

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**TESIS:**

**RENDIMIENTO DE ECOTIPOS REGIONALES Y VARIEDADES DE  
TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet) EN EL VALLE DEL MANTARO,  
JAUJA, JUNÍN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**CARLOS MANUEL VILLANUEVA MENDOZA**

**Lima-Perú**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

RENDIMIENTO DE ECOTIPOS REGIONALES Y VARIEDADES DE TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet) EN EL VALLE DEL MANTARO, JAUJA, JUNÍN\*

**CARLOS MANUEL VILLANUEVA MENDOZA**

Tesis para optar el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....  
Ing. M. S. Andrés Virgilio Casas Díaz  
PRESIDENTE

.....  
Ing. Mg. Sc. Amelia Wite Huaranga Joaquín  
ASESORA

.....  
Dr. Jorge Eduardo Jiménez Dávalos  
MIEMBRO

.....  
Dr. Javier Arias Carbajal  
MIEMBRO

**LIMA – PERU**

**2020**

## **DEDICATORIA**

A mis progenitores y hermanos, en especial a mi madre Yolanda por su invaluable comprensión, sacrificio y esfuerzo.

A mi compañera de vida Patty, por su ayuda y comprensión.

## **AGRADECIMIENTOS**

Ing. Mg. Sc. Amelia W. Huaranga Joaquín, por el seguimiento y apoyo en la tesis.

Al jurado conformado por el Mg. Sc. Andrés Casas, Ph.D. Jorge Jiménez Dávalos y Ph.D. Javier Arias Carbajal.

Al Programa de Investigación de Leguminosas de Granos y Oleaginosas (PLGO), por el apoyo en la investigación.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	3
<b>2.1. Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet)</b>	3
2.1.1. Origen	3
2.1.2. Taxonomía y distribución	3
2.1.3. Morfología de la planta	5
2.1.4. Requerimientos climáticos	6
2.1.5. Requerimiento del suelo	7
2.1.6. Manejo agronómico	7
2.1.7. Variabilidad y diversidad genética	11
<b>2.2. Ensayos comparativos de rendimiento</b>	11
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	13
<b>3.1. Ubicación experimental</b>	13
<b>3.2. Características del lugar experimental</b>	13
3.2.1. Suelo	13
3.2.2. Análisis meteorológico	14
<b>3.3. Materiales</b>	16
3.3.1. Material genético en estudio	16
3.3.2. Diseño experimental	16
3.3.3. Otros materiales usados en la investigación	17
<b>3.4. Metodología</b>	18
<b>3.5. Conducción del experimento</b>	18
3.5.1. Preparación del terreno	18
3.5.2. Preparación de la semilla y siembra	18
3.5.3. Abonamiento	18
3.5.4. Control de malezas	19
3.5.5. Aporque	19
3.5.6. Control fitosanitario	19
3.5.7. Cosecha	19
3.5.8. Secado de grano	20
3.5.9. Trillado	20

<b>3.5.10. Venteado</b>	20
<b>3.6. Variables evaluadas en el experimento</b>	20
<b>3.6.1. Caracterización cualitativa de los ecotipos y variedades de tarwi</b>	20
<b>3.6.2. Caracterización cuantitativa de los ecotipos y variedades de tarwi</b>	21
<b>3.6.3. Rendimiento y sus componentes</b>	21
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	23
<b>4.1. Caracterización de los ecotipos regionales y variedades de tarwi</b>	23
<b>4.1.1. Características de la planta</b>	23
<b>4.1.2. Características del tallo</b>	24
<b>4.1.3. Características de las semillas</b>	25
<b>4.2. Variables morfológicas</b>	26
<b>4.2.1. Días a floración</b>	26
<b>4.2.2. Días a madurez de cosecha</b>	29
<b>4.2.3. Longitud de foliolo (cm)</b>	31
<b>4.2.4. Altura de planta (cm)</b>	32
<b>4.2.5. Número de ramas</b>	33
<b>4.3. Rendimiento de grano y sus componentes</b>	35
<b>4.3.1. Rendimiento grano seco (kg/ha)</b>	35
<b>4.3.2. Número de vainas llenas</b>	39
<b>4.3.3. Longitud de vaina</b>	40
<b>4.3.4. Ancho de vaina (cm)</b>	42
<b>4.3.5. Número de lóculos por vaina</b>	43
<b>4.3.6. Número de granos por vaina</b>	44
<b>4.3.7. Peso de cien semillas (g)</b>	45
<b>V. CONCLUSIONES</b>	47
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	48
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	49
<b>VIII. ANEXOS</b>	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales zonas de producción de tarwi en el Perú en el año 2017 .....	4
Tabla 2. Plagas en el cultivo de tarwi ( <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet) .....	10
Tabla 3. Enfermedades en el cultivo de tarwi ( <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet) .....	10
Tabla 4. Resultados del análisis físico, químico de suelo y caracterización .....	14
Tabla 5. Datos meteorológicos promedios mensuales 2014-2015 durante los meses en desarrollo del cultivo del experimento .....	15
Tabla 6. Ecotipos regionales y variedades de tarwi estudiados en el experimento .....	16
Tabla 7. Características de la planta .....	23
Tabla 8. Características del tallo.....	24
Tabla 9. Características de la semilla .....	25
Tabla 10. Cuadrados medios de las variables morfológicas evaluadas del experimento ....	27
Tabla 11. Resultados promedios de las variables de los caracteres morfológicos evaluadas en el experimento.....	28
Tabla 12. Cuadrados medios (ANVA) de las variables asociadas al rendimiento .....	36
Tabla 13. Variables asociadas al rendimiento evaluadas en el experimento de 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Días a floración de ecotipos regionales y variedades evaluadas.....	28
Figura 2. Días a madurez de cosecha de los ecotipos y variedades evaluadas en el experimento .....	30
Figura 3. Longitud de foliolo (cm) de los ecotipos regionales y variedades del experimento .....	31
Figura 4. Altura de la planta (cm) de los ecotipos regionales y variedades evaluadas en el experimento .....	32
Figura 5. Número de ramas de los ecotipos regionales y variedades evaluadas en el experimento .....	34
Figura 6. Rendimiento grano seco (kg/ha) de los ecotipos regionales y variedades de tarwi evaluadas en el experimento.....	35
Figura 7. Número de vainas llenas de los ecotipos regionales y variedades de tarwi en el experimento.....	40
Figura 8. Longitud de vaina (cm) de los ecotipos regionales y variedades evaluadas. ...	41
Figura 9. Ancho de vaina (cm) de los ecotipos regionales y variedades de tarwi evaluadas en el experimento.....	42
Figura 10. Número de lóculos por vaina de los ecotipos y variedades evaluadas en el experimento .....	43
Figura 11. Número de granos por vaina de los ecotipos regionales y variedades evaluadas en el experimento.....	44
Figura 12. Peso de cien semillas (g) de los ecotipos regionales y variedades evaluadas en el experimento.....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Registro de humedad relativa durante el desarrollo del cultivo en IRD Jauja, Junín .....	53
Anexo 2. Registro de horas de sol promedio mensual durante el desarrollo del cultivo en IRD Jauja, Junín .....	53
Anexo 3. Variación de producción, superficie cosechada, rendimiento y precio de chacra del tarwi desde el año 2000 al 2017 .....	54
Anexo 4. Rendimientos promedios de tarwi por departamentos en el Perú del año 2010 - 2017 en kg/ha .....	54

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el Instituto Regional de Desarrollo de Sierra (IRD-Sierra) de la Universidad Nacional Agraria La Molina ubicado en la localidad de San Juan de Yanamuclo, provincia de Jauja, región Junín con el objetivo de caracterizar 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) provenientes de la zona andina y evaluar el rendimiento de grano y sus componentes de éstos en condiciones de Jauja – Junín. El material genético procede del germoplasma del Programa de Investigación de Leguminosas de Grano y Oleaginosas de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno (UNAP). La siembra del experimento se realizó en octubre de 2014. El diseño estadístico utilizado fue Bloque Completo al Azar con 13 tratamientos y tres repeticiones con una parcela de 6.4 m<sup>2</sup>. Las variables evaluadas se agruparon en caracterización cualitativa y cuantitativa de los ecotipos y las variables del rendimiento y sus componentes. Se encontró significación estadística para el rendimiento y sus componentes: número de vainas llenas, número de granos por vaina y peso de cien semillas. El ecotipo 03-10-214 produjo el mayor rendimiento con 1376 kg/ha por sus componentes de rendimiento altos (63 vainas llenas, 4.8 granos por vaina y un peso de cien semillas de 20.67 g), seguido por el ecotipo Cuzco 2, Cholo Fuerte, Cuzco 1 y variedad Yunguyo que superaron al rendimiento promedio del experimento; mientras que el testigo produjo 869 kg/ha. Los ecotipos Altagracia y Patón Grande fueron ecotipos tardíos que presentaron mayores días a floración y días a madurez de cosecha, y el ecotipo 03-10-214 el ecotipo más precoz en el experimento.

Palabras claves: Tarwi, ecotipos, rendimiento, caracteres morfoagronómicos.

## ABSTRACT

This research was carried out at the Instituto Regional de Desarrollo de Sierra (IRD-Sierra) of the Universidad Nacional Agraria La Molina located in the town of San Juan de Yanamuclo, Jauja province, Junín región; with the aim of characterize 11 ecotypes and 2 varieties of tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) from the Andean zone and evaluate the yield of grain and its components under conditions of Jauja - Junín. The genetic material comes from the germplasm of the Programa de Investigación de Leguminosas de Grano y Oleaginosas de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) and the Universidad Nacional del Altiplano, Puno (UNAP). The sowing of the experiment was carried out in October 2014. The statistical design used was Randomized Complete Block Design with 13 treatments and three repetitions in a 6.4 m<sup>2</sup> plot experimental unit. The evaluated variables were grouped into qualitative/quantitative characterization of the ecotypes, the performance variables and their components. Statistical significance was found for the yield and its components: number of full pods, number of grains per pod and weight of one hundred seeds. The ecotype 03-10-214 produced the highest yield with 1376 kg/ha due to its high yield components (63 full pods, 4.8 grains per pod and a weight of one hundred seeds of 20.67 g), followed by the ecotype Cuzco 2, Cholo Fuerte, Cuzco 1 and variety Yunguyo that exceeded the average performance of the experiment, while the control produced 869 kg/ha. The Altagracia and Patón Grande ecotypes were late ecotypes that presented longer days to flowering and days to harvest maturity, and the 03-10-214 ecotype was the earliest ecotype in the experiment.

Palabras claves: Andean lupin, ecotypes, yield, morhpo agronomic traits

## **I. INTRODUCCIÓN**

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), se ubica desde los 1500 hasta los 3850 m.s.n.m., distribuyéndose en la zona andina el poblador de los andes lo utilizaba como grano desamargado, desde hace 2500 años (Tapia, 2015; Huisa, 2018). Tiene diferentes nombres según el lugar donde se cultiva, se le conoce como “tarhui” o “chocho” en Cajamarca y Ancash, “tarwi” en Apurímac, Ayacucho y Cuzco, o “tauri” en Puno. Actualmente en muchos pueblos este alimento nativo es preferido por su elevado contenido proteico y aceites (Jacobsen y Mujica, 2006; Garay, 2015).

Este cultivo nativo tiene un alto contenido nutricional en proteínas, grasas, y calorías, para la salud del organismo y en mezcla con otras proteínas vegetales resultaría aparente para lactantes y niños (Huaccho y Lope, 2017). El cultivo del tarwi ha mostrado un incremento de consumo en la última década ya que se ha diversificado su uso (harina, fideos enriquecidos, snack, conservas. etc.); el porcentaje significativo de proteínas que presenta el grano ha generado un mayor interés en la preparación de concentrados para alimentación animal, especialmente en las dietas de salmones y otros peces. Esto ha intensificado las investigaciones orientadas a lograr mayor productividad (Tay, 2009).

### **1.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Este cultivo andino que se desarrolló en la zona central desde épocas pre-incaicas, en investigaciones desarrolladas se encontró semillas como parte de las ofrendas en la cultura Nazca, así como también cerámicas representativas al cultivo en la cultura Tiahuanaco (Tapia y Fries, 2007).

En las culturas preincas tenían mucha importancia en la alimentación ya que era parte de la dieta por su alto contenido proteico (INAIA, 2006).

Esta leguminosa se extendió desde la zona norte Ecuador hasta la sur de Chile y el norte de Argentina, el cultivo fue marginado con la llegada de los españoles a las Américas con nuevos cultivos sino también por ser considerado como alimento de indígenas, alta presencia de alcaloides que lo hacían poco la palatales, además por la gran variabilidad de sus

rendimientos de 300-600 kg/ha: en condiciones buenas se alcanzan 3500 kg/ha y experimentalmente 7000 kg/ha (De La Cruz, 2018).

Junín es un departamento productor de tarwi; sin embargo, la producción y la productividad en esta zona aún es baja, comparado con otros departamentos del país, y en alguna medida se debe a que las instituciones académicas y/o del MINAGRI realizan escasas investigaciones con respecto a este cultivo, no se utilizan semillas de calidad, sembrando el agricultor los ecotipos de tarwi local en cada región; ya que desde hace años mantienen su insumo local ampliamente adaptado a su ambiente. La investigación tuvo como finalidad probar ecotipos regionales y variedades de diferentes zonas del país a las características medio ambientales de la región Jauja-Junín, así también evaluar el rendimiento de estos ecotipos, buscando así obtener nuevas variedades o ecotipos de tarwi con características superiores al ecotipo local, los cuales puedan ser cultivados por agricultores de esta región, mejorando así su producción local y sus ingresos económicos.

La investigación contribuirá a ampliar el conocimiento de los diferentes ecotipos y variedades del país si podrían adaptar a las características ambientales presentes en la región Jauja-Junin, como también evaluar el rendimiento de estos ecotipos y variedades buscando obtener nuevas plantas de tarwi con características superiores al ecotipo local, los cuales puedan ser cultivados por los agricultores de esta región, mejorando así su producción local y sus ingresos económicos.

### **Objetivo general**

- Evaluar el comportamiento morfo agronómico y productivo de ecotipos regionales y variedades de tarwi en condiciones del Valle del Mantaro, Jauja, Junín.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar 11 ecotipos regionales y variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) provenientes de la zona andina en condiciones del Valle del Mantaro, Jauja – Junín.
- Evaluar el rendimiento de grano y sus componentes en 11 ecotipos regionales y variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en condiciones del Valle Mantaro de Jauja – Junín.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)

#### 2.1.1. Origen

Se tiene evidencia del cultivo hace 4000 años, domesticaron las especies de *Lupinus*: *Lupinus luteus* en Egipto y *Lupinus mutabilis* Sweet en la zona andina (Plata, 2016). La especie *Lupinus mutabilis* es una especie andina; sin embargo, su centro de origen es aún debatible, siendo probablemente los Andes del norte peruano y ecuatoriano (Martínez, 2007). Esta hipótesis se sustenta en estudios moleculares de *Lupinus piurensis* como progenitor silvestre del tarwi (Eastwood and Hughes, 2008).

El tarwi es una leguminosa del género *Lupinus* de fácil adaptabilidad y que registra dos grandes regiones de domesticación en el Mediterráneo y América, exceptuando las zonas húmedas de la cuenca amazónica (Gross, 1982).

El género *Lupinus* comprende de 4 especies importantes como: *Lupinus albus*, *Lupinus angustifolius*, *Lupinus luteus* y *Lupinus mutabilis*, esta última especie de origen andino de las Américas (Yorgancilar, 2009).

#### 2.1.2. Taxonomía y distribución

##### a) Taxonomía

La taxonómica del Tarwi según Camarena et al. (2012) es la siguiente:

Reino: Vegetal

División: Fanerógama

Clase: Dicotiledónea

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Tribu: Genisteae

Género: *Lupinus*

Especie: *Lupinus mutabilis* Sweet

**b) Nombres comunes, sinónimos**

Se presentan diversas denominaciones en muchos países, todas válidas. Tapia y Fries (2007), mencionaron lupino, lupino amargo en español; en el norte de Perú, Ecuador y Colombia como chocho; en la zona central y sur del Perú se le conoce como tarwi.

**c) Distribución geográfica andina del tarwi**

Tapia (2015) mencionó que *Lupinus mutabilis* Sweet, se desarrolla de 2000 a 3300 msnm principalmente en los andes de Ecuador, Colombia, Perú y Bolivia, en estos dos últimos países también se les puede encontrar a nivel de mar y altitudes como el Lago Titicaca 3800 msnm. En Ecuador se encuentra de 2600 a 3400 msnm con rangos de precipitación de 300 a 600 mm anual. En Colombia se distribuyen al sur a una altitud de 2000 a 4500 msnm de especies cultivadas y silvestre (Barney, 2011).

Este cultivo se encuentra principalmente en torno al lago Titicaca desde Ilave al borde con Bolivia en Desaguadero, y en áreas pequeñas en Cajamarca y Cusco, en la sierra de la Libertad, Cusco, Puno, Ancash, Huánuco, Apurímac, Cajamarca, Huancavelica, Ayacucho, Amazonas y Junín (Jacobsen y Mujica, 2008). Se detallan en la tabla 1, las zonas productoras de tarwi en el Perú año 2017, información más detallada en Anexo 3 y 4.

**Tabla 1. Principales zonas de producción de tarwi en el Perú en el año 2017**

<b>Departamento</b>	<b>Has</b>
La Libertad	3 478
Cuzco	2 557
Puno	1 070
Apurímac	810
Huancavelica	217
Huánuco	959
Ayacucho	185
Ancash	160
Cajamarca	359

Fuente: MINAGRI (2019)

### **2.1.3. Morfología de la planta**

El tarwi es una es una leguminosa anual de consistencia herbácea leñosa que mide entre 0.8 hasta 2 m (Camarena et al., 2012).

#### **a) Raíz**

El sistema radical es pivotante, vigoroso, ramificada, leñosa y poca profunda (Palacios et al., 2004). Tiene buen desarrollo de raíces primarias, secundarias y terciarias. Este cultivo en nuestro país a nivel radical presenta nódulos considerables que albergan bacterias fijadoras de N denominadas *Rhizobium*, los cuales pueden variar en tamaño de 1 a 3 cm. Estos microorganismos forman los nódulos después de la germinación (Camarena et al., 2012).

#### **b) Tallo**

No presenta tricomas, es grueso, leñoso y ramificado; con variantes de tonalidades de verde a gris castaño de acuerdo con la leñosidad (Aguilar, 2015), otras especies silvestres color del tallo varia de tonalidades de rojizo a morado (Camarena et al., 2012).

En gran parte de los ecotipos presentan un tallo cilíndrico, a algunas ocasiones de forma aplanada, su altura varia de 0.5 a 2.0 m, siendo común aproximadamente a un 1 m. (Camarena et al., 2012).

#### **c) Hoja**

Las hojas de lupino son láminas digitadas, de 5 a 12 foliolos y presentan formas ovaladas o lanceoladas. Las hojas en color varían de azul, violeta, blanco, magenta o bicolor, la variación en el color de las hojas está relacionado con el contenido de pigmento de antocianina en la planta., estas especies de *Lupinus* presentan hojas con menos vellosidades. La presencia del pigmento de antocianina en los foliolos influye en las tonalidades de amarillo verdoso a verde oscuro (De la Cruz, 2018)

#### **d) Flores e inflorescencias**

Las flores son grandes, con corolas grandes de 1 a 2 cm, con 5 pétalos, 1 estandarte, 2 quillas y 2 alas (Camarena et al., 2012); Pueden llegar a 1000 flores por planta (Tapia y Fries, 2007). La tonalidad de las flores varía desde inicio y desarrollo.

#### **e) Fruto**

Vaina algo dehiscente con un rango de longitud de 7 a 15 cm y un ancho que varía de 1.5 a 2.5 cm; Además, presentan vellosidades sobre su superficie, cuando están inmaduros. La vaina presenta frecuentemente de una unidad a 8 unidades de semillas; la cantidad de vainas y de ramas fructíferas están correlacionados positivamente a una buena productividad (Araujo, 2015).

#### **f) Semilla**

Gross (1982), Se presenta en cantidades y formas variables desde ovalada, redonda a cuadrangular, estas varia de tamaño de 0.5 a 1.5cm. Un kilogramo de semilla contiene aproximadamente de 3500 a 5000 semillas. El tamaño está determinado genéticamente por el ecotipo o variedad, condiciones ambientales y manejo. La cubierta de la semilla está conformada por un tegumento. Los granos pueden ser amarillo, blanco, pardo castaño, marrón gris, ocre y colores marmoleados.

### **2.1.4. Requerimientos climáticos**

#### **a) Temperatura**

Este cultivo se adapta hasta ambientes de bajas temperaturas, en Perú y Bolivia se encuentra hasta más de 4,000 m.s.n.m. por ende hay ecotipos que desarrollan a temperaturas de - 9.5 °C (Gross, 1982). En estadio de iniciales es muy susceptibles a bajas temperaturas, las condiciones diurnas de temperatura 20 a 25 °C y durante la noche de 8 °C (Tapia, 2007).

La diferencia de temperaturas diurna y nocturna es muy marcada en la zona altoandina, se incrementa durante el desarrollo del cultivo, estas condiciones ambientales favorecen la reserva de grasa. Si por el contrario en la noche presentara alta temperaturas metabolizarían gran parte de grasa acumulada en el día por eso en zonas de Europa Central disminuyo la producción de aceite de tarwi cultivado (Gross, 1982).

#### **b) Precipitación**

Este cultivo desarrolla toda su fase fenológica en un ámbito de precipitación entre 500 a 700 mm, y es en la fase crítica el mayor requerimiento hídrico como desarrollo de flores y frutos (Gross, 1982).

### **c) Humedad**

Quenallata (2008), afirma que una buena autopolinización requiere de alta humedad; pero, un buen desarrollo de granos se prefiere una menor precipitación al final de la fase vegetativa, madurez y disminuya la humedad atmosférica.

#### **2.1.5. Requerimiento del suelo**

Gross (1982), menciona que el cultivo encuentra mejores condiciones en suelos de textura gruesa, además en suelos de ladera con salinidad y de baja fertilidad. La presencia de materia orgánica en los suelos estimula el crecimiento vegetativo y retarda la floración, en suelos arcillosos se disminuye la fijación de nitrógeno, por las condiciones adversas que presenta las bacterias *Rhizobium*. En suelos alcalinos el cultivo de tarwi presenta sintomatología de clorosis y que se agravan aun con la deficiencia de hierro. En suelos ligeramente ácidos este cultivo extrae del suelo los minerales esenciales para su metabolismo. En general el cultivo requiere una dosificación adecuada de fósforo, potasio y no necesita cantidades significativas de nitrógeno porque gran parte lo fija biológicamente.

#### **2.1.6. Manejo agronómico**

##### **a) Preparación del terreno**

El cultivo se desarrolla bien en diferentes suelos, pero los mejores resultados se presentan en terrenos francos, francos arenosos con una adecuada dosificación de nutrientes y buen drenaje, en terrenos muy húmedos no rinden bien.

Los sistemas de preparación de suelos como:

- **Tecnificada:** Se realiza la aradura o rotación (volteo del suelo introduciendo la capa superior y vertiendo la capa inferior a la superficie), rastrillado o rastrilleo (desmenuzar los terrones dejando al suelo casi listo para la siembra) y nivelación.
- **Tradicional:** La aradura se efectúa con yunta o chaquitacla para el desterronado y mullido se utilizan herramientas de labranza como “Ccupaña”, luego se nivela el suelo con la ayuda de rieles o tablones (Camarena et al., 2012).

##### **b) Desinfección de semillas**

El tratamiento de la semilla para evitar el desarrollo de hongos del suelo puede realizarse con anterioridad a la siembra, impregnando bien las semillas con Tiofanate metil + tiran a

razón de 2 a 3 g/kg de semillas y con Orthene a razón de 2 a 3 kg/kg de semilla para prevenir el ataque de gusanos de tierra.

### **c) Siembra y densidad**

La siembra de tarwi se realiza en seco, por tanto, dependen de las condiciones medio ambientales.

Las modalidades de siembra: al voleo y en surcos. Sembrando en surcos se obtienen los mejores rendimientos y puede ser en línea corrida o en golpes, se recomienda dejar cuatro semillas en cada golpe con una profundidad de 2-4 cm. Si la profundidad es mayor que la recomendable las plantas no llegan a emerger por asfixia y poca fuerza para superar la tierra que la cubren, por el contrario, si la siembra es superficial, los rayos solares pueden afectar el embrión. Siembras con 60 a 80 kg de semillas /ha se obtienen buena productividad (Tapia y Fries, 2007).

(Camarena et al., 2012) señalo que la siembra en el Callejón de Huaylas es de la siguiente manera:

- a) Ecotipos precoces de fase vegetativa hasta seis meses.
  - Siembra:
  - Espacio entre surcos: 80 cm.
  - Espacio entre golpes: 30 cm.
  - Semillas por golpe de siembra: tres
- b) Ecotipos de más seis meses de periodo vegetativo
  - Siembra:
  - Espacio entre surcos: 80 cm.
  - Espacio entre golpes: 60 cm.
  - Semillas por golpe de siembra: tres

### **d) Fertilización y abonamiento**

Gran parte de los campos de tarwi se siembran en seco, por lo tanto, las condiciones medio ambientales son determinantes en la productividad. Es un cultivo en condiciones tradicionales no se fertiliza, pero si realiza abonamiento a base de estiércol animal.

El requerimiento de nitrógeno es poco exigente por el tarwi, debido a que fija nitrógeno de la atmósfera con bacterias nitrificantes. En suelos después de una cosecha de papa y siembra

de tarwi se presenta una reserva aproximadamente de 60 a 80 kg/ha de nitrógeno en el suelo, (Camarena et al., 2012).

#### **e) Requerimiento hídrico**

El agua es los elementos más importantes para la planta. Ella interviene en la constitución de los tejidos vegetales, sirve como medio de distribución mineral y ayuda a las reacciones internas del tejido vegetal. Por lo tanto, es indispensable el suministro de agua.

En general, la sierra del Perú se caracteriza por ser una región semi-húmeda. La lluvia por sí sola no alcanza a satisfacer el requerimiento hídrico, es así, que se emplea el riego para suplir esta deficiencia. En el caso del tarwi manejado en secano generalmente solo se requiere de agua de las lluvias, se debe regar solo si los suelos están muy secos. (Camarena et al., 2012).

Gross y Von Baer (1981), citado por Aguilar (2015), el suministro de agua es determinante en germinación, crecimiento, floración, desarrollo de vainas y productividad. El porcentaje de humedad del suelo está relacionado con las características medioambientales; Esta leguminosa se cultiva bajo sistema de secano con necesidades de precipitación de 400 a 800 mm.

El INIAP (2014), menciona que esta leguminosa tolerante al déficit hídrico, pero es importante el aprovisionamiento en periodo críticos del cultivo, su requerimiento mínimo es una precipitación es de 300 mm.

#### **f) Desmalezado**

Meneses et al. (1996) el manejo de malezas es una labor fundamental porque regula su presencia, permitiendo más luz, agua, nutrimentos al cultivo, evitando baja productividad de granos. La etapa crítica del cultivo es los primeros meses del cultivo ya que las malezas son más rústicas. Esta labor normalmente es desarrollada en forma manual o puede ser con control químico.

#### **g) Plagas**

Sánchez y Vergara (1991), mencionó el tarwi en sus primeras fases fenológicas es atacada por insectos cortadores de la planta como *Feltia* spp. y *Agrotis* sp., es común *Astylus* spp. en periodo de floración. Últimamente el gusano celeste de la familia *Pyralidae*, esta teniendo importancia ya que las larvas afectan la medula de la raíz afectando hasta un 20% la producción. En la tabla 2 se detalla las plagas más significativas de esta leguminosa.

**Tabla 2. Plagas en el cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)**

Nombre científico	Nombre común	Daño
<i>Feltia</i> spp.	Insecto de suelo	Cortan plántulas
<i>Agrotis</i> sp.	Insecto de suelo	Cortan plántulas
<i>Copitarsia turbata</i>	Gusano de tierra	Cortan plántulas
<i>Astylus</i> sp.	Pololo común	Hace caer flores
<i>Apion</i> spp	Gorgojo barrenador	Barrenan el tejido del tallo
<i>Liriomyza</i> sp	Minador de hojas	Galería en el mesófilo de las hojas
<i>Franklinella</i> spp	Picador (Trips)	Perforan hojas y flores Se alimentan de savia y transmiten
<i>Bergalia</i> spp.	Cigarrita	virus
<i>Diabrotica</i> spp.	Lorito	Fitófagos
<i>Epicauta</i> spp.	Carhua	Fitófagos

Fuente: Desarrollo propio a partir de Camarena et al. (2012) y la FAO (2007).

### h) Enfermedades

Es un cultivo muy tolerante a hongos y a plagas, pero en alta humedad atmosférica es muy susceptible a Antracnosis. (Tapia y Fries, 2007).

En la tabla 3 se describe las enfermedades importantes en el cultivo de tarwi.

**Tabla 3. Enfermedades en el cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)**

Nombre científico	Nombre común	Daño	Control
<i>Colletotrichum acutatum</i> , ( <i>Colletotrichum lupini</i> ) ( <i>Colletotrichum gloesporoide</i> )	Antracnosis	Lesiones marrones hundidas	Químico
<i>Ascochyta</i> sp	Quemado del tallo	Lesiones necróticas	Aplicación química
<i>Phoma lupini</i>	Quemado del tallo	Lesiones necróticas	Rotación de cultivo
<i>Rhizoctonia solani</i>	Marchitez en plántulas	Estrangulamiento al cuello	Rotación de cultivo
<i>Fusarium</i> ( <i>Fusarium oxysporum</i> and <i>F. solani</i> )	Marchitez en plantas	Pudrición radical	Rotación de cultivo
<i>Uromyces lupini</i>	Roya	Manchas amarillas en el haz Pústulas anaranjadas a rojizas	Rotación de cultivo
<i>Chrysocelis lipinicola</i>	Mancha anular	Lesión necrótica	
<i>Pleiochaeta setosa</i>	Mancha café	Lesión necrótica marrón	Rotación de cultivo
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Pudrición del cuello de la planta	Pudrición húmeda	Rotación de cultivo

Fuente: Elaboración propia a partir de Camarena et al. (2012) y la FAO (2007)

## **i) Cosecha**

Se inicia cuando la copa de la planta presenta un color amarillento, luego cada planta es arrancada para luego ser trillada (Tapia, 2007); La cosecha debe realizarse vainas de segunda floración están amarillas, se recomienda cortar y no arrancar de manera que la reserva de nitrógeno fijada en la raíz pueda ser utilizada por los siguientes cultivos., De La Cruz (2018).

INIAP (2001), citado por Plata (2016), Señalaron que el estado de madurez de cosecha del tarwi se inicia en presencia de hojas amarillentas, caída de hojas, presencia del tejido leñoso y vainas deshidratadas con granos con menor consistencia.

### **2.1.7. Variabilidad y diversidad genética**

Añaguari (2013) menciona que el cultivo de tarwi tiene una gran variabilidad genética, y morfología de los diferentes ecotipos como consecuencia de su adaptación a las diversas condiciones medioambientales de las regiones del Perú; así como también en el contenido químico de los granos y la tolerancia a enfermedades y plagas. Añaguari (2013) menciona que las variedades nativas en Perú son “Andenes 80”, “Cuzco”, “K’ayra”, “Carlos Ochoa”, “Yunguyo”, “Altagracia”, “H6”, “SCG-9”, “SCG-25”, “SLP-1”, “SLP-2”, “SLP-3”, “SLP-4”, “SLP-5”; en Bolivia la variedad “Toralapa” y en Chile, “Carabuco” y que se encuentran conservando en varias colecciones de trabajos, en universidades y centros de investigación.

Camarena et al., (2012) menciona que el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) en el 2010, se encontraban 1846 accesiones en Santa Ana de Huancayo, estación experimental.

## **2.2. Ensayos comparativos de rendimiento**

En el año 2010 en siembras a densidades diferentes se registraron rendimientos similares de grano seco promedios de 1706.47 a 1897.87 kg/ha, así como de días a floración promedio variaron de 122.00 a 125.00 días, el periodo de madurez de cosecha de 199.33 y 203.33 días, las longitudes de vainas registrados fue de 7.43 a 8.90 cm, número promedio de ramas/plantas registraron de 2.33 a 5.43, mientras que las longitudes de plantas resultaron con ciertas diferencias de 75.61 a 82.19 cm. Callisaya (2012),

En dos localidades del Mantaro Junín en el periodo 2011-2012 se realizaron caracterización morfológica y componentes de rendimientos de compuesto A y C del tarwi, alcanzando 1800 kg/ha de rendimiento, siendo los componentes que contribuyen a mayores rendimientos el

número de vainas por eje central y ejes laterales. Se concluyó que los compuestos A y C presentan caracteres similares con baja interacción ambiental porque los compuestos están conformados por mezclas de diferentes variedades en ambientes de la estación experimental del Mantaro y del Instituto de investigación de Santa Ana. Añaguari (2013).

En investigaciones sobre once ecotipos de tarwi realizado en el 2012 donde se evaluaron rendimiento de grano y actividad simbiótica, no encontraron significación en rendimientos de granos que vario de 1191 kg/ha hasta los 1795 kg/ha, mientras en la variable de número de días a floración y madurez de cosecha, la variable más precoz fueron 117 y 231 días y con respecto al peso máximo de 100 semillas fue de 28.67 gramos., Aguilar (2015).

Resultados de la investigación en dos variedades de tarwi a diferentes densidades, se encontró respuestas a rendimiento de grano seco promedio que vario de 1303.33 a 1456.19 kg/ha, mientras que la floración varia de 121 a 141 días después de realizada la siembra, con respecto al peso de 100 semillas vario de 22.26 a 23.87 gramos., Plata (2016)

Resultados de evaluación del efecto genético con el ambiente en *Lupinus* sp.; de ecotipos, variedades de Junín y Ancash se presentaron rendimientos desde 28.82 hasta 70.08 gramos/planta, altura de planta varió de 74.7 y 143.7 cm y el peso de 100 semillas variaron de 17.3 hasta los 27 gramos., Huaranga et al. (2017).

Evaluación realizada en el Callejón de Hualyas localidad Marcará, con 19 ecotipos de tarwi de diferentes regiones del país, determino características fenotípicas y rendimiento de grano seco, obteniendo rendimientos de 619.65 a 3711.15 kg/ha respectivamente, en a la altura de planta varió 79.07 y 117.99 cm y el peso de 100 semillas variaron de 17.40 hasta los 28.33 gramos. De la Cruz (2018).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación experimental**

El presente experimento se desarrolló entre octubre de 2014 y setiembre de 2015 en el Instituto Regional de Desarrollo de Sierra (IRD-Sierra), ubicado en la localidad de San Juan de Yanamucllo-San Lorenzo, provincia de Jauja, región Junín, cuyas coordenadas geográficas son:

Latitud	: 11° 50' 50" S
Longitud	: 75° 23 '03" W
Altitud	: 3308 m.s.n.m.

#### **3.2. Características del lugar experimental**

##### **3.2.1. Suelo**

Presenta una clase textural franco arcillosa (Fr. Arc.) con 32% de arena, 30% de limo y 38% de arcilla. Resultados de la caracterización de suelo, se encontró un pH de 7.46, ligeramente alcalino, 0.27 dS/m de sales considerado como suelo bajo en sales; un contenido regular de materia orgánica de 2.01%; un valor óptimo de intercambio de cationes (34.72 meq/100 g) y registros altos de fósforo (34.1 ppm) y potasio (387 ppm). El nivel de catión calcio que presenta el suelo evaluado es 28.60 meq/100g, contenido considerado como alto; la cantidad del catión magnesio que presenta el suelo del experimento es 4.87 meq/100g, considerado como alto; la cantidad de catión potasio en el suelo es 1.08 meq/ 100 g, valor alto; el contenido de sodio de la muestra es 0.17 meq/100 g, es considerado como bajo (Tabla 4).

**Tabla 4. Resultados del análisis físico, químico de suelo y caracterización**

Tipo de análisis		Resultados	Métodos
<b>Análisis físico</b>			
Arena	%	32	Hidrómetro
Limo	%	30	Hidrómetro
Arcilla	%	38	Hidrómetro
Clase textural		Franco Arc.	Triángulo textural
<b>Análisis químico</b>			
pH		7.46	Potenciómetro
Conductividad eléctrica	ds/m	0.27	Valor del extracto de saturación en la celda eléctrica
Materia O.	%	2.01	Walkey & Black
Fosforo	ppm	34.1	Olsen modificado
Potasio	ppm	387.0	Acetato de amonio
CIC	(meq/100g)	34.72	Acetato de amonio
Ca <sup>++</sup>	(meq/100g)	28.6	Espectrofotómetro de absorción atómica
Mg <sup>++</sup>	(meq/100g)	4.87	E. de absorción atómica
K <sup>+</sup>	(meq/100g)	1.08	E. de absorción atómica
Na <sup>+</sup>	(meq/100g)	0.17	E. de absorción atómica
Al <sup>+++</sup> H <sup>+</sup>	(meq/100g)	0	E. de absorción atómica

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes del departamento de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2018

### 3.2.2. Análisis meteorológico

Los datos de clima del trabajo de investigación (Tabla 5) fueron registrados por la Estación de Meteorológica e Hidrología (SENAMHI): los resultados de variables como temperaturas máximas, mínimas y medias, precipitación y humedad relativa durante la investigación, se obtuvieron de la estación Jauja de la provincia de Junín.

Se registró valores estadísticamente muy similares de las temperaturas máximas durante todos los meses del desarrollo del cultivo y temperaturas mínimas de junio a agosto siendo los meses de invierno, asimismo la precipitación es marcadamente mayor en la época estival y disminuye en invierno y primavera (Tabla 5). Esta disminución de la lluvia se da porque, desde el mes de mayo a agosto hay poca precipitación.

**Tabla 5. Datos meteorológicos promedios mensuales 2014-2015 durante los meses en desarrollo del cultivo del experimento**

	Temp. Max (°C)	Media (°C)	Temp. Min (°C)	Precipitación (mm)
Año 2014				
Octubre	20.0	13.0	6.0	28.6
Noviembre	21.0	13.8	6.3	56.3
Diciembre	20.0	13.4	7.6	37.6
Año 2015				
Enero	19.0	13.1	7.0	212.2
Febrero	18.0	12.9	7.1	139.5
Marzo	18.5	12.5	7.2	103.8
Abril	17.7	12.1	6.4	65.5
Mayo	20.0	12.3	4.5	18.4
Junio	20.3	10.7	1.9	7.5
Julio	20.8	10.5	0.8	7.0
Agosto	21.3	11.5	2.5	4.5
Setiembre	21.7	13.2	5.4	48.2
Octubre	21.7	13.0	6.0	32.1

Fuente: Dirección Regional SENAMHI 2018

En el anexo 1. La humedad relativa del ambiente desde las primeras etapas y desarrollo fenológico de la leguminosa, muestran crecimiento progresivo desde octubre, noviembre y diciembre del año 2014 y que sigue esta tendencia hasta abril del 2015 donde llega al valor más alto el mes de marzo con 74.2% de humedad relativa y al valor más bajo se registra en agosto con 53.5%. Estas condiciones permitieron el poco desarrollo de enfermedades fungosas como el *Oidium* sp, *Botritis cinerea*. En el anexo 2 se registran valores promedios de horas sol mensual durante todo el desarrollo fenológico del tarwi, se observa incidencia de horas sol en la época seca y menor en las épocas lluviosas de verano.

### 3.3. Materiales

#### 3.3.1. Material genético en estudio

El experimento estuvo formado por 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi, proporcionados por el Programa de Investigación de Leguminosas de Grano y Oleaginosas de la Universidad Nacional Agraria La Molina y la Universidad Nacional del Altiplano, Puno (UNAP). La lista de ecotipos y su procedencia se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6. Ecotipos regionales y variedades de tarwi estudiados en el experimento**

<b>ENTRADA</b>	<b>ECOTIPOS Y VARIEDAD</b>	<b>PROCEDENCIA</b>
1	Variedad Yunguyo	E.E. IIIPA, Puno
2	Testigo Local	UNALM
3	Variedad Andenes	E.E. Santa Ana Huancayo
4	Patón Grande	Otuzco, La Libertad
5	MG PUNO	Puno
6	Altagracia	La Libertad
7	03-10-214	UNAP, Puno
8	03-10-212	UNAP, Puno
9	03-10-256	UNAP, Puno
10	03-10-450	UNAP, Puno
11	Cusco 1	UNSAAC, Cusco
12	Cusco 2	UNSAAC, Cusco
13	Cholo fuerte	Ancash-Huaraz

#### 3.3.2. Diseño experimental

El experimento se realizó con diseño de bloques completamente al azar, con 13 tratamientos y tres réplicas, determinando 39 unidades experimentales.

El modelo aditivo lineal que se usó para el análisis de variancia fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = rendimiento en kg/parcela en el  $i$ -ésimo tratamiento ante el  $j$ -ésimo bloque en estudio.

$\mu$  = efecto de la media general de los ecotipos de tarwi en estudio;  $T_i$  = efecto de la accesión

$iB_j$  = efecto del bloque  $j$ ;  $E_{ij}$  = efecto del error experimental en la unidad sujeta a la accesión  $i$  en el bloque  $j$ ; Siendo los valores de:  $i = 1, 2, \dots, 13$  accesiones,  $j = 1, 2$  y  $3$  repeticiones.

La comparación de medias se realizó entre los promedios de los tratamientos con las comparaciones múltiples de Duncan al 5%.

### Características del área experimental

- *Características de los bloques:*

Número de bloques	: 3
Parcelas por bloque	: 13
  
- *Características de la parcela:*

Número de surco por parcela	: 2
Longitud de surco	: 4 m
Distancia entre surco	: 0.8 m
Número de parcelas	: 39
Número de semilla por golpe	: 3
Número de parcelas por bloque	: 13
Área de parcela	: 6.4 m <sup>2</sup>

### 3.3.3. Otros materiales usados en la investigación

Herramientas y materiales utilizados son los siguientes:

- ❖ Balanza.
- ❖ Lampas y picos.
- ❖ Wincha de 20 m.
- ❖ Sobres de papel
- ❖ Etiquetas y rafia.
- ❖ Bolsas de papel.
- ❖ Sacos de polipropileno
- ❖ Cámara fotográfica.
- ❖ Cinta Masking Tape.

- ❖ Libreta de apuntes.
- ❖ Lápiz y borrador.
- ❖ Lupa.
- ❖ Marcadores
- ❖ Cintas métricas para mediar plantas
- ❖ Balanza electrónica
- ❖ Letreros para identificar tratamientos

### **3.4. Metodología**

El experimento se realizó con un diseño de bloque completamente al azar con 11 ecotipos y 2 variedades regionales de tarwi con tres bloques en una extensión de 6.4m<sup>2</sup>, utilizando la metodología del Programa de Leguminosas de Grano de la Universidad Agraria la Molina, se evaluó variables cuantitativas y cualitativas basados la normatividad internacional, utilizando sistemas métricos para las características continuas y discretas eligiendo al azar 10 plantas de la parcela.

### **3.5. Conducción del experimento**

#### **3.5.1. Preparación del terreno**

Se ejecutó en quincena de octubre con la eliminación de malezas y restos de cosechas, seguido de una pasada de arado, de gradas, surcado, escarda de grama china, se empleó una distancia entre surcos de 0.80 m y la demarcación de bloques, calles, parcelas se realizó con cal.

#### **3.5.2. Preparación de la semilla y siembra**

Durante la preparación, se utilizó semillas de calidad, luego se embolsaron en 13 bolsas. El experimento se inició el mes de octubre 2014 y la siembra se realizó en la quincena del mes de noviembre. Este sembrado se realizó en las parcelas de dos surcos de 4m de longitud con 5 semillas por golpe (en el desahijé se dejó a tres plantas), con un total de 13 golpes por surco a una profundidad de 5 centímetros con una distancia de 30 centímetros.

#### **3.5.3 Abonamiento**

El abonamiento se realizó a la preparación del terreno donde se incorporó 5 toneladas de materia orgánica para mejorar las condiciones físicas y nutricionales del campo.

#### **3.5.4. Control de malezas**

Se realizó el desmalezado o deshierbo a inicio de cuatro hojas verdaderas, eliminando plantas anormales o con algún problema sanitario de plagas o enfermedades, que compitan por agua o luz. La operación fue en forma manual con el empleo de lampas.

#### **3.5.5. Aporque**

Labor que se inicia en el estadio fenológico de formación de vainas, para estabilizar la planta y evitar el tumbado, en ese momento se da un incremento por peso, tamaño y número de vainas, esta labor favorece la oxigenación del sistema radical.

#### **3.5.6. Control fitosanitario**

Incluyen diferentes métodos de control de acuerdo con las condiciones específicas del cultivo, en esta oportunidad no se realizó control alguno para plagas ni enfermedades.

##### **- Plagas**

Una de las primeras plagas en estados fenológicos iniciales del cultivo son los gusanos de tierra como *Agrotis sp* y *Feltia spp* que actúan cortando las plántulas a la altura del cuello, el daño de ambas plagas no fue significativo.

##### **- Enfermedades**

Se realizó la desinfección de la semilla a la siembra con Benlate a la dosis de 500 g por cilindro, para evitar las enfermedades radiculares como *Fusarium oxysporium* y *Rhizoctonia solani*.

En el desarrollo del experimento no se presentó incidencia significativa de enfermedades, solo la roya (*Uromyces lupini*) en el estadio fenológico vegetativo, no fue necesaria la aplicación de insecticida al no ser significativa la incidencia.

#### **3.5.7. Cosecha**

Se realizó por las mañanas cuando se observa más del 70% de las plantas amarillas, arrancando las vainas manualmente y se repitió para cada uno de los tratamientos del experimento, pero si teniendo mucho cuidado para evitar pérdida por apertura de vaina o caída de grano. La cosecha en ecotipos del sur se dio inicio a los 174 días, culminando a los 259 días con el ecotipo más tardío. Mientras que las variedades del centro se dio inicio a los

184 y culminó a los 216 días. Con respecto a los ecotipos del norte la cosecha se inició a los 261 días y que terminó a los 270 días. Las vainas cosechadas fueron puestas en bolsas con su respectivo código para poder diferenciar los ecotipos.

### **3.5.8. Secado de grano**

Se trasladan las vainas a un lugar para completar la maduración y secado de manera general por 15 a 25 días, para reducir la humedad en las vainas.

### **3.5.9. Trillado**

Realizado la cosecha, se da paso al trillado de vaina cosechada de cada parcela identificada. De cada parcela se eligió 10 plantas al azar, donde se evaluó, los componentes de rendimiento que luego fueron registradas para cada ecotipo y variedad.

### **3.5.10. Venteado**

Se realizó para separar el grano de los fragmentos de las hojas, vainas, pequeñas ramas y residuos de granos, se realiza con la finalidad que el grano quede limpio, se realiza aprovechando las horas donde hay corrientes de aire.

## **3.6. Variables evaluadas en el experimento**

Se basaron en los descriptores para el tarwi elaborado por el IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources) en 1981, para los distintos caracteres morfológicos, agronómicos y de rendimiento del tarwi para esta evaluación fueron.

### **3.6.1. Caracterización cualitativa de los ecotipos y variedades de tarwi**

- a) **Tipo de crecimiento:** Herbáceo, Arbustivo
- b) **Porte de la planta:** Erecto, semierecto, decumbente.
- c) **Formación del tallo:** Tallo principal no prominente o tallo principal prominente
- d) **Color de la semilla**

*Color predominante de la semilla*

Blanco, naranja, amarillo, azul, rosa, rojo, violeta  
verde, azul, marrón

### *Color secundario de la semilla*

No hubo color secundario, blanco, naranja amarillo, rosa, rojo, verde, azul, violeta, marrón.

#### **e) Forma de semilla**

Esférica, aplanada esférica o lenticular oval, oval aplanada, cuboide, cuboide aplanada

### **3.6.2. Caracterización cuantitativa de los ecotipos y variedades de tarwi**

#### **f) Días a floración**

Periodo de días transcurridos de siembra al 50% de floración.

#### **g) Días a madurez de cosecha**

Periodo desde siembra hasta al 95% de plantas registren follaje y vainas de color pajizo.

#### **h) Longitud de foliolo**

Se registraron el promedio de longitud en cm de los foliolos extraídos de 10 plantas

#### **i) Altura de planta**

Registro promedio de altura en cm de 10 plantas al final de floración, desde del cuello de la planta hasta el final de la inflorescencia.

#### **j) Número de ramas**

Se tomó en forma aleatoria 10 plantas para determinar el promedio de ramas.

### **3.6.3. Rendimiento y sus componentes**

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

Registro de 10 plantas al azar para determinar el promedio de vainas por planta

#### **l) Longitud de vainas**

Se midió de extremo a extremo 10 vainas elegidas al azar en centímetros.

**m) Ancho de vaina**

Se registró la media de ancho de 10 vainas en milímetros al azar

**n) Número de lóculos por vaina**

Se determinó el promedio de números de lóculos de 10 vainas registradas al azar

**o) Número de granos por vaina**

Resultado del promedio de granos por vaina de 10 plantas tomadas al azar.

**p) Peso de 100 semillas**

Se registró el promedio de peso de 100 semillas en gramos por cada ecotipo y variedad

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las respuestas registradas de los 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi en el Instituto Regional de Desarrollo de Sierra (IRD-Sierra), localidad de San Juan de Yanamuclo, provincia de Jauja, región Junín. Se realizó el análisis estadístico de variancia individual y combinado, comparación de promedios al 5% de probabilidad estadística, que se detallaran en función de variables.

### 4.1. Caracterización de los ecotipos regionales y variedades de tarwi

#### 4.1.1. Características de la planta

##### a) Tipo de crecimiento y porte de la planta

Se muestra en la tabla 7, todos los ecotipos regionales y variedades estudiadas presentaron un crecimiento de tipo arbustivo; sin embargo, Cholo fuerte, Altagracia y la variedad Yunguyo presentaron también plantas con un tipo de crecimiento herbáceo; con respecto a la variable porte de planta, la mayoría de ecotipos presentaron portes erectos, mientras que, los ecotipos Cuzco 1, MG Puno, Patón Grande y las variedades Yunguyo y Andenes presentaron portes semi erectos.

**Tabla 7. Características de la planta**

Ecotipo	Características de la planta	
	Tipo de crecimiento	Porte de planta
03-10-214	Arbustivo	Erecto
Cuzco 2	Arbustivo	Erecto
Cholo fuerte	Arbustivo/ Herbáceo	Erecto
Cuzco 1	Arbustivo	Semi erecto
V. Yunguyo	Arbustivo/ Herbáceo	Semi erecto
03-10-450	Arbustivo	Erecto
03-10-256	Arbustivo	Erecto
V. Andenes	Arbustivo	Semi erecto
Testigo	Arbustivo	Erecto
Altagracia	Arbustivo/ Herbáceo	Erecto
MG Puno	Arbustivo	Semi erecto
P. Grande	Arbustivo	Semi erecto
03-10-212	Arbustivo	Erecto

De la Cruz (2018) bajo condiciones de Marcará–Ancash, los ecotipos Cuzco 1, Cuzco 2, 03-10-214 y MG Puno presentaron plantas semi erectos y tipos de crecimiento arbustivos; en comparación con lo obtenido en el experimento desarrollado, todos los ecotipos presentaron igual tipo de crecimiento, sin embargo, Cuzco 2 y 03-10-214 presentaron un porte de planta erecto; esta variación en el porte de planta pudo ser debido a factores climáticos y a la capacidad de adaptación que presentan estos ecotipos.

#### 4.1.2. Características del tallo

##### b) Formación del tallo

Todos los ecotipos regionales y variedades presentaron plantas no prominentes; sin embargo, algunas plantas de los ecotipos Cholo fuerte, Altagracia y MG Puno llegaron a presentar paralelamente formaciones de tallo del tipo prominente. Todos los ecotipos regionales y variedades presentaron ramificación en sus tallos (Tabla 8).

**Tabla 8. Características del tallo**

<b>Ecotipos Regionales y Variedades</b>	<b>Característica del tallo</b>	
	<b>Formación de tallo</b>	<b>Tipo de ramificación de tallos</b>
<b>03-10-214</b>	No prominente	Ramificado
<b>Cuzco 2</b>	No prominente	Ramificado
<b>Cholo fuerte</b>	Prominente/ No prominente	Ramificado
<b>Cuzco 1</b>	No prominente	Ramificado
<b>V. Yunguyo</b>	No prominente	Ramificado
<b>03-10-450</b>	No prominente	Ramificado
<b>03-10-256</b>	No prominente	Ramificado
<b>V. Andenes</b>	No prominente	Ramificado
<b>Testigo</b>	No prominente	Ramificado
<b>Altagracia</b>	Prominente/ No prominente	Ramificado
<b>MG Puno</b>	Prominente/ No prominente	Ramificado
<b>P. Grande</b>	No prominente	Ramificado
<b>03-10-212</b>	No prominente	Ramificado

### 4.1.3. Características de las semillas

#### c) Color y forma de la semilla

Los ecotipos regionales y variedades evaluadas preferentemente presentaron semillas blancas sin colores secundarios, pero los ecotipos 03-10-256, 03-10-214 y 03-10-212 presentaron semillas con variaciones en sus colores, presentando semillas de coloración principal blancas con marrón como color secundario, semillas de color predominante negro con un color marrón como secundario y semillas negras sin coloración secundaria respectivamente. En la variable de forma de semilla, la mayoría de ecotipos y variedades tuvieron semillas ovaladas; sin embargo, ecotipos como Cholo Fuerte, Altagracia y Patón Grande llegaron a presentar semillas de forma esférica; en contraste con estas, la variedad Andenes presentó formas de semillas cuboides (Tabla 9)

**Tabla 9. Características de la semilla**

<b>Ecotipos Regionales y Variedades</b>	<b>Características de la semilla</b>			
	<b>Color predominante</b>	<b>Color secundario</b>	<b>Forma</b>	<b>Tamaño</b>
<b>03-10-214</b>	Negro	Marrón	Oval	Mediano
<b>Cuzco 2</b>	Blanco	-	Oval	Mediano
<b>Cholo fuerte</b>	Blanco	-	Esférica	Mediano
<b>Cuzco 1</b>	Blanco	-	Oval	Mediano
<b>V.Yunguyo</b>	Blanco	-	Oval	Mediano
<b>03-10-450</b>	Blanco	-	Oval	Mediano
<b>03-10-256</b>	Blanco	Marrón	Oval	Mediano
<b>V.Andenes</b>	Blanco	-	Cuboides	Mediano
<b>Testigo</b>	Blanco	-	Oval	Mediano
<b>Altagracia</b>	Blanco	-	Esférica	Mediano
<b>MG Puno</b>	Blanco	-	Oval	Mediano
<b>P. Grande</b>	Blanco	-	Esférica	Mediano
<b>03-10-212</b>	Negro	-	Oval	Mediano

## **4.2. Variables morfológicas**

### **4.2.1. Días a floración**

Los días a floración promedio de los 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi evaluados fue de 122 días, los valores registrados en el experimento oscilaron entre 109 días para el ecotipo 03-10-212 y 141 días para el ecotipo Altagracia; Para el testigo se registró 120 días a floración (Tabla 11); Resultado de la varianza con respecto a los días a floración en la tabla 10, en ella se registra la variación estadística para los de tratamientos, pero no para bloques. Esta diferencia de los días a floración entre los tratamientos podría ser a la carga genética de los ecotipos o variedades y a su mecanismo de adaptación a condiciones de suelo y climas ya que proceden de diferentes zonas del país, así por ejemplo el 2.01% de materia orgánica en el suelo, determinara mayor retención de agua en el suelo, prolongando el estadio de crecimiento y retrasando la floración, por ende, varios ecotipos presentaron periodos fenológicos prolongados. El coeficiente de variabilidad fue 6.13% que es aceptable y de confianza para evaluaciones en campo.

Resultado de la prueba Duncan a una significación de  $\alpha= 0.05$ , se registró que el ecotipo Altagracia demora más en llegar a floración con 141 días y estadísticamente difiere del resto de los ecotipos y variedades a excepción del ecotipo Patón Grande que demora 128 días, siendo estos dos ecotipos con más días a floración (Figura 1). Los ecotipos más precoces en llegar a floración son 03-10-212 con 109 días, Cuzco 1, con 115 días y MG Puno con 118 días, esta precocidad a la altitud 3308 m.s.n.m. y procedencia del material genético es muy importante para superar daños de insectos, heladas, granizadas.

Castañeda., (1988) Señalo que las evaluaciones realizadas en Chiquián (Ancash) el periodo de floración registro de 84 a 93 días de la siembra y en la localidad de Jauja (Junín) con una altura de 3,400 m.s.n.m registro de 92 y 117 días, destacándose como las precoces a los ecotipos Compuesto 22-2 y Compuesto 22.

La precocidad registrada en la localidad Chiquián, probablemente fue influenciada por la altitud (3350 m.s.n.m.) y el contenido de materia orgánica, determinando una mayor retención de la humedad, Estudios realizados en el Callejón de Huaylas los ecotipos precoces registraron floración plena de 110 y 120 días entre las más precoces Anc. 059, Comp. 4 (Cerrate y Camarena, 1981).

**Tabla 10. Cuadrados medios de las variables morfológicas evaluadas del experimento**

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>G.L.</b>	<b>Días a Floración</b>	<b>Días a madurez de cosecha</b>	<b>Longitud de foliolo</b>	<b>Altura de plantas</b>	<b>Número de ramas</b>
<b>Tratamiento</b>	12	166.28*	4650.42**	2.39**	845.50*	2.19 N.S.
<b>Bloques</b>	2	100.61 N.S.	525.87 N.S.	0.46 N.S.	908.36 N.S.	6.44*
<b>Error</b>	24	56.00	161.12	0.60	341-95	1.42
<b>Total</b>	38					
<b>C.V. (%)</b>		6.13	5.89	12.56	16.83	14.71
<b>Promedio</b>		122.07	215.51	6.16	109.86	8.09

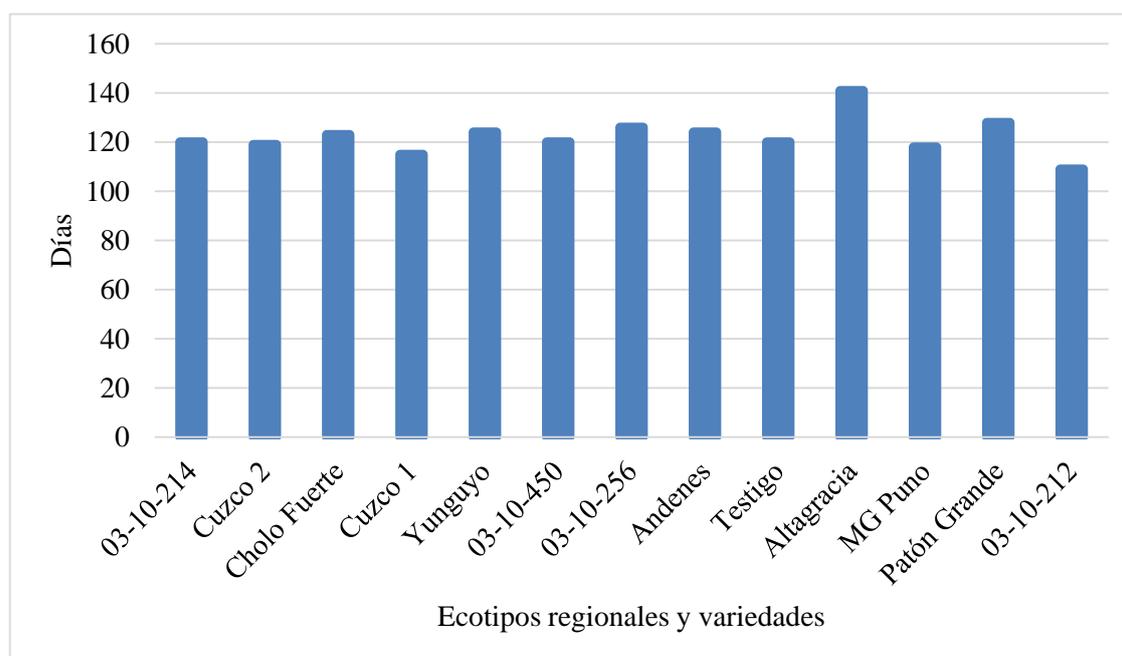
G.L., grados de libertad

C.V. (%): Coeficiente de variabilidad

**Tabla 11. Resultados promedios de las variables de los caracteres morfológicos evaluadas en el experimento**

<b>Ecotipos y variedades</b>	<b>Días a floración</b>	<b>Días a madurez de cosecha</b>	<b>Longitud de foliolo (cm)</b>	<b>Altura de planta(cm)</b>	<b>Número de ramas</b>
<b>03-10-214</b>	120 bc	174 d	5.00 c	97.7 cd	7.4 ab
<b>Cuzco 2</b>	119 bc	259 a	6.67 ab	138.6 ab	9.1 a
<b>Cholo Fuerte</b>	123 bc	262 a	6.67 ab	122.3 abc	8.7 ab
<b>Cuzco 1</b>	115 bc	205 bc	6.33 abc	106.2 bcd	8.7 ab
<b>Var. Yunguyo</b>	124 b	216 b	6.27 abc	106.3 bcd	9.3 a
<b>03-10-450</b>	120 bc	187 cd	5.57 b	105.6 bcd	8.6 ab
<b>03-10-256</b>	126 b	177 d	5.47 bc	105.0 bcd	8.6 ab
<b>Var. Andenes</b>	124 b	184 cd	5.00 c	109.3 abcd	7.6 ab
<b>Testigo</b>	120 bc	252 a	7.10 a	102.3 cd	7.3 ab
<b>Altagracia</b>	141 a	261 a	7.73 a	142.2 a	8.7 ab
<b>MG Puno</b>	118 bc	176 d	5.53 bc	91.3 cd	7.6 ab
<b>Patón Grande</b>	128 ab	270 a	7.30 a	117.5 abcd	7.1 ab
<b>03-10-212</b>	109 c	178 d	5.50 bc	83.8 d	6.6 b
<b>Promedio</b>	122	216	6.16	109.8	8.09

\*Promedios con igual letra, dentro de columnas, son similares estadísticamente de acuerdo con la prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ).



**Figura 1. Días a floración de ecotipos regionales y variedades evaluadas**

Araujo (2015), menciona que las evaluaciones de días a floración realizadas en las localidades de Huancayo y Mantaro, registraron de 93.67 a 97.83 días después de la siembra, destacándose los ecotipos Yunguyo y Andenes INIA, que presentaron 97.83 días a floración y 96.17 días respectivamente; siendo la altura de 3295 m.s.n.m. (Huancayo) y 3316 m.s.n.m. (Mantaro) y las condiciones de temperatura de 12 a 13 °C y precipitación acumulada al mes de abril con 610 y 605 mm para las dos localidades, muy similar a la investigación realizada con 615 mm, estos factores de altura, temperatura y precipitación son similares a la investigación, pero esta tiene un contenido superior de materia orgánica en el suelo que prolonga los días a floración de los ecotipos.

El promedio de días a floración en este experimento fue ligeramente mayor a lo obtenido por Aguilar en 2015, Otuzco (120 días). Asimismo, se encuentran diferencias altamente significativas entre los ecotipos igual a lo obtenido por Aguilar (2015). Se observa también que el ecotipo Patón Grande, originario de La Libertad, en este experimento alcanza un valor (128 días) por encima de lo obtenido en su lugar de origen (122 días).

De La Cruz (2018), bajo condiciones de Marcará-Ancash, con una altitud de 2700 msnm. y temperatura promedio de 16 °C encontró un rango de días a floración de 84 a 86 días para los ecotipos de la zona del centro y de 84 a 91 para ecotipos de la zona sur, destacándose el ecotipo Andenes INIA, como el más precoz con 84.33 días, y el más tardío MG Puno con 91.33 días. Lo que muestra la importancia del componente medioambiental en las características de los ecotipos o variedades y su adaptación a otros ambientes.

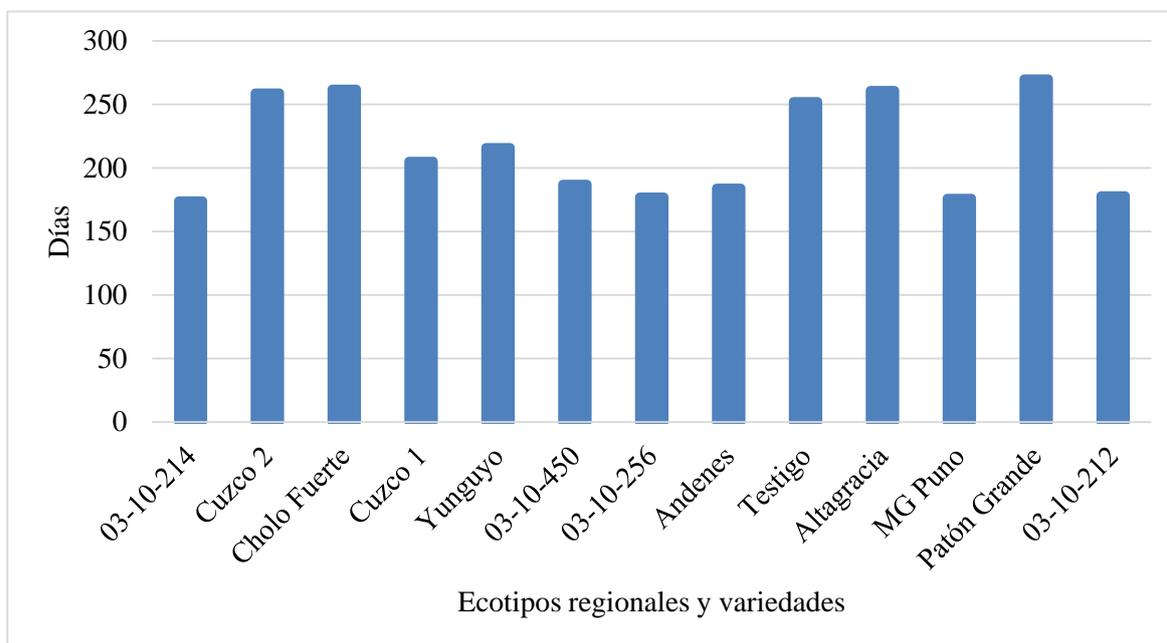
#### **4.2.2. Días a madurez de cosecha**

Los 11 ecotipos regionales y 2 variedades evaluadas registraron para los días a madurez de cosecha un promedio de 216 días, según la tabla 11, Los valores registrados en el experimento oscilaron entre 174 días del ecotipo 03-10-214 y 270 días en el ecotipo Patón Grande, mientras que el testigo registró 252 días a madurez de cosecha.

Resultado del análisis de varianza, según la tabla 10, con una significancia de  $\alpha=0.05$ , se determinó diferencias altamente significativas ( $p<0.01$ ) en las fuentes de variabilidad de los tratamientos, el coeficiente de variabilidad fue 5.89% que es aceptable para experimentos en cultivos según Calzada (1982).

Resultados de la prueba de Duncan a una significación de  $\alpha= 0.05$ , resultó que el ecotipo Patón Grande demora más en llegar a madurez de cosecha con 270 días, valores

estadísticamente diferentes al resto de los ecotipos y variedades, excepto los ecotipos Cholo Fuerte con 262 días, Altagracia con 261 días, Cuzco 2 con 259 días y Testigo IRD Sierra con 252 días que son estadísticamente similares a los ecotipos tardíos (Figura 2).



**Figura 2. Días a madurez de cosecha de los ecotipos y variedades evaluadas en el experimento**

La variación en la precocidad de hasta 30 días en diferentes regiones, depende del material genético, características de suelo, clima donde se desarrolla. Orcón (2010), mencionó, en el Cuzco hay líneas tardías de hasta 210 días (CTC – 024, CTC – 47 entre otras) como precoces de hasta 150 (líneas CTC – 521, CTC – 008). Además, Castañeda (1988), registro ecotipos precoces como Compuesto 22-2, ecotipos H6 y Compuesto 22-1, tanto en la localidad de Chiquián (Ancash) con 158, 159 y 161 días, mientras que en Jauja (Junín) registraron de 169, 172 y 174 días a madurez de cosecha.

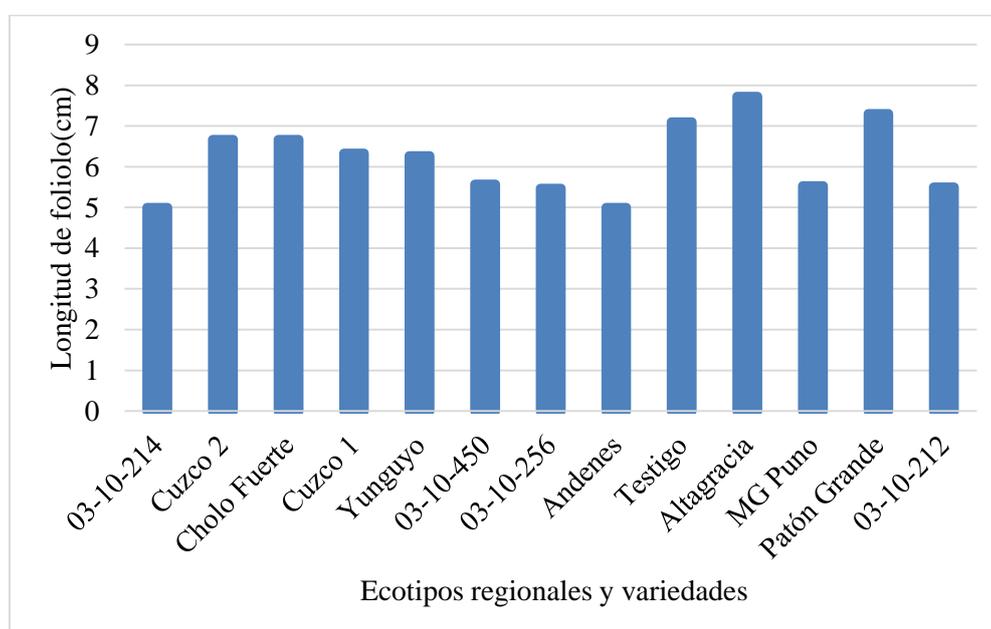
Los días promedios a madurez de cosecha en este experimento fue 215 días y está por debajo al obtenido por Aguilar en 2015 en Otuzco (238 días). Asimismo, se encuentran diferencias muy significativas entre los ecotipos igual a lo obtenido por Aguilar (2015). Se observa también que el ecotipo Patón Grande, de origen en La Libertad, en este experimento alcanza un valor (270 días) por encima de lo obtenido en su lugar de origen (244 días) donde es más precoz, lo que muestra la importancia del componente medioambiental en las características de los ecotipos y variedades y su adaptación a otros ambientes.

### 4.2.3. Longitud de foliolo (cm)

La longitud de foliolo promedio de los 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi evaluados, según la tabla 11, fue 6.16 cm. Los valores registrados en el experimento oscilaron entre 5 cm (ecotipo 03-10-214) y 7.73 cm (ecotipo Altagracia). El testigo presentó 7.1 cm de longitud de foliolo.

Resultado del análisis de varianza según la tabla 10, para la longitud de foliolo a un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ , presentaron diferencias muy significativas ( $p<0.01$ ) en las fuentes de variabilidad de los tratamientos, el coeficiente de variabilidad fue 12,56 % adecuado y de confianza en investigaciones agrícolas Calzada (1982).

Resultado del método Duncan a un nivel de significación de  $\alpha= 0.05$  para la variable longitud de foliolo, se registró que el ecotipo Altagracia presentó la mayor longitud de foliolos con 7.73 cm y es muy similar estadísticamente a la variedad Yunguyo y demás ecotipos, excepto a la variedad Andenes y a los ecotipos 03-10-214 con 5 cm, 03-10-256 con 5.47 cm, 03-10-212 con 5.5 cm, MG Puno con 5.53 cm, 03-10-450 con 5.57 cm, que son los de más bajo valor (Figura 3).



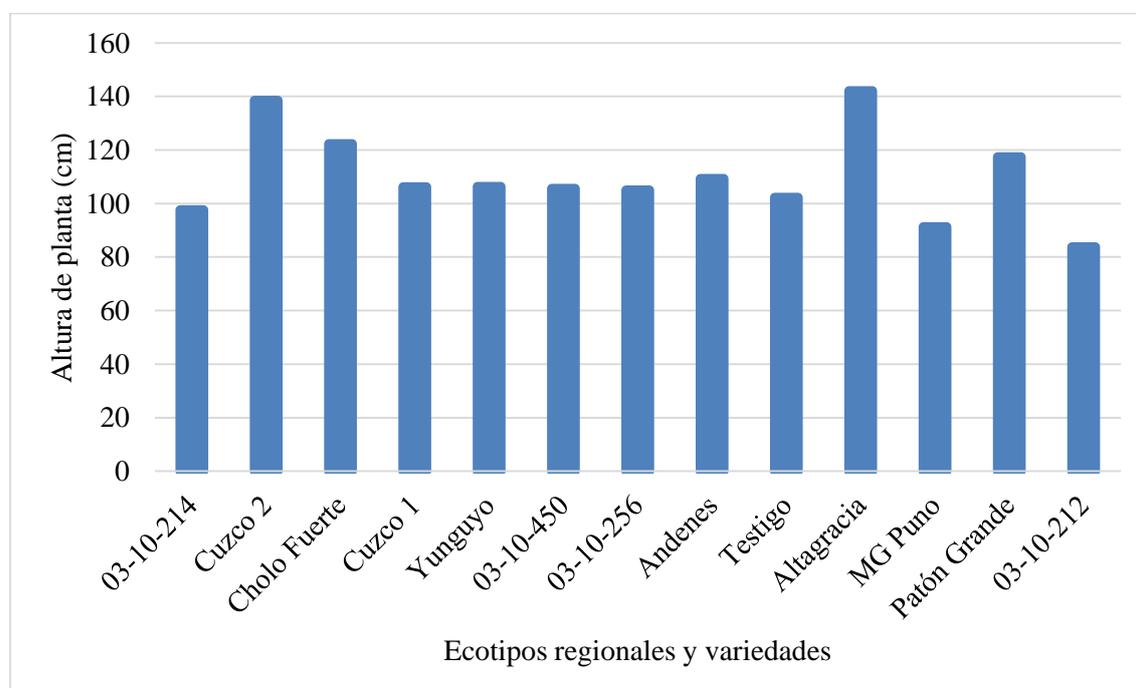
**Figura 3. Longitud de foliolo (cm) de los ecotipos regionales y variedades del experimento**

#### 4.2.4. Altura de planta (cm)

Según la tabla 11, se registra el promedio de altura de los 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi evaluados en 109.8 cm, los valores registrados en el experimento oscilaron entre 83.8 cm para el ecotipo 03-10-212 y 142.2 cm para Altagracia, el ecotipo testigo IRD Sierra presentó una altura de 102.3 cm.

Resultado de la varianza para altura de planta, con significancia de  $\alpha=0.05$ , se estableció diferencias muy significativo ( $p<0.01$ ) en las fuentes de variabilidad para la altura de plantas de los ecotipos y variedades estudiadas (Tabla 10), con un coeficiente de variabilidad de 17% que es de confianza y aceptable en investigaciones de campo según Calzada (1982).

Resultados de la prueba de Duncan a una significación de  $\alpha= 0.05$  se determinó que el ecotipo Altagracia presento mayor altura de planta con 142.2 cm y que difiere estadísticamente a la mayoría de los ecotipos y variedad, excepto para los ecotipos Cusco 2 con 138.6 cm, Patón Grande con 117.5 cm, variedad Andenes con 109.3 cm y Cholo Fuerte con 122.3 cm que se comportan estadísticamente muy similar a este (Figura 4).



**Figura 4. Altura de la planta (cm) de los ecotipos regionales y variedades evaluadas en el experimento**

Un promedio significativo de altura de planta no necesariamente es determinante en mayor productividad, pero en el tarwi con un crecimiento indeterminado, con tallo más grande

albergara más ramas que producirán más inflorescencias, por ende, habrá una mayor cantidad de vainas.

Investigación del año 1976-1977 en Acco-Huaraz (3200 m.s.n.m.) por Cerrate y Camarena (1981), encontraron una altura promedio de planta de 136 cm, destacándose el ecotipo Anc.059 con una mayor altura con 152 cm, mientras que el ecotipo Anca. 072 registró una menor altura con 119 cm, con respecto a los rendimientos el ecotipo Anca 059 y el Anc. 072 registraron 979 y 243 kg/ha respectivamente, la altura de plantas en esta investigación influye en el rendimiento del tarwi. En la campaña 1977-1978 en el Callejón de Huaylas se encontró un promedio de altura de 117 cm, destacándose el ecotipo Compuesto 1 con 136 cm de altura, pero no registró mayor rendimiento sino un promedio similar a los ecotipos de mayor longitud con 929 kg/ha.

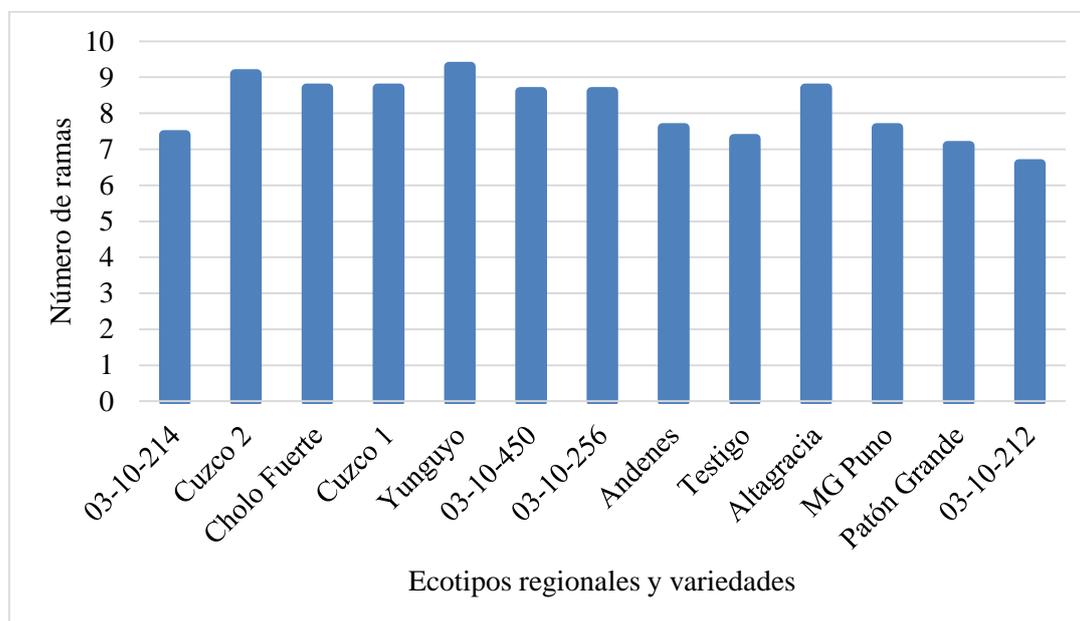
Castañeda (1988), Señalo al hacer comparativo de condiciones ambientales de la altura de los ecotipos investigados en Jauja Junín y Huaraz u Otuzco, se registró menor altura de tallos para las condiciones de Jauja Junín con respecto a las condiciones de Huaraz y Otuzco donde el ecotipo Ancash 001 registro mayor altura con 103.3 cm, posiblemente las variables de temperatura y de suelo fue determinante en la altura de la planta y la altura promedio de la planta del experimento fue 109.8 cm, menor a lo obtenido por Aguilar en 2015 bajo condiciones de Otuzco con 112.3 cm. Asimismo, se encuentran diferencias altamente significativas entre los ecotipos en contraste a lo obtenido por Aguilar (2015) que no encontró diferencias significativas entre sus tratamientos. Se observa también que el ecotipo Patón Grande, de origen en La Libertad, en este experimento alcanza una altura de 117.5 cm mayor que lo obtenido en su lugar de origen (112 cm), lo que muestra la importancia del componente medioambiental en las características de los ecotipos, variedades y su adaptación a otros ambientes.

#### **4.2.5. Número de ramas**

Según la tabla 11, el número de ramas promedio de los 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi evaluados fue 8.1 ramas por planta, los valores registrados en el experimento oscilaron entre 6.5 ramas por planta en el ecotipo 03-10-212 y 9.3 ramas por planta en la variedad Yunguyo, el testigo IRD Sierra presentó 7.3 ramas por planta.

Respuesta del análisis de variancia al número de ramas con una significancia de  $\alpha=0.05$ , se concluye que hay diferencias altamente significativas ( $p<0.01$ ) en las fuentes de variabilidad

de los tratamientos (Tabla 10), el coeficiente de variabilidad fue 14.71 % que es aceptable y de confianza en experimentos agrícolas.



**Figura 5. Número de ramas de los ecotipos regionales y variedades evaluadas en el experimento**

Resultados de la prueba de Duncan a un nivel de significación de  $\alpha= 0.05$  se determinó que la variedad Yunguyo y el ecotipo Cuzco 2 registraron mayor número de ramas por planta, con 9 ramas, estadísticamente los ecotipos Cusco 1 con 8.7 ramas por planta, Cholo fuerte con 8.7 ramas por planta, Altagracia con 8.7 ramas por planta, 03-10-450 con 8.6 ramas por planta y 03-10-256 con 8.6 ramas por planta son similares a los mejores tratamientos (Figura 5).

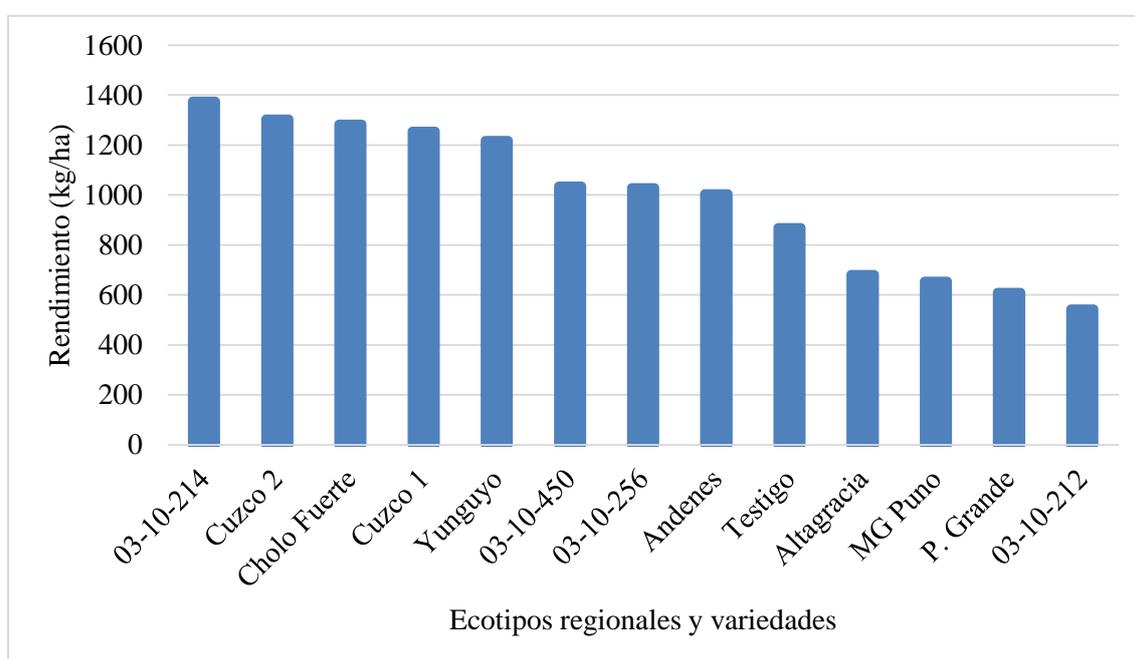
De la Cruz (2018) menciona en condiciones de Marcará – Ancash, obtuvo en los ecotipos Cuzco 1, Cuzco 2, MG Puno y 30-10-214, promedios de ramas por planta de 7.37, 7.47, 4.97 y 6.07 respectivamente; estos resultados fueron inferiores a los registrados en el presente experimento, posiblemente a la mayor altitud y menores temperaturas que generaron un prolongado estadio vegetativo permitiendo desarrollar un mayor número de nuevas ramas. Blanco (1982) y Ticona (1985) citados por Camarena et al. (2012), mencionan que el número de ramas por planta es muy heterogéneo de hasta 52 ramas y tiene correlación a factores ambientales y genéticos.

### 4.3. Rendimiento de grano y sus componentes

#### 4.3.1. Rendimiento grano seco (kg/ha)

El rendimiento promedio de grano seco de los 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi evaluados, en la tabla 13 fue 990 kg/ha y los valores registrados en el experimento oscilaron entre 544 kg/ha con el ecotipo 03-10-212 y 1376 kg/ha con el ecotipo 03-10-214.

Resultado de la varianza según la tabla 12, para rendimientos de grano seco por hectárea no determina que hay significancia estadística en las fuentes de variabilidad para tratamientos, pero no para las repeticiones. El coeficiente de variabilidad fue 26.77%, aceptables investigaciones agronómicas según Calzada (1982).



**Figura 6. Rendimiento grano seco (kg/ha) de los ecotipos regionales y variedades de tarwi evaluadas en el experimento**

En la figura 6 se muestra las respuestas de la prueba de Duncan de comparación de medias con una significación de  $\alpha= 0.05$ , donde se registró siete ecotipos y dos variedades con similar rendimiento y estos fueron 03-10-214 con 1376 kg/ha; Cuzco 2 con 1304 kg/ha; Cholo Fuerte con 1283 kg/ha; Cuzco 1 con 1256 kg/ha; Variedad Yunguyo con 1218 kg/ha; 03-10-256 con 1029 kg/ha; Variedad Andenes con 1005 kg y finalmente el testigo con 869 kg/ha. Los ecotipos que difirieron estadísticamente del resto de ecotipos por sus bajos rendimientos fueron Altagracia, 681 kg/ha, MG Puno, 654 kg/ha, Patón Grande, 610 kg/ha y 03-10-212, 544 kg/ha.

**Tabla 12. Cuadrados medios (ANVA) de las variables asociadas al rendimiento**

<b>Fuentes de variabilidad</b>	<b>G.L.</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	<b>Número de vainas llenas</b>	<b>Longitud de vainas (cm)</b>	<b>Ancho de vainas (cm)</b>	<b>Número de lóculos por vaina</b>	<b>Número de granos por vaina</b>	<b>Peso de 100 semillas (g)</b>
Bloques	2	88488.836 N.S.	450.333 N.S.	0.81 N.S.	0.008 N.S.	0.021 N.S.	0.035 N.S.	35.42*
Tratamiento	12	256443.949**	1427.198**	1.22**	0.008 N.S.	0.437 N.S.	1.275*	30.81**
Error	24	70178.794	214.685	0.34	0.007	0.412	0.455	6.97
Total	38							
C.V. (%)		26.77	27.17	7.31	5.23	11.93	15.96	12.15
<b>Promedio</b>		990	53.921	8.066	1.54	5.381	4.23	21.72

G.L., grados de libertad

C.V. (%): Coeficiente de variabilidad

**Tabla 13. Variables asociadas al rendimiento evaluadas en el experimento de 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi**

<b>Ecotipos</b>	<b>Rendimiento (Kg/ha)</b>	<b>Número de vainas llenas</b>	<b>Longitud de vainas (cm)</b>	<b>Ancho de vainas (cm)</b>	<b>Número de lóculos/ vaina</b>	<b>Número de granos/ vaina</b>	<b>Peso de 100 semillas (g)</b>
<b>03-10-214</b>	1376 a	63 abc	8.14 abc	1.48 a	5.37 a	4.8 a	20.67 def
<b>Cuzco 2</b>	1304 a	62 abc	9.19 a	1.62 a	5.38 a	4.76 ab	21.33 bcdef
<b>Cholo Fuerte</b>	1283 a	67 abc	7.33 cd	1.61 a	6 a	3.94 ab	17.33 f
<b>Cuzco 1</b>	1256 a	88 a	8.67 ab	1.57 a	4.9 a	4.36 ab	26 ab
<b>Var. Yunguyo</b>	1218 a	75 ab	7.96 bc	1.52 a	5.23 a	4.16 ab	23.33 abcde
<b>03-10-450</b>	1035 ab	64 abc	8.02 bc	1.48 a	4.96 a	4.42 ab	21 cdef
<b>03-10-256</b>	1029 ab	59 bc	7.9 bc	1.56 a	5.14 a	4.24 ab	18.33 ef
<b>Var. Andenes</b>	1005 ab	21 ef	8.64 ab	1.57 a	5.11 a	4.51 ab	27 a
<b>Testigo</b>	869 ab	30 ef	8.17 abc	1.5 a	5.0 a	2.56 c	23.53 abcd
<b>Altagracia</b>	681 b	11 f	6.66 d	1.49 a	5.89 a	3.45 bc	19.67 def
<b>MG Puno</b>	654 b	54 bcd	8.43 abc	1.6 a	5.86 a	5.03 a	17.67 f
<b>P. Grande</b>	610 b	63 abc	7.6 bcd	1.49 a	5.78 a	4.05 ab	25.83 abc
<b>03-10-212</b>	544 b	45 cde	8.16 abc	1.56 a	5.29 a	4.66 ab	20.67 def
<b>Promedio</b>	<b>990</b>	<b>54</b>	<b>8.06</b>	<b>1.54</b>	<b>5.38</b>	<b>4.23</b>	<b>21.72</b>

\*Promedios con la misma letra, dentro de columnas, son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ).

Tapia (2015) menciona que la precipitación de 450 a 700 mm de lluvia es adecuada para su desarrollo vegetativo; el experimento realizado, se inició en noviembre del 2014, en condiciones de lluvia, propias de la zona de Junín, con una precipitación acumulada para estos últimos meses de 93.9 mm y que se complementó durante el período de enero a julio del 2015; De enero, febrero y marzo del año 2015 se registro mayor precipitación de agua permitiendo buen desarrollo vegetativo y floral de la planta, en la fase final de la evaluación se incrementó las lluvias que no genero alteración de cosecha en los ecotipo tardío con una precipitación total de 647.8 mm por lo que ese año fue considerado como normal, por el total de precipitación. Durante el desarrollo del experimento se presentaron condiciones de humedad relativa media de 53.1%, característica típica de sierra central, con regímenes de precipitación que no favorecieron significativamente el desarrollo de patógenos como, roya (*Uromyces lupini*), quemado del tallo (*Acochyta* sp), Marchitez causado por *Fusarium oxysporium* en estado adulto y en plantas jóvenes *Rhizoctonia solani*, además antracnosis determinada por *Colletotrichum gloesporoide*.

Esta leguminosa puede soportar hasta -4 °C, pero en determinada fase fenológica (Tapia, 2007). Investigaciones realizadas señalan la temperatura diurnas de 20 a 25 °C y nocturnas de 8 °C son adecuadas para el cultivo., Camarena et al. (2012), Las condiciones de temperaturas diurnas en esta investigación fluctuaron entre 18 y 20.8 °C y las nocturnas entre 0.81 y 7.15 °C, el ecotipo 03-10-2014 registro mayor rendimiento seguido por los ecotipos y variedades que presentaron similar rendimiento incluyendo al testigo, pero diferente a los ecotipos como Altagracia, MG Puno, Patón Grande y el 03-10-2012 que presentaron menores rendimientos.

El comportamiento de los ecotipos y variedades de esta investigación presentó rendimientos similares a otras regiones según lo registra el MINAG (2015) donde se registró rendimientos de 1,282 kg/ha durante el 2015.

El promedio obtenido de 990 kg/ha de los 13 ecotipos evaluados según la tabla 12, tiene similar comportamiento al promedio de rendimientos de los demás departamentos y al total nacional de la serie histórica 2000-2015 y lo obtenido por Huaranga (2016); en cambio, tres ecotipos de este experimento 03-10-2014, Cuzco 2 y Cholo Fuerte, superan los promedios de los años 2013 (1251 kg/ha) y 2014 (1275 kg/ha).

El ecotipo 03-10-214 obtuvo un buen rendimiento de 1376 kg/ha y puede ser por presentar rendimiento de 5 granos por vaina, 63 vainas llenas y 20.68 g de peso de 100 semillas.

Revisando trabajos realizados, se encontró que en la localidad de Otuzco - La Libertad, Aguilar (2015) obtuvo un rendimiento promedio de 1435.4 kg/ha, promedio estadísticamente similar a lo obtenido en este experimento debido probablemente a la similar altitud ya que Otuzco está a 3496 msnm y Junín a 3250 msnm, las características medioambientales de cada lugar influyen en el tiempo de madurez de cosecha, por lo tanto si estamos a mayor altitud, permite a la planta desarrollar más y ampliar el ciclo vegetativo con el consiguiente aumento del rendimiento.

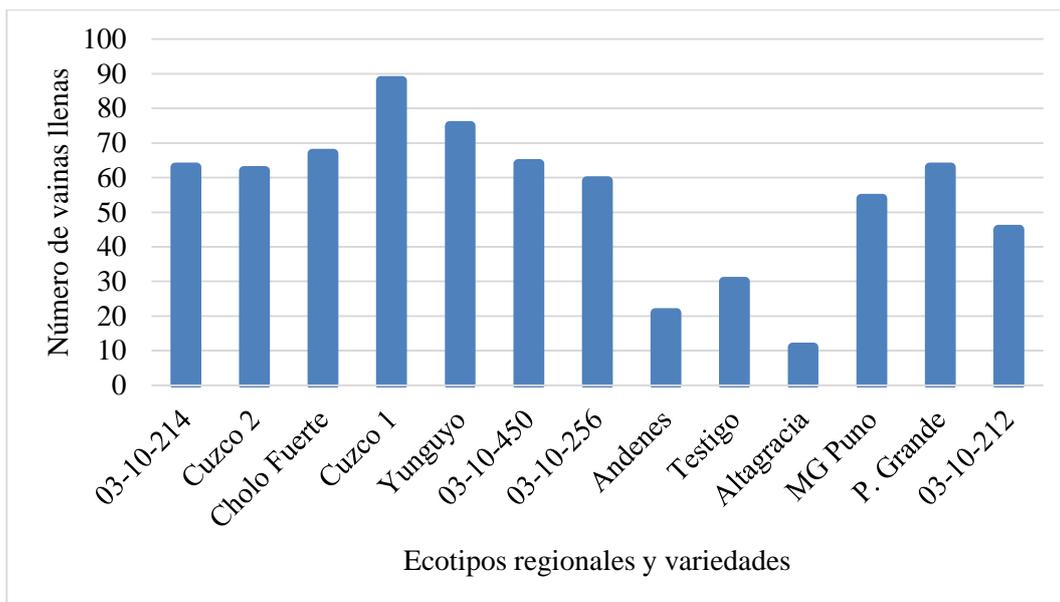
#### **4.3.2. Número de vainas llenas**

El número promedio de vainas llenas de los 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi fue de 54, según la tabla 13. Los valores registrados en el experimento oscilaron entre 11 vainas llenas hasta un máximo de 88 vainas llenas.

Resultados de la varianza del número de vainas llenas para los ecotipos y variedades, con una significancia de  $\alpha = 0.05$ , determinaron diferencias significativas en las fuentes de variabilidad tratamientos y no para las repeticiones, el coeficiente de variabilidad fue 27.17 % aceptable y de confianza en experimentos del agro, Calzada (1982)

Resultados de la prueba de comparación de medias según Duncan a un nivel de significación de  $\alpha = 0.05$  se registró que el ecotipo Cuzco 1 presentó 88 vainas llenas, siendo este valor el más alto obtenido, seguido de valores similares estadísticamente como la variedad Yunguyo y demás ecotipos, excepto por los ecotipos Testigo IRD Sierra con 30 vainas llenas, variedad Andenes con 21 vainas llenas y el ecotipo Altagracia con 11 vainas llenas que difieren estadísticamente (Figura 7).

Lo ecotipos y variedades del centro en el número de vainas llenas como el ecotipo Cholo Fuerte y variedad Yunguyo presentaron un similar comportamiento mientras que la variedad Andenes y el ecotipo testigo IRD presentaron comportamientos estadísticamente diferentes. De los ecotipos del sur con respecto a número de vainas llenas UAP-214, Cuzco 2, Cuzco 1, UAP-450, UAP-256, MG Puno, UAP-2012 mostraron comportamientos similares en número de vainas llenas, y de los ecotipos del norte, los ecotipos Altagracia y Patón Grande registraron diferencias significativas para esta variable, siendo mayor los valores obtenidos por Patón Grande.



**Figura 7. Número de vainas llenas de los ecotipos regionales y variedades de tarwi en el experimento**

La cantidad vainas llenas en cada planta es determinante en la productividad, pues así se concluyó en las investigaciones realizada por Cerrate y Camarena (1981), se obtuvieron un significativo número de vainas llenas por planta (85) en el ecotipo Anc. 001, alcanzando un rendimiento de 1109 kg/ha y presentando un número menor de granos y peso de 100 semillas. En la investigación realizada en la localidad de Jauja Junín, se registró de 40.7 vainas por planta determinando una productividad de 1753.4 kg/ha, valor superior a los ecotipos evaluados en la investigación; sin embargo, presento un número de granos y peso de 100 semillas inferior a los otros ecotipos evaluados por Castañeda (1988)

Aguilar (2015), resultado de la investigación registraron promedio de 30.95 vainas por planta, valor por debajo de lo obtenido en esta investigación; además, la mayoría los ecotipos superan los promedios en los experimentos anteriormente mencionados, excepto los ecotipos testigo IRD Sierra, Altagracia y la variedad Andenes. Los resultados de esta investigación en comparación con otras demuestran el efecto genético, ambiental y de interacción son determinantes en los componentes de rendimiento, por tanto, debe considerarse, ya que el número de vainas por planta influye relevantemente en la productividad final.

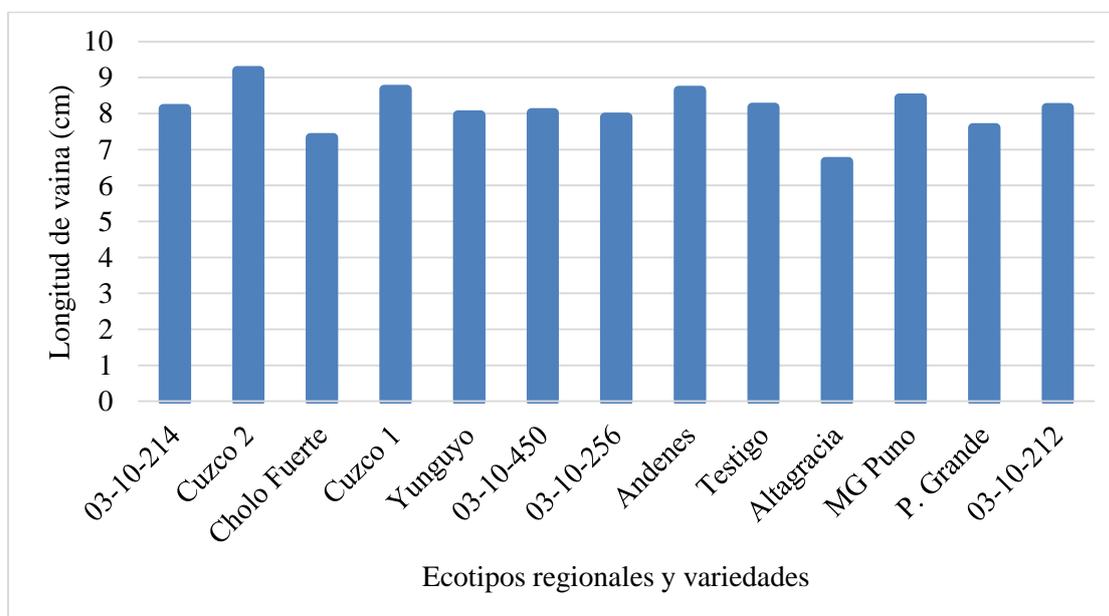
#### **4.3.3. Longitud de vaina**

La longitud promedio de vaina de los 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi evaluados fue de 8.06 cm según la tabla 13, los valores registrados de los ecotipos oscilaron

de 6.66 a 9.19 cm, siendo el registro de mayor longitud al ecotipo Cuzco 2 y al menor Altagracia, el testigo presentó una longitud de vaina de 8.16 cm.

Resultados del análisis de varianza con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$  de la longitud de vainas que se muestra en la tabla 12, determino diferencias altamente significativas ( $p<0.01$ ) en las fuentes de variabilidad de tratamientos, pero no para las repeticiones; El coeficiente de variabilidad registrado fue de 7.3 % que es aceptable y de confianza en experimentos de agro según Calzada (1982).

En la evaluación con la prueba de Duncan a un nivel de significación de  $\alpha= 0.05$ , se registró al ecotipo Cuzco 2 con más longitud de vaina con 9.19 cm pero de similar comportamiento estadístico a las variedades y es diferente a los demás ecotipos, siendo Altagracia con 6.66 cm y Cholo fuerte con 7.33 cm, los de más bajo valor (Figura 8).



**Figura 8. Longitud de vaina (cm) de los ecotipos regionales y variedades evaluadas.**

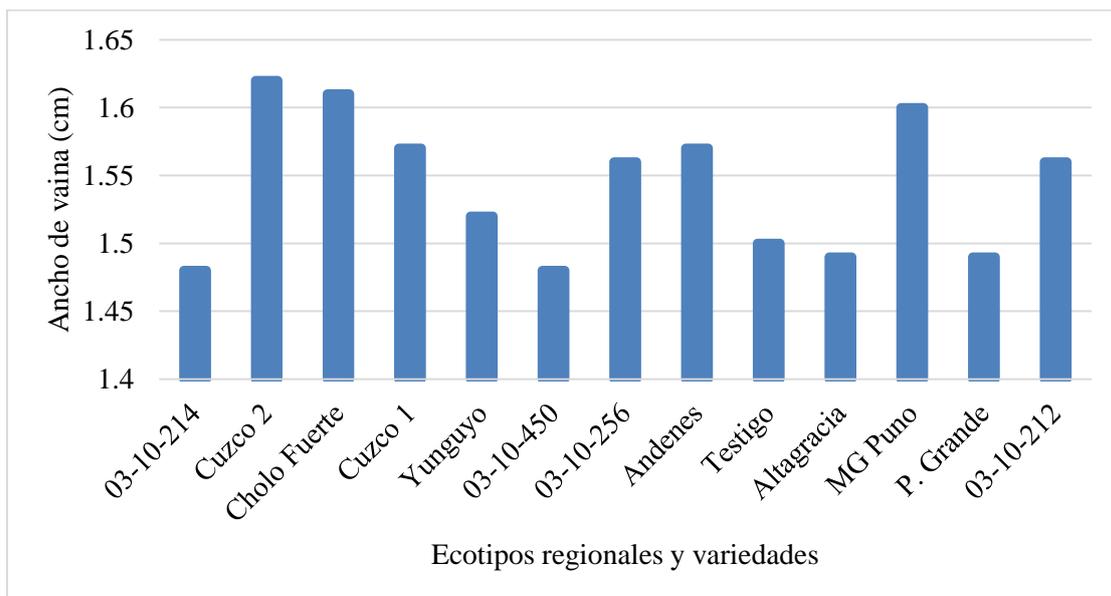
Porras (2012), citado por Aguilar (2015), registró en un experimento realizado en Cusco valores de longitud de vaina de 10.1 cm en la accesión CTC-156, de origen del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, una gran adaptabilidad del material genético a su lugar de origen; en este experimento también se observa dicha tendencia de adaptación a las condiciones edafoclimáticas de Jauja, de los ecotipos Cuzco 2, Cuzco 1 y la variedad Andenes, que son de procedencia del sur y poca adaptación de los ecotipos de origen norandino como son Altagracia y Cholo Fuerte.

#### 4.3.4. Ancho de vaina (cm)

El promedio de ancho de vaina de los 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi evaluados, según la tabla 13, fue 1.54 cm, los valores registrados en el experimento oscilaron entre 1.48 cm, por los ecotipos 03-10-214 y 03-10-450 y 1.62 cm, por el ecotipo Cuzco 2.

Resultado de la varianza para el ancho de vaina como se registra en la tabla 12, con una significancia de  $\alpha=0.05$ , se concluyó la no existencia de diferencia estadísticas en las fuentes de variabilidad de tratamientos ni de repeticiones, el coeficiente de variabilidad fue 5.23% que es aceptable y de confianza en experimentos de agro según Calzada (1982).

Resultados de la prueba de Duncan a un nivel de significación de  $\alpha= 0.05$  se encontró que no hay diferencias estadísticas significativas en los promedios de anchos de vaina de los ecotipos y variedades. (Figura 9).



**Figura 9. Ancho de vaina (cm) de los ecotipos regionales y variedades de tarwi evaluadas en el experimento**

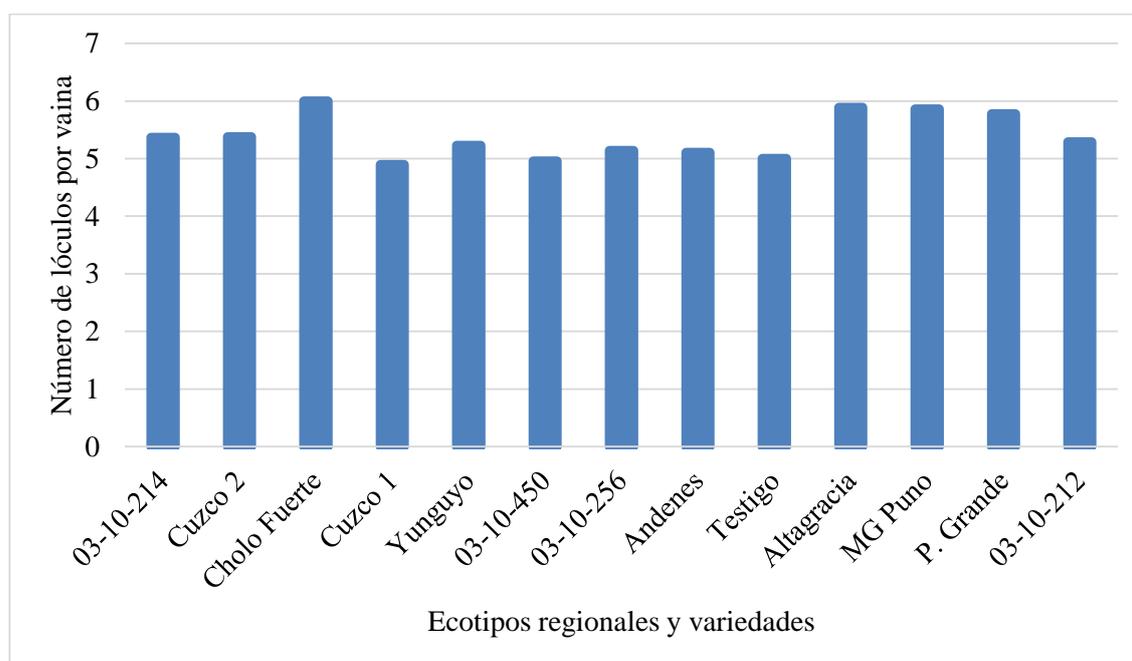
El promedio de ancho de vaina en este experimento es ligeramente menor a lo obtenido por Aguilar en 2015 en Otuzco (1.58 cm). Se observa también que el ecotipo Patón Grande, de origen en La Libertad, en esta investigación alcanza un valor (1.49) por debajo de lo obtenido en su lugar de origen (1.54 cm) lo que muestra la importancia del componente medioambiental en las características de los ecotipos (Aguilar, 2015).

#### 4.3.5. Número de lóculos por vaina

El número de lóculos promedio por vaina de los 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi, se registra en la tabla 13 y fue 5.38, mientras valores registrados en el experimento oscilaron entre 4.91 para el ecotipo Cuzco 1 y 6.01 para el ecotipo Cholo Fuerte, el testigo presentó 5 lóculos por vaina.

El análisis de variancia para el numero de lóculos por vaina, se registró en la tabla 12, a un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ , que no existen significancia estadística en las fuentes de variabilidad de los tratamientos y repeticiones, el coeficiente de variabilidad fue 11.93 % que es aceptable y de confianza en experimentos de agro según Calzada (1982).

Resultado de la prueba de Duncan del número de lóculos a un nivel de significación de  $\alpha=0.05$ , se encontró que no hay diferencias estadísticas para los tratamientos y bloques de los ecotipos y variedades evaluados (Figura 10).



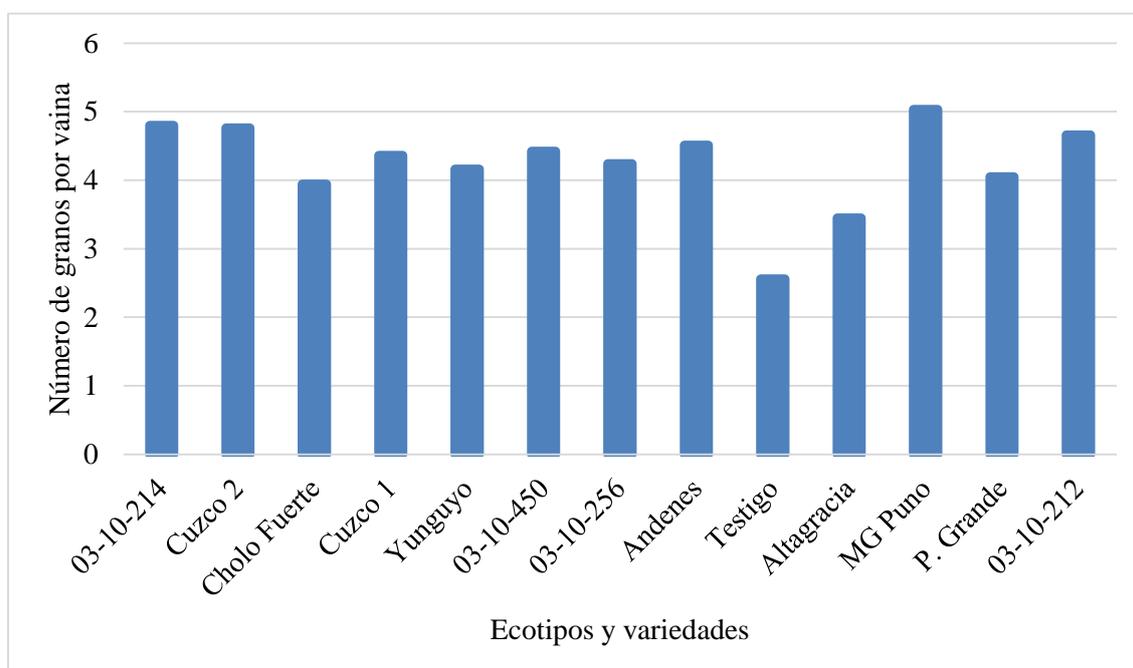
**Figura 10. Número de lóculos por vaina de los ecotipos y variedades evaluadas en el experimento**

Resultados del número de lóculos promedio por vaina obtenido en esta evaluación es ligeramente menor a lo encontrado por Aguilar en 2015 en de Otuzco (5.8 lóculos por vaina). Se observa también que el ecotipo Patón Grande, de origen en La Libertad, en el experimento alcanza un valor 5.78 lóculos por vaina ligeramente por debajo de lo obtenido en su lugar de origen con 5.87 lóculos por vaina lo que muestra que el número de lóculos por vaina es una característica determinada genéticamente.

### 4.3.6. Número de granos por vaina

El número promedio de granos por vaina de los 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi evaluados, según la tabla 13, fue 4.23 granos por vaina, los valores registrados en el experimento oscilaron entre 2.56 granos por vaina para el ecotipo testigo IRD Sierra y para el ecotipo MG Puno fue 5.03 granos por vaina.

El análisis de varianza (ANVA) según la tabla 12, para el número de granos por vaina a una significancia de  $\alpha=0.05$ , determina que hay diferencias significativas en las fuentes de variabilidad de tratamientos, pero no para las repeticiones, el coeficiente de variabilidad fue 15.95% que es aceptable y de confianza en experimentos de agro según Calzada (1982).



**Figura 11. Número de granos por vaina de los ecotipos regionales y variedades evaluadas en el experimento**

Respuesta de la prueba de Duncan a un nivel de significación de  $\alpha= 0.05$  se determinó que el ecotipo MG Puno registro el mayor número de granos por vaina pero no difiere estadísticamente de los demás ecotipos y variedades excepto los ecotipos Altagracia con 3.45 granos por vaina y el testigo IRD Sierra con 2.56 granos por vaina, los de más bajo valor (Figura 11).

El promedio de granos por vaina registrado en esta evaluación es ligeramente menor a lo que obtuvo Aguilar en 2015 en Otuzco (4.96 granos por vaina). Se observa también que el

ecotipo Patón Grande, de origen en La Libertad, en este experimento alcanza un valor (4.05 granos por vaina) por debajo de lo obtenido en su lugar de origen (4.83 granos por vaina), lo que muestra la importancia del componente medioambiental en las características de los ecotipos (Aguilar, 2015).

De la Cruz (2018), en condiciones de Marcará-Ancash registró un promedio de grano por vaina de 3.5 granos para los ecotipos del sur y centro, registros inferiores a la media del experimento realizado (4.23 granos). Las respuestas encontradas en esta variable determinan que no hay relación directa entre el rendimiento y número de granos por vaina

#### **4.3.7. Peso de cien semillas (g)**

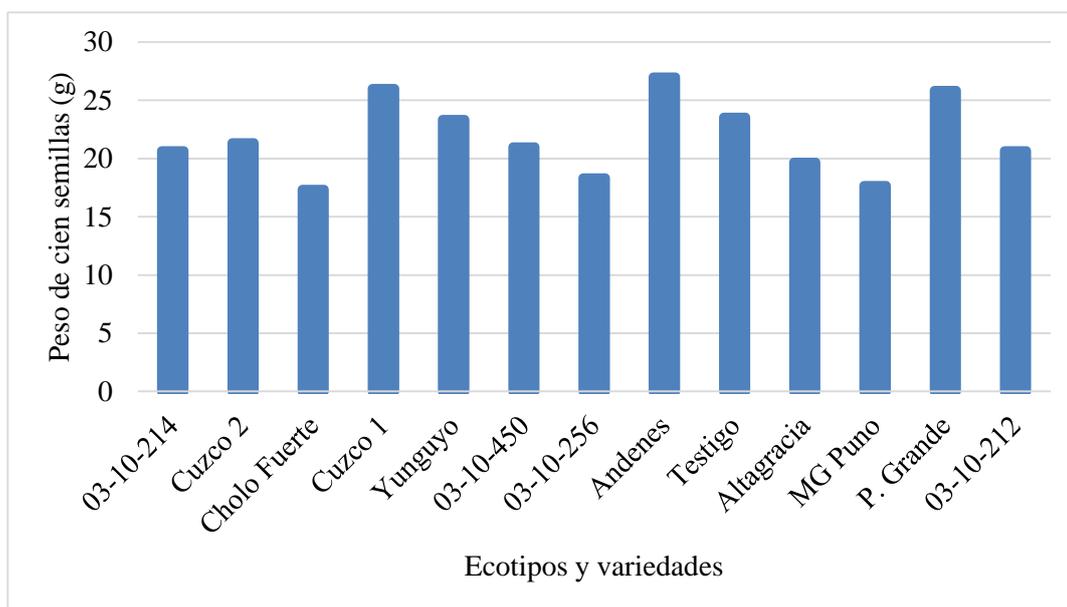
El peso promedio de cien semillas de los 11 ecotipos regionales y 2 variedades de tarwi evaluados, según la tabla 13, fue 21.72 g, los valores registrados en el experimento oscilaron entre 17.33 g (ecotipo Cholo Fuerte) y 27 g (variedad Andenes).

Resultado de la varianza del peso de cien semillas para los 11 ecotipos y 2 variedades evaluados con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ , determino que hay diferencias altamente significativas ( $p<0.01$ ) en las fuentes de variabilidad de los tratamientos y bloques. El coeficiente de variabilidad fue 12.16% que es aceptable y de confianza en experimentos agrícolas según Calzada (1982).

Al realizarse la prueba de comparación de medias según Duncan a un nivel de significación de  $\alpha=0.05$  se registró que los ecotipos con menor peso de cien semillas fueron Cholo Fuerte y MG Puno con 17.33 g y 17.67 g, que difiere estadísticamente del resto de los ecotipos y variedades como Andenes con 27 g, Cusco 1 con 26 g, Patón Grande con 25.83 g, testigo IRD Sierra con 23.53 g y la variedad Yunguyo con 23.33 g, que son similares estadísticamente al mejor tratamiento (Figura 12).

En el Perú el peso de 100 semillas en los diferentes ecotipos registrados es muy heterogéneo; Porras (2012) señaló que en la evaluación realizada en Cuzco sobre el peso de 100 semillas vario de 30 y 35 gramos, superior a la presente investigación realizada, lo cual un buen rendimiento no está determinado necesariamente por un mayor peso de 100 semillas, ya que sus valores variaron de 500 a 700 kg/ha, esto es por mal manejo del cultivo. De la Cruz en el Callejón de Huaylas, registro pesos de 100 semillas que varían entre los 17 y 28 g, presentando valores similares al experimento realizado ya que presentó un valor promedio

de 21.72 g, esto es debido a que las características edáficas del suelo y los factores medio ambientales (precipitación y temperatura), influyen en el peso de las 100 semillas.



**Figura 12. Peso de cien semillas (g) de los ecotipos regionales y variedades evaluadas en el experimento**

El promedio del peso de cien semillas obtenido en la investigación es menor a lo obtenido por Aguilar (2015) en Otuzco, con 24.52 g. Asimismo, se encuentran diferencias altamente significativas entre los ecotipos y variedades igual a lo obtenido por Aguilar (2015). Se observa también que el ecotipo Patón Grande, de origen en La Libertad, en este experimento alcanza un peso promedio de 100 semillas de 25.83 por encima de lo obtenido en su lugar de origen (22.39 g) lo que demuestra la importancia del componente medioambiental en las características de los ecotipos y variedades y su adaptabilidad a otros ambientes

## V. CONCLUSIONES

1. Los ecotipos regionales y las variedades evaluadas presentaron crecimiento arbustivo, tallo no prominente, plantas ramificadas y hubo variación en el porte de planta, el color y la forma de las semillas.
2. Los ecotipos regionales Altagracia y Paton Grande fueron tardíos para días a floración y madurez de cosecha, registraron mayor longitud del foliolo, porte de planta y número de ramas; mientras que el ecotipo 03-10-212 presentó valores más bajos en las variables morfológicas.
3. Se encontró que los primeros siete ecotipos regionales y las variedades tienen similar comportamiento en rendimiento de grano y en promedio de los componentes destacaron Cuzco 1 por vainas llenas, longitud de vaina, ancho de vainas, lóculos por vaina, granos por vaina y peso de 100 semillas, mientras que el ecotipo 03-10-214 y Cuzco 2 también sobresalen por estas características a excepción del peso de 100 semillas; no obstante, Altagracia y el Testigo presentaron los valores más bajos en número de vainas llenas y granos por vaina. En este ambiente los ecotipos del centro y del sur tuvieron mejor comportamiento en el rendimiento y sus componentes que los ecotipos del norte.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Repetir el experimento con los mismos ecotipos regionales y variedades en diferentes localidades de sierra sur, centro y norte para evaluar la adaptación y los componentes de rendimiento.
2. Investigar diferentes densidades de siembra, según la arquitectura de planta que nos permitan evaluar su desarrollo, eficiencia y producción de grano.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar, L. (2015). Evaluación del rendimiento de grano y capacidad simbiótica de once accesiones de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) bajo condiciones de Otuzco-La Libertad (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
2. Añaguari, E. (2013). Caracterización morfológica y componentes de rendimiento de compuestos avanzados de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en dos localidades del Valle del Mantaro. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
3. Araujo, R. (2015). Parcelas de comprobación de compuestos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en dos localidades del valle del Mantaro (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
4. Barney, V. (2011). Biodiversidad y ecogeografía del género *Lupinus* L. (*leguminosae*) en Colombia (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Recuperada de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4758/1/31260335.2011.pdf>
5. Camarena, M. F., Huaranga, J. A., Jimenez, D. J. y Mostacero, N. E. (2012). Revalorización de un cultivo subutilizado: chocho o tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Editorial CONCYTEC, Lima, Perú.
6. Camarena, F. y Cerrate, A. (1981). Informe en el avance del Mejoramiento Fitotécnico y Agronómico del Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) por el Proyecto de Menestras de la UNALM 1974 – 1979. Departamento de Fitotecnia – UNALM.
7. Callisaya, I., Miranda, R., Ardaya, C., Huanca, Z., Bosque, H., Trigo, R., & Condori, J. (2014). Efecto de tres niveles de fertilizante fosfatado en el cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el Altiplano Norte de Bolivia (trabajo de investigación). Universidad Mayor de San Andres, La Paz, Bolivia.

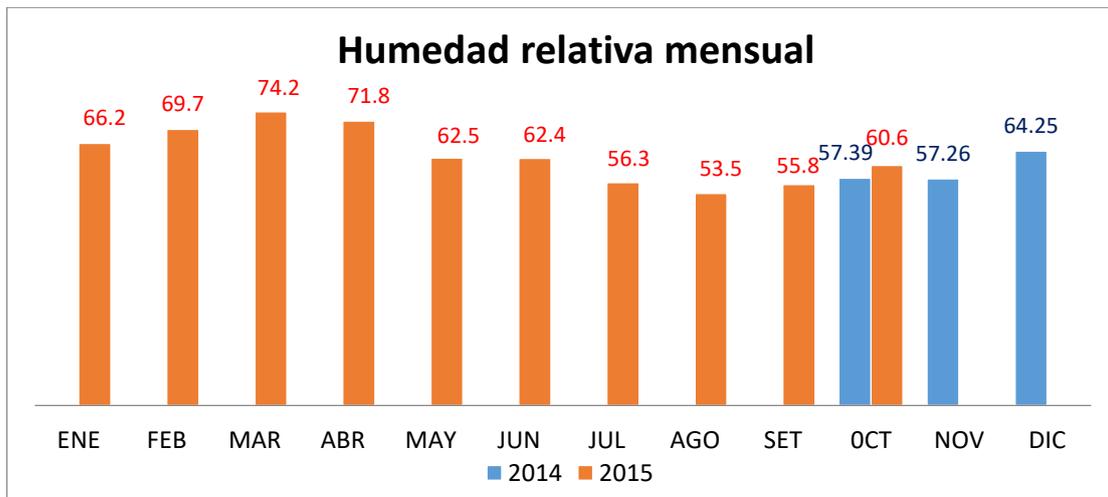
8. Castañeda Castañeda, B., Manrique, M., Gamarra Castillo, F., Muñoz Jáuregui, A., Ramos, E., Lizaraso Caparó, F., & Martínez, J. (2008). Probiótico elaborado en base a las semillas de *Lupinus mutabilis* Sweet (chocho o tarwi). *Acta Médica Peruana*, 25(4), 210-215.
9. Castañeda, M. 1988. Estudio comparativo de 10 variedades de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) conducidos en dos ambientes de la sierra, norte y centro del Perú (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
10. De la Cruz, N. (2018). Caracterización fenotípica y de rendimiento preliminar de ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), bajo condiciones del Callejón de Huaylas– Ancash (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
11. Eastwood, R. J., & Hughes, C. E. (2008). Origins of domestication of *Lupinus mutabilis* in the Andes. In *Lupins for health and wealth. Proceedings of the 12th international lupin conference* (pp. 14-18).
12. Gross, R. (1982). El cultivo y la utilización del tarwi. FAO. Producción y Protección Vegetal. N° 36. Roma, Italia.
13. Garay, O. (2015). El Tarwi, alternativa para la lucha contra la desnutrición infantil. Instituto Nacional de Innovación Agraria, Huancayo, Perú.
14. IBPGR. (1981). Descriptores de Lupinos. Roma, Italia.
15. Jacobsen, S. E., & Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de los andes centrales*, 28, 458-482.
16. Jacobsen, S. E., & Mujica, A. (2008). Geographical distribution of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Plant Genetic Resources Newsletter (Rome, Italy)*, 155, 1-8.

17. Huaccho, Lope (2007). "Elaboración de una mezcla alimenticia a base de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), Quinoa Wild), Maca (*Lepidium Peruvianum* Chacón), y LUCUMA (*Pouteria lúcum*) mediante extrusión" (pp. 20).
18. Huaranga, A. Chico, W., Villanueva, C., Caycho, N. y Chura, J. 2017. Interacción genotipo x ambiente en *Lupinus* sp.: respuesta de ecotipos de tarwi y variedades en Junín y Ancash. VI Congreso Mundial Quinoa. III Simposio Internacional de Granos Andinos. Perú. pp. 18-29.
19. Huaranga. A. (2017). Curso de Leguminosa de granos. UNALM. Lima, Perú
20. Huisa, J. (2018). Evaluación del comportamiento agronómico de catorce accesiones del ensayo nacional de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) en el CIP Camacani Puno-Perú (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
21. INAIA. (2006). Los Usos Alternativos del Chocho. In Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. Estación Experimental Santa Catalina, EESC. Departamento de Nutrición y Calidad de los Alimentos. Quito, Ecuador.: Boletín divulgativo No 333.
22. Meneses, R., Waijenber, H., y Pierola, L. (1996). Las leguminosas en la agricultura boliviana, Proyecto Rhizobiología Bolivia. Cochabamba, Bolivia.
23. Martínez, J. (2007). *Ecología de la semilla de Lupinus bilineatus Benth* (tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Chapingo, México.
24. Orcón Z. (2010). Formación de compuestos de tarwi precoz (*Lupinus mutabilis* S.), bajo condiciones de kayra" Tesis Ing. Agr. UNSAAC
25. Palacios Velásquez, A., Salazar Mauricio, D., & Condori, E. (2004). Obtención del alcohol a partir de la malta de *Lupinus mutabilis* (tarwi), informe final (No. CIDAB-SB205. L9-P3o). Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería Química. Instituto de Investigación.

26. Plata, J. (2016). Comportamiento agronómico de dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), bajo tres densidades de siembra en la comunidad Marka Hilata Carabuco (tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
27. Quenallata, P.J. (2008). Evaluación de variables agronómicas de cinco ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en dos comunidades del municipio de Ancoraimes. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
28. Sánchez, G., & Vergara, C. (1991). Plagas de los cultivos andinos. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
29. Tapia, M. E. y Fries A. M. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. FAO, ANPE, Lima, Perú.
30. Tapia, M. (2015). El Tarwi, Lupino Andino. Corporación Gráfica Universal SAC, Perú
31. Tay, J. (2009). Producción de canola, Lupino y arveja en la precordillera del Bío Bío y el secano costero de la provincia de Arauco. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile.
32. Yorgancilar, M., Babaoglu, M., Hakki, E. E., & Atalay, E. (2009). Determination of the relationship among Old World Lupin (*Lupinus* sp.) species using RAPD and ISSR markers. *African Journal of Biotechnology*, 8(15), 3524-3530.

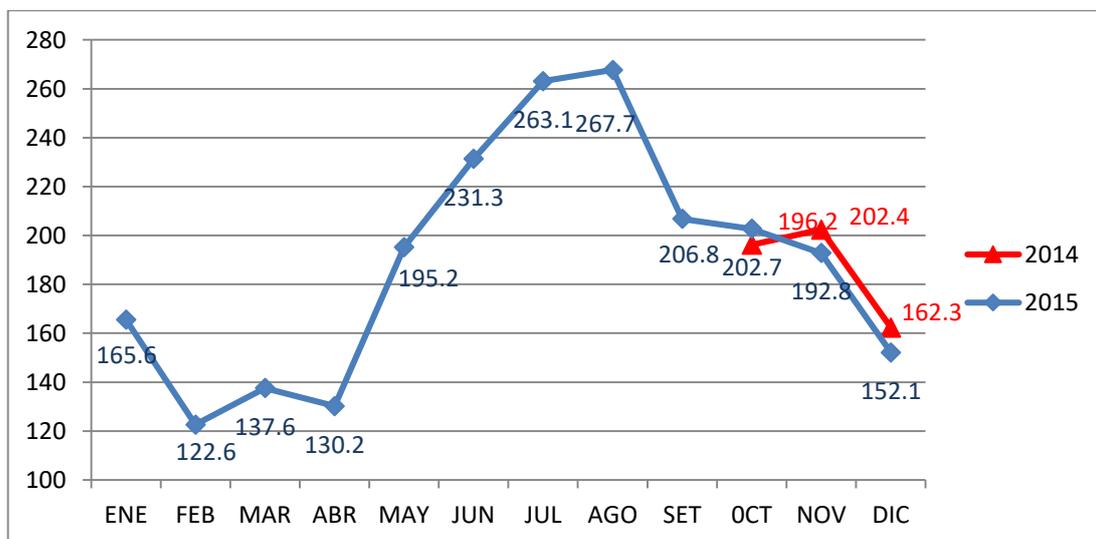
## VIII. ANEXOS

**Anexo 1. Registro de humedad relativa durante el desarrollo del cultivo en IRD  
Jauja, Junín**



Fuente: SENAMHI (2018)

**Anexo 2. Registro de horas de sol promedio mensual durante el desarrollo del cultivo  
en IRD Jauja, Junín**



Fuente: SENAMHI (2018)

**Anexo 3. Variación de producción, superficie cosechada, rendimiento y precio de chacra del tarwi desde el año 2000 al 2017**

Año	Producción (t)	Superficie cosechada	Rendimiento Kg/ha	Precio en chacra S/. /Kg
2000	8780	8335	1051	1.22
2001	9867	9079	1087	1.21
2002	9317	9264	1006	1.11
2003	9245	8732	1059	1.06
2004	8599	8374	1027	1.19
2005	9480	8712	1025	1.28
2006	8243	7468	1029	1.24
2007	8496	7476	1021	1.4
2008	8648	8048	1037	1.89
2009	10256	9302	1052	2.66
2010	10521	9303	1061	2.66
2011	11306	9750	1096	2.66
2012	11746	9657	1156	2.81
2013	12042	9457	1235	2.94
2014	12156	9537	1227	4.11
2015	13148	10556	1258	3.77
2016	14019	11115	1313	3.62
2017	13783	10628	1335	3.44

Fuente: MINAGRI (2000-2017)

**Anexo 4. Rendimientos promedios de tarwi por departamentos en Perú del 2010 - 2017 en kg/ha**

Departamento	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
La Libertad	1164	1146	1206	1225	1300	1300	1235	1348
Cajamarca	843	886	864	1019	1000	1200	912	877
Amazonas	607	641	594	601	600	600	600	657
Áncash	1013	1025	1025	1013	1000	1000	970	995
Huánuco	1265	1212	1233	1208	1200	1100	935	1126
Junín	932	844	1038	1374	1400	1400	1358	1282
Huancavelica	1303	1291	1340	1460	1500	1600	1488	1783
Ayacucho	1018	1148	1527	1481	1600	1200	1248	1184
Apurímac	1223	1514	1498	1718	1500	1900	1843	2232
Cuzco	1031	1074	1134	1237	1200	1300	1300	1196
Pasco						1200	2604	2800
Puno	1272	1273	1276	1246	1200	1300	1261	1350
<b>Promedio</b>	<b>1061</b>	<b>1096</b>	<b>1061</b>	<b>1235</b>	<b>1227</b>	<b>1258</b>	<b>1313</b>	<b>1335</b>

Fuente: MINAGRI (2010-2017)