

## MORFOLOGÍA Y VIABILIDAD DE CINCO ESPECIES DE SEMILLAS NATIVAS DEL ALTIPLANO

### Morphology and viability of five native seed species from the altiplano

Zenon Martinez Flores<sup>1</sup>, Jose Luis Quispe<sup>2</sup>, Grecia Colque Aquino<sup>3</sup>

#### RESUMEN

Los pastos nativos del Altiplano: *Bromus catharticus* (cebadilla), *Hordeum muticum* (cola de ratón), *Adesmia spinosissima* (añahuaya), *Trifolium amabile* (layu layu) y *Suaeda foliosa* (q'auchi), son alimentos básicos de los animales domésticos y silvestres de altura. Producen y se propagan mediante semilla sexual. Para establecer monocultivos o asociados, es necesario conocer el porcentaje que permanecen vivas, y las dimensiones físicas, y su relación con sus componentes estructurales. En el laboratorio de la Estación Experimental Patacamaya, se determinaron: el tamaño, con un calibrador digital Kamasa (0-150mm/0-6), el peso de 1 000 semillas en una balanza de precisión, la estructura interna, características morfológicas con un estereoscopio y máquina fotográfica, y la viabilidad con tratamientos de tres soluciones de tetrazolio: 1, 0.5 y 0.1 %. El promedio de viabilidad de las cinco especies fue de 78.67 %, con un rango de 15 a 95 %. La viabilidad promedio de la cebadilla fue de 91.50 %, similar a 91.33 % de la cola de ratón y superiores a 84.67, 73.33 y 52.50 % de la añahuaya, layu layu y q'auchi, respectivamente. El efecto de tratamiento sobre la viabilidad e inviabilidad de las semillas en las cinco especies, fueron altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ). Para concentraciones de 1, 0.5 y 0.1 % de solución de tetrazolio los promedios de semillas viables fueron de 84.65, 79.40 y 72.05 %, y para semillas inviables 15.95, 20.55 y 27.45 % respectivamente. Las semillas más pequeñas y livianas en relación a su peso 1.77 y 1.52 g, correspondieron a la cola de ratón y al q'auchi. Esta última especie en cobertura externa es más dura y gruesa que el layu layu y la añahuaya, las cuales tienen capas impermeables al efecto del medio ambiente, comparados con la cola de ratón y cebadilla; sin embargo, cuatro de las semillas excepto el q'auchi tuvieron altos porcentajes de viabilidad.

**Palabras clave:** morfología, semillas nativas, viabilidad, tetrazolio.

#### ABSTRACT

The native grasses of the Altiplano: *Bromus catharticus* (cebadilla), *Hordeum muticum* (mousetail), *Adesmia spinosissima* (añahuaya), *Trifolium amabile* (layu layu) and *Suaeda foliosa* (q'auchi), are staple foods of domestic and wild high altitude animals. They produce and are propagated by sexual seed. To establish monocultures or associated, it is necessary to know the percentage that remain alive, and the physical dimensions, and their relationship with their structural components. In the laboratory of the Patacamaya Experimental Station, the following were determined: the size, with a Kamasa digital calibrator (0-150mm/0-6), the weight of 1 000 seeds in a precision balance, the internal structure, morphological characteristics with a stereoscope and photographic machine, and the viability with treatments of three tetrazolium solutions: 1, 0.5 and 0.1 %. The average viability of the five species was 78.67 %, ranging from 15 to 95 %. The average viability of cebadilla was 91.50 %, similar to 91.33 % of mousetail and higher than 84.67, 73.33 and 52.50 % of añahuaya, layu layu and q'auchi, respectively. The treatment effect on seed viability and non-viability in all five species were highly significant ( $p \leq 0.01$ ). For concentrations of 1, 0.5 and 0.1 % tetrazolium solution the averages of viable seeds were 84.65, 79.40 and 72.05 %, and for non-viable seeds 15.95, 20.55 and 27.45 % respectively. The smallest and lightest seeds in relation to their weight 1.77 and 1.52 g, corresponded to mousetail and q'auchi. This last species in external cover is harder and thicker than layu layu and añahuaya, which have layers impermeable to the effect of the environment, compared to mousetail and cebadilla; however, four of the seeds except q'auchi had high percentages of viability.

**Keywords:** morphology, native seeds, viability, tetrazolium.

<sup>1</sup> ✉Docente Investigador, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-00002-9678-4377>. [zmartinez@gmail.com](mailto:zmartinez@gmail.com)

<sup>2</sup> Investigador en Pro-Camélidos, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4653-7180>. [joseluis11qh@gmail.com](mailto:joseluis11qh@gmail.com)

<sup>3</sup> Consultora independiente, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2855-3208>. [greis0103@gmail.com](mailto:greis0103@gmail.com)

## INTRODUCCIÓN

Los pastos de la diversidad de praderas nativas de las zonas altas en Bolivia, constituyen una importante fuente de alimento para el ganado de altura. Entre las gramíneas destacan la cebadilla (*Bromus catharticus*) y cola de ratón (*Hordeum muticum*) como alimentos energéticos y entre las pocas leguminosas del altiplano, el trébol silvestre (*Trifolium sp.*) y la añahuaya (*Adesmia spinosissima*), por el alto contenido de proteína. Finalmente el q'awchi (*Suaeda foliosa*) por su adaptación a suelos salinos y alto contenido de proteína cruda.

La semilla es la unidad de reproducción sexual de las plantas y tiene la función de multiplicar y perpetuar la especie, siendo este el medio más eficaz para que se disperse en el tiempo y espacio (Doria, 2010). Las semillas de estos pastos nativos, presentan sustancias químicas o estructuras físicas duras, que les impide iniciar el proceso de germinación, además sus dimensiones físicas de tamaño y morfología son desconocidas

Mancipe-Murillo et al. (2018), señalan que la viabilidad denota el potencial que tiene una semilla para permanecer viva, la cual está ligada al éxito o fracaso reproductivo de las poblaciones y de esta manera es una de las primeras variables de calidad a evaluar en las cinco especies de semillas.

Existen varios métodos para determinar la viabilidad de semillas de especies domésticas (Moreno-Álvarez et al., 2001) tales como el test de electro conductividad, test del índigo carmin, el método de Cloruro Ferrico ( $\text{FeCl}_3$ ) (Barone et al., 2016), la técnica de los rayos X descrita por Sosa-Luría et al. (2012). Sin embargo, la prueba bioquímica del tetrazolio resulta ser más rápida y confiable (Hernandez et al., 2009). En la presente investigación se determinaron el efecto de tres tratamientos de soluciones de tetrazolio: 0.5, 0.1 y 1.0 %, en la viabilidad de las cinco especies de semillas nativas.

Especies forrajeras nativas, con gran potencial de utilización en el contexto pastoril, son poco o deficientemente utilizadas en función de la carencia de informaciones técnico-científicas sobre sus características físicas, morfología y calidad de las semillas que producen.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la zona de estudio

El estudio se realizó en el laboratorio de semillas de la Estación Experimental Patacamaya (Ex – IBTA), dependiente de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés (Bolivia). Geográficamente ubicado entre los paralelos 17° 15' 43.9" de Latitud Sur y 67° 56' 45.5" de Longitud Oeste, a una altitud de 3 785 a 3 899 m s.n.m., a 105 km del centro de la ciudad de La Paz (PDM Patacamaya, 2012).

### Metodología

#### Especies de semillas nativas

Las especies nativas provenientes del banco de semillas de la Estación Experimental Patacamaya fueron; añahuaya (*Adesmia spinosissima*), cola de ratón (*Hordeum muticum* J.), q'aucho (*Suaeda foliosa* Moq.), cebadilla (*Bromus catharticus*) y layu layu (*Trifolium amabile*).

#### Estudio morfológico

La descripción morfológica de la estructura externa e interna se realizó en 10 semillas de cada especie. Además de observar el color con las tablas de Munsell, se identificaron la forma y el embrión de cada semilla, con un microscopio estereoscopio Leica EZ4 HD zoom 1x, 2x, 3x, y una navaja para los cortes de los tejidos duros.

#### Tamaño y peso de las semillas

La determinación de estas variables se realizó en 10 semillas de cada especie, midiendo la longitud, diámetro y grosor expresados en milímetros, con un calibrador digital Kamasa (0-150mm/0-6). El largo de la semilla desde la parte inferior hasta la parte superior de la misma, el diámetro en la región media de la semilla y el grosor volteando la semilla lateralmente. El peso fue determinado en una balanza digital de precisión de 0.001 g, considerando una muestra homogeneizada, con diez repeticiones de 100 semillas (ISTA, 2016).

#### Análisis de laboratorio

Para determinar la viabilidad se pesaron 0.100, 0.500 y 1 g. de sal de tetrazolio, en una balanza digital de precisión de 0.001 g para la preparación de soluciones

de tetrazolio al 0.1, 0.5 y 1 %, con un pH de 6 a 8, posteriormente fueron resguardadas en un ambiente oscuro y fresco por 24 horas.

Se seleccionaron 100 semillas de cada una de las cinco especies nativas con cuatro repeticiones, haciendo un total de 2 000 semillas. Las mismas fueron remojadas por separado en agua destilada durante 48 horas. Posteriormente, fue removido el pericarpio o endospermo de cada semilla con hojas bisturí. En las semillas con testa se las eliminó y luego se realizaron cortes longitudinales, con la finalidad de facilitar la penetración del tetrazolio al embrión (corte dorsal) (Mancipe-Murillo et al., 2018).

A continuación, se prosiguió con la inmersión de las semillas del q'aucho y layu layu en un volumen de 2 ml de cada solución de tetrazolio (0.1, 0.5 y 1 %) y las semillas de cebadilla, cola de ratón y ñañahuaya en 4 ml de cada solución. Posteriormente las cajas Petri conteniendo las semillas de cada especie y tratamiento, se colocaron en un ambiente oscuro y cerrado a una temperatura de 35 °C durante dos horas. Los resultados se observaron en un microscopio objetivo 40x, basándose en el número de semillas teñidas de color rojizo, debido a la reacción del tetrazolio con el tejido vivo de la semilla. Se consideró como semillas viables a aquellas que presentaron el embrión totalmente teñido. Como semillas no viables, a aquellas que no reaccionaron con el tetrazolio, tenían mínimas zonas teñidas a lo largo del embrión o bien aquellos donde el eje embrionario y cotiledones presentaban tejidos deteriorados rojos, semillas enteras sin teñir, cotiledones y embrión no teñido. El porcentaje de semillas viables fue calculado con la siguiente fórmula (FAO y África Seeds, 2019):

$$\text{Semillas viables(\%)} = \frac{\text{Número semillas viables}}{\text{Número total semillas}} \cdot 100 \quad [1]$$

#### Análisis estadístico

Los datos de las variables viabilidad e inviabilidad de las semillas nativas fueron organizados en un arreglo bi-factorial, con factores fijos especie y tratamiento, analizados en un modelo lineal generalizado con el programa estadístico S.A.S. (versión 9.2. 2004), de

acuerdo a la ecuación lineal aditiva (1). Los promedios fueron comparados mediante la prueba de Tukey.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad [2]$$

Dónde:  $Y_{ijk}$  = una observación cualquiera en la i-ésima especie, j-ésima semilla viable y en j-ésima interacción;  $\mu$  = promedio del experimento;  $\alpha$  = efecto de i-ésima especie ( $i = 5$ :  $i1$  = cebadilla;  $2i$  = cola de ratón;  $3i$  = ñañahuaya;  $4i$  = layu layu y  $5i$  = q'aucho);  $\beta$  = efecto de la j-ésima semilla viable ( $j = 2$ :  $1j$  = semillas viables y  $2j$  = semillas no viables);  $\alpha\beta_{ij}$  = efecto de la j-ésima interacción especie por viabilidad de las semillas;  $\varepsilon_{ijk}$  = Error del experimento.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Características físicas

La calidad física de la semilla según ISTA (2016), involucra adicionalmente, tamaño y forma de la semilla, peso de mil semillas, color y daño por insectos y hongos. En la [Tabla 1](#), se observa que la cebadilla y la cola de ratón obtuvieron las mayores dimensiones de largo y peso con 12.30 mm, 7.42 g por 1 000 semillas y 9.36 mm, 4.67 g por 1000 semillas, respectivamente. Sin embargo, en ancho y grosor fue la ñañahuaya la que destacó con 2.93 y 1.15 mm. El peso del q'aucho con 1.52 g fue el valor más bajo. Villca (2018) reporta un tamaño longitudinal de 0.08 a 0.14 mm, peso de 1 000 semillas de 0.75 g, valores menores al presente estudio. Para el *Trifolium amabile* varían con los pisos altitudinales y suelos, pero completamente diferentes a las halladas en esta investigación.

En trece genotipos de cebadilla, Abbott y Pistorale (2011) estimaron pesos de 1 000 semillas entre 9.94 a 10.43 g, ampliamente superiores a 2.49 g de nuestro estudio ([Tabla 1](#)). Estos valores coinciden con la variación tanto por efecto del material genético 8.78 a 11.58 g, como de la fecha de clausura entre 9.21 a 11.24 g en el peso de 1 000 semillas, reportados por Renata-Wolff et al., (2005). Lo mismo hallaron en tres especies y tres líneas de cebadilla criolla 4.27 a 10.75 g por 1 000 semillas (Covas y Ruiz, 2020). Los resultados de 1.2 a 1.7 mm de tamaño del q'aucho hallados por Pozo y Alzerreca (1990), son similares a nuestro trabajo.

Tabla 1. Promedios de tamaño y peso de las cinco especies nativas del altiplano.

Nombre común	Nombre científico	Cantidad de semillas	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)	Peso (g) 1 000 semillas
Añahuaya	<i>Adesmia espinosísima</i>	10	3.47	2.93	1.15	7.42
Layu layu	<i>Trifolium amabile</i>	10	1.71	1.42	0.99	4.67
Cebadilla	<i>Bromus catharticus</i> Vahl.	10	12.30	1.46	0.82	2.49
Q'auchi	<i>Suaeda foliosa</i> Moq.	10	1.56	1.29	0.91	1.52
Cola de Ratón	<i>Hordeum muticum</i> J.	10	9.36	1.48	0.61	1.77

El peso de las semillas de la leguminosa *Desmodium incanum* DC, registrado de 4.1 g, (Gimena-Gillij et al., 2021) fue ligeramente inferior al peso de *Medicago polymorpha* L., de 4.5 g (Ovalle et al., 2005), y superior al de *M. sativa* (2.21-2.49 g), pero similar a 4.67g de la leguminosa nativa *Trifolium amabile*.

El éxito en el establecimiento de especies forrajeras introducidas como *Lolium perenne* dependerá en gran medida del tamaño de las semillas, sin embargo, depende de más factores. En *Dactylis glomerata*, el tamaño no sería un parámetro de apoyo para garantizar un establecimiento adecuado. Además, existen otros factores como humedad, cosecha, almacenamiento, condiciones climáticas, reserva de nutrientes que influyen en la calidad fisiológica de la semilla, en términos de germinación y emergencia (Mendoza-Pedroza et al., 2018). Los altos porcentajes de germinación y pureza hallados por Condori y Martínez (2020) y en el presente estudio, indican que la cebadilla y cola de ratón pueden ser cultivados en regiones similares al altiplano central.

Morfología

La semilla de añahuaya (Figura 1) visto de afuera es de color negro jaspeado, de forma elipsoidal redonda. La semilla interiormente tiene una forma alargada de color castaño claro, donde se puede observar el surco ventral (sv), el embrión (e) y el resto de la base radicular (r).

En la superficie externa se observa el tegumento seminal (ts, capa gruesa suberificada) que protege al embrión, y puede participar en la inhibición de la germinación de las semillas por compuestos fenológicos (floridizim, ácido salicílico, ácido clorogénico y cumarina) (Bewley y Black, 1994) presentes en sus capas. Luego se distingue una pequeña cicatriz llamada hilum (h), fisura que permite el intercambio de oxígeno, pero no de humedad en las semillas duras como la añahuaya. Al corte longitudinal en la semilla se puede observar el embrión, dos cotiledones (c) que darán origen a las hojas, la radícula a la raíz (r), la plúmula (p) al futuro tallo y el surco radicular (sr) (Figura 1).

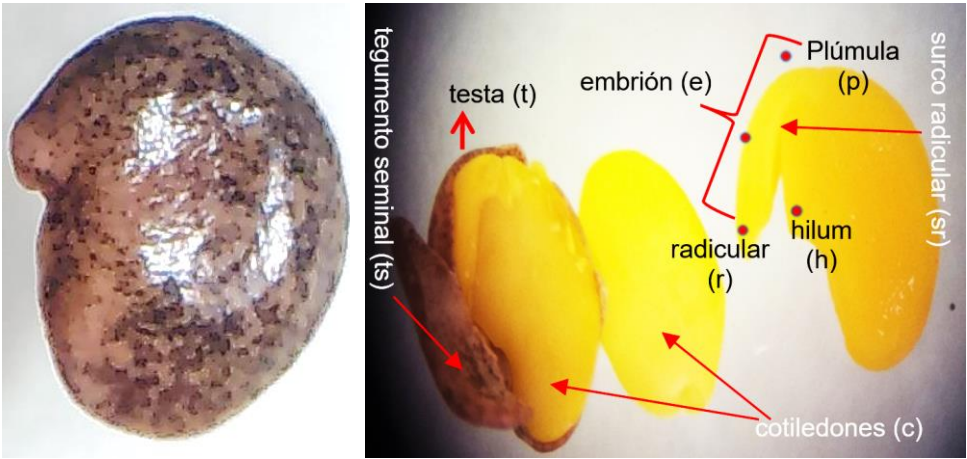


Figura 1. Vista de la semilla de añahuaya (Izq.) y su corte longitudinal (Der.).

La semilla de cola de ratón es de color amarillo claro de forma ovoide alargado. La morfología de la semilla de cola de ratón (Figura 2) en su parte externa está compuesta de lemma (l), palea (pa) y una arista lateral color gris jaspeado. Se logra ver el surco ventral (sv), embrión (e) y el pericarpio (pe). Después de retirar los

tegumentos el corte longitudinal mostro el endospermo (en), embrión (e), hilum (h), los pelos de pincel (pp). Mientras que, al extremo del embrión, con la lente de mayor aumento del microscopio, se observó, la radícula (r), la plúmula (p) y el micrópilo (m).

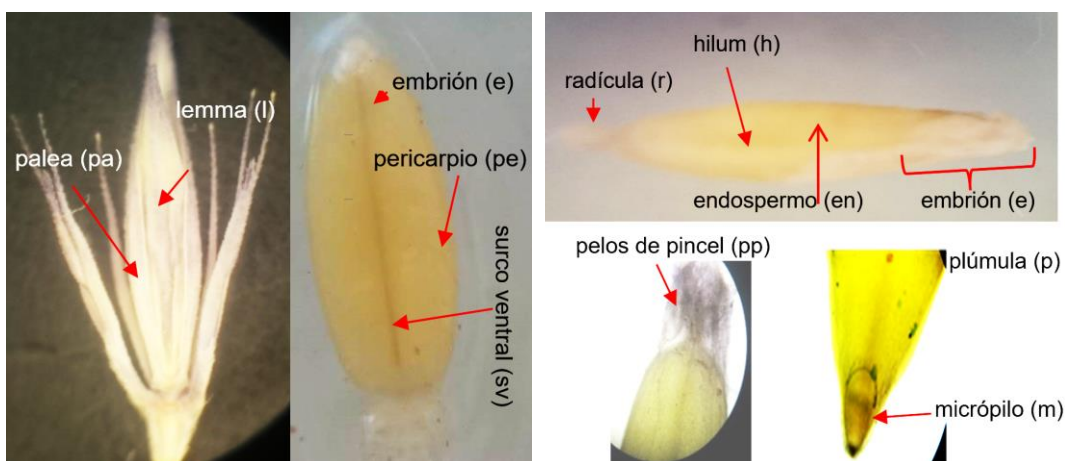


Figura 2. Vista de la semilla de cola de ratón (Izq.) y su corte longitudinal (Der.).

La semilla de cebadilla es de color castaño claro, de forma cariósipide alargado. La Figura 3 muestra en la parte externa de la semilla: la palea (pa), lemma (l) y el pericarpio (pe). Al corte longitudinal de la semilla, se observan el embrión (e) con una lente de mayor aumento del microscopio, la radícula (r), surco ventral (sv) y endospermo (en), pero no se observa el escutelo, porque es el cotiledón único transformado en

órgano absorbente adosado al endospermo (en). Según Perissé (2002), las estructuras responsables del mecanismo de la latencia frecuentemente no sólo incluyen a la testa, sino también otras partes de la semilla como, la palea (pa) y el lemma (l) en las gramíneas. Estas estructuras son muy delgadas en la cebadilla.

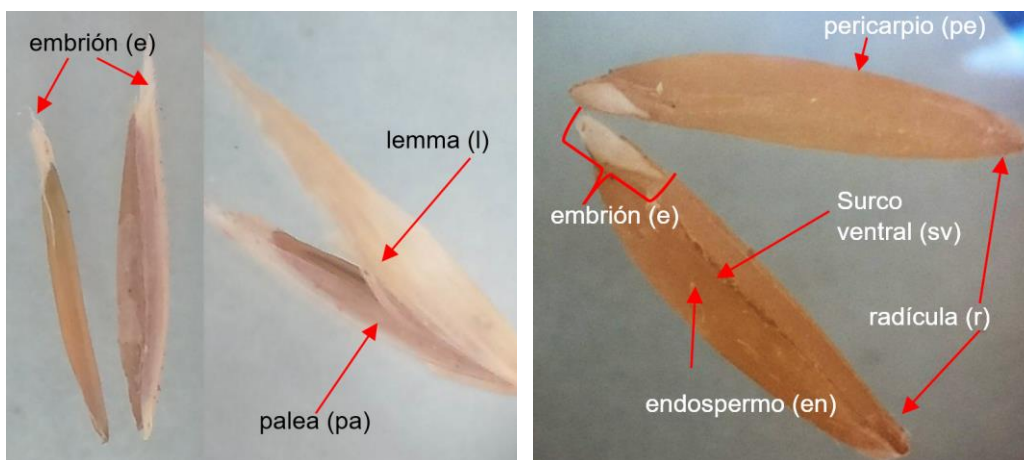


Figura 3. Vista de la semilla de cebadilla (Izq.) y su corte longitudinal (Der.).

La semilla del q'awchi es de forma periforme achatada de color negro (Figura 4). Perissé (2002) menciona que el endospermo (en), pericarpio (pe) y la testa (t), imponen la latencia de varias maneras, ya sea interfiriendo la entrada de agua, el intercambio de gases o conteniendo inhibidores químicos que impiden el escape de los mismos presentes en el embrión, modifican la luz que llega al embrión o bien ejerciendo constricción mecánica, estructuras que en la semilla del q'awchi son muy notables.

En la parte externa de la semilla del q'awchi (Figura 4), es un fruto de forma de un aquenio de color gris con cinco carpelos y poroso, denominados brácteas por Pozo y Alzerreca (1990). La semilla verdadera está cubierta por un pericarpio membranoso casi transparente (pem), cuya superficie es lisa de color negro brillante. Realizando un corte longitudinal se puede observar el embrión (e), endospermo (en) casi transparente, radícula (r), cotiledones (c) y el pericarpio (pe); además se observa la testa (t) o tegumento según Pozo y Alzerreca (1990).

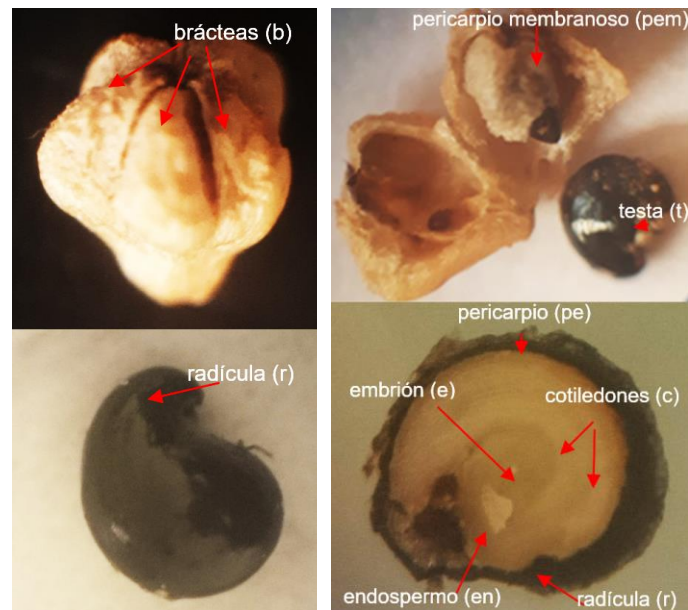


Figura 4. Vista de la semilla de q'auchi (Izq.) y su corte longitudinal (Der.).

La semilla de layu layu es de color negro jaspeado, lisa de forma ovoide (Figura 5), lo que no coincide con la forma arriñonada, café oscuro que señala Villca (2018). En la parte externa presentan: el hilum (h) y el micrópilo (m), y una capa dura, el tegumento seminal o testa (t). En las leguminosas está cubierta protectora está formada por capas: la testa gruesa, suberificada, y una membrana transparente brillante, que

condicionan la dormición de la semilla, como consecuencia de que alguna o ambas son impermeables al agua y a los gases. En la parte interna se observan: el embrión (e) con dos cotiledones (c), un eje embrionario (e) definida, también podemos ver el eje hipocótilo (ehi) y la plúmula (p) que es una yerma opuesta al embrión (Figura 5).

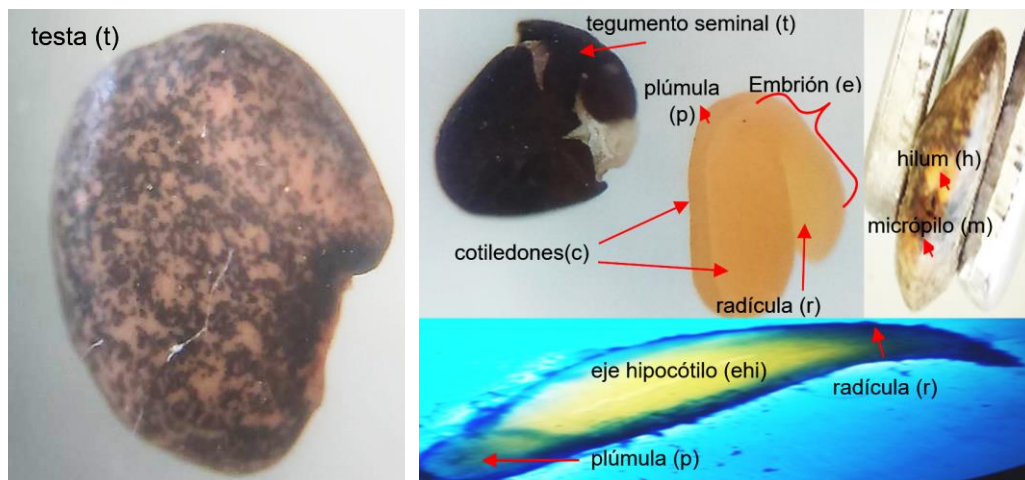


Figura 5. Vista de la semilla de layu layu (Izq.) y su corte longitudinal (Der.).

### Viabilidad e inviabilidad

En la Tabla 2, se muestra la influencia de la especie y el tratamiento de tetrazolio en la viabilidad e inviabilidad de semillas nativas. La especie y los tratamientos ensayados, al igual que su interacción, tuvieron un efecto significativo ( $p \leq 0.01$ ) en la viabilidad e inviabilidad de las semillas nativas, es decir, estamos

seguros con 99 % de probabilidad que existen diferencia entre especies nativas y tratamientos. El promedio general de semillas viables fue de 78.67 %, con un coeficiente de variación de 7.10 % y un rango amplio del 15 a 97 %. El porcentaje promedio de semillas no viables fue de 21.32 % con un desvío coeficiente de valor de 24.17 % en un rango de 3 a 85 % (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de factores principales en semillas nativas viables y no viables.

Factores principales	Semillas viables	Semillas inviables
Especie	**	**
Tratamientos	**	**
Especie por tratamiento	**	**
Estadísticos generales		
Promedio (%)	78.67	21.32
Coeficiente de valor (%)	7.10	24.17
Mínimo (%)	15	3
Máximo (%)	97	85

\* = altamente significativo ( $p \leq 0.01$ ).

## Comparación de medias

En la [Tabla 3](#), se muestra la comparación de promedios de viabilidad e inviabilidad de semillas nativas por la prueba de Tukey, según especies, tratamientos e interacción especie por tratamiento.

Tabla 3. Comparación de promedios de semillas nativas viables y no viables por la prueba de Tukey de acuerdo a factores.

Factores principales	n	Semillas viables			Semillas inviables		
		X	±	Sd	X	±	Sd
Especie							
Cebadilla	12	91.50 a		3.00	8.42 d		3.06
Cola de ratón	12	91.33 a		2.87	8.67 dc		2.87
Añahuaya	12	84.67 b		7.00	14.50 c		6.30
Layu Layu	12	73.33 c		6.84	26.67 b		6.84
Q'auchi	12	52.50 d		22.61	48.33 a		21.67
Tratamiento							
1.00 %	20	84.55 a		26.38	15.95 c		10.58
0.50 %	20	79.40 b		12.60	20.55 b		12.66
0.10 %	20	72.05 c		10.10	27.45 a		26.54
Especie por tratamiento							
Q'auchi	0.1	4	23.75 d	8.63	76.25 a		8.54
Q'auchi	0.5	4	62.46 c	6.46	37.50 b		6.46
Q'auchi	1	4	71.25 c	7.50	31.25 b		4.79
Layu layu	0.1	4	71.50 c	7.14	28.50 b		7.14
Layu layu	0.5	4	71.50 c	7.14	28.50 b		7.14
Layu layu	1	4	77.00 b	6.53	23.00 c		6.53
Cebadilla	0.1	4	90.00 a	2.45	10.00 d		2.45
Cebadilla	0.5	4	93.75 a	2.87	6.00 d		2.83
Cebadilla	1	4	90.75 a	2.87	9.25 d		2.87
Cola de ratón	0.1	4	90.75 a	2.87	9.25 d		2.87
Cola de ratón	0.5	4	89.25 a	1.50	10.75 d		1.50
Cola de ratón	1	4	94.00 a	2.00	6.00 d		2.00
Añahuaya	0.1	4	84.25 b	8.10	13.25 d		5.38
Añahuaya	0.5	4	80.00 b	5.77	20.00 c		5.77
Añahuaya	1	4	89.75 a	4.11	10.25 d		4.11

n=número de observaciones; X=promedio; Sd=desvió estándar; Letras similares indican que no hubo diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ) entre especies, y tratamientos.

## Especie

A la prueba de Tukey, estas diferencias son visibles únicamente entre tratamientos. La viabilidad de la cebadilla y cola de ratón fueron similares con 91.50 y

91.33 % respectivamente y superiores a la añahuaya (84.67 %), layu layu (73.33 %) y especialmente al q'auchi (52.50 %) ([Figura 6](#)).

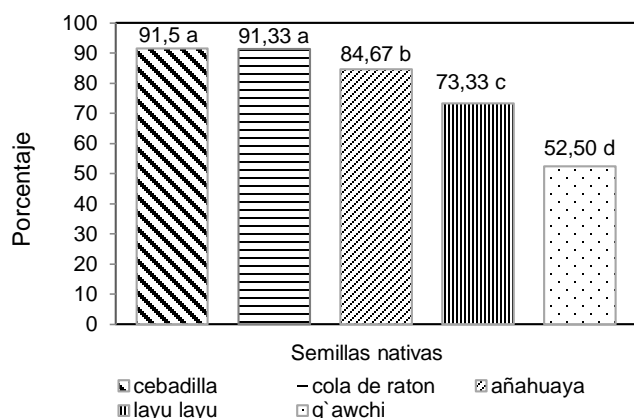


Figura 6. Efecto de la especie en la viabilidad de semillas nativas.

Mancipe-Murillo et al. (2018), encontraron en semillas tropicales altoandinas diferencias en el valor de viabilidad, entre pruebas realizados sin ningún acondicionamiento de la semilla, con ruptura de la testa, mediante la prueba del embrión, y corte dorsal, similar a los valores altos obtenidos en tres semillas nativas: cebadilla, cola de ratón y añahuaya, con las tres concentraciones de tetrazolio del presente estudio.

Rojo et al. (2012) determinaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para la viabilidad entre tres especies de leguminosas, con valores promedios de 24.17 % para *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth, de 76.16 % para *Lotus corniculatus* L., y de 46.75 % para *Gliricidia sepium* Lam de Wit., estos valores fueron menores al de cebadilla, cola de ratón y añahuaya de la presente investigación. En cambio, las gramíneas limpias *Brachiaria decumbens* Stapf. y *Panicum maximum* Jacq. c.v. Tanzania, respondieron con mayores valores promedio de viabilidad; 78.5 y 64.0 % respectivamente, estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ), con relación al layu layu y q'awchi, de nuestro estudio.

Hernández-Guzmán et al. (2021) en dos especies de pasto nativos del desierto Chihuahuense, banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Tor. r.] y navajita [*Bouteloua gracilis* (Willd. Ex Kunth) Lag. ex Griffiths], así como de dos pastos introducidos de África a Estados Unidos y posteriormente a México: buffel [*Pennisetum ciliare* (L.) Link] variedad Común Americano y rhodes (*Chloris gayana* Kunth) variedad Bellm también obtuvieron diferencias significativas de: 70 a 90 %, 44 a 87 %, 44 a 94 % y 48 a 90 % en la viabilidad para semillas grandes y pequeñas respectivamente.

Por su parte Martin et al. (2016) para zámota (*Coursetia glandulosa* Gray) arbusto forrajero leguminosa sin espinas, reporta semilla pura viva (SPV) de 89.1 %, valor superior al layu layu, añahuaya y q'awchi, y 94.1 % para mezquite [*Prosopis juliflora* (SW) DC], árbol forrajero leguminosa con espinas, valor superior a todas las especies de semillas de nuestro trabajo. Ambas forrajeras tienen alto contenido de proteína, y son palatables para el ganado y fauna silvestre.

En relación a la inviabilidad de: layu layu, cola de ratón, cebadilla y añahuaya según la Figura 7, el q'awchi fue la especie con mayor valor promedio 48.33 % de semillas inviables, superior al promedio 26.67 % del layu layu, y al promedio 14.50 % de la añahuaya, y a las otras dos especies nativas con apenas 8.42 % para la cebadilla y 8.67 % para la cola de ratón.

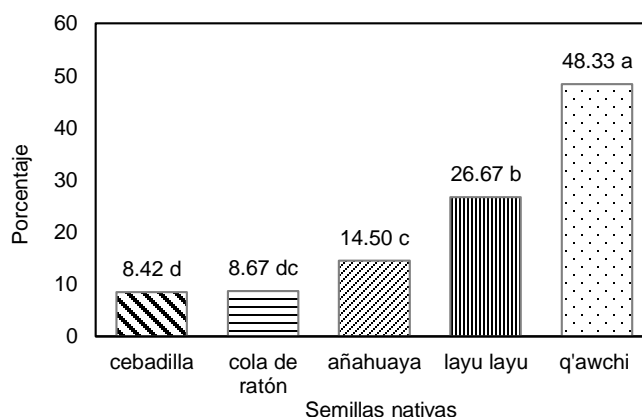


Figura 7. Efecto de la especie en la inviabilidad de semillas nativas.

## Tratamientos

La viabilidad de las semillas nativas en estudio, fueron diferentes ( $p \leq 0.05$ ) entre las concentraciones de tetrazolio ensayados. Siendo superior el tratamiento de la solución 1 % de tetrazolio con 84.55 % de semillas viables, respecto a 79.40 % de semillas viables obtenida con 0.5 % de concentración de tetrazolio y 72.05 % de semillas viables obtenidas con 0.1 %.

En semillas de *Bombacopsis quinata*, especie forestal valiosa para recuperación de bosques; Espitia et al. (2017), observaron el mayor porcentaje de semillas viables con 91 %, a la concentración de 0.5 % de tetrazolio y un tiempo de tinción de tres horas, pero sin diferencia a 84 % obtenida con la concentración de 1.5 % en igual tiempo de tinción, estos valores son superiores a las concentraciones de 0.1 y 0.5 %, del presente estudio, pero similares a 1 % de concentración

de tetrazolio. Estos mismos autores; en semillas de *Anacardium excelsum*, obtuvieron mayores porcentajes de semillas viables en las concentraciones 0.5 y 1 % de tetrazolio, con 57 y 64 % de viabilidad respectivamente, siendo inferiores a los obtenidos en la presente investigación.

Barone et al. (2016), en semillas de *Cedrela fissilis*, hallaron porcentajes similares de viabilidad, a la concentración más baja de tetrazolio 0.1% del presente ensayo, pero superiores a las halladas en semillas de *Myrcarpus frondosus*.

Para la concentración de 1 %, la viabilidad máxima de 91 %, se alcanzó a las dos horas, con la concentración de 0.5 %, el máximo de 95 % de viabilidad se alcanzó a las cuatro horas, estos resultados coinciden con la metodología indicada para *Festuca* y *Lolium* (Leist, 1997). A las cuatro horas, no se encontraron diferencias significativas entre concentraciones de 0.5 y 1 %, la coloración era rojo carmín y los sectores teñidos eran similares para ambas. Resultados concuerdan con lo propuesto para *Bromus spp.* en ISTA (2016), sin embargo, presentan valores mayores a los nuestros.

A la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), con la menor concentración de tetrazolio 0.1 %, se detectó la mayor cantidad de semillas inviables (27.45 %). Entre tanto con la mayor concentración 1 % de tetrazolio, el porcentaje fue el menor (15.95 %), mientras que en la concentración intermedia de tetrazolio (0.5 %) la inviabilidad fue de 20.55 %.

En semillas de *Bombacopsis quinata* (Espitia et al., 2017) con una concentración de 1 % de tetrazolio hallaron valores de inviabilidad de 18 %, diferente estadísticamente al rango desde 0 a 5 % de semillas inviables, del resto de tratamientos (0.5 y 1.5 %). Estos mismos autores para semillas de *Anacardium excelsum* obtuvieron con una concentración de 0.5 % de tetrazolio, 72 % de semillas inviables, diferentes a 34 y 43 % de semillas inviables de los tratamientos de 1.5 y 1.0 %. En la presente investigación no se incluyeron tiempos de inmersión, por lo que los resultados se deben a la influencia de los niveles de las soluciones de tetrazolio experimentados.

### Interacciones

A la prueba de Tukey entre los promedios de viabilidad de la cebadilla y cola de ratón (Tabla 3), resultado de la interacción especie por tratamiento, no existieron

diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Pero entre las especies: layu layu, q'auchi y añahuaya las diferencias ( $p \leq 0.05$ ) fueron a favor de la mayor concentración (1 %). Lo mismo sucedió con los valores de inviabilidad, excepto que, para las últimas tres especies de semillas nombradas, las diferencias fueron a favor de la concentración más baja (0.1%).

La utilización de la solución de tetrazolio al 1 % en semillas de q'auchi permitió obtener mayor viabilidad (71.25 %), respecto al tratamiento con las soluciones de 0.5 % (62.46 %) y 0.1 % (23.75%) respectivamente. En tanto, en semillas de layu layu, la mayor viabilidad (77 %) se obtuvo con la concentración de 1 % de solución de tetrazolio.

Con respecto a las semillas de cebadilla, la viabilidad fue similar en las tres concentraciones de tetrazolio (0.1, 0.5 y 1 %). Las semillas de cola de ratón sometidas a las soluciones de tetrazolio con concentraciones de 0.1, 0.5 y 1% tuvieron similar viabilidad. Finalmente, las semillas de añahuaya obtuvieron mayor viabilidad en concentraciones de 1 % (89.75%), seguido de las concentraciones de 0.1 % (84.25 %) y 0.5 % (80 %) respectivamente.

El uso de soluciones de tetrazolio con mayor concentración (1 %) se convierte en opciones más adecuadas por permitir el mayor rendimiento de la sal de tetrazolio durante los análisis. Por otra parte, de acuerdo a la evaluación sobre la inviabilidad de semillas, en las especies q'auchi, layu layu y añahuaya presentaron mayor inviabilidad (76.25, 28.50 y 20 %) a una concentración de solución de 0.1 y 0.5 % de tetrazolio respectivamente.

### CONCLUSIONES

Existen diferencias de tamaño y peso entre las cinco especies de semillas nativas, siendo las más grande y pesada la añahuaya; y la más pequeña y liviana la semilla de cola de ratón. Las semillas de añahuaya y layu layu poseen las mismas estructuras morfológicas, diferenciándose del q'awchi en su cubierta externa conformada por capas duras suberificadas llamadas brácteas.

La testa presente en las semillas de añahuaya, layu layu y q'awchi condicionan una dormancia química, además de una dormancia física y mecánica, además en el q'awchi por la dureza de la cubierta y el endospermo, cuyos tejidos podrían oponer resistencia mecánica al crecimiento del embrión.

La prueba de tetrazolio utilizando la concentración del 1 % permitió obtener mayor viabilidad en las semillas de q'auchi, layu layu y añahuaya, respecto al tratamiento con las soluciones de 0.5 y 0.1 %, respectivamente. Con respecto a las semillas de cebadilla y cola de ratón, las viabilidades fueron similares en las tres concentraciones de tetrazolio (0.1, 0.5 y 1 %). Las soluciones de tetrazolio más diluidas presentaron mayor inviabilidad de semillas, probablemente a la poca tinción de las semillas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, L.; Pistorale, S. 2011. Análisis de la estabilidad y adaptabilidad de caracteres de interés agronómico en genotipos selectos de cebadilla criolla (*Bromus catharticus*) (en línea). *AgriScientia* 28(2): 109-117. Disponible en <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v28.n2.2788>.
- Barone, J, Duarte E; Luna C. 2016. Determinación de la eficacia de métodos de evaluación de calidad de semillas de especies forestales nativas de la Selva Atlántica (en línea). *Quebracho* 24(1,2):70-80. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/481/48163565003/html/>.
- Bewley, J; Black M. 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination* (Language of Science). Segunda Edición. New York. Plenum Press. 197 p. ISBN-10 0306447487
- Condori-Tarqui, A; Martínez-Flores, Z. 2020. Tratamientos físicos y químicos en la germinación de semillas de especies nativas del Altiplano (en línea). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* (Sección Producción Agrícola) 7(2): 46-57. Disponible en <http://riiarn.agro.umsa.bo/index.php/RIIARn/issue/view/13>.
- Covas, GF; Ruiz, MDLA. 2020. Producción de forraje y semilla de tres especies de *Bromus*. *Semiárida*, 10(1): 1-9. Disponible en <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/semiárida/article/view/4765/0>.
- Doria J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*. 31(1): 74-85.
- Espitia Camacho M; Cardona Ayala C; Araméndiz Tatis H. 2017. Morfología y Viabilidad de semillas de *Bombacopsis quinata* y *Anacardium excelsum* (en línea). Ministerio de Educación Superior. Cuba Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. *Cultivos Tropicales*. 38(4):75-83. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/323784414\\_Morfologia\\_y\\_viabilidad\\_de\\_semillas\\_de\\_Bombacopsis\\_quinata\\_y\\_Anacardium\\_excelsum](https://www.researchgate.net/publication/323784414_Morfologia_y_viabilidad_de_semillas_de_Bombacopsis_quinata_y_Anacardium_excelsum).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), África Seeds. 2019. *Materiales para capacitación en semillas - Módulo 3: Control de calidad y certificación de semillas* (en línea). Roma. 27-46. Disponible en <https://www.fao.org/3/ca1492es/CA1492ES.pdf>.
- Gimena Gillij, Y; Anibal-Galussi, A; Fabián-Prand, M; Perissé, P. 2021. Calidad y dormición física de semillas de *Desmodium incanum* DC. en la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Pastos y Forrajes*. 44.
- Hernández, M; Lobo, M; Medina, C; Cartagena, J; Delgado, O. 2009. Comportamiento de la germinación y categorización de la latencia en semillas de mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz) (en línea). *Agronomía Colombiana*. 27(1):15-23. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180314730003>.
- Hernández Guzmán, FJ; Rodríguez Ortega, LT; Velázquez Martínez, M; Landa Salgado, P; Rodríguez Ortega, A; Castellón Montelongo, JL. 2021. Influencia del tamaño de cariósipos y embrión en el desarrollo de plántulas de pastos (en línea). *Interciencia*. 46(7/8):309-316. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/339/33968402004/html/>.
- ISTA (International Seed Testing Association). 2016. *Reglas Internacionales para el Análisis de Semillas 2016* Introducción a las Reglas ISTA Capítulos 1-7, 9. Incluye cambios y correcciones editoriales adoptadas en la Reunión General Anual 2015, Montevideo, Uruguay. A partir del 1 de enero de 2016 (en línea). p.192. Disponible en [https://vri.umayor.cl/images/ISTA\\_Rules\\_2016\\_Spanish.pdf](https://vri.umayor.cl/images/ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf).
- Leist, NO. 1997. Tetrazolium test procedure for *Triticum aestivum*. ISTA Tetrazolium Workshop, 3-7 November, Buenos Aires, Argentina. National Seed Institute Official Seed Testing Station Argentina. 17 p.
- Martin Rivera, MH; Flores Ibarra, FA; Moreno Medina, S; Retes López, R; Amarillas Ramos, R. 2016. Impacto económico asociado con la cosecha de semilla de zamota y mezquite en la región central de Sonora, México (en línea). *Revista Mexicana de Agronegocios*. 38(1345-2016-104516): 217-228. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14146082009>.
- Mancipe-Murillo; Calderón-Hernández; Pérez-Martínez. 2018. Evaluación de viabilidad de semillas de 17 especies tropicales altoandinas por la prueba de germinación y la prueba de tetrazolio (en línea). *Caldasia*. 40(2):366-382. Disponible en <https://doi.org/10.15446/caldasia.v40n2.68251>.
- Mendoza-Pedroza, SI; Garay-Martínez, JR; Rojas-García, AR; Joaquín-Torres, BM; Cruz-Hernández, A; Ramírez-Reynoso, O; Joaquín-Cancino, S; Hernández-Garay, A. 2018. Tamaño de semilla en la calidad fisiológica de *Dactylis glomerata* L. y *Lolium perenne* L. (en línea). *Agro Productividad*. 11(5):107-112. Disponible en <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/383/269>.
- Moreno-Álvarez, T; Benito-Matías, L; Herrero-Sierra, N; Domínguez-Lerena, S; Peñuelas-Rubira, J. 2001. Estudio de nuevos métodos de determinación de la

- viabilidad de las semillas forestales: test de electroconductividad e índigo carmín. Comparación con el test de tetrazolio y su aplicación a *Pinus pinaster* y *Pinus halepensis* (en línea). Centro de Mejora Forestal "El serranillo". Ministerio de medio ambiente. Guadalajara. España. 653-658. Disponible en [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/recursos-geneticos/0904712280004190\\_tcm30-156166.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/recursos-geneticos/0904712280004190_tcm30-156166.pdf).
- Ovalle, C.; Pozo, A. del; Avendaño, J; Fernández, F; Arredondo, S. 2005. Adaptación, Crecimiento y Producción de Nuevas Leguminosas Forrajeras Anuales en la Zona Mediterránea de Chile. II. Comportamiento de las Especies en Suelos Graníticos del Secano Interior Subhúmedo (en línea). Agric. Téc. 65(3):265-277. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072005000300004>.
- Perissé, P. 2002. Semillas Un Punto de Vista Agronómico, primera edición, Impreso en Argentina, Cyta. Mycorrhizas in ecosystems. Experiencia 47:376-391.
- PDM (Plan de Desarrollo Municipal), Patacamaya. 2012. Plan de Desarrollo Municipal 2012-2016. La Paz-Bolivia. Consultora Multidisciplinaria y Asistencia Técnica COMAT S.R.L.
- Pozo, CAE; Alzerreca, AH. 1990. La forrajera Duaeda foliosa Moq. "Kauchi" Escarificación y Germinación de su semilla. En X Reunión Nacional de la Asociación Boliviana de Producción Animal (ABOPA), del 18 al 20 de octubre de 1990, La Paz, Bolivia. p. 81-86.
- Rojo, JM; Sierra, JO; Gómez, A; Restrepo, LF. 2012. Estandarización de métodos de laboratorio para el análisis de viabilidad en semillas de especies forrajeras. Revista Investigación Pecuaria, 1(2):52-58.
- Disponible en <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/revip/article/view/400>.
- Sosa-Luría, D; Chávez-Servia, JL; Mondragón-Chaparro, D; Estrada-Gómez, JA; Ramírez-Vallejo, P. 2012. Viabilidad y germinación de semillas de seis especies de Tillandsia (Bromeliaceae) de Oaxaca, México (en línea). Revista fitotecnia mexicana, 35(SPE5), 37-42. Disponible en [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802012000500008](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802012000500008).
- Vilca Galindo, F. 2018. Caracterización morfológica de cinco especies nativas alto andinas para la producción de semillas en Ayacucho y Huancavelica (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. 118:70-78. Disponible en <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3099>.
- Wolff, R; Vernengo, E; Sánchez, SP; Spara, F. 2005. Duración del ciclo reproductivo y producción de semilla de dos materiales genéticos de cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl.) bajo distintos manejos del cultivo (en línea). Revista de la Facultad de Agronomía. UBA. 25 (3): 233-246. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/351987859\\_DURACION\\_DEL\\_CICLO\\_REPRODUCTIVO\\_Y\\_PRODUCION\\_DE\\_SEMILLA\\_DE\\_DOS\\_MATERIALES\\_GENETICOS\\_DE\\_CEBADILLA\\_CRIOLLA\\_cBromus\\_catharticus\\_Vahl\\_BAJO\\_DISTINTOS\\_MANEJOS\\_DEL\\_CULTIVO\\_R\\_E\\_N\\_A\\_T\\_A\\_W\\_O\\_LFF\\_E\\_V\\_E\\_R\\_N\\_E\\_N\\_G](https://www.researchgate.net/publication/351987859_DURACION_DEL_CICLO_REPRODUCTIVO_Y_PRODUCION_DE_SEMILLA_DE_DOS_MATERIALES_GENETICOS_DE_CEBADILLA_CRIOLLA_cBromus_catharticus_Vahl_BAJO_DISTINTOS_MANEJOS_DEL_CULTIVO_R_E_N_A_T_A_W_O_LFF_E_V_E_R_N_E_N_G).

Artículo recibido en: 17 de julio 2021

Aceptado en: 02 de agosto 2022