto para el estudio (Calzada, 1970). Según la prueba de comparación de medias, Altagracia, Patón Grande y el testigo local Cholo Fuerte, superaron estadísticamente a Yunguyo y Andenes que obtuvieron 1984 y 1937 kg/ha respectivamente. La diferencia en este comportamiento puede deberse al valor genotípico de Altagracia, Patón Grande y el testigo Cholo Fuerte, lo cual indica que se adaptan al ambiente en el que se evaluó el estudio, adicional a ello Yunguyo y Andenes se vieron afectadas severamente por antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y en un nivel intermedio por chupadera fungosa (*Rhizoctonia solani*), roya (*Uromyces lupini*) y alternaría (*Pleiochaeta setosa*), y para el control sanitario se aplicó fungicidas cuyos ingredientes activos fueron metil tolcofos, cimoxanyl, mancozeb, clorotalonil y tebuconazole.

En Otuzco-La Libertad, Aguilar (2015) obtuvo un promedio de 1191 kg/ha para el ecotipo Patón Grande, siendo este ecotipo proveniente de Otuzco la diferencia de los rendimientos con el presente estudio pudo deberse a las diferencias de condiciones climáticas y manejo agronómico. La siembra también se realizó en el mes de enero, época tardía para la localidad, en un suelo franco arenoso, más suelto y adecuado para el cultivo de tarwi, sin embargo, con un pH extremadamente ácido (4.14), el cual está por debajo del rango para el cultivo de tarwi, la fuente de fertilización fue fosfato diamónico (150 kg/ha) aplicado en la siembra. El rango de temperatura fluctuó entre 5 y 18 °C, estando por debajo de la temperatura requerida por el cultivo. Las fuertes lluvias y el 90 % de humedad relativa, propiciaron el desarrollo de algunos patógenos como la roya (*Uromyces lupini*), quemado del tallo (*Ascochyta* sp.), antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y *Fusarium* sp., y la incidencia de plagas como el gusano de la raíz que afectó los rendimientos, además el número de vainas por planta, fue en promedio 34 siendo aproximadamente la mitad del número de vainas por planta del presente estudio.

En el distrito de Marcará con 2700 m.s.n.m, De la Cruz (2018) sembró en el mes de abril que viene a ser época tardía para la zona por la escasez de lluvias, por lo tanto se realizaron riegos en un suelo más sueltos (textura franco arenosa), menos ácidos (pH 5.52) y con niveles de P bajos (7.14 ppm), sin mayor problema de fitopatógenos, las variedades Andenes y Yunguyo obtuvieron 852 y 1122 kg/ha respectivamente. Siendo similar la fertilización en ambos ensayos con la fórmula NPK 20-20-20, la fertilización foliar que se aplicó en la etapa fenológica de pre-floración pudo ser otro factor del presente estudio que ayudó a obtener mejores rendimientos.

Robles (1998) bajo con las condiciones de Shancayán – Huaraz, obtuvo para las variedades Yunguyo y Andenes rendimientos de 1930 y 1514 kg/ha, la siembra se realizó a finales de noviembre, en un suelo franco arcilloso arenoso con bajo fósforo (8 ppm) y una dosis de fertilización de NPK 30-80-60, durante el periodo del cultivo hubo una escasa precipitación de 229 mm totales y se aplicaron dos riegos al inicio de la campaña, la temperatura máxima y mínima fueron 18.3 y 4.2 °C, que se encuentran por debajo de la temperatura requerida por el cultivo.

4.2.2 Número de vainas por inflorescencia central

Según la tabla 15, el promedio fue 9 vainas por inflorescencia central y no hubo diferencia estadística para los ecotipos, variedades ni bloques. El coeficiente de variabilidad fue 24.9 %, el cual es apto para el presente estudio (Calzada, 1970). La variedad Andenes obtuvo 11 vainas por inflorescencia central, el testigo local Cholo Fuerte y Yunguyo obtuvieron 10 vainas por inflorescencia central, Altagracia obtuvo 9 vainas por inflorescencia central y el menor número lo obtuvo Patón Grande con 8 vainas por inflorescencia central.

4.2.3 Número de vainas por inflorescencias laterales

Según la tabla 15, se muestra que el promedio registrado de todas las variedades y ecotipos en estudio fue de 34 vainas por inflorescencia lateral. Existe una diferencia estadística altamente significativa para los ecotipos y variedades pero no hay diferencia para los bloques. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 23 % el cual es apto para el presente estudio (Calzada, 1970). La prueba de comparación de medias indica que Patón Grande, Altagracia y Cholo Fuerte obtuvieron 62, 50 y 41 vainas por inflorescencia lateral y superaron estadísticamente a Yunguyo y Andenes que obtuvieron 11 y 8 vainas por inflorescencia lateral respectivamente.

4.2.4 Número de vainas por planta

En la tabla 15, se muestra que el promedio fue de 44 vainas por planta y hubo diferencias estadísticas altamente significativas para los ecotipos y variedades. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 27.6 % el cual es apto para el estudio en condiciones de campo abierto (Calzada, 1970). La prueba de comparación de medias, indica que Patón Grande, Altagracia y Cholo Fuerte obtuvieron 70, 59 y 52 vainas por planta, respectivamente y superan estadísticamente a Yunguyo y Andenes con 21 y 19 vainas por planta, respectivamente.

Chino (2019) obtuvo bajo las condiciones de Zurite-Cusco, 28 vainas por planta para Andenes, siendo esta variedad procedente de Cusco y por lo tanto mejor adaptada, a diferencia de Marcará-Áncash, se encuentra a una mayor altura (3391 m.s.n.m), tiene mayor humedad relativa (75 %) y menor temperatura máxima y mínima (18.5 y 3.2 °C), la fecha de siembra fue a mediados de noviembre, en un suelo franco a franco arcilloso y se fertilizó con una fórmula de NPK 0-60-60.

Ticona (1975) citado por Camarena *et al.*, (2012) menciona que el número de vainas y la producción tienen una correlación positiva, en el rendimiento esta variable es un componente esencial porque la vaina es el órgano que contiene los granos, y así se puede proyectar al ecotipo o variedad que obtendrá los más altos rendimientos. En el presente estudio, los mayores rendimientos lo obtuvieron los ecotipos Altagracia, Patón Grande y el testigo local Cholo Fuerte, obteniendo también el mayor número de vainas por planta.



Figura 8: Estado fenológico de desarrollo del grano en las vainas de tarwi del estudio llevado a cabo en Vicos-Áncash durante la campaña 2017

4.2.4 Longitud de vaina

En la tabla 15, se muestra que el promedio obtenido fue de 73.8 cm de longitud de vaina y no hubo diferencia estadística para los ecotipos, variedades ni bloques. El coeficiente de variabilidad fue 8.5 %, el cual es apto para el presente estudio (Calzada, 1970). La mayor longitud de vaina la presenta la variedad Andenes con 80 mm, seguido del testigo Cholo Fuerte con 77.17 mm, Patón Grande con 78.5 mm, Yunguyo con 71.6 y la menor longitud de vaina la presentó Altagracia con 64.2 mm.

Mendoza (2014) en el distrito de Yungay-Áncash, registró que la variedad Andenes y el ecotipo Cholo Fuerte presentaron 88 y 93.9 mm de longitud de vaina, respectivamente, siendo los mismos genotipos, es muy probable que se adaptaron mejor a las condiciones de Yungay, que se encuentra a 3300 m.s.n.m, la siembra se realizó en el mes de febrero en un suelo ligeramente alcalino (7.3), bajo en P (2.3) pero medianamente alto en K (163) y con la misma fertilización NPK con la fórmula 20-20-20.

4.2.5 Anchura de vaina

En la tabla 15, se muestra que el promedio de la anchura de vaina fue de 16.8 mm y hubo diferencias estadísticas para los ecotipos y variedades pero no hubo diferencia para los bloques. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 4.8 % el cual es apto para el estudio (Calzada, 1970). La prueba de comparación de medias indica que Patón Grande obtuvo la mayor anchura de vaina con 19.1 mm superando estadísticamente al testigo local Cholo Fuerte, Altagracia y Andenes que obtuvieron 17.2, 16.3 y 16.2 mm de anchura de vaina, respectivamente, y estos superaron a Yunguyo con 14.9 mm de anchura de vaina.

Mendoza (2014), registró para el testigo local Cholo Fuerte y la variedad Yunguyo 16.1 y 15 mm de anchura de vaina, esta variable tiene una respuesta similar al presente estudio ya que son las características genéticas propias de cada ecotipo.

4.2.6 Espesor de vaina

En la tabla 15, se muestra que el promedio del espesor de vaina fue de 6.7 mm y no hubo diferencia estadística para los ecotipos, variedades ni bloques. El coeficiente de variabilidad obtuvo un valor de 16.1 % el cual es apto para el estudio (Calzada, 1970). El testigo local Cholo Fuerte presentó 7.3 mm, seguido de Patón Grande con 7.2 mm, Andenes y Yunguyo presentaron el mismo espesor de vaina con 6.7 mm y Altagracia presentó 5.9 mm de espesor de vaina.

De La Cruz (2018) obtuvo un promedio de 7 mm de espesor de vaina para Andenes INIA y 7.7 mm para Yunguyo, mientras que Aguilar (2015) en La Libertad, registró 8.3 mm de espesor de vaina para el ecotipo Patón Grande, las cuales son diferencias mínimas dadas por la interacción con las condiciones edafoclimáticas de cada zona.

4.2.7 Número de lóculos por vaina

En la tabla 15, se observa el promedio de 5 lóculos por vaina y que no hubo diferencia estadística para los ecotipos, variedades ni bloques. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 7.9 % el cual es apto para el estudio (Calzada, 1970).

Yunguyo obtuvo 6 lóculos por vaina, seguido de Andenes, Cholo Fuerte, Patón Grande y Altagracia que obtuvieron 5 lóculos por vaina.

Mendoza (2014) obtuvo similar respuesta al presente estudio para el testigo local Cholo Fuerte con 6 lóculos por vaina y para Yunguyo y Andenes INIA con 5 lóculos por vaina, por ser el mismo material genético y condiciones climáticas similares.

4.2.8 Número de granos por vaina

En la tabla 15, se muestra que el promedio obtenido fue 4 granos por vaina y que no hubo diferencia estadística para los ecotipos, variedades y bloques. El coeficiente de variabilidad fue 10.9 %, el cual es un valor adecuado para la presente investigación (Calzada, 1970). Yunguyo y Andenes obtuvieron 5 granos por vaina, y los ecotipos Cholo Fuerte, Patón Grande y Altagracia obtuvieron 4 granos por vaina, resultados que se encuentran dentro del rango de 1 a 8 semillas por vaina según Ticona (1975) citado por Camarena *et al.*, (2012).

En Shancayán – Huaraz, Robles (1998) obtuvo para las variedades Yunguyo y Andenes cuatro granos por vaina, la diferencia puede deberse al manejo con condiciones climáticas diferentes ya que la siembra se realizó a finales de noviembre, en un suelo franco arcilloso arenoso con bajo fósforo (8 ppm) y una dosis de fertilización de NPK 30-80-60, durante el periodo del cultivo hubo una escasa precipitación de 229 mm totales y se aplicaron dos riegos al inicio de la campaña, la temperatura máxima y mínima fueron 18.3 y 4.2 °C, que se encuentran por debajo de la temperatura requerida por el cultivo.

Tabla 15: Resultados, prueba de Duncan y análisis de varianza de rendimiento, n° de vainas/inflorescencia central y lateral, n° vainas/planta, longitud, anchura y espesor de vaina y n° de lóculos y granos/vaina de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash

Variedad/ Ecotipo	Rendimiento (kg/ha)	Número de vainas por inflorescencia central	Número de vainas por inflorescencia lateral	Número de vainas por planta	Longitud de vaina (mm)	Anchura de vaina (mm)	Espesor de vainas (mm)	Número de lóculos por vainas	Número de granos por vainas
Altagracia	3416 a	9 a	50 a	59 a	64.2 b	16.3 bc	5.9 a	5 b	4 b
Patón Grande	3400 a	8 a	62 a	70 a	75.8 ab	19.1 a	7.2 a	5 b	4 ab
Cholo Fuerte	2965 ab	10 a	41 a	52 a	77.2 a	17.2 b	7.3 a	5 ab	4 ab
Yunguyo	1984 b	10 a	11 b	21 b	71.6 ab	14.9 c	6.7 a	6 a	5 a
Andenes	1937 b	11 a	8 b	19 b	80.0 a	16.2 bc	6.7 a	5 ab	5 ab
Bloque	601821.26 N.S	3.49 N.S	167.64 N.S	124.07 N.S	59.23 N.S	0.09 N.S	1.16 N.S	0.28 N.S	0.28 N.S
Variedad/ecotipo	1618653.76 *	3.69 N.S	1692.22 **	1578.7 **	113.54 N.S	7.18 **	0.88 N.S	0.55 N.S	0.51 N.S
Promedio	2741	9	34	44	73.8	16.8	6.7	5	4
C. V. (%)	21.6	24.9	23	27.6	8.5	4.8	16.1	7.9	10.9

NS: No significativo

Significación estadística: * (p<0.05), ** (p<0.01)

4.2.9 Longitud de las semillas

En la tabla 16, se observa el promedio de longitud de las semillas, el cual fue 10.2 mm, además no se encontró diferencia estadística para los ecotipos, variedades ni bloques. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 3.2 % el cual es apto para el estudio (Calzada, 1970). Patón Grande, Cholo Fuerte y Altagracia registraron valores de 10.8, 10.3 y 10.2 mm de longitud de semilla, respectivamente y las variedades Andenes y Yunguyo obtuvieron 10.1 y 9.8 mm de longitud de semillas.

4.2.10 Anchura de semilla

En la tabla 16, se muestra que la anchura de semilla tuvo un promedio de 8.4 mm y hubo diferencia estadística altamente significativa para los ecotipos y variedades de tarwi. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 3.4 % el cual es apto para el estudio (Calzada, 1970). Según la prueba de comparación de medias, el ecotipo Patón Grande y el testigo local Cholo Fuerte obtuvieron 9.1 y 8.6 mm de anchura de semilla respectivamente y superaron estadísticamente a Andenes y Altagracia que obtuvieron 8.4 mm de anchura de semilla, y estos superaron estadísticamente a Yunguyo con 7.6 mm de anchura de semilla.

4.2.11 Espesor de la semilla

En la tabla 16, se observa que el espesor de la semilla tuvo un promedio de 4.5 mm y no hubo diferencia estadística para los ecotipos, variedades ni bloques. El resultado de coeficiente de variabilidad muestra un valor de 18 %, el cual es apto para el estudio realizado bajo condiciones de campo (Calzada, 1970). El ecotipo Altagracia presentó el mayor espesor de semilla con 6.1 mm, seguido del testigo local Cholo Fuerte y Patón Grande con 4.3 mm, Andenes con 4.2 mm y Yunguyo presentó el menor espesor de semilla de 3.6 mm.

4.2.12 Peso de 100 semillas

En la tabla 16, se muestra que el peso de 100 semillas tuvo un promedio de 21.6 g y hubo diferencia estadística altamente significativa para los ecotipos y variedades y diferencia estadística significativa para los bloques. El coeficiente de variabilidad muestra un valor de 10.8 %, el cual es apto para la presente investigación (Calzada, 1970). Según la prueba de Duncan a un nivel de 0.05 % de probabilidad estadística, Patón Grande, el testigo local Cholo Fuerte, Altagracia y Andenes obtuvieron 25.7, 23.2, 21.8 y 21.7 g, respectivamente, para la variable peso de 100 semillas, no hubo diferencias estadísticas entre estos, pero superaron estadísticamente a la variedad Yunguyo que obtuvo 15.5 g de peso de 100 semillas.

Mendoza (2014), bajo las condiciones de Yungay – Áncash, registró para Andenes, Cholo Fuerte y Yunguyo los pesos de 24, 23 y 22 g respectivamente, las diferencias podrían deberse a las diferentes condiciones que tiene Yungay a 3300 m.s.n.m., la fecha de siembra que se realizó en febrero, el suelo ligeramente alcalino (pH 7.3) y bajo en P (2.3 ppm) pero medianamente alto en K (163 ppm) y la fertilización fue la misma con la fórmula NPK 20-20-20.

Tabla 16: Resultados y prueba de Duncan de longitud, anchura y espesor de semilla y peso de 100 semillas de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash

Variedad/ Ecotipo	Longitud de semilla (mm)	Anchura de semilla (mm)	Espesor de semilla (mm)	Peso de 100 semillas (g)
Yunguyo	9.8 b	7.6 c	3.6 a	15.5 b
Cholo Fuerte	10.3 ab	8.6 ab	4.3 a	23.2 a
Andenes	10.1 b	8.4 b	4.2 a	21.7 a
Patón Grande	10.8 a	9.1 a	4.3 a	25.7 a
Altagracia	10.2 ab	8.4 b	6.1 a	21.8 a
Bloque	0.06 N.S	0.06 N.S	2.84 N.S	31.27 *
Variedad/ecotipo	0.38 N.S	0.83 **	2.54 N.S	42.19 **
Promedio	10.2	8.4	4.5	21.6
C. V. (%)	3.2	3.4	18.0	10.8

NS: No significativo

Significación estadística: * (p<0.05), ** (p<0.01)

4.2.13 Susceptibilidad a los insectos plaga y enfermedades

En la tabla 17, se muestra que la mayoría de ecotipos y variedades presentaron daños ligeros de gusanos de tierra (*Feltia* sp, *Agrotis* sp, otros) y el ecotipo Patón Grande presentó daños intermedios, presentando plántulas cortadas a la altura del cuello en la primera etapa de desarrollo vegetativo. Los insectos que se alimentan de las hojas, dejan agujeros, reduciendo su capacidad de fotosintetizar, Patón Grande tuvo daños ligeros, Yunguyo y Altagracia

presentaron daños intermedios y el testigo local Cholo Fuerte y Andenes no presentaron daños. *Astylus* sp, en el estado adulto se alimenta del polen y causa la caída y pudrición de las flores, estos daños se vieron en todos los ecotipos y variedades de tarwi a un nivel intermedio excepto en Yunguyo que presentó daños ligeros. En la época de escasez de lluvias, se vieron los daños del trips (*Frankliniella* sp) el cual es un insecto picador chupador que raspa las flores y hojas dejándolas con áreas sin clorofila, se alimentan del polen y producen la caída de flores, el testigo local Cholo Fuerte tuvo daños de nivel intermedio, por otro lado Andenes, Altagracia y Patón Grande tuvieron daños ligeros y Yunguyo no presentó daños. Otra de las plagas que se evaluó fue la mosca minadora (*Liriomyza* sp) que ingresa al mesófilo de las hojas en su estadio larval, se alimenta y hace galerías en su recorrido que fueron visualizadas en Yunguyo con un nivel intermedio, en Patón Grande y Altagracia causó daños de nivel ligero y en Andenes y el testigo local Cholo Fuerte no se vio daños. En la figura 9, se puede observar el estado adulto de *Astylus* sp, el daño de *Frankliniella* sp y de comedores de hoja.

Tabla 17: Susceptibilidad a insectos plaga de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash

Variedad/ Ecotipo	Gusanos de tierra <i>Feltia</i> sp <i>Agrotis</i> sp	Comedores de hoja	<i>Astylus</i> sp	Trips <i>Frankliniella</i> sp	Mosca minadora <i>Liriomyza</i> sp
Yunguyo	2	5	2	0	5
Cholo Fuerte	2	0	5	5	0
Andenes	2	0	5	2	0
Patón Grande	5	2	5	2	2
Altagracia	2	5	5	2	2

0: No síntomas 2: Ligera 5: Intermedia 7: Severa 9: Letal

En la tabla 18, se muestra que Andenes presentó daños de nivel intermedio de chupadera fungosa (*Rhizoctonia solani*) por lo tanto tuvo tolerancia de nivel intermedio, Yunguyo, el testigo local Cholo Fuerte, Patón Grande y Altagracia presentaron daños ligeros, por lo tanto, tuvieron alta tolerancia. La presencia de chupadera fungosa se debió a las condiciones de la zona y de la temporada ya que en los meses de febrero y marzo la humedad relativa y precipitaciones crean el ambiente adecuado para su desarrollo, afectando a las plántulas recién emergidas. Además, la alta capacidad retentiva de agua del suelo franco arcilloso en

un clima frío propició el desarrollo de esta enfermedad (Cerrate y Camarena, 1981 citados por Agüero, 2018). Los síntomas fueron la necrosis principalmente en las raicillas que llegó hasta el cuello de planta y posteriormente causó su muerte. El clima también favoreció el desarrollo de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) ya que las salpicaduras de la lluvia favorecen la diseminación de sus conidias húmedas, es así como Yunguyo y Andenes presentaron daños severos, Patón Grande presentó síntomas intermedios o tolerancia moderada y el testigo local Cholo Fuerte y Altagracia presentaron síntomas ligeros, por lo tanto, alta tolerancia. De igual forma, la roya (*Uromyces lupini*) fue otro patógeno favorecido por las condiciones climáticas de lluvias y humedad relativa alta, se observaron pústulas anaranjadas en el envés de las hojas que se acentuaron en la etapa de floración, el daño fue de nivel intermedio para todos los ecotipos y variedades de tarwi por lo tanto tuvieron tolerancia moderada. Para el caso de alternariosis (*Pleiochaeta setosa*), Yunguyo no tuvo síntomas, Altagracia tuvo daños ligeros por lo tanto tolerancia alta y el testigo local Cholo Fuerte, Andenes y Patón Grande tuvieron daños intermedios o tolerancia moderada. En la figura 9, se puede observar algunos síntomas causados por *Rhizoctonia solani*, *Pleiochaeta setosa* y *Colletotrichum gloeosporioides*.

Tabla 18: Susceptibilidad a las enfermedades de los ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash

Variedad/ Ecotipo	Chupadera fungosa <i>Rhizoctonia solani</i>	Antracnosis <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Roya <i>Uromyces lupini</i>	Alternaria <i>Pleiochaeta setosa</i>
Yunguyo	2	7	5	0
Cholo Fuerte	2	2	5	5
Andenes	5	7	5	5
Patón Grande	2	5	5	5
Altagracia	2	2	5	2

0: No síntomas 2: Ligera 5: Intermedia 7: Severa 9: Letal

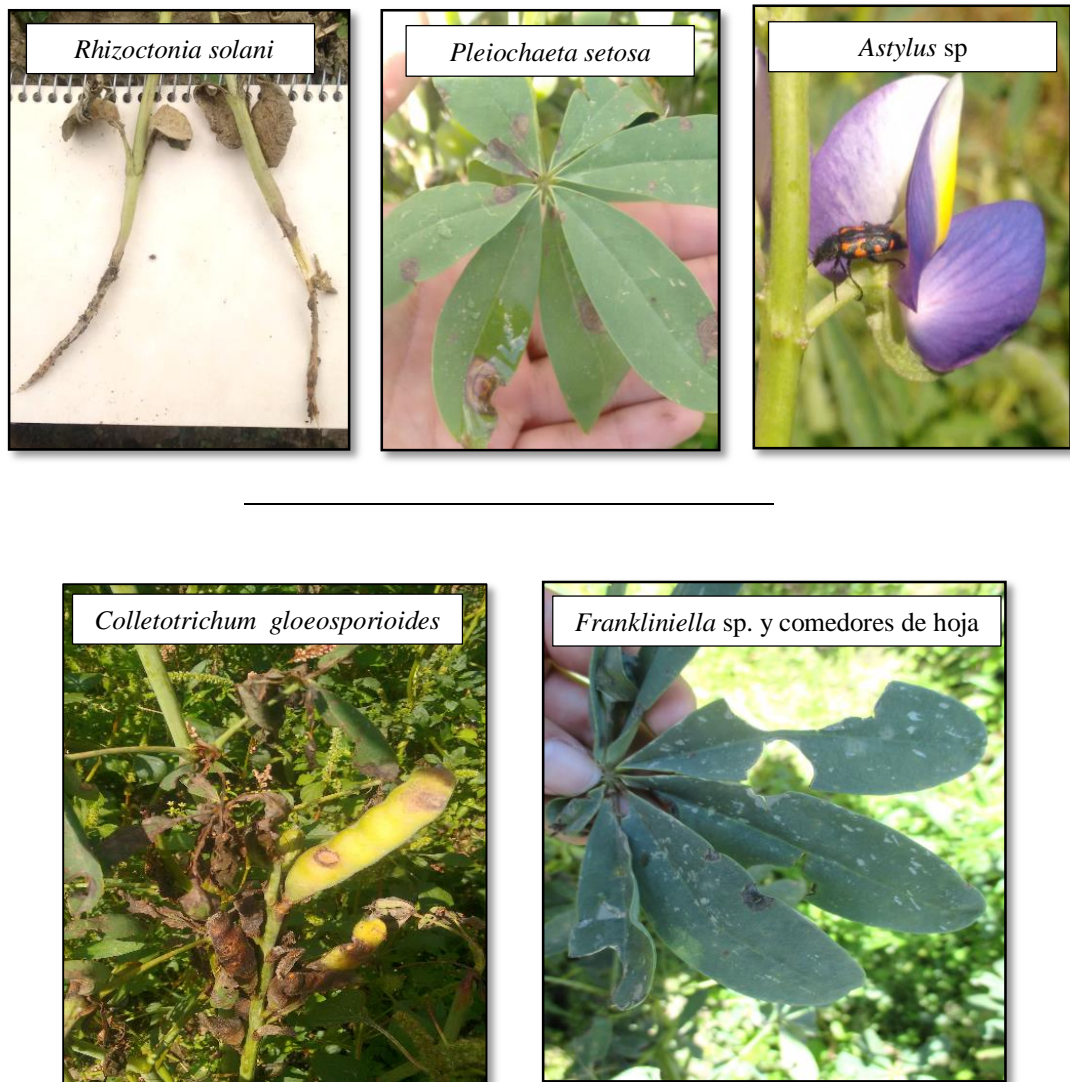


Figura 9: Plagas y sintomatología en plantas de tarwi del estudio llevado a cabo en Vicos-Áncash durante la campaña 2017

4.3 RENDIMIENTO DEL GRANO DESAMARGADO

4.3.4 Volumen del grano amargo

Las muestras que se tomaron para la medición del volumen de grano amargo fue de 100 g. En la tabla 19, se muestra que el volumen del grano amargo tuvo un promedio de 92 ml y no hubo diferencia estadística para los ecotipos, variedades ni bloques. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 7.9 % el cual es apto para el presente estudio (Calzada, 1970). Las muestras de 100 g de grano amargo de Altagracia, el testigo local Cholo Fuerte, Andenes, Patón Grande y Yunguyo obtuvieron 96, 93, 92, 91 y 90 ml respectivamente.

El volumen depende de las dimensiones del grano y el espesor es uno de los factores que más atribuye, Altagracia obtuvo el mayor espesor de semilla con 6.1 mm y longitud y anchura de semilla medios entre los ecotipos evaluados, obteniendo el mayor volumen de grano amargo. El testigo local Cholo Fuerte obtuvo un espesor medio de la semilla, con 4.3 mm, y longitud y anchura de semilla medios, obteniendo 93 ml de volumen de grano amargo. El ecotipo Andenes obtuvo valores medios para espesor, longitud y anchura de semilla y su volumen de grano amargo fue de 92 ml. El ecotipo Patón Grande, aunque obtuvo la mayor longitud y anchura de semilla, obtuvo un espesor medio de semilla y 91 ml de volumen de grano amargo y la variedad Yunguyo que registró el menor espesor, anchura y longitud de semilla, obtuvo 90 ml de volumen de grano amargo.

4.3.5 Volumen de grano desamargado

En la tabla 19, se muestra que el volumen de grano desamargado para las muestras de 100 g, tuvo un promedio de 263 ml y hubo diferencia estadística altamente significativa para los ecotipos y variedades. El coeficiente de varianza fue 1.93 %, el cual es un valor aceptable para el presente estudio (Calzada, 1970). La prueba de comparación de medias indica que Patón Grande, Yunguyo, Altagracia y el testigo local Cholo Fuerte registraron 270, 269, 265 y 261 ml de volumen de grano amargo y superaron a Andenes con 253 ml.

4.3.6 Incremento del volumen

En la tabla 19, se muestra el promedio del incremento del volumen que fue 2.8 veces, además no hubo diferencia estadística para los ecotipos, variedades ni bloques. El coeficiente de

variabilidad fue 7.32 %, el cual es un valor adecuado para el estudio realizado (Calzada, 1970). Yunguyo, Patón Grande, Cholo Fuerte, Altagracia y Andenes obtuvieron 301, 298, 284, 279 y 284 % de incremento de volumen respectivamente.

Ortega *et al.*, (2010) menciona que la hidratación del grano depende de su estructura porosa que se hidrata y aumenta en volumen además del tamaño del grano, es por ello que Patón Grande y Yunguyo registraron los menores volúmenes de grano amargo a comparación de los otros ecotipos y variedades; sin embargo, obtuvieron los mayores incrementos del volumen de grano.

4.3.7 Peso del grano desamargado

En la tabla 19, se muestra que el peso del grano desamargado tuvo un promedio de 269.8 g, y hubo diferencias estadísticas altamente significativas para los ecotipos y variedades. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 1.14 % el cual es apto para el estudio (Calzada, 1970). La prueba de comparación de medias indica que Patón Grande y Yunguyo obtuvieron 277.7 y 276.6 g de peso del grano desamargado y superaron a Altagracia y el testigo local Cholo Fuerte con 268.2 y 266.2 g de peso del grano desamargado y un tercer grupo estadístico conformado por la variedad Andenes con 260.2 g de peso del grano desamargado.

Al igual que el volumen, el peso no sólo depende de las dimensiones del grano, Patón Grande registró el mayor peso del grano desamargado y la mayor longitud y anchura de semilla y Yunguyo le siguió en peso, pero registró las menores dimensiones de semilla a comparación de los demás ecotipos y variedades. Meneses *et al.*, (1996) citado por Quispe (2015) menciona que la hidratación del grano es el factor clave para el incremento del peso, es por ello que Patón Grande y Yunguyo alcanzaron los mejores pesos después del desamargado, ya que la capacidad de hidratación depende del espesor de la testa, espesor del cotiledón y forma del grano.

En el presente estudio el mínimo incremento de peso finalizando el proceso de desamargado fue 2.6 veces el peso inicial, mientras que en el estudio de Quispe (2015), se obtuvo para las variedades Andenes y Yunguyo un incremento de 2.3 y el ecotipo Cholo Fuerte un incremento de 1.1 veces su peso, las diferencias podrían ser por las diferencias en el procedimiento de desamargado, ya que la cocción se dio con un cambio de agua a los 30 min y en el lavado el cambio de agua fue cada 24 h.

4.3.8 Densidad aparente del grano amargo

En la tabla 19, se muestra que la densidad del grano amargo tuvo un promedio de 1.08 g/cm^3 , y no hubo diferencias estadísticas para los ecotipos y variedades. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 1.08 % el cual es apto para el estudio (Calzada, 1970).

4.3.9 Densidad aparente del grano desamargado

En la tabla 19, se muestra que la densidad del grano amargo tuvo un promedio de 1.02 g/cm^3 , y no hubo diferencias estadísticas para los ecotipos y variedades. El coeficiente de variabilidad tuvo un valor de 1.02 % el cual es apto para el estudio (Calzada, 1970). Se observa que la densidad del grano desamargado es menor a la densidad del grano amargo, debido al aumento de tamaño o volumen en el proceso de desamargado, ya que los granos con mayor contenido de humedad emplearán mayor espacio, el cual está ocupado por agua cuya densidad es menor que la densidad de los granos de tarwi. La densidad aparente de los granos es un factor importante en el control de calidad, cálculo y diseño de sistemas de desamargado, sistemas de transporte, limpieza y clasificación.

Tabla 19: Resultados, prueba de Duncan y análisis de varianza del volumen, peso y densidad aparente del grano amargo y desamargado de muestras de 100 g de las variedades y ecotipos de tarwi conducidos en Marcará-Áncash

Variedad/Ecotipo	Volumen de grano amargo (ml)	Volumen de grano desamargado (ml)	Incremento en volumen (%)	Peso del grano desamargado (g)	Densidad aparente del grano amargo (g/cm³)	Densidad aparente del grano desamargado (g/cm³)
Yunguyo	90 a	269 a	301 a	276.6 a	1.11 a	1.03 a
Cholo Fuerte	93 a	261 ab	284 a	266.2 cb	1.08 a	1.02 a
Andenes	92 a	253 b	278 a	260.2 c	1.09 a	1.03 a
Patón Grande	91 a	270 a	298 a	277.7 a	1.10 a	1.03 a
Altagracia	96 a	265 a	279 a	268.2 b	1.04 a	1.01 a
Variedad/Ecotipo	21.87 N.S	187.8 **	494.21 N.S	215.89 **	0.01 N.S	0.00 N.S
Promedio	92	263	288	269.8	1.08	1.02
C. V. (%)	7.97	1.93	7.317988	1.14	8.37	2.94

NS: No significativo

Significación estadística: * (p<0.05), ** (p<0.0)

4.4 PRUEBA SENSORIAL

En la tabla 20, se observa para la totalidad de ecotipos y variedades que el 58 % de los panelistas clasificaron de color crema a los granos desamargados y el 42 % los clasificó de color crema oscuro. El 92 % de los panelistas calificaron a Patón Grande como sabor agradable y el 8 % como sabor no agradable, mientras que las otras variedades y ecotipos tuvieron el 100 % de calificación como sabor agradable. Andenes obtuvo el 83 % de calificación como textura suave o intermedia y el 17 % como textura dura, mientras que Patón Grande y el testigo local Cholo Fuerte obtuvieron 92 % de calificación como textura suave o intermedia y 8 % como textura dura, Altagracia y Yunguyo fueron calificadas como textura suave en su totalidad. El testigo local Cholo Fuerte y Altagracia fueron calificados al 100 % sin amargor, mientras que Andenes, Yunguyo y Patón Grande obtuvieron un 83 % de calificación para granos sin amargor y el 17 % para granos con ligero amargor. Se infiere que el proceso de desamargado de tarwi tuvo un tiempo adecuado al obtener en su mayoría un sabor agradable.

Tabla 20: Resultados de los 12 panelistas que eligieron una alternativa en la prueba sensorial de tarwi fresco y desamargado.

Característica sensorial	Alternativa	Andenes	Patón Grande	Cholo Fuerte	Altagracia	Yunguyo
Color	Crema	7	8	8	7	10
	Crema oscuro	5	4	4	5	2
Sabor	Agradable	12	11	12	12	12
	Desagradable	0	1	0	0	0
Textura	Suave/Intermedio	10	11	11	12	12
	Duro	2	1	1	0	0
Amargor	Sin amargor	10	10	12	12	10
	Ligero	2	2	0	0	2

V. CONCLUSIONES

- Las dos variedades y los tres ecotipos promisorios de tarwi presentaron caracteres morfoagronómicos similares en porte de planta, ramificación, longitud de inflorescencia y altura de planta y exhibieron diferencias en el tipo de crecimiento, formación de tallo y color de las flores. Andenes y Yunguyo obtuvieron el menor número de ramas y la mayor precocidad al ser cosechados a los 5 meses.
- Altagracia, Patón Grande y el testigo local Cholo Fuerte registraron los mejores rendimientos de grano seco sin desamargar con 3416, 3400 y 2965 kg/ha, respectivamente.
- El proceso de desamargado incrementó en más de 2.7 veces el volumen de grano de todas las variedades y ecotipos. Sobre el rendimiento, Patón Grande y Yunguyo incrementaron en 2.8 veces el peso del grano y de acuerdo a la prueba sensorial, el protocolo de desamargado fue adecuado y Altagracia obtuvo la total aceptabilidad de sabor, textura y libre de amargor.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir evaluando en diferentes localidades y años el ecotipo Altagracia por obtener buen rendimiento de grano seco y el ecotipo Patón Grande por obtener buen rendimiento de grano seco y grano desamargado en la presente investigación.
- Realizar investigaciones sobre el manejo integrado de plagas en el cultivo de tarwi, para establecer un adecuado control que permita mejorar los rendimientos y calidad de grano.
- Se recomienda realizar el proceso de desamargado de tarwi, de acuerdo al protocolo utilizado en el presente estudio, adicionalmente continuar con investigaciones que incluyan el porcentaje de materia seca del grano y un modelo estadístico para la prueba sensorial.

VII. BIBLIOGRAFÍA

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 para optar el título de ingeniero agrónomo). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

Agüero, S. (2018). Sistemas de producción de *Lupinus mutabilis* Sweet chocho en terrazas y laderas con fertilización fosfatada en Cajamarca. (Tesis para optar el grado de Magister scientiae en suelos). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.

Caicedo, C; Peralta, E. (2000). Zonificación potencial, sistemas de producción y procesamiento artesanal del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador. Boletín técnico No 89. Programa Nacional de Leguminosas. Estación experimental Santa Catalina. Instituto Nacional Autónomo

de Investigación Agropecuarias. Quito-Ecuador. Disponible en:

<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/441/4/iniapscbt89.pdf>

Caicedo, C.; Peralta, E. (2001). El cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) Fitonutrición, enfermedades y plagas en el Ecuador. Estación experimental Santa Catalina Programa Nacional de Leguminosas. Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuarias. Quito – Ecuador.

Calzada, B. (1970). Métodos estadísticos para la investigación. 3. Ed., Lima, Perú. 643 p.

Disponible en:

<https://tarwi.lamolina.edu.pe/~fmendiburu/indexfiler/academic/metodos1/capitulo2.pdf>

Camarena, F; Huaranga, A; Jiménez, J; Mostacero E. (2012). Revaloración de un cultivo subutilizado: chocho o tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Primera edición. Universidad Nacional Agraria de La Molina – Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. 104p.

Carvajal, F. (2013). Managing technological aspects of *Lupinus mutabilis* from a food sovereignty perspective in Ecuador. (PhD thesis). Wageningen University, Wageningen, NL. 232 p.

Chino, M. (2019). Determinación de rotación y densidades apropiadas del cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en dos sectores de Zurite-Anta-Cusco. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco-Perú.

De La Cruz, N. (2018). Caracterización fenotípica y de rendimiento preliminar de ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), bajo las condiciones del Callejón de Huaylas – Áncash. (Tesis para optar el título de Ingeniero agrónomo). Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (s.f). Cultivos Andinos. Tarwi o Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Consulta 22 de febrero de 2017. Disponible en http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:o9bomCtw-soJ:www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro10/cap03_1_3.htm&hl=qu&gl=pe&strip=0&vwsrc=0

Fernández, E. (2017). Determinación del contenido de antinutrientes en tres variedades de chocho (Andino INIAP 450, Guaranguito INIAP 451 y Criollo). (Tesis para obtener el título de Licenciado en Ciencias Químicas con Mención en Química Analítica). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador.

Garay, C. (2015). El tarwi, alternativa para la lucha contra la desnutrición infantil. Manual técnico. Consultado 16 de enero del 2019. Disponible en file:///D:/Downloads/Garay-El_tarwi_alternativa....contra_la_desnutricion_infantil.pdf

Gutiérrez, A., Infantes, M., Pascual, G., Zamora, J. (2016). Evaluación de los factores en el desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Agroindustrial Science* (6): 145-149.

Huaringa, A. 2016. Caracterización fenotípica preliminar de 14 ecotipos de tarwi provenientes de Puno, Cusco y La Libertad y evaluación preliminar de la capacidad simbiótica de cepas nativas de los ecotipos de tarwi. Simposio regional del chocho *Lupinus mutabilis*. Quito-Ecuador.

Huaringa, A. De La Cruz, N., Camarena, F., Caycho, P., Mostacero, E., Patricio, M. (2019a). Evaluación fenotípica y prueba preliminar de rendimiento de los ecotipos de tarwi *Lupinus mutabilis* Sweet cultivados en Carhuaz, Áncash. Universidad Nacional Agraria La Molina. Conferencia Internacional de Lupino. Cochabamba-Bolivia

Huaringa, A., Ubillús M., Rojas, V., Sotelo M. (2019b). Rendimiento en grano seco, desamargado y proteína de cinco ecotipos promisorios de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) cultivados en Vicos, Marcará, Áncash, Perú. VI Congreso Internacional de Quinoa y Granos Andinos del 25 al 29 marzo en Iquique-Chile.

IBPGR (Consejo Internacional de Recursos fitogenéticos) (1981). Descriptor de *Lupinus*. Roma-Italia. 68p.

ITIS (Sistema Integrado de Información Taxonómica) (2020). *Lupinus mutabilis* Sweet. Disponible en <https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt#null>

Jacobsen S., Mujica A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y sus parientes silvestres. Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú. Disponible en https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36375444/Capitulo_28.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1542056436&Signature=H%2Bx5ti

vbHBgrbvqkH4sN4UPsTpo%3D&response-content-disposition=inline%3B%
20filename%3DEl_tarwi_Lupinus_mutabilis_Sweet._y_sus.pdf

Jacobsen S., Mujica A. (2008). Geographical distribution of the Andean Lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). Department of Agriculture And Ecology, Faculty of Life Sciences, Copenhagen University. Escuela de Postgrado. Universidad del Altiplano. Disponible en http://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/NL_155_complete.pdf#page=5

León V. (2017). Diseño de una planta agroindustrial para el desamargado de chocho *Lupinus mutabilis*. (Tesis previa a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.

Mayhua, F. (2012). Adaptación y comparativo de rendimiento de la variedad Andenes 90 y siete líneas de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), en condiciones de Pampachacra-Huancavelica. (Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo). Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Jauja – Perú.

Mendoza, D. (2014). Evaluación de la adaptabilidad de diez ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en condiciones del sector de Pia Corral Distrito de Shupluy Provincia Yungay a 3300 m.s.n.m. (Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz – Perú.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego) (2020). Sistema integrado de estadística Agraria. Serie de estadísticas de producción agrícola. Disponible en <http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=salida>

Narbona, E., Buide, L., Casimiro-Soriguer I., Del Valle J. (2014). Polimorfismos de color floral: causas e implicaciones evolutivas. *Ecosistemas* 23 (3): 36-47. España. Disponible en <file:///D:/Downloads/897-3019-1-PB.pdf>

Ortega, E., Rodríguez, A., David, A. Zamora-Burbano A. (2010). Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. Vol. 59. Escuela de Ingeniería de Alimentos, Grupo de Investigación GIPAB. Universidad del Valle, Cali-Colombia. Consultado el 9 de abril del 2020. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122010000100014

Parody, B. (s.f). La biotecnología y las plantas ornamentales. INTA-CONICET. Argentina. Disponible en: <https://docplayer.es/7169496-La-biotecnologia-y-las-plantas-ornamentales.html>

Peralta, E., Mazón, Á., Murillo, M., Rivera, D., Rodríguez, L., Lomas, C. (2012). Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinoa, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de producción. Tercera edición. Publicación Miscelánea No. 69. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 68 p. Consultado el 20 de diciembre de 2017. Disponible en <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/MANUAL%20AGRICOLA%20GRANOS%20ANDINOS%202012.pdf>

PLGO (Programa de Leguminosas y Oleaginosas de Grano) (2004). Recomendaciones para evaluación de experimentos y germoplasma de leguminosas de grano. Informe anual. Universidad Nacional Agraria La Molina. 18p.

Quico, L. (2013). Evaluación y selección de noventa y tres líneas de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) para el rendimiento de grano bajo condiciones de K'ayra – Cusco. (Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo). Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco. Cusco, Perú.

Quispe, D. (2015). Composición nutricional de diez genotipos de lupino (*L. mutabilis* y *L. albus*) desamargados por proceso acuoso. (Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en tecnología de alimentos). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Quispe, E. (2018). Diseño de un equipo para el procesamiento del desamargado del tarwi. (Tesis para optar el título de ingeniero mecánico). Facultad de Ingeniería de Producción y Servicios. Universidad Nacional De San Agustín. Arequipa, Perú.

Reyes, E.; Huaringa, A. (2018). Diagnóstico de enfermedades en el germoplasma de tarwi evaluado en condiciones de Wetpampa, Tuyo Alto, Marcará. En el II Informe del Proyecto Investigación biotecnológica de la cadena productiva del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) mediante la innovación fitotécnica de 30 ecotipos, procesamiento integral del grano y validación de métodos de análisis cualitativo y cuantitativo de alcaloides y proteínas. Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas. Universidad Nacional Agraria La Molina. 18 p.

Robles C. (1998). Comparativo del rendimiento de 08 ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) bajo condiciones del Callejón de Huaylas (3180 m.s.n.m) Huaraz – Áncash. (Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Áncash Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Perú.

Rodríguez, A. (2009). Evaluación in vitro de la actividad antibacteriana de los alcaloides del agua de desamargado del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). (Tesis para optar el título de bioquímico farmacéutico). Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

Rodríguez W., Rojas E. (s.f.). Manual del cultivo de tarwi. Proyecto “Mejoramiento de la competitividad de la cadena productiva de los cultivos andinos quinua, tarwi y haba en las provincias de Cajabamba, Cajamarca, San Marcos, Celendín, Hualgayoc, Cutervo, Chota y San Pablo de la Región Cajamarca. Gobierno Regional de Cajamarca. Cajamarca-Perú. 21p.

Rojas, A. (2010). Caracterización físico – mecánica de la semilla de vitabosa (*Mucuna deeringiana*). (Trabajo de investigación como requisito parcial, para optar al título de Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia.

SAS Institute (2011). The SAS system for Windows. Release 9.2. SAS Inst., Cary, NC.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) (2017). Datos hidrometeorológicos a nivel nacional. Consultado el 22 de enero 2019. Disponible en:

https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapa-estaciones/_dat_esta_tipo.php?estaciones=000426

Suca C.; Suca G. (2015). Potencial del Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial. Revista Peruana de Química e Ingeniería Química. Vol. 18, N.º 2, 2015, págs. 55-71. Disponible en <https://docplayer.es/77006513-Potencial-del-tarwi-lupinus-mutabilis-sweet-como-futura-fuente-proteinica-y-avances-de-su-desarrollo-agroindustrial.html>

Tapia, M.; Fries A. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. Pág. 96-102. Consulta 08 de enero de 2017 .Disponible en <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s04.pdf>

Tapia, M. (2015). El tarwi, lupino andino. Tarwi, Tauri o Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) Cultivo. Perú. Corporación Gráfica Universal SAC. 103 páginas.

Tapia. M. (2016). El estado de arte en el Perú sobre el chocho, tarwi o tauri (*Lupinus mutabilis* Sweet). Perú. Consultado 15 enero 2019. Disponible en http://siatma.org/sitios/biblioteca/uploads/2._Mario_Tapia_.pdf

Tarazona, P. (2017). Evaluación de la adaptabilidad de diez ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en la comunidad campesina de Vicos distrito de Marcará, provincia de Carhuaz a 3100 m.s.n.m. (Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Perú.

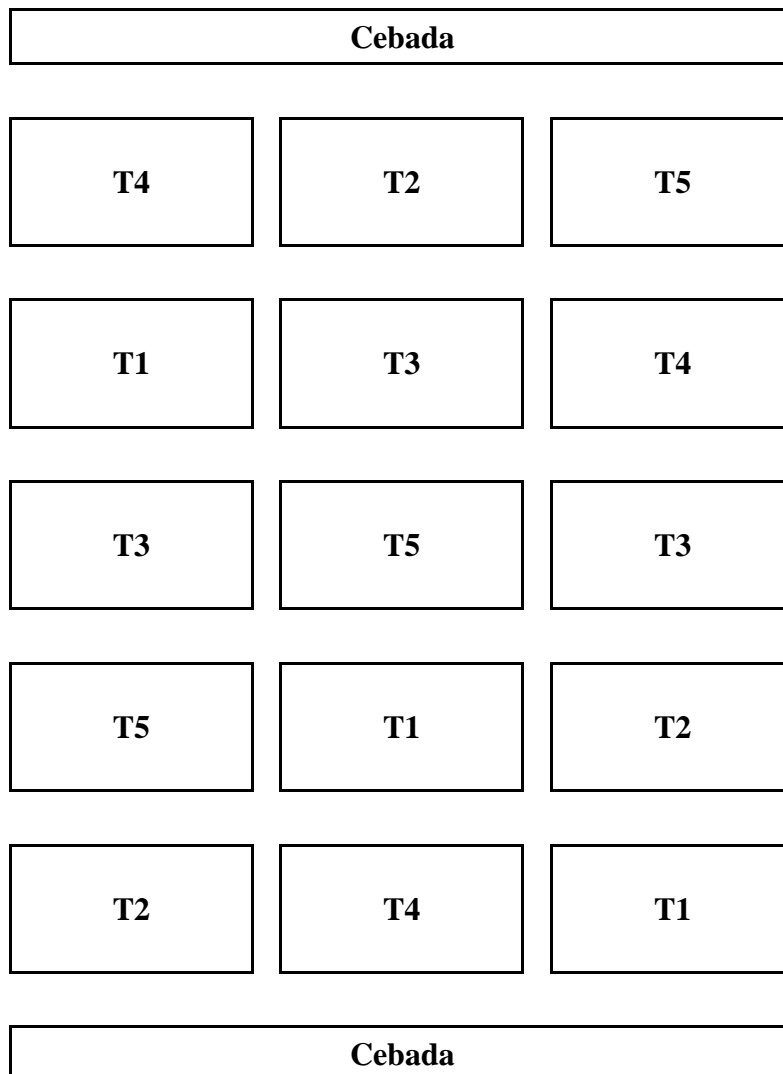
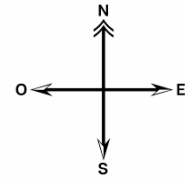
Valverde V. (2004). Introducción de variedades mejoradas de chocho (*Lupinus mutabilis*, Sweet) en áreas tratadas en conservación de suelos. (Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Perú.

Villacreses R. (2011). Evaluación del procesamiento artesanal del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) sobre el consumo de agua, tiempo empleado y la calidad nutricional y microbiológica. Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador.

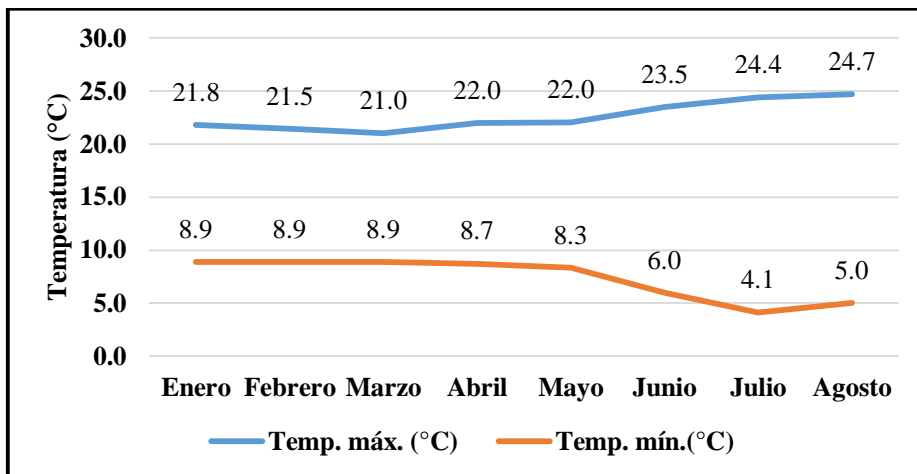
Villacrés, E., Rubio, A., Egas, L., Segovia, G. (2006). Usos alternativos del chocho. Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) Alimento Andino Redescubierto. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Boletín Divulgatorio N° 333. Quito, Ecuador. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/298/1/iniapscbd333.pdf>

VIII. ANEXOS

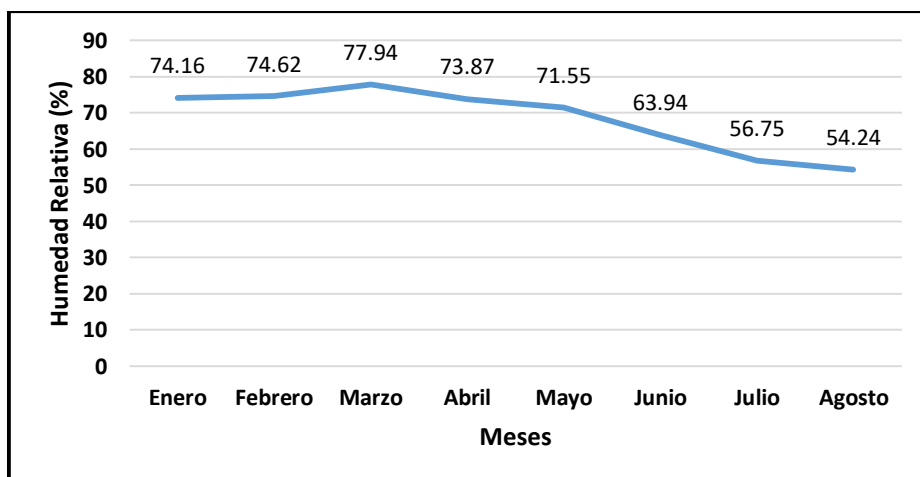
ANEXO 1: Croquis experimental del estudio conducido en Marcará, Áncash en la campaña 2017



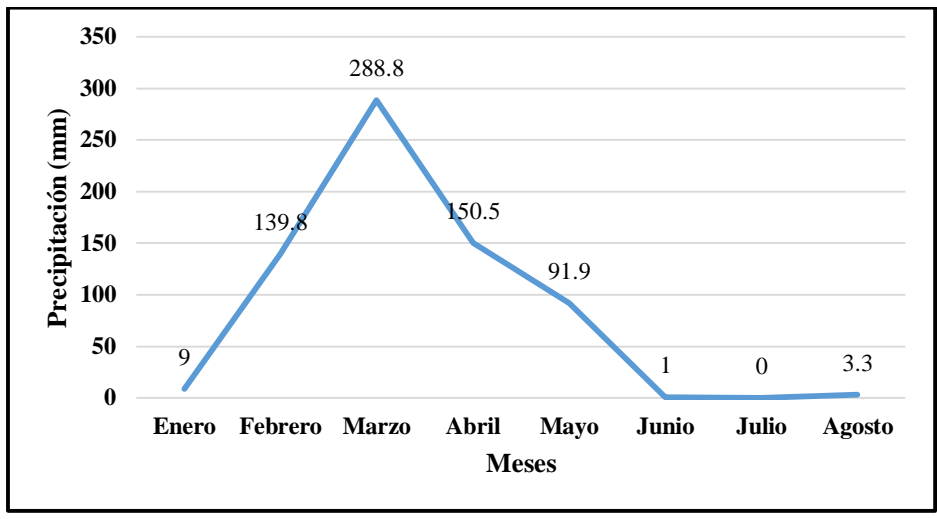
**ANEXO 2: Datos de la estación meteorológica "Santiago Antúnez De Mayolo" durante el presente estudio
conducido en Vicos – Áncash (2017)**



Fuente: SENAHMI (2017)

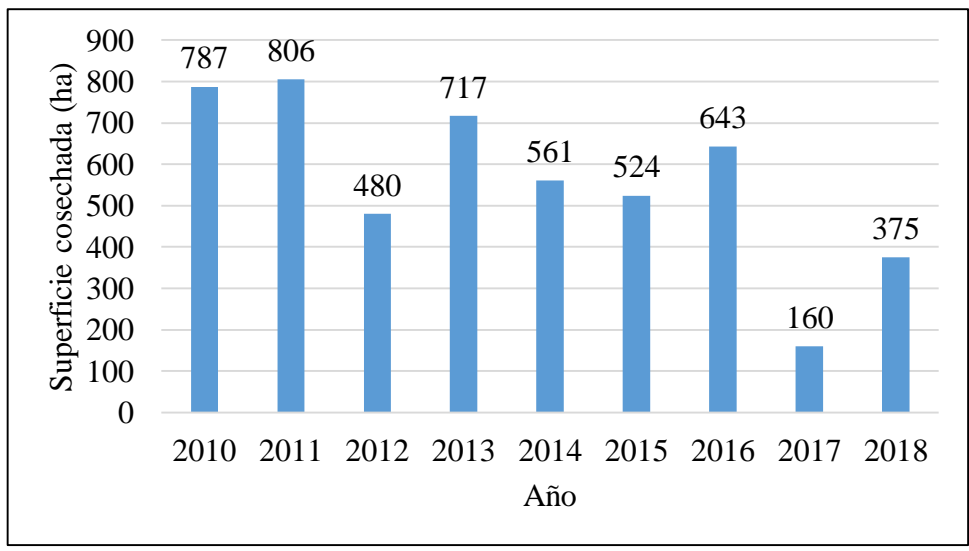


Fuente: SENAHMI (2017)

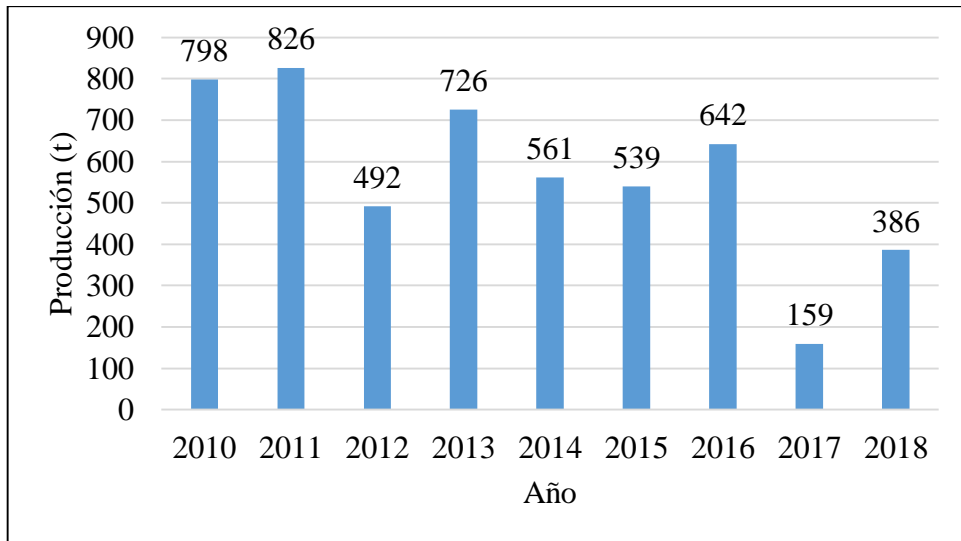


Fuente: SENAHMI (2017)

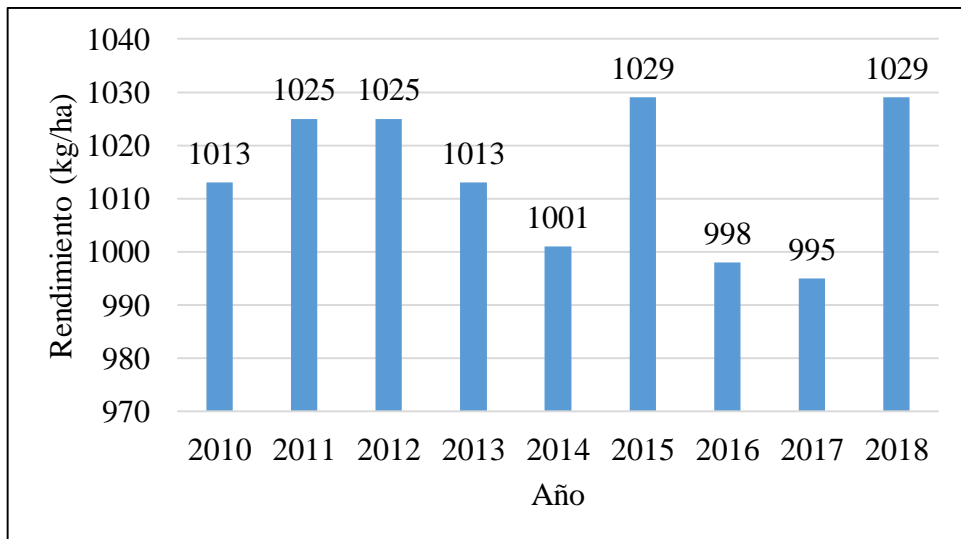
ANEXO 3: Datos estadísticos de la superficie cosechada, producción, rendimiento y precio en chacra de tarwi en el departamento de Áncash en el periodo 2010-2018



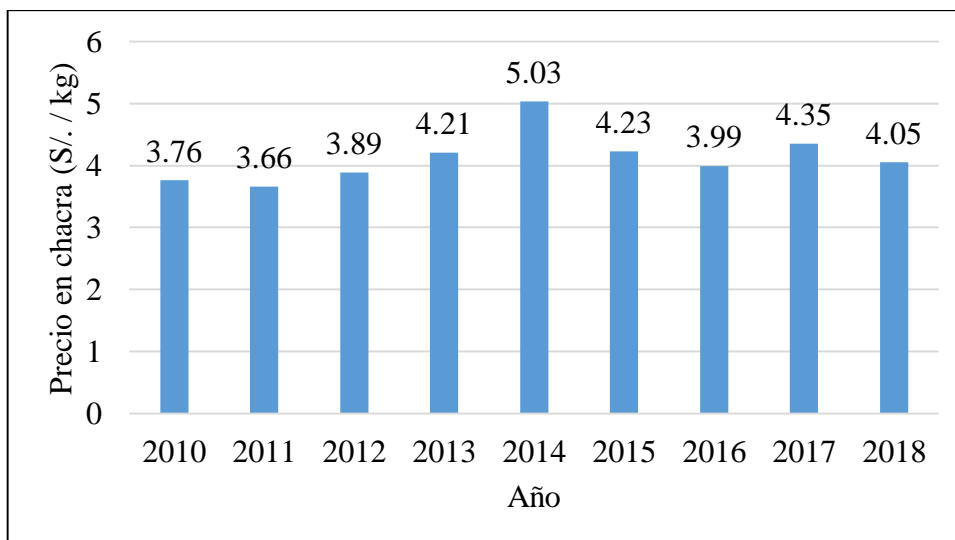
Fuente: MINAGRI (2020)



Fuente: MINAGRI (2020)

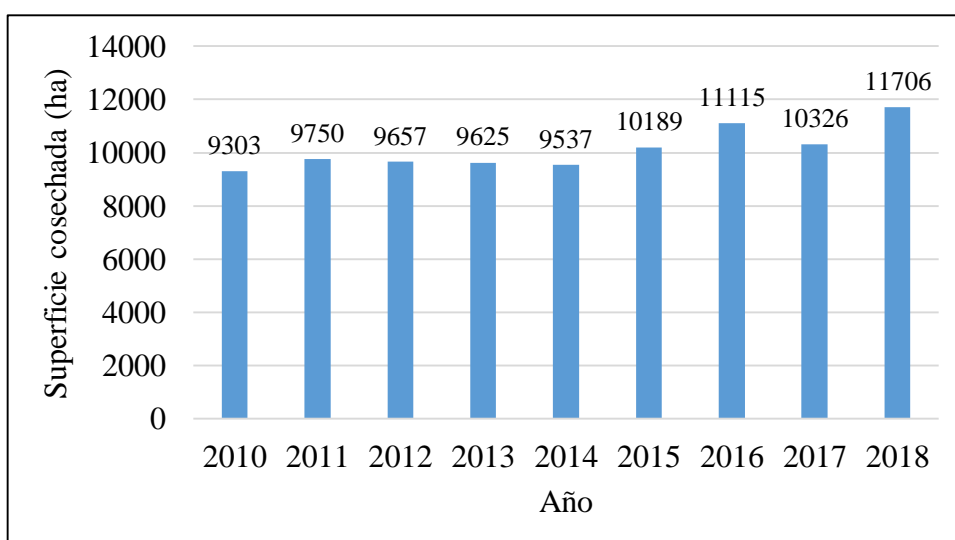


Fuente: MINAGRI (2020)

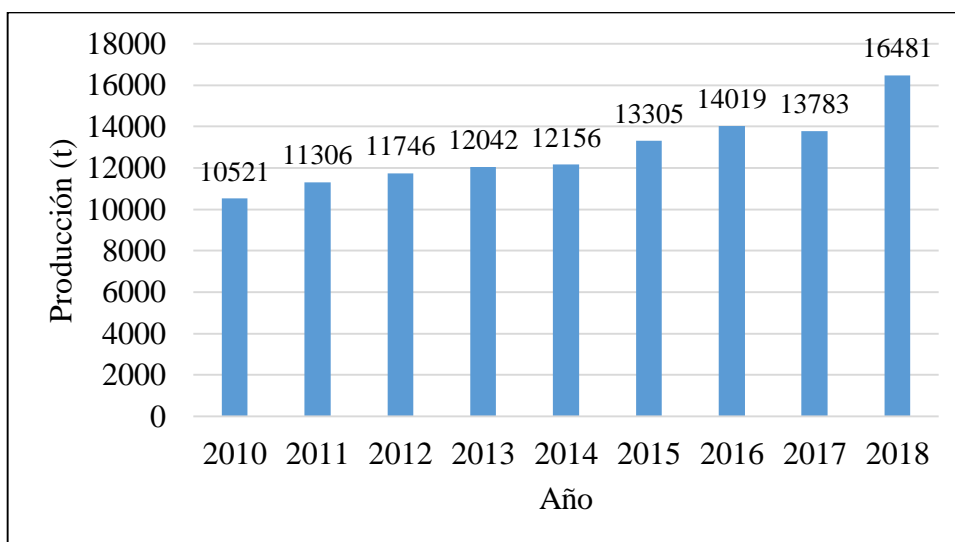


Fuente: MINAGRI (2020)

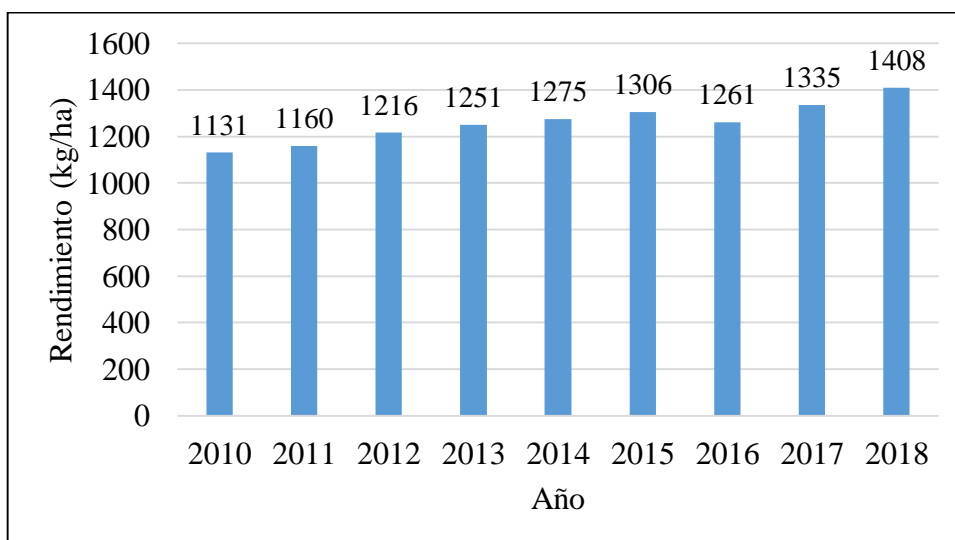
ANEXO 4: Datos estadísticos de la superficie cosechada, producción, rendimiento y precio en chacra a nivel nacional en el periodo 2010-2018



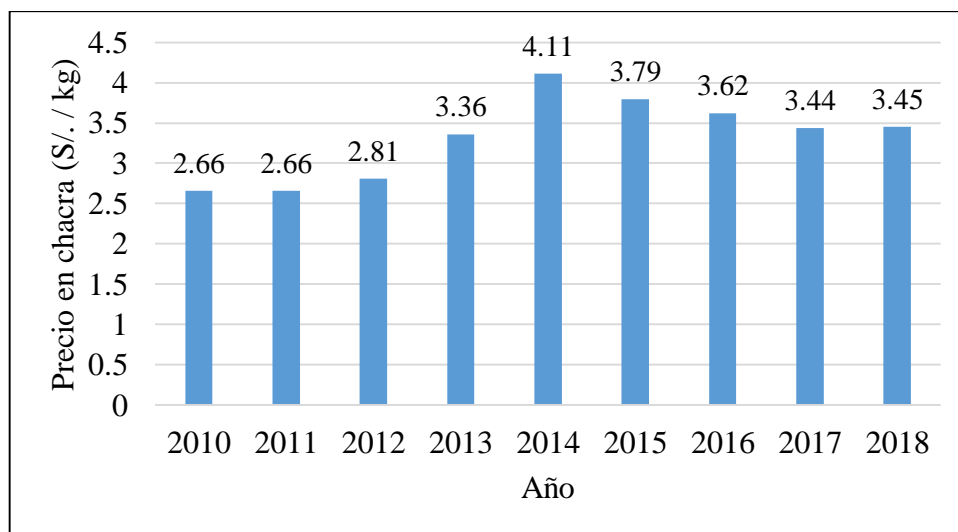
Fuente: MINAGRI (2020)



Fuente: MINAGRI (2020)



Fuente: MINAGRI (2020)



Fuente: MINAGRI (2020)

ANEXO 5: Costo promedio de producción del cultivo de tarwi por hectárea en la zona de Vicos-Áncash

ACTIVIDADES	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Precio parcial (S/.)	Total (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS					760
A. MANO DE OBRA					
1. Siembra					
Abonamiento	Jornal	3	40	120	
Siembra	Jornal	4	40	160	
2. Labores culturales					
Aporque	Jornal	4	40	160	
3. Cosecha					
Corte	Jornal	2	40	80	
Traslado	Jornal	2	40	80	
Trilla	Jornal	3	40	120	
Ensayado y Cosido	Jornal	1	40	40	
B. MAQUINARIA Y/O YUNTA					560
1. Preparación del terreno					
Roturación	Yunta	4	70	280	
Rastra	Yunta	2	70	140	
2. Siembra					
Surcado	Yunta	1	70	70	
Tapado de semilla	Yunta	1	70	70	
C. INSUMOS					309
1. Semilla					
Semilla	Kg.	3	5	15	
2. Fertilizantes					
20-20-20	Bolsas	2	92	184	
FDA	Bolsas	1	110	110	
D. GASTOS OPERATIVOS					510
Pasajes	Global	1	300	300	
Útiles de escritorio	Global	1	200	200	
Internet	Global	1	10	10	
E. TRANSPORTE Y PAGOS VARIOS					54.75
Transporte de insumos	Kg.	105	0.5	52.5	
Transporte de semilla	Kg.	4.5	0.5	2.25	
F. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					15.2
Herramientas manuales (desgaste)	2% MO				
G. OTROS					120
Terreno/alquiler	Global	1	120	120	
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS					2,328.95
II. COSTOS INDIRECTOS					
Asistencia técnica 5% CD		0.05		116.45	
Imprevistos 2% CD		0.02		46.58	
Gastos comercialización 1% CD		0.01		23.29	
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS					186.32
TOTAL DE GASTOS DE PRODUCCIÓN					2515.27

Fuente: Tarazona, (2017)

ANEXO 6: Número de plantas por parcela de las variedades y ecotipos de tarwi

Variedad/Ecotipo	Parcela	N° de plantas
Yunguyo	101	74
	204	54
	302	89
Cholo fuerte	102	146
	201	153
	305	137
Andenes	103	63
	205	95
	303	53
Patón grande	104	89
	203	113
	301	107
Alta gracia	105	35
	202	115
	304	166

ANEXO 7: Protocolo de desamargado de tarwi del Programa de Leguminosas de grano y Oleaginosas de la UNALM

Etapas	Materia prima: Agua	Duración
Hidratación	1:6	12 h
Cocción	1:3	1 h
Lavado	1:6	5 d, cambio de agua c/ 6 h

ANEXO 8: Cantidades de agua utilizada para la etapa de hidratación del proceso de desamargado de tarwi conducido en el laboratorio del PLGO de la UNALM

Repetición	Variedad/ECotipo	Materia prima	Agua	Total Agua
1	Yunguyo	100 g	600 ml	3 L
	Cholo Fuerte	100 g	600 ml	
	Andenes	100 g	600 ml	
	Patón Grande	100 g	600 ml	
	Altagracia	100 g	600 ml	
2	Yunguyo	100 g	600 ml	3 L
	Cholo Fuerte	100 g	600 ml	
	Andenes	100 g	600 ml	
	Patón Grande	100 g	600 ml	
	Altagracia	100 g	600 ml	
3	Yunguyo	100 g	600 ml	3 L
	Cholo Fuerte	100 g	600 ml	
	Andenes	100 g	600 ml	
	Patón Grande	100 g	600 ml	
	Altagracia	100 g	600 ml	
4	Yunguyo	100 g	600 ml	3 L
	Cholo Fuerte	100 g	600 ml	
	Andenes	100 g	600 ml	
	Patón Grande	100 g	600 ml	
	Altagracia	100 g	600 ml	
Total agua utilizada para hidratación				12 L

**ANEXO 9: Cantidades de agua utilizada para la etapa de cocción del proceso de desamargado
conducido en el laboratorio del PLGO de la UNALM**

Repetición	Variedad/ECotipo	Materia Prima	Agua	Total Agua
1	Yunguyo	100 g	300 ml	1.5 L
	Cholo Fuerte	100 g	300 ml	
	Andenes	100 g	300 ml	
	Patón Grande	100 g	300 ml	
	Altagracia	100 g	300 ml	
2	Yunguyo	100 g	300 ml	1.5 L
	Cholo Fuerte	100 g	300 ml	
	Andenes	100 g	300 ml	
	Patón Grande	100 g	300 ml	
	Altagracia	100 g	300 ml	
3	Yunguyo	100 g	300 ml	1.5 L
	Cholo Fuerte	100 g	300 ml	
	Andenes	100 g	300 ml	
	Patón Grande	100 g	300 ml	
	Altagracia	100 g	300 ml	
4	Yunguyo	100 g	300 ml	1.5 L
	Cholo Fuerte	100 g	300 ml	
	Andenes	100 g	300 ml	
	Patón Grande	100 g	300 ml	
	Altagracia	100 g	300 ml	
Total agua utilizada para cocción				6 L

ANEXO 10: Cantidades de agua utilizada para la etapa de lavado del proceso de desamargado conducido en el laboratorio del PLGO de la UNALM

Repetición	Variedad/ECotipo	MP	Agua	Cada 6h/día	5 días	Total Agua
1	Yunguyo	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	60 L
	Cholo Fuerte	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
	Andenes	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
	Patón Grande	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
	Altagracia	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
2	Yunguyo	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	60 L
	Cholo Fuerte	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
	Andenes	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
	Patón Grande	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
	Altagracia	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
3	Yunguyo	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	60 L
	Cholo Fuerte	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
	Andenes	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
	Patón Grande	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
	Altagracia	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
4	Yunguyo	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	60 L
	Cholo Fuerte	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
	Andenes	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
	Patón Grande	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
	Altagracia	100 g	600 ml	2.4 L	12 L	
Total agua utilizada para lavado						240 L

ANEXO 11: Cartilla de evaluación sensorial del grano fresco y desamargado de tarwi

CARTILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Tesis “Componentes morfoagronómicos, rendimiento de grano seco y grano desamargado de variedades y ecotipos de *Lupinus mutabilis* Sweet en Marcará - Áncash”

Tesista: Melanie Ubillús Trinidad / **Asesora:** Ing. Mg. Sc. Amelia Huaringa

Instrucciones: Ud. recibirá 05 muestras para evaluar, por favor marque con una “X” una alternativa por cada característica sensorial.

Producto: granos frescos de tarwi desamargado

Apellidos y Nombres:

Característica sensorial	Alternativa	Muestra N°01	Muestra N°02	Muestra N°03	Muestra N°04	Muestra N°05
Color	Crema					
	Crema oscuro					
Sabor	Agradable					
	Desagradable					
Olor	Agradable					
	Desagradable					
Textura	Suave/Intermedio					
	Duro					
Amargor	Sin amargor					
	Ligero					

Observaciones:

.....
.....