



## Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.21157891>

**Rojas Culqui, Ney<sup>1</sup>**

**Correo:** rojasculquiney67@gmail.com

**Orcid:** <https://orcid.org/0009-0009-9714-2147>

Technoserve. Rodríguez de Mendoza. Amazonas, Perú.

**Millones Chanamé, Carlos Eduardo<sup>2</sup>**

**Correo:** carlos.millones@untrm.edu.pe

**Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-7236-6341>

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza.

Amazonas, Perú.

### Resumen

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), pertenece a la familia fabaceae, se adapta en diferentes zonas climáticas, el grano posee alto contenido proteico de importancia en la alimentación. El objetivo del presente estudio fue evaluar las características morfológicas y agronómicas de genotipos de *L. mutabilis* bajo condiciones de la Jalca, Amazonas, Perú. Para ello, se evaluaron dos variedades y cuatro genotipos provenientes de los agricultores del distrito de La Jalca. Se emplearon 64 caracteres morfo-agronómicos bajo un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Los caracteres agronómicos y de producción evaluados en el presente estudio mostraron diferencias significativas entre los genotipos que mostraron mayores valores con respecto a las variedades de tarwi. El rendimiento de semilla registró alta correlación con seis caracteres agronómicos y seis caracteres cuantitativos. Estos hallazgos podrían permitir emplearlos a futuro para la selección de genotipos de tarwi con mayor rendimiento de grano.

**Palabras clave:** *Lupinus mutabilis*, andes del Perú, morfoagronómico, rendimiento de grano.

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo. Cursa maestría en Cambio Climático, Agricultura y Desarrollo Rural Sostenible.

<sup>2</sup> Licenciado en Biología. Magíster Scientiae. Doctor en Genética.

*Morphological and agronomic evaluation of tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) genotypes from the northern Peruvian Andes*

**Abstract**

Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), belonging to the Fabaceae family, adapts to different climatic zones, and its grain has a high protein content, making it an important food source. The objective of this study was to evaluate the morphological and agronomic characteristics of *L. mutabilis* genotypes under the conditions of La Jalca, Amazonas, Peru. To this end, two varieties and four genotypes from farmers in the La Jalca district were evaluated. Sixty-four morpho-agronomic traits were used in a randomized complete block design with four replications. The agronomic and production traits evaluated in this study showed significant differences among the genotypes, which exhibited higher values compared to the tarwi varieties. Seed yield showed a high correlation with six agronomic and six quantitative traits. These findings could be used in the future to select tarwi genotypes with higher grain yields.

**Keywords:** *Lupinus mutabilis*, Andes of Peru, morphoagronomic, grain yield.

**Introducción**

El género *Lupinus* pertenece a la familia Fabaceae y comprende aproximadamente 300 especies distribuidas a nivel mundial (Boukid & Pasqualone, 2022). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), conocido también como tauri, chocho, tarhui o kirku, es cultivado tradicionalmente desde los 1500 msnm en los Andes del Perú, Venezuela, Colombia, Ecuador, Chile y Argentina (Jacobsen & Mujica, 2006, 2008). Los agricultores utilizan el tarwi como la fuente principal de alimento e ingreso económico, las prácticas ancestrales para su cultivo, conservación *in situ* y diversos usos de esta planta se mantiene en los agricultores de las zonas andinas (Rodríguez-Ortega et al., 2024). El tarwi posee alta capacidad de fijar nitrógeno por la asociación simbiótica de sus raíces con la bacteria *Rhizobium* teniendo la capacidad de fijar entre 120 a 160 kg.ha<sup>-1</sup> de

## Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

nitrógeno por año en el suelo, haciendo de esta especie esencial para la conservación de los sistemas agroecológicos en las zonas andinas (Jacobsen & Mujica, 2008).

El tarwi se caracteriza por poseer semillas con alto contenido de proteína (33-55% en peso seco en forma de globulinas) y aceite (18% en peso seco) considerado una alternativa importante a la soya. Asimismo, se destaca por la ausencia de almidón y la presencia de aminoácidos esenciales como lisina, metionina y cisteína (Gulisano et al., 2019; Lo et al., 2021). Además de estos macronutrientes el tarwi posee compuestos bioactivos como flavonoides, tocoferoles y triterpenos que proporcionan beneficios terapéuticos para la salud por los efectos antioxidantes, antiinflamatorios, antibacterianos y anticancerígenos (Czubinski et al., 2021; Tian et al., 2024).

Los alcaloides del tarwi mayormente es la quinolizidina que proporciona un sabor amargo y ocasiona una toxicidad aguda, este metabolito secundario es sintetizado mayormente en la familia Fabaceae como un mecanismo para la protección contra las plagas, sin embargo, su consumo por los humanos puede ocasionar problemas neurológicos, cardiovasculares y gastrointestinales (Koleva et al., 2011; Frick et al., 2017). Es por ello, que en la región andina utilizan el proceso de desamargado empleando tratamiento con agua fría o tibia por varias horas para eliminar los alcaloides de las semillas antes del consumo por los pobladores (Carvajal-Larenas et al., 2016).

En la actualidad el *L. mutabilis* es un cultivo poco estudiado, escasamente caracterizado y poco utilizado como alimento con alto potencial proteico, debido principalmente que la expansión de su cultivo es limitada por la presencia de alcaloides tóxicos que poseen sus semillas y por el bajo rendimiento. El estudio de la variación genética en las colecciones de germoplasma de esta especie

# Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

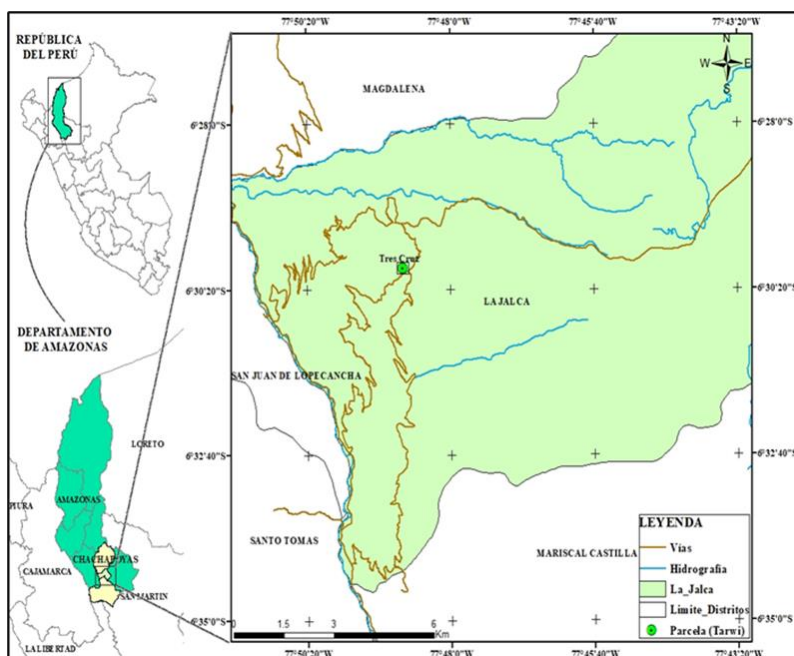
podría respaldar los programas de mejoramiento genético en la identificación de genotipos con mayor rendimiento y bajos niveles de alcaloides, caracteres adaptativos, que permitan aumentar su potencial comercial y su introducción en nuevos sistemas de producción (Gulisano et al., 2022). El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar las características morfológicas y agronómicas de genotipos de *L. mutabilis* bajo condiciones de la Jalca en el norte del Perú.

## 1. Material y métodos

### 1.1. Área de estudio

El trabajo experimental se ejecutó en el sector Tres Cruces, distrito de La Jalca, Amazonas, Perú. Altitud de 2805 msnm., coordenadas 6°30'02''S 77°48'46''O (Figura 1).

**Figura 1.** Área de estudio en el distrito La Jalca, Amazonas, Perú.

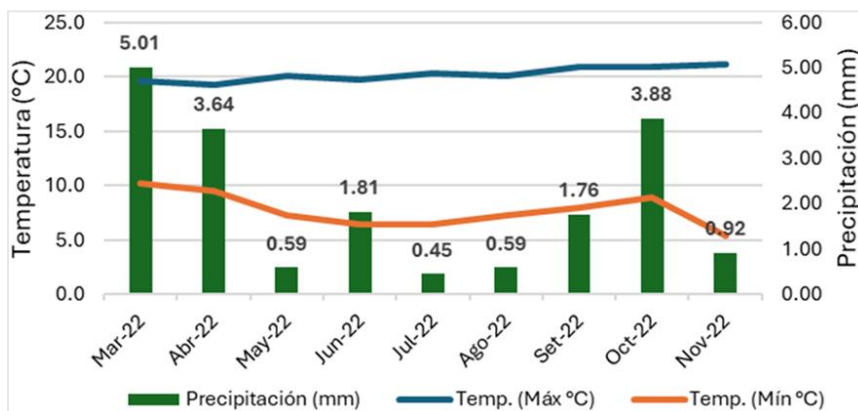


## Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

Los datos meteorológicos fueron obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), estación meteorológica de Chachapoyas (Figura 2).

**Figura 2.** Datos meteorológicos



**Nota:** Temperatura máxima y mínima (°C), precipitación (mm) durante el período de crecimiento de las plantas de tarwi (marzo a noviembre de 2022).

En el área experimental de La Jalca fueron cultivadas las plantas de tarwi en suelo franco-arenoso con pH 5.0 (Tabla 1).

**Tabla 1.** Características del suelo del área experimental del distrito de la Jalca, Amazonas, Perú.

Componentes	Cantidad
pH	5.0
Conductividad Eléctrica	0.07 dS/m
Fosforo	17.93 ppm
Potasio	34.42 ppm
Carbono	1.33%
Materia Orgánica	2.30%
Nitrógeno	0.11%
Clase Textural	Arena Franca
Capacidad de Intercambio Catiónico	6%

# Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

Componentes	Cantidad
Calcio	1.58 meq/100g
Magnesio	0.18 meq/100g
Potasio	0.06 meq/100g
Sodio	0.29 meq/100g
Aluminio + Hidrógeno	0.72 meq/100g

## 1.2. Material vegetal

El material genético estuvo conformado por dos variedades de tarwi Andenes 90 y Masacanchino y cuatro genotipos de tarwi del distrito de La Jalca. Las variedades fueron provenientes de la Estación Experimental Agraria Santa Ana, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA-Perú). Los genotipos fueron provenientes de los agricultores de los distritos de La Jalca, Quinjalca, Trita y Kuelap, Amazonas, Perú (Rojas, 2023).

Variedad ‘Andenes-90’, variedad precoz, semilla blanca y brillante, es moderadamente tolerante a la roya amarilla, antracnosis y fusarium (INIA, 2021). Variedad ‘Masacanchino’ (INIA 445 - Masacanchino categoría básica), variedad obtenida por el Programa Nacional de Cereales, Granos Andinos y Leguminosas - Junín, semilla blanca y brillante, es moderadamente tolerante a la roya amarilla, antracnosis y fusarium (INIA, 2021).

Los genotipos locales ‘La Jalca’ (2870 msnm), ‘Quinjalca’ (3150 msnm), ‘Trita’ (2935 msnm), y ‘Kuelap’ (2728 msnm) son cultivados por los agricultores del distrito de La Jalca. Poseen periodos de crecimiento entre 8 a 9 meses. Color de tallo y hoja verde, flor azul, alta resistencia a las bajas temperaturas, sequía, plagas y enfermedades. La semilla es blanca y brillante.

### **1.3. Instalación en campo**

Las parcelas experimentales fueron instaladas en el sector de Tres Cruces, distrito La Jalca, Amazonas, Perú en febrero de 2022. Los surcos se realizaron con lampa a una profundidad de 5 cm, y distancia de 0.8 m colocando las semillas cada 40 cm y conforme al diseño experimental planteado. Las plantas se cultivaron en condiciones de secano y sin fertilización. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar con 4 repeticiones. La unidad experimental fueron las parcelas que incluyeron 65 plantas (5 hileras con 13 plantas por hilera) a una distancia de 40 x 40 cm. Las evaluaciones morfológicas se realizaron en 10 plantas tomadas al azar de la parcela. Los caracteres morfoagronómicos fueron adaptados del descriptor del IBPGR (1981) (Anexo: Tabla S1) y, los caracteres agronómicos y de producción fueron adaptados de Barda et al. (2021) (Anexo: Tabla S2).

### **1.4. Determinación del contenido de proteína en las semillas**

Las semillas fueron colectadas de las parcelas cuando se encontraron estas en su madurez fisiológica, luego fueron secadas y envasadas en bolsas plásticas y etiquetadas para su envío al Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), para la determinación del contenido de proteína total.

### **1.5. Análisis de los datos**

Se empleó un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) con seis tratamientos y cuatro bloques. Los tratamientos estuvieron conformados por dos variedades comerciales de tarwi y cuatro genotipos domesticados por los agricultores del distrito de La Jalca, Amazonas, Perú. Los resultados del comportamiento agronómico y productivo se evaluaron mediante un análisis de

varianza, cuando se encontró diferencias significativas entre tratamientos se empleó la prueba de Tukey al 5% de significancia. La relación entre los caracteres morfoagronómicos se exploró mediante el análisis de los componentes principales, y los resultados se visualizaron en una gráfica biplot construido a partir de los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2). Se utilizó el paquete Corrplot para estimar la correlación de Pearson entre los caracteres de producción y cuantitativos de tarwi. El análisis estadístico de los datos se realizó con el software R versión 4.3.2.

## **2. Resultados**

### **2.1. Caracteres agronómicos y de producción**

Los caracteres agronómicos involucrados en el estudio mostraron diferencias significativas entre los genotipos y las variedades de tarwi estudiadas (Figura 3-6). Concerniente a la altura de planta (AltPl) y la altura en la inflorescencia principal (AlPII) mostraron diferencias significativas los genotipos con respecto a las variedades de tarwi, quienes registraron mayores valores a en los caracteres evaluados (Figura 3a y b). El carácter agronómico días a la floración (DiFlor) hubo diferencias significativas registrando cuatro grupos, precoces las variedades ‘Andenes 90’ y ‘Masacanchino’, semi precoces los genotipos ‘Trita’, semitardío los genotipos ‘Kuelap’ y ‘La Jalca’ y tardío el genotipo ‘Quinjalca’ (Figura 3c).

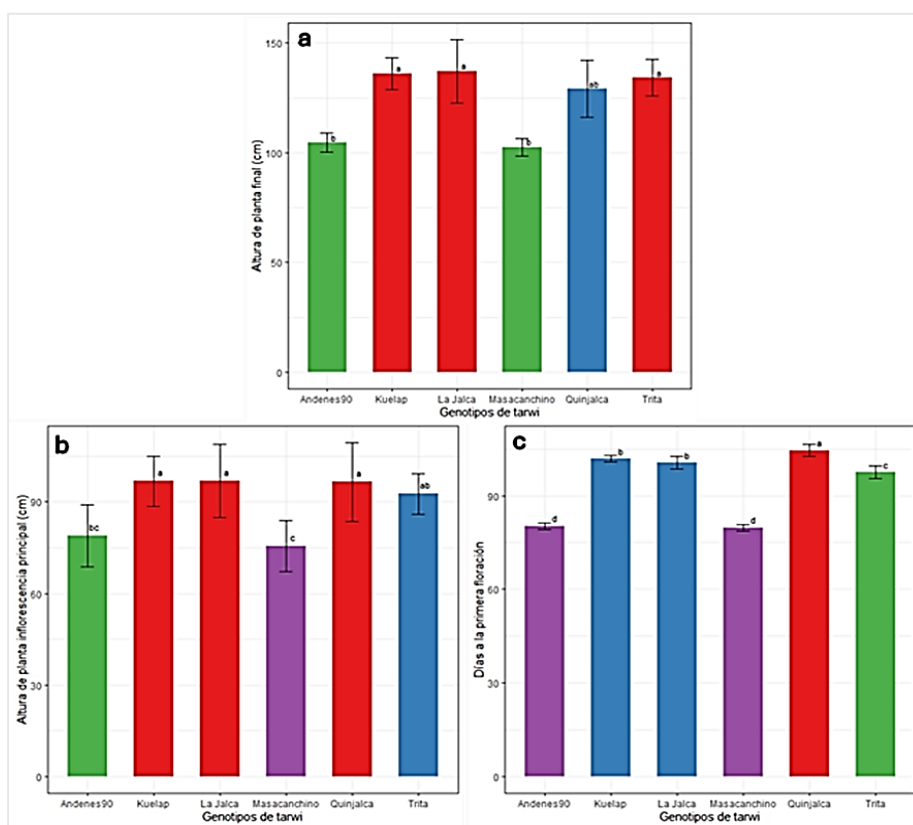
El número promedio de ramas primarias (RamPr) mostraron diferencias significativas los genotipos y las variedades de tarwi, registrando tres grupos, menor número las variedades ‘Andenes 90’ y ‘Masacanchino’, número intermedio los genotipos ‘Kuelap’, ‘La Jalca’ y ‘Trita’, mayor número el genotipo ‘Quinjalca’ (Figura 4a). El número de flores (NumFl) mostraron

## Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

diferencias significativas los genotipos con respecto a las variedades de tarwi, quienes registraron mayor número en comparación con las variedades de tarwi (4b).

**Figura 3.** Caracteres agronómicos de los genotipos de *L. mutabilis*, comparados con las variedades ‘Andenes 90’ y ‘Masacanchino’.

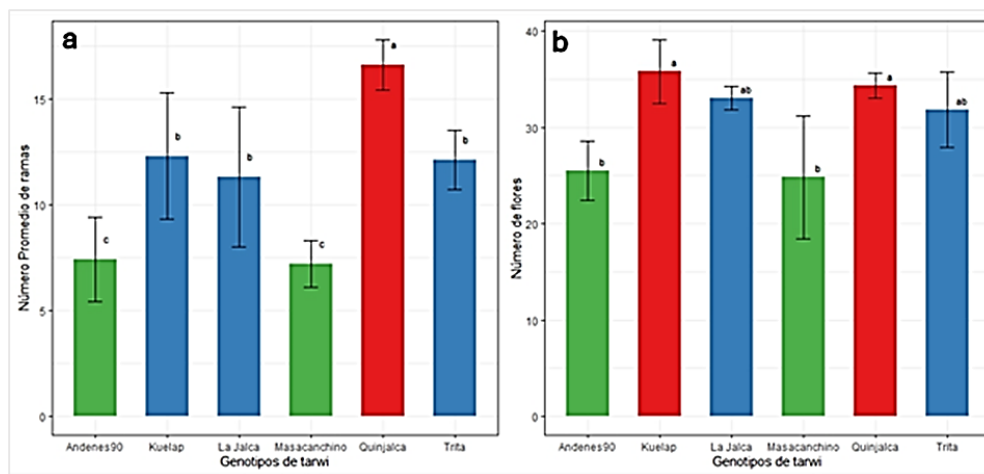


**Nota:** a) altura de planta, b) altura de planta en la inflorescencia principal y c) días a la floración. Los datos son presentados con la media  $\pm$  desviación estándar, y diferentes letras indican diferencias significativas en los parámetros evaluados para  $p \leq 0.05$  de acuerdo con la prueba Tukey.

## Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

**Figura 4.** Caracteres agronómicos de los genotipos de *L. mutabilis*, comparados con las variedades ‘Andenes 90’ y ‘Masacanchino’.



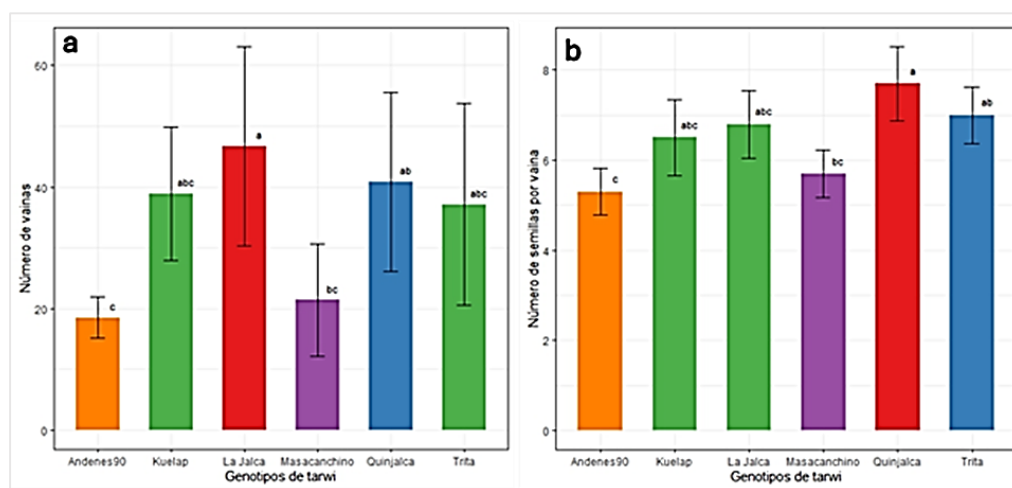
**Nota:** a) número de ramas, b) número de flores. Los datos son presentados con la media  $\pm$  desviación estándar, y diferentes letras indican diferencias significativas en los parámetros evaluados para  $p \leq 0.05$  de acuerdo con la prueba Tukey.

El número de vainas (NumVa) mostraron diferencias significativas los genotipos y las variedades de tarwi, registrando tres grupos, menor número la variedad ‘Andenes 90’, número intermedio la variedad ‘Masacanchino’, y mayor número los genotipos ‘La Jalca’. ‘Quinjalca’, ‘Kuelap’ y ‘Trita’ (Figura 5a). Similarmente, el número de semillas por vaina (NumSV) mostraron diferencias significativas entre los genotipos y las variedades de tarwi, registrando tres grupos, menor número la variedad ‘Andenes 90’, número intermedio la variedad ‘Masacanchino’, y mayor número los genotipos ‘La Jalca’. ‘Quinjalca’, ‘Kuelap’ y ‘Trita’ (Figura 5b).

## Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

**Figura 5.** Caracteres agronómicos de los genotipos de *L. mutabilis*, comparados con las variedades ‘Andenes 90’ y ‘Masacanchino’.



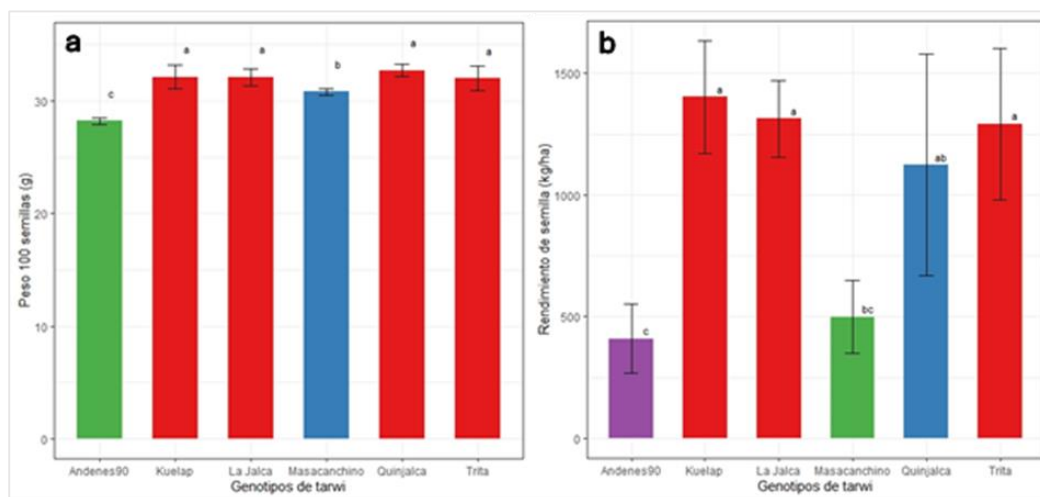
**Nota:** a) número de vainas en la inflorescencia principal, b) número de semillas por vaina. Los datos son presentados con la media  $\pm$  desviación estándar, y diferentes letras indican diferencias significativas en los parámetros evaluados para  $p \leq 0.05$  de acuerdo con la prueba Tukey.

Los caracteres de producción evaluados en los genotipos de *L. mutabilis* mostraron diferencias significativas. El peso de 100 semillas registró diferencias significativas entre los genotipos y las variedades de tarwi, siendo que los genotipos registraron mayores valores en el peso de 100 semillas (Figura 6a). Concerniente al rendimiento de semillas se mostraron diferencias significativas entre genotipos y las variedades de tarwi, formando tres grupos, menor rendimiento la variedad ‘Andenes 90’, número intermedio la variedad ‘Masacanchino’, y mayor rendimiento los genotipos ‘La Jalca’. ‘Quinjalca’, ‘Kuelap’ y ‘Trita’ (Figura 6b).

## Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

**Figura 6.** caracteres de producción evaluados en los genotipos de *L. mutabilis*, comparados con las variedades ‘Andenes 90’ y ‘Masacanchino’.



**Nota:** a) peso de 100 semillas, b) rendimiento de semilla. Los datos son presentados con la media  $\pm$  desviación estándar, y diferentes letras indican diferencias significativas en los parámetros evaluados para  $p \leq 0.05$  de acuerdo con la prueba Tukey.

Los genotipos de tarwi mostraron mayor porcentaje en el contenido de proteínas, comparados con las variedades. Los genotipos ‘Kuelap’ registró el máximo contenido de proteínas 41.6 %, ‘Quinjalca’ 39.1 %, ‘Trita’ 37.5% y ‘La Jalca’ 37.2%. En tanto, las variedades de tarwi ‘Andenes 90’ y ‘Masacanchino’ a condiciones de la Jalca Grande, Amazonas fueron de 32.8 % y 35.5 %, respectivamente.

### 2.2. Caracteres morfológicos cuantitativos

Los genotipos de tarwi registraron significancia estadística en siete caracteres como número promedio de ramas primarias (RamPr), diámetro de la hoja (DiaHo), longitud de peciolo (LonPe), longitud de la inflorescencia central (LonIC), longitud de las flores (LonFl), número de vainas por planta (NumVP),

## Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

longitud de la vaina (LonVa) y altura de planta en la primera vaina (AltPV). Estos caracteres permitieron la diferenciación con las variedades ‘Andenes’ y ‘Masacanchino’ (Anexo: Tabla S3). Entretanto, los caracteres RamPr, DiaHo y LonPe permitieron la diferenciación del genotipo ‘Quinjalca’ con respecto a los genotipos ‘La Jalca’, ‘Trita’ y ‘Kuelap’, siendo la prueba significativa (Anexo: Tabla S3).

Los primeros ejes del análisis de componentes principales (ACP) explicaron 87,2% de la variación total. La gráfica del biplot (Figura 7) se puede definir diferencias en los genotipos y las variedades de tarwi.

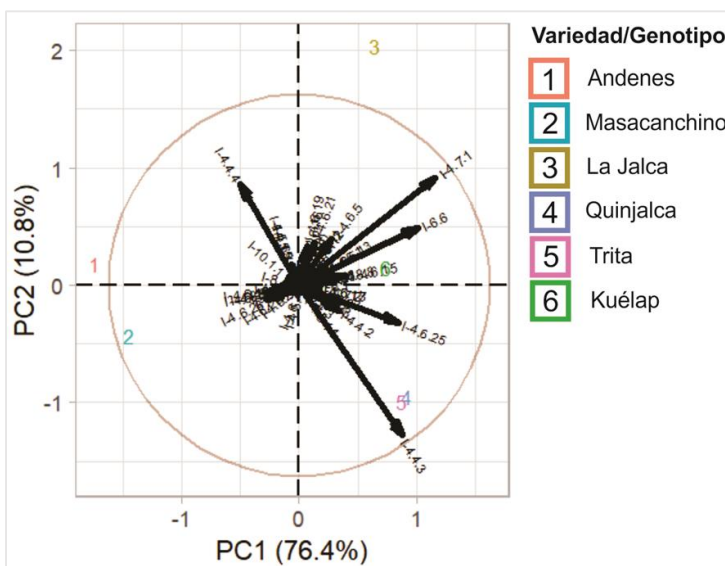
En el primer cuadrante estuvo conformado por los genotipos ‘La Jalca’ y ‘Kuelap’, mostrando que los caracteres NumVP y AltPV son los que describen mejor a estos genotipos. En el segundo cuadrante el genotipo ‘Andenes’ formó el segundo grupo, descrito mejor por el carácter altura de la rama principal (AltRP). En el cuarto cuadrante los genotipos ‘Quinjalca’ y ‘Trita’ se describieron mejor con los caracteres posición de la rama primaria inferior (PosRI) y LonIC.

El rendimiento de semilla por hectárea registró alta correlación con seis caracteres agronómicos (AltPl, DiFlor, AlPII, NumFl, NumVa y RenPl) y seis caracteres cuantitativos (DiaHo, LonPe, LonIC, NumVP, LonVa y AltPV), hallazgos importantes para su uso a futuro en la selección de genotipos con mayor rendimiento de grano (Figura 8).

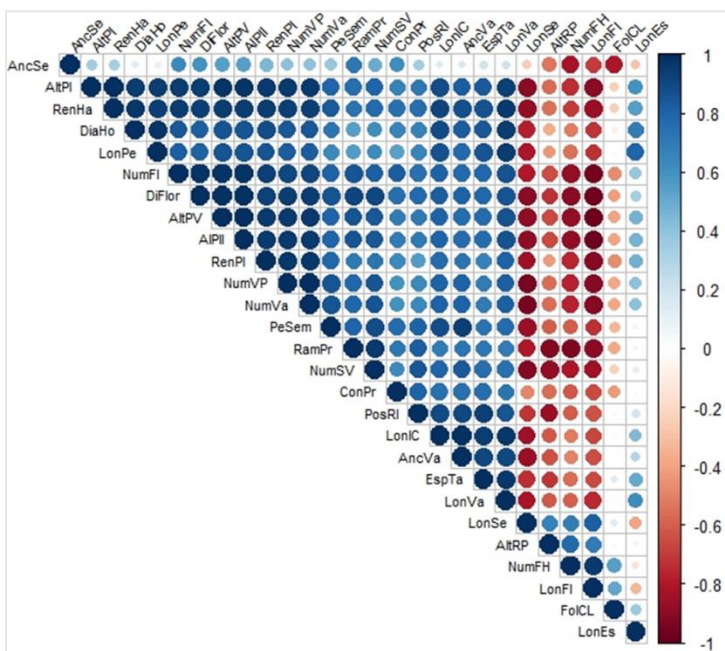
# Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

**Figura 7.** Biplot dimensional de los primeros componentes principales del análisis de los componentes principales para cuatro genotipos y dos variedades de tarwi. I.4.4.4 (AltRP), I.4.7.1 (NumVP), I.6.6 (AltPV), I.4.6.25 (LonIC) e I.4.4.3 (PosRI)



**Figura 8.** Coeficientes de correlación (r) entre los caracteres examinados cuatro genotipos y dos variedades de tarwi



### **3. Discusión**

#### **3.1. Caracteres agronómicos y de producción**

Los genotipos de tarwi mostraron su potencial agronómico en comparación con las variedades de tarwi. La mayoría de los caracteres estudiados mostraron gran variación entre los genotipos y las variedades evaluadas. La arquitectura de la planta (NumVa, AltPl, LonIC, AncVa, y EspTa) y el carácter de rendimiento por planta (RenPl) son los caracteres de *L. mutabilis* que han sido reportados como altamente dependientes de las condiciones ambientales (Barda et al., 2021).

La variabilidad genética de las accesiones y genotipos de *L. mutabilis* referente al número de días que abarca desde la siembra hasta la floración es muy variable y, que a la fecha abarca de los 42 a 140 días (Hardy et al., 1998; Guilengue et al., 2020). Al respecto, la variable días a la primera floración en los genotipos del presente estudio fueron de floración tardía que abarcaron entre 98 y 105 días, pero cabe resaltar que estos se caracterizaron por registrar el mayor rendimiento y contenido de proteína, estos dos últimos caracteres agronómicos de importancia en el cultivo del tarwi. Similares resultados fueron obtenidos la variedad comercial ‘Multitalia’ (*L. albus*) y las accesiones ‘LIB223’ y ‘LIB214’ (*L. mutabilis*) de floración tardía donde las accesiones abarcaron 116 y 135 días, también registraron el mayor rendimiento y contenido de proteína (Barda et al., 2021). Asimismo, en cultivares de tarwi (*L. albus*) los más tardíos registraron mayor rendimiento y contenido de proteína (Hammermeister et al., 2006).

Las variables que permitieron identificar el rendimiento de las accesiones de tarwi fue a partir de la correlación entre rendimiento por hectárea con el número de semillas por vaina, y el rendimiento por planta correlacionado con la

## Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

altura de planta y el número de vainas. Similares resultados fueron hallados en los cultivares de *L. albus* y las accesiones de *L. mutabilis* donde el rendimiento de semillas se correlacionó con el número de semillas y el número de vainas por inflorescencia (Barda et al., 2021). El rendimiento de grano los genotipos respondieron mejor que las variedades de tarwi (45 a 65 g/planta) sobresaliendo los genotipos ‘La Jalca’ (65 g/planta) y ‘Kuélap’ (60 g/planta).

La importancia que ha tomado el cultivo del tarwi es por el alto contenido de proteína en su semilla. Se considera que el *L. mutabilis* posee mayor contenido de proteínas en comparación con las accesiones nativas de *L. albus* y *L. angustifolius*, sin embargo, la información registrada entre las especies de *L. mutabilis* el contenido de proteínas puede oscilar entre 32 y 53%, este amplio margen de diferencia puede estar asociados a factores genéticos y agronómicos (Carvajal-Larenas et al., 2016; Gulisano et al., 2019). En el presente estudio los genotipos de tarwi registraron contenidos de proteína entre 36 y 42 % bajo las condiciones del distrito La Jalca, en los Andes del norte del Perú, siendo el genotipo ‘Kuélap’ el que registró el mayor contenido de proteínas. Por otro lado, en estudios realizados por Pszczolkowska et al. (2016) en *L. mutabilis* varían significativamente los contenidos de proteínas entre el crecimiento indeterminado en comparación con el crecimiento determinado. En el presente estudio, tanto las variedades como lo genotipos de tarwi mostraron crecimiento indeterminado con maduración no uniforme de las vainas, destacando que los genotipos ‘Kuélap’, ‘Quinjalca’ y ‘Trita’ los que registraron mayor contenido de proteína, y tal como aseveran Hardy et al. (1998) que los lupinos con crecimiento indeterminado presentan una preferencia por la distribución de los asimilados en las condiciones favorables del ambiente.

Las plantas de tarwi de la especie *L mutabilis* cultivadas a alta densidad de siembra desarrollan tallos más delgados y forman menos vainas, en comparación con las plantas cultivadas a menor densidad, está es una correlación negativa reportada en tarwi (Adomas, 2015). Por el contrario, en el presente estudio, el contenido de proteína tuvo correlaciones positivas con el ancho de vaina y espesura de tallo, estos resultados son importantes, porque las medidas de estos caracteres morfológicos puedan ser útiles para seleccionar genotipos de tarwi con mayor contenido de proteínas. Al respecto, en estudios realizados en *Glycine max* se evaluaron caracteres fisiológicos que ocasionan reducción del rendimiento de plantas de soya por estrés hídrico a través del monitoreo de los cambios del diámetro del tallo y grosor de las vainas, siendo que la medición del grosor de la vaina pueda emplearse en el monitoreo del estado hídrico en plantas de soya (Ohashi et al., 2009).

### **3.2. Caracteres morfológicos cuantitativos**

El empleo de descriptores morfológicos en *Lupinus* ha permitido identificar diferencias en las accesiones y variedades de *L. mutabilis* bajo condiciones en diferentes ambientes, siendo esto importante para evaluar la estabilidad de los materiales genéticos que pueden ser empleados en la selección de plantas para mayor rendimiento y calidad de la semilla (Guilengue et al., 2020; Barda et al., 2021). Bajo ese contexto, en el presente estudio los caracteres ramas primarias, diámetro de hoja, longitud de peciolo, longitud de la inflorescencia central, longitud de las flores, número de vainas por planta, longitud de vainas y altura de planta en la primera vaina registraron mayores valores en comparación con las variedades, permitiendo la distinción entre los genotipos y las variedades de tarwi. Por otro lado, El genotipo ‘Quinjalca’ registró mayores valores en los caracteres ramas primarias, diámetro de la hoja y

## Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

longitud de peciolo que permitió diferenciarlo con los genotipos ‘La Jalca’, ‘Trita’ y ‘Kuélap’. Estos hallazgos son importantes, debido que los caracteres diámetro de la hoja, la longitud del peciolo y longitud de la inflorescencia central mostraron valores tres veces más a los reportados por Barda et al. (2021) en 10 accesiones de tarwi, asimismo, registraron alta correlación con el rendimiento de semilla por hectárea (Figura 8).

El carácter de producción del rendimiento de semillas por hectárea estuvo altamente correlacionado con seis caracteres agronómicos (AltPl, DiFlor, AIPiI, NumFl, NumVa y RenPl) y seis caracteres cuantitativos (DiaHo, LonPe, LonIC, NumVP, LonVa y AltPV) que podrían ser evaluados por los fitomejoradores para la selección de genotipos para mayor rendimiento (Gulisano et al., 2022). En el Perú, el tarwi se cultiva en las zonas altoandinas de las regiones de Cajamarca, La Libertad, Amazonas, Huánuco, Huancavelica, Ancash, Ayacucho, Junín, Pasco, Apurímac, Cuzco y Puno, con un rendimiento promedio de 1335 kg ha<sup>-1</sup> en Apurímac, y un rendimiento de 667 kg ha<sup>-1</sup> en Amazonas (Rodríguez-Ortega et al., 2024). Al respecto, en la presente investigación realizada en el distrito de La Jalca, caracterizado por presentar alturas por encima de los 2800 msnm, los genotipos de tarwi mostraron rendimientos muy superiores registrando pesos entre 1124 a 1403 kg.ha<sup>-1</sup>. Los materiales genéticos de tarwi provenientes del Perú son considerados prometedores para aumentar el rendimiento de grano, destacando cuatro genotipos LIB065, LIB142, LIB144 y LIB094 que producen en promedio 26 g/planta (López-Bellido et al., 2000; Gulisano et al., 2022). En el presente estudio los genotipos de tarwi provenientes de los andes del norte del Perú llegaron a producir en promedio de 32 g/planta, lo que respalda que el germoplasma andino de *L. mutabilis* en su entorno nativo posee una variación alta para el rendimiento agronómico.

## Conclusión

En el presente estudio se describieron caracteres morfológicos y agronómicos de dos variedades comerciales y cuatro genotipos de tarwi de la especie *L. mutabilis* cultivados en los andes del norte del Perú. La evaluación de las variedades comerciales y los genotipos se diferenciaron por el rendimiento, siendo mayor en los genotipos de tarwi. El rendimiento de semillas estuvo altamente correlacionado con seis caracteres agronómicos y seis caracteres cuantitativos. Esto demuestra el potencial del germoplasma andino del norte del Perú.

## Referencias

- Adomas, B. (2015). *Adaptation of the Andean lupin (Lupinus mutabilis Sweet) to natural conditions of south-western Poland*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Editor: A. Kotecki. [https://www.researchgate.net/publication/303818080\\_Adaptation\\_of\\_the\\_Andean\\_lupin\\_Lupinus\\_mutabilis\\_Sweet\\_to\\_natural\\_conditions\\_of\\_south-western\\_Poland](https://www.researchgate.net/publication/303818080_Adaptation_of_the_Andean_lupin_Lupinus_mutabilis_Sweet_to_natural_conditions_of_south-western_Poland)
- Barda, M.S., Chatzigeorgiou, T., Papadopoulos, G.K., & Bebeli, P.J. (2021). Agro-morphological evaluation of *Lupinus mutabilis* in two locations in Greece and association with insect pollinators. *Agriculture*, 11(3), 236. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030236>
- Boukid, F., & Pasqualone, A. (2022). Lupine (*Lupinus* spp.) proteins: Characteristics, safety and food applications. *European Food Research and Technology*, 248(2), 345-356. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03909-5>
- Carvajal-Larenas, F.E., Linnemann, A.R., Nout, M.J.R., Koziol, M., & Van Boekel, M. A.J.S. (2016). *Lupinus mutabilis*: composition, uses, toxicology, and debittering. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(9). <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089>

## Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

- Czubinski, J., Grygier, A., & Siger, A. (2021). *Lupinus mutabilis* seed composition and its comparison with other lupin species. *Journal of Food Composition and Analysis*, 99(1), 103875. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103875>
- Frick, K.M., Kamphuis, L.G., Siddique, K.H., Singh, K.B., & Foley, R.C. (2017). Quinolizidine alkaloid biosynthesis in lupins and prospects for grain quality improvement. *Frontiers in plant science*, 8, 87. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00087>
- Guilengue, N., Alves, S., Talhinhos, P., & Neves-Martins, J. (2020). Genetic and genomic diversity in a tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) germplasm collection and adaptability to Mediterranean climate conditions. *Agronomy*, 10(1), 21. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010021>
- Gulisano, A., Alves, S., Martins, J. N., & Trindade, L. M. (2019). Genetics and breeding of *Lupinus mutabilis*: An emerging protein crop. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1385. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01385>
- Gulisano, A., Alves, S., Rodriguez, D., Murillo, A., Van Dinter, B.J., Torres, A.F., Torres, M.D.L, Neves-Martins, J., Paulo, M.J. & Trindade, L.M. (2022). Diversity and agronomic performance of *Lupinus mutabilis* germplasm in European and Andean environments. *Frontiers in Plant Science*, 13, 903661. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.903661>
- Hammermeister, A.; Punnett, K.; Beavers, R. (2006). Lupin as an Alternative Organic Feed Grain; Truro: New Scotland, Australia. [https://cdn.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/faculty/agriculture/oacc/en/technical-bulletins/2006/OACC\\_Technical\\_Bulletin\\_2006\\_5\\_web.pdf](https://cdn.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/faculty/agriculture/oacc/en/technical-bulletins/2006/OACC_Technical_Bulletin_2006_5_web.pdf)
- Hardy, A., Huyghe, C., Rahim, M.A., Roemer, P., Neves-Martins, J.M., Sawicka-Sienkiewicz, E., & Caligari, P.D.S. (1998). Effects of genotype and environment on architecture and flowering time of indeterminate Andean lupins (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Australian Journal of Agricultural Research*, 49(8), 1241-1252. <https://doi.org/10.1071/A98060>
- IBPGR (1981). Lupin Descriptors. Rome: IBPGR Executive Secretariat, 68. <https://alliancebioversityciat.org/es/node/3172>
- INIA. (2021). Inia 445-masacanchino. 511, 2. <https://repositorio.inia.gob.pe/items/aa59d28c-217c-4c3b-b6b9-b73d9117fff8>

## Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

- Jacobsen, S. E., & Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 28(1), 458-482.  
<https://beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdf/Capitulo%2028.pdf>
- Jacobsen, S. E., & Mujica, A. (2008). Geographical distribution of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Plant Genet. Res. Newslett*, 155, 1-8.  
<https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781482280548-6/geographical-distribution-andean-lupin-lupinus-mutabilis-jacobsen-angel-mujica>
- Koleva, I.I., Van Beek, T.A., Soffers, A.E., Dusemund, B., & Rietjens, I.M. (2011). Alkaloids in the human food chain—natural occurrence and possible adverse effects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 56(1), 30-52.  
<https://doi.org/10.1002/mnfr.201100165>
- López-Bellido, L., Fuentes, M., & Castillo, J.E. (2000). Growth and yield of white lupin under Mediterranean conditions: Effect of plant density. *Agronomy Journal*, 92(2), 200-205.  
<https://doi.org/10.2134/agronj2000.922200x>
- Ohashi, Y., Nakayama, N., Saneoka, H., Mohapatra, P.K., & Fujita, K. (2009). Differences in the responses of stem diameter and pod thickness to drought stress during the grain filling stage in soybean plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31(2), 271-277. <https://doi.org/10.1007/s11738-008-0229-4>
- Pszczolkowska, A., Okorski, A., Kotecki, A., Gas, M., Kulik, T., & Reczek, A. (2016). Incidence of seed-borne fungi on *Lupinus mutabilis* depending on a plant morphotype, sowing date and plant density. *Journal of Elementology*, 21(2), 501-512.  
<https://yadda.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-d579f419-efce-4f56-9e89-53dc638b9471>
- Rodríguez-Ortega, D., Zambrano, J. L., Pereira-Lorenzo, S., Torres, A., & Murillo, Á. (2024). *Lupinus mutabilis* breeding in the Andes of Ecuador, Peru, and Bolivia: a review. *Agronomy*, 14(1), 94.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy14010094>
- Rojas, N. (2023). *Caracterización fenotípica y agronómica de cultivares de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) en la Jalca Grande, Amazonas*. [Tesis Grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Amazonas]. Repositorio Institucional.  
<https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/3232>

## Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

---

Tian, Y., Cortés-Avenidaño, P., Yang, B., Glorio-Paulet, P., Repo-Carrasco-Valencia, R., & Suomela, J. P. (2024). Flavonoid diversity in bitter and debittered seeds of Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Food Chemistry*, 442, 138411. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138411>

### Declaración de conflicto de interés y originalidad

Conforme a lo estipulado en el *Código de ética y buenas prácticas* publicado en *Revista Ceres*, los autores *Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo*, declaran al Comité Editorial que no tienen situaciones que representen conflicto de interés real, potencial o evidente, de carácter académico, financiero, intelectual o con derechos de propiedad intelectual relacionados con el contenido del artículo: *Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) de los Andes del norte del Perú*, en relación con su publicación. De igual manera, declaran que el trabajo es original, no ha sido publicado parcial ni totalmente en otro medio de difusión, no se utilizaron ideas, formulaciones, citas o ilustraciones diversas, extraídas de distintas fuentes, sin mencionar de forma clara y estricta su origen y sin ser referenciadas debidamente en la bibliografía correspondiente. Consienten que el Comité Editorial aplique cualquier sistema de detección de plagio para verificar su originalidad.

Los autores declaran que en la preparación de este manuscrito no utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa para la redacción de textos o interpretación de datos.

# Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

## Anexo

**Tabla S1.** Caracteres de crecimiento medidos para cuatro genotipos y dos variedades de tarwi.

IBPGR	Abreviación	Caracteres cualitativos
4.5.9	IntCH	Intensidad del color de las hojas
4.5.11	ColEs	Color de las estípulas
4.5.12	IntCE	Intensidad del color de las estípulas
4.5.15	IntCP	Intensidad del color del peciolo
4.6.1	ColBF	Color del botón floral antes de la floración
4.6.2	IntCF	Intensidad del color del botón floral antes de la floración
4.6.3	ColFA	Color en las alas de las flores recién abiertas
4.6.5	ColQA	Color en la quilla de las flores recién abiertas
4.6.7	ColBM	Color de la banda marginal en el estandarte de las flores recién abiertas
4.6.8	IntBM	intensidad del color de la banda marginal en el estandarte de las flores recién abiertas
4.6.9	ColMC	Color de las manchas centrales en el estandarte de las flores recién abiertas
4.6.10	IntFA	Intensidad del color de las manchas centrales en el estandarte de las flores recién abiertas
4.6.11	ColEF	Color de la región intermedia en el estandarte de las flores recién abiertas
4.6.12	IntEF	Intensidad del color de la región intermedia en el estandarte de las flores recién abiertas
4.6.13	ColAF	Color en las alas de las flores poco antes de marchitarse
4.6.14	IntCA	Intensidad del color en las alas de las flores poco antes de marchitarse
4.6.15	ColQF	Color en la quilla de las flores poco antes de marchitarse
4.6.16	IntCQ	Intensidad del color en la quilla de las flores poco antes de marchitarse
4.6.17	ColMM	Color en la banda marginal del estandarte de las flores poco antes de marchitarse
4.6.18	IntCB	Intensidad del color en la banda marginal del estandarte de las flores poco antes de marchitarse
4.6.19	ColLM	Color de las manchas centrales del estandarte de las flores poco antes de marchitarse
4.6.20	IntCM	Intensidad del color de las manchas centrales del estandarte de las flores poco antes de marchitarse
4.6.21	ColRI	Color en la región intermedia del estandarte de las flores poco antes de marchitarse
4.6.22	IntCR	Intensidad del color en la región intermedia del estandarte de las flores poco antes de marchitarse
4.8.1	ForSe	Forma de la semilla
4.8.6	IntCS	Intensidad de color predominante de la semilla
4.8.7	ColDS	Color secundario de la semilla
4.8.8	IntSS	Intensidad del color secundario de la semilla

# Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

IBPGR	Abreviación	Caracteres cualitativos
4.8.9	DisCS	Distribución del color secundario de la semilla
6.3	RitCr	Ritmo de crecimiento
6.11	ResEn	Resistencia al encamado
8.2	AltTe	Alta temperatura
8.4	Humed	Humedad
10.1.1	Antra	Antracnosis ( <i>Glomerella cingulata</i> )
10.1.2	ManPa	Mancha parda ( <i>Pleiochaete setosa</i> )
10.1.3.	Milde	Mildew ( <i>Erysipe</i> spp.)
10.1.5	Roya	Roya ( <i>Unomyces lupinucolus</i> )
4.3.6	EspTa	Espesor del tallo
4.4.2	RamPr	Número promedio de ramas primarias
4.4.3	PosRI	Posición de la rama primaria inferior
4.4.4	AltRP	Altura de la rama primaria inferior
4.5.1	DiaHo	Diámetro de la hoja
4.5.4	FolCL	Foliolo Central longitud/anchura
4.5.7	NumFH	Numero de foliolos por hoja
4.5.10	LonEs	Longitud de las estípulas
4.5.13	LonPe	Longitud del peciolo
4.6.25	LonIC	Longitud de la inflorescencia central
4.6.26	LonFl	Longitud de las flores
4.7.1	NumVP	Numero de vainas por planta
4.7.2	LonVa	Longitud de la vaina
4.7.3	AncVa	Anchura de la vaina
4.8.2	LonSe	Longitud de la semilla
4.8.3	AncSe	Anchura de la semilla
6.6	AltPV	Altura de planta en la primera vaina

# Evaluación morfológica y agronómica de genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de los Andes del norte del Perú

Rojas Culqui, Ney y Millones Chanamé, Carlos Eduardo

**Tabla S2.** Caracteres agronómicos y de producción para cuatro genotipos y dos variedades de tarwi.

Abreviación	Caracteres agronómicos y de producción
AltPl	Altura de planta
DiFlor	Días a la floración
AlPII	Altura de planta en la inflorescencia principal
NumFl	Número de flores
NumVa	Número de vainas por planta
NumSV	Número de semillas por vaina
RenHa	Rendimiento de semilla por hectárea
PeSem	Peso de 100 semillas
RenPl	Rendimiento por planta
ConPr	Contenido de proteína

**Tabla S3.** Características morfológicas cuantitativas vegetativas para cuatro genotipos y dos variedades de tarwi.

Genotipo	LonIC	LonFl	NumVP	LonVa	AncVa	LonSe	AncSe	AltPV
<b>Andenes-90</b>	22.7 b	28.5 ab	18.5 c	10 c	15.2 b	11.15 a	8.55 a	79 b

Genotipo	EspTa	RamPr	PosRI	AltRP	DiaHo	FolCL	NumFH	LonEs	LonPe
<b>Andenes-90</b>	12.9 d	7.4 c	44.5 b	21.7 ab	12.05 c	3.48 ab	8.8 ab	10.8 a	8.48 c
<b>Masacanchino</b>	13.1 cd	7.2 c	50.5 ab	23.9 a	12.4 bc	3.43 ab	9.2 a	10 a	8.02 c
<b>La Jalca</b>	14 cd	11.3 b	52.5 ab	20.2 ab	16.7 a	3.28 ab	8.45 bc	11.1 a	13.2 a
<b>Quinjalca</b>	14.6 abc	16.6 a	66 a	7.25 c	14.38 b	3.22 b	8 c	10.2 a	10.85 b
<b>Trita</b>	15.7 a	12.1 b	68 a	12.4 bc	17.05 a	3.73 a	8.65 b	11.3 a	13.97 a
<b>Kuélap</b>	15 ab	12.3 b	62 ab	17.9 abc	17.35 a	3.20 b	8.35 bc	10.9 a	13.1 a
<b>Masacanchino</b>	30.3 b	30.3 a	21.4 bc	10.13 c	16.3 ab	11 ab	8.4 a	75.6 b	
<b>La Jalca</b>	38.45 a	24.2 cd	46.7 a	12.55 b	16.9 a	10.25 b	8.55 a	96.9 a	
<b>Quinjalca</b>	38.7 a	23.2 d	40.9 a	12.38 b	17.1 a	10.35 ab	9 a	96.55 a	
<b>Trita</b>	46.1 a	26.1 bc	37.1 ab	14.06 a	17.6 a	10.35 ab	8.35 a	92.6 a	
<b>Kuélap</b>	41.4 a	24.2 cd	38.9 a	13.46 ab	17.1 a	10.65 ab	8.85 a	96.8 a	

**Nota:** Los datos son presentados con la media, y diferentes letras indican diferencias significativas en los parámetros evaluados para  $p \leq 0.05$  de acuerdo con la prueba Tukey.