

MÉTODOS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE SEMILLA DE SALQA O Q'ILA-Q'ILA (*Lupinus* spp.)

Methods of harvesting and treatment of salqa seed or q'ila-q'ila (*Lupinus* spp.)

Alejandro Bonifacio Flores¹; Miriam Alcon²; Genaro Aroni²; Milton Villca²

RESUMEN

Las leguminosas nativas del Altiplano (q'ila-q'ila o salqa) ofrecen buenas opciones en el agro ecosistema de la quinua, puesto las experiencias previas mostraron sus bondades en la producción de abono verde, fijación de nitrógeno atmosférico y cobertura del suelo. La disponibilidad de semilla de estas especies constituye la limitante para el escalamiento de la experiencia. Por tanto, se ha planteado investigar los métodos de recolección de semilla de las leguminosas nativas adoptando el método de investigación descriptiva y explicativa. Los resultados se traducen en desarrollo de métodos de recolección de semilla en campos naturales, pudiendo optarse por la cosecha de vainas, cosecha de racimos y recolección de semilla derramada al suelo dependiendo de las características morfológicas y anatómicas de los ecotipos, características de suelo en el sitio de colecta y la eficiencia deseada de colecta semilla. La trilla y limpieza de semilla es factible mediante métodos manuales o con empleo equipo mecánico ajustado para tal fin. La investigación ha mostrado que la dormancia de semilla de la q'ila-q'ila es compleja, dependiendo del grado de deshidratación y la dureza de la testa, lo cual ha conducido a desarrollar métodos de tratamiento de semilla basado en la escarificación que permitieron alcanzar entre 60 y 86% de germinación.

Palabras clave: *Lupinus* spp., semilla, escarificación, viabilidad.

ABSTRACT

The native legumes of the highland (q'ila-q'ila or salqa) offer good options in the agro-ecosystem of quinoa, since previous experiences showed their benefits in the production of green manure, fixation of atmospheric nitrogen and soil cover. The availability of seed of these species constitutes the limitation for the scaling of the experience. Therefore, it has been proposed to investigate the methods of seed collection of native legumes adopting the method of descriptive and explanatory research. The results translate into the development of methods for collecting seeds in natural fields, being able to get for the pod harvesting, harvesting of bunches and collection of spilled seed to the soil depending on the morphological and anatomical characteristics of the ecotypes, soil characteristics in the collection site and the desired efficiency of seed collection. Seed threshing and cleaning is feasible by manual methods or by using mechanical equipment adjusted for that purpose. Research has shown that seed dormancy of the q'ila-q'ila is complex, depending on the degree of dehydration and the hardness of the seed coat, which has led to the development of seed treatment methods based on scarification that allowed to reach between 60 and 86% germination.

Keywords: *Lupinus* spp., seed, scarification, viability.

¹ Investigador Principal del Centro de Investigación Kiphakiphani, Fundación PROINPA; Docente Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. bonifloresflores@gmail.com

² Técnico, Fundación PROINPA, Bolivia.

INTRODUCCIÓN

La salqa o q'ila-q'ila (*Lupinus* spp.) es el nombre nativo del lupino silvestre (Leguminosae) que crece en el Altiplano. La q'ila-q'ila está integrada por una diversidad de especies con adaptación específica a diferentes condiciones ambientales extremas (altitud, sequia, helada). El lupino silvestre es el recurso vegetal nativo con múltiples opciones de aprovechamiento en sistemas de producción centrado en la quinua. Sus bondades derivan de la alta tolerancia a heladas que permite crecer aún en estaciones fuera de cultivo, la formación de abono verde en condiciones marginales de suelo, la fijación de nitrógeno atmosférico (orgánico), cobertura del suelo durante todo el año y forraje (fresco y seco) para animales domésticos.

Algunos ecotipos de q'ila-q'ila crecen en suelos arenosos como las zonas productoras de quinua real del Altiplano Sur. En estas zonas, no se cuenta con otra especie cultivada para rotar con la quinua, por lo que se practica el monocultivo de quinua con las consecuencias negativas predecibles. La q'ila-q'ila se constituye en una especie de interés por su adaptación y fijación de nitrógeno atmosférico.

Las características de la q'ila-q'ila, muestran el potencial para su aprovechamiento en zonas productoras de quinua. Por lo que en los últimos años, se ha incursionado en su aprovechamiento, siendo de prioridad el empleo como cultivo de cobertura, descanso mejorado del suelo, fuente de abono verde y fijación de nitrógeno atmosférico. Las experiencias fueron alentadoras con el ecotipo Orinoca (*Lupinus* sp.), por su adaptación a suelos arenosos por ofrecer mayores facilidades para el manejo dirigido. Barrientos et al. (2017) resaltan las experiencias obtenidas en el empleo de la leguminosa nativa en zonas productoras de quinua.

El género *Lupinus* es el más diverso en la familia Leguminosae, incluye especies de ciclo anual y perenne, siendo la mayoría de tipo herbáceo aunque algunos son arbustivos y hasta árboles (Australian Government, 2013). Hughes y Eastwood (2006) estiman que el género *Lupinus* incluye 275 especies. En los Andes, el tarwi y sus parientes silvestres albergan una diversidad de especies que se conservan en los bancos de germoplasma de Perú y Bolivia donde *Lupinus mutabilis* es la única especie cultivada (Jacobsen y Mujica, 2006).

Según Canahua y Roman (2016), en la región de los Andes de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile, el tarwi y sus parientes silvestres son los componentes importantes de los agroecosistemas y ecosistemas de altura.

En el Altiplano de Bolivia, el lupino silvestre se conoce con nombres nativos de q'ila-q'ila, salqiri, q'ila o salqa (Bonifacio et al., 2014; Mercado, 2016 y Aguilar, 2017) y en Perú como kela o kera (Canahua y Roman, 2016). En el mundo, las especies del género *Lupinus* se encuentran claramente agrupados a nivel geográfico, siendo las del viejo mundo y los del continente americano.

Los lupinos crecen en un rango climático muy amplio que va desde el sub ártico hasta regiones semi desérticas y subtropicales con plantas de ciclo anual, bianual o perenne (Fies et al., 2006). Bonifacio et al. (2015), reportan sobre la importancia de los parientes silvestres de *Lupinus mutabilis* para el mejoramiento genético en un contexto de cambio climático.

Según Bonifacio et al. (2014), la semilla de q'ila-q'ila presenta varios desafíos para su aprovechamiento, entre estos, la dehiscencia que reduce las opciones de recolección, la dormancia que deriva en la necesidad de tratamientos pre-germinativos. El escalamiento de la experiencia positiva, ha tropezado con la limitada disponibilidad de semilla y la dormancia de la misma que es característica propia de la mayoría de los lupinos silvestres. Por lo que se ha planteado como objetivo de la investigación, desarrollar los métodos de recolección y tratamiento de semilla para quebrar la dormancia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

El trabajo de recolección de la semilla se ha realizado en los campos naturales de las localidades de Orinoca (comunidad de Lloco 18° 53' 27" S y 67° 18' 42" W, 3757 m s.n.m., municipio de Andamarca) y Habas Cancha y Chacala (20° 21' 19" S y 66° 49' 12" W, a 3760 m s.n.m.) del municipio de Uyuni, ambos en el Altiplano Sur, en el Altiplano Norte la recolección de la semilla se realizó en la localidad de Peñas (municipio de Batallas). El material genético se registró como ecotipos de localidades en donde se recolectó por primera vez (Orinoca, Habas Cancha, Chacala y Peñas).

Metodología

El trabajo de investigación se ha realizado adoptando el método descriptivo y explicativo del proceso de recolección, limpieza y tratamiento de semilla de especies leguminosas nativas del Altiplano.

Para la obtención de semilla, se ha empleado bolsas de polipropileno, tijeras de podar, lonas de algodón, juego de tamices, recipientes de boca ancha, palas, red o malla de 10, 5 y 2 mm, venteadora manual de quinua y escarificador de quinua. Para la recolección de la semilla, se realizaron visitas periódicas a fin de identificar los sitios donde crecen poblaciones de q'ilá-q'ilá. Se eligieron sitios con abundante población, buen vigor de planta, libre de plagas, crecimiento y floración más o menos homogénea.

Una vez determinados los sitios de recolección, se ha estimado el periodo de maduración de semilla, se procedió a organizar expediciones de recolección para la cosecha de los racimos o vainas. En situaciones donde las plantas se encontraban en estado de post maduración o maduración pasada, las expediciones fueron organizadas para recolectar la semilla derramada al suelo. El beneficiado y tratamiento de semilla así como las pruebas de germinación tuvieron lugar en el Centro de Investigación Kiphakiphani (municipio de Viacha).

Cosecha de vainas

Por tratarse de una especie silvestre, la fructificación es gradual y la dehiscencia de la semilla es su característica principal de la q'ilá-q'ilá, por lo que la cosecha de vainas se realizó en forma periódica. En los ecotipos Orinoca y Habas Cancha, las vainas contenían semilla fisiológicamente madura que se cosecharon manualmente y se dejaron las vainas verdes para una próxima cosecha.

Para la cosecha de vainas, se tomaron con los dedos índice, anular y pulgar un grupo de vainas maduras (tres a cuatro vainas por vez) y haciendo un giro de media vuelta sobre el eje de los pedúnculos se desprendieron con facilidad las vainas. Las vainas cosechadas se acumularon en bolsas de polipropileno. Los próximos ingresos para la cosecha tuvieron lugar transcurridas siete a diez días después del primer ingreso. El método de recolección de vainas resultó ser prolongado en tiempo, dependiendo del periodo de maduración de semilla en la población de plantas.

En el ecotipo Chacala y Peñas o morfotipo Choclito, la cosecha de vainas resultó muy difícil por la consistencia fibrosa del pedúnculo y lo compacto de las vainas dentro el racimo, por lo que se ha optado por la cosecha de racimo de vainas.

Cosecha de racimo de vainas

El paso previo a la cosecha de racimos de vainas, es la identificación de plantas con racimos conteniendo vainas con semilla madura. Posteriormente, se cortaron los racimos enteros empleando tijera de podar en los ecotipos Peñas y Chacala o se quebraron con la mano el eje del racimo en los ecotipos Orinoca y Habas Cancha. Los racimos cosechados se acumularon en bolsas de polipropileno.

Secado de vainas y racimo de vainas

Tanto las vainas como los racimos cosechados se distribuyeron uniformemente sobre una lona de algodón, luego se expusieron al sol para el secado. Durante el secado el material fue cubierto con malla de polipropileno de 2 mm para evitar pérdidas por dehiscencia y expulsión de semilla. Durante el proceso de secado, es característico el sonido que emiten las vainas al explotar que es indicio del buen estado de madurez de la semilla. El nombre común de q'ilá-q'ilá fue derivado del ruido que emiten las vainas en la etapa de madurez y secado.

El punto de secado se determinó cuando cesaron los ruidos que emiten las vainas explosivas. El tiempo de secado fue entre cinco a siete días mientras que el secado de racimo de vainas requirió al menos 10 días de exposición al sol.

Trilla y venteo

Una vez secado las vainas y racimos se procedió con la trilla, cuando se contó con menor cantidad de material, la trilla consistió en el pisoteo sobre lonas y cuando el material obtenido fue en mayor cantidad, la trilla se realizó con pases sucesivos de camioneta o empleando una trilladora de quinua de tamaño pequeño previo ajuste de las revoluciones del molinete.

El material trillado fue puesto a tamices de 5 mm para separar las impurezas de mayor grosor y luego con tamices de 2 mm para separar la semilla de impurezas finas. El venteo de la semilla se realizó empleando una venteadora manual de quinua.

Recolección en post maduración de semilla

Se recolectó la semilla derramada en el suelo, para tal propósito, se identificaron poblaciones de plantas madre en estado de madurez pasada o planta seca y preferentemente sobre suelo arenoso, dónde se procedió a acumular la arena conteniendo semilla, el área de recolección o acumulación de material fue preferentemente la base de la planta madre tomando hasta un radio de 3 a 6 m por planta.

La arena acumulada se sometió al proceso de tamizado empleando un juego de tamices de 10.0, 5.0 y 2 mm de diámetro para recuperar la semilla. La semilla recolectada se sometió a un leve venteado manual, para su el venteo con la venteadora de quinua.



Figura 1. Recolección de racimos de vainas (ecotipo Chacala).



Figura 2. Recolección de vainas en ecotipo Orinoca.



Figura 3. Identificación de plantas madre conteniendo semilla madura.



Figura 4. Recolección de semillas en pos maduración (ecotipo Orinoca).

Tratamiento de semilla y prueba de germinación

La escarificación de la semilla se realizó mediante el método manual y mecánico. La escarificación manual consistió en mezclar la semilla con arena del río sobre una lona, luego frotar o pisotear la semilla junto a la arena por un periodo de 45 a 60 minutos. Posteriormente, la semilla se separó de la arena mediante tamizado y venteo. Para la escarificación mecánica se empleó una pulidora experimental de quinua y consistió en dos pases consecutivos de la semilla por el tambor del escarificador. Luego se hizo el venteo para obtener semilla escarificada y limpia.

La prueba de germinación fue utilizando una cápsula Petri y una cámara germinadora del Centro de investigación Kiphakiphani.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de plantas madre e indicadores de madurez de semilla

Las especies silvestres de lupino crecen formando colonias y en forma irregular entre años. Es frecuente encontrar poblaciones de plantas en el mismo sitio a intervalos de tres a cuatro años, deduciéndose que la dormancia de su semilla naturalmente se quiebra en ese periodo de tiempo.

Las plantas madre generalmente tienen floración prolongada y profusa, pudiendo florecer en el tallo central, ramas primarias, secundarias y terciarias, lo que prolonga el periodo de floración. La maduración de la semilla es gradual, siendo muy común observar plantas con vainas maduras en la rama principal, en floración en las ramas secundarias y en botón floral en ramas terciarias. Por tanto, los indicadores de madurez de semilla no se pueden generalizar para la planta y mucho menos para la población, debiendo examinarse la madurez por vainas o racimo de vainas y luego estimar el porcentaje de vainas o racimos con semilla madura por planta y por población.

La formación de la semilla por vaina varía según las condiciones ambientales del sitio donde crecen las plantas, encontrándose uno o dos granos por vaina en años de sequía o helada, con hasta ocho a 10 granos por vaina en condiciones favorables para su desarrollo. La q'ila-q'ila es silvestre y conserva sus rasgos silvestres como la maduración gradual y dehiscencia de semilla. Esto conduce a la recolección o cosecha parcial de la semilla, de una parte que produce la planta, quedando el resto en la planta o en el suelo una vez derramada. Por lo que la recolección de la semilla en la planta y del suelo constituyen opciones para obtener semilla sin perjudicar el repoblamiento natural ni comprometer la persistencia de la especie.

Opciones prácticas de recolección de semilla

Se ha logrado desarrollar al menos tres métodos de cosecha y/o recolección de semilla: cosecha de vainas, cosecha de racimo de vainas y recolección de semilla en pos maduración. Cada uno de los métodos descritos pueden ser adoptados según las condiciones fisiológicas de la planta madre, tipo del suelo donde crecen las plantas y la época de recolección. La decisión debe tomarse en función a la disponibilidad de tiempo, mano de obra y la calidad de semilla deseada.

Los métodos de recolección pueden ser empleados en forma aislada o combinada. La recolección de campos naturales es una opción factible, pero depende de las condiciones favorables en la precipitación y temperatura para el normal desarrollo, lo cual no siempre ocurre como consecuencia de la variabilidad y cambio climático. A futuro, es pertinente desarrollar opciones para una producción dirigida de semilla.

Cosecha de vainas

La cosecha de vainas consistió en identificar vainas maduras por sus características externas como el color amarillento, apariencia abultada y comprimida de las mismas. La forma de desprender las vainas es importante para no provocar lesiones en el eje del racimo y permitir que las vainas aun verdes completen la maduración. El método de recolección de vainas es moroso, pero permite recolectar la mayor cantidad de semilla que produce la planta madre.

La cosecha de vainas fue factible en aquellos ecotipos que presentan pedicelos frágiles con racimos relativamente laxos (ecotipos Orinoca y Habas Cancha), lográndose obtener semilla madura entre 80 a 90% en el ecotipo Orinoca y 70 a 74% en el ecotipo Habas Cancha. En aquellos ecotipos cuyas plantas presentan pedicelo fibroso y vainas compactas en el racimo (ecotipos Chacala y Peñas), la cosecha de vainas no es apropiada.

Cosecha de racimo de vainas

Para la cosecha de racimos enteros fue importante identificar racimos conteniendo aproximadamente 75% de sus vainas maduras y 25% entre vainas abiertas o secas y vainas verdes o inmaduras. Por las características morfológicas y anatómicas de la planta, en los ecotipos Chacala y Peñas el método de cosecha del racimo de vainas fue el más apropiado, mientras que en los ecotipos Orinoca y Habas Cancha la aplicación de este método fue opcional.

La eficiencia en la obtención de semilla madura mediante este método dependió del correcto reconocimiento del estado de madurez de semilla en el racimo de vainas. Mediante la cosecha de racimo de vainas se pudo obtener 70 a 80% de semilla madura.

Recolección de semilla en pos maduración

Para la recolección en etapa de pos maduración o la

recolección de la semilla derramada al suelo, fue importante el reconocimiento de plantas madre secas con evidencias de haber formado abundante semilla, lo cual fue posible mediante la observación del vigor de la planta, mayor altura de planta alcanzada, ramas con vainas abiertas sobre el eje de la inflorescencia y semilla derramada visible en el suelo.

La recolección de semilla derramada al suelo resultó ser apropiado en suelos arenosos, puesto que la separación de semilla de la arena es sencilla mediante tamizado y venteo. En suelos con abundante piedrecilla, se requiere además del venteo, la agitación y sedimentación con agua para separar la semilla de

las piedrecillas, lo cual encarece el costo de obtención de semilla. La recolección de semilla del suelo fue la más eficiente en la obtención de semilla de calidad, puesto que la semilla recolectada contiene 100% semilla llena o madura.

Cantidad y pureza de la semilla recolectada

Como resultado de la recolección, se ha logrado obtener 180 kg de semilla correspondiente a los ecotipos que se describen en la Tabla 1. Esta cantidad de semilla es suficiente para cubrir 50 ha aproximadamente empleando el método de siembra por golpes.

Tabla 1. Cantidad y pureza de semilla obtenida mediante diferentes métodos de cosecha en tres ecotipos de lupino silvestre.

Ecotipo	Método recolección	Semilla (kg)	Muestra (g)	Semilla pura (g)	Porcentaje de pureza (%)	Promedio (%)
Orinoca	Vaina	65	50	40 a 45	80 a 90	85
	Racimo de vaina	40	50	38 a 42	76 a 84	80
	Recolección del suelo	50	50	100	100	100
Habas Cancha	Racimo de vainas	10	50	35 a 37	70 a 74	72
	Racimo de vaina	5	50	30 a 33	60 a 66	63
Chacala	Recolección del suelo	10	50	34 a 36	68 a 72	70
	Total	180	300	100		

El tamaño de la semilla varía entre los ecotipos, siendo la semilla del ecotipo Orinoca la de mayor tamaño relativo y el de Peñas el más pequeño (Tabla 2). El peso de 100 semillas de los ecotipos fue como sigue: 1.50 g (Orinoca), 1.41 g (Habas Cancha), 0.80 g (Chacala) y 0.80 g (Peñas). Estos valores promedios se encuentran en el rango reportado para *L. altomontanus*, *L. exaltstus* y *L. campestris* (Pablo-Pérez et al. (2013).

Tabla 2. Características de semilla en tres ecotipos de lupino silvestre.

Ecotipo	Longitud semilla		Espesor semilla		Peso 100 semillas	
	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE
Orinoca	4.89	0.40	3.19	0.44	1.50	0.05
Habas	4.44	0.03	3.18	0.03	1.41	0.04
Cancha						
Chacala	3.78	0.08	2.46	0.05	0.80	0.03
Peñas	3.60	0.10	2.44	0.06	0.80	0.05

DE = desviación estándar.

Dormancia y germinación de semilla tratada

Como se mencionó, la semilla de q'ila-q'ila presenta dormancia, que es una característica propia de las leguminosas silvestres. Mediante la observación de la regeneración natural de plantas en campo que ocurre en el mismo sitio (3 a 4 años de intervalo), se ha

deducido que la semilla de q'ila-q'ila presenta dormancia, lo cual fue confirmado mediante pruebas de germinación de semilla en laboratorio. El periodo de dormancia varía según la especie o ecotipo. En condiciones naturales, la semilla requiere entre 3 a 4 años de intemperismo para quebrar la dormancia.

La dormancia de semilla de Lupinos silvestres tiene relación directa con la impermeabilidad de la testa por su alto contenido de fibra. En semillas de *Lupinus digitatus*, Gladstones (1958) ha reportado resultados interesantes en relación a la dormancia de semilla, siendo esta dependiente del contenido de humedad en post maduración, según sus investigaciones, la testa de la semilla tiene 14% de humedad (base húmeda) es completamente permeable, la permeabilidad fue decreciendo entre 14 y 12% de humedad y entre 11 y 9% la permeabilidad fue irreversible (dormancia).

En semillas fisiológicamente maduras y frescas (no secas) de los ecotipos Orinoca y Habas Cancha, Bonifacio et al. (2014) constataron alto porcentaje de germinación. Vargas (2016) en una investigación realizada en Kiphakiphani (Viacha), reportó 96.7% de germinación en semillas frescas de *L. montanus*. Por tanto, la dormancia de semilla de los ecotipos de lupino silvestre del Altiplano está condicionada por el contenido de humedad post madurez fisiológica.

Conociendo que la dormancia de semilla de q'ila-q'uila depende de su contenido de humedad, se ha sellado un lote de semilla fresca (húmeda) en bolsas de polietileno y se ha almacenado en condiciones refrigeradas por 10 meses, luego se ha probado la viabilidad registrando 95% de germinación. De lo anterior se deduce que la dormancia de semilla de los lupinos silvestres se puede evitar conservando semilla fresca bajo refrigeración, esto permitiría obviar el proceso de escarificación previo a la siembra dirigida.

Tabla 3. Porcentaje de germinación de semilla fresca y seca de cuatro ecotipos de lupino silvestre.

Ecotipo	Estado de semilla	Número semilla	Germinadas (%)	Latentes (%)
Orinoca	Húmedo	100	95	5
	Seca	100	3	97
Habas Cancha	Húmedo	100	65	35
	Seca	100	4	96
Chacala	Húmedo	100	30	70
	Seca	100	3	97
Peñas	Húmedo	100	22	78
	Seca	100	2	98

El porcentaje de germinación de la semilla fresca y seca varía en los ecotipos, observándose que los ecotipos Orinoca y Habas Cancha son las que registran mayor porcentaje de germinación, mientras que la semilla de los ecotipos Chacala y Peñas registran menor porcentaje de germinación. Esto se atribuye a características propias de cada ecotipo.

Se evidenció la germinación de la semilla al interior de las vainas o en la base de la planta madre (Figura 5). Los resultados en germinación obtenidos con semilla fresca (Tabla 3) confirman lo observado, la semilla fisiológicamente madura es viable aunque no esté completamente deshidratada.



Figura 5. Germinación de semilla fresca antes de ingresar en dormancia (ecotipo Orinoca).



Figura 6. Número de semilla por vaina (ecotipo Orinoca).

Clements et al. (2005), han reportado sobre la variación del porcentaje del peso de la testa en relación al peso de la semilla de especies de *Lupinus*. Por otra parte, Pablo-Pérez et al. (2013) han estudiado la proporción de la testa frente al cotiledón y embrión en semillas de *Lupinus campestris*, reportando que a mayor grosor de la testa menor fue el grado de imbibición. Por tanto, la dormancia de semilla en *Lupinus* spp está dado por la permeabilidad de la testa.

Tabla 4. Porcentaje de germinación de semilla escarificada de cuatro ecotipos de lupino silvestre.

Ecotipo	Tratamiento	Número semilla	Germinadas	Latentes	Dañadas
Orinoca	Manual	100	68	29	3
	Mecánica	100	86	8	6
Habas Cancha	Manual	100	65	30	5
	Mecánica	100	85	9	6
Chacala	Manual	100	62	36	2
	Mecánica	100	64	33	3
Peñas	Manual	100	60	38	2
	Mecánica	100	62	34	4

Los métodos de escarificación de semilla tienen efecto positivo para la germinación, sin embargo, varía según el método y la semilla del ecotipo empleado. Por tanto, aún falta ajustar los métodos de escarificación específicos para semilla de cada ecotipo. En tal sentido, otros métodos como la escarificación química se encuentran en proceso.

CONCLUSIONES

La obtención de semilla de campos naturales es posible empleando diferentes métodos de cosecha, mientras se desarrolle métodos de producción dirigida de semilla. Se ha desarrollado métodos alternativos de recolección de semilla en campos naturales, pudiendo optarse por

La cosecha de vainas, cosecha de racimos y recolección de semilla derramada al suelo según la disponibilidad de mano de obra y el estado de madurez de semilla.

La elección del método de recolección depende de las características morfológicas y anatómicas de los ecotipos, características de suelo en el sitio de recolección y la eficiencia deseada de la recolección de la semilla. Los ecotipos Orinoca y Habas Cancha presentan pedicelos frágiles y racimo laxo, en las que la recolección de la semilla es posible mediante métodos de cosecha de vainas y racimos; en cambio, los ecotipos Chacala y Peñas presentan pedicelo fibroso y racimo compacto, por lo que el método apropiado es la cosecha de racimos.

La limpieza o beneficiado de semilla es factible mediante métodos manuales o con empleo de trilladora ajustada. La dormancia de la semilla de q'ila-q'ila es compleja, siendo ausente cuando la semilla contiene mayor al 14% de humedad y dormante cuando la humedad desciende entre 11 y 12%.

Se ha desarrollado métodos de tratamiento de semilla dormante de q'ila-q'ila, disponiéndose de métodos manuales y mecanizados, alcanzando porcentajes que varían entre 60 y 86% según el ecotipo y método de escarificación empleado.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, R. 2017. Efecto de la materia orgánica en la producción de semilla de tres ecotipos de tarwi silvestre (*Lupinus* sp.) en K'iphak'iphani Viacha. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 88 p.
- Australian Government. 2013. The biology of *Lupinus* L. (lupino or Lupine). Department of Health and Agein, Offie of the Gene Technology Fegulator. 64 p.
- Barrientos, E., Carevic, F., Delatorre, J. 2017. La sustentabilidad del Altiplano Sur de Bolivia y su relación con la ampliación de superficies de cultivo de quinua. Disponible en <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292017000200002&lng=es&nrm=iso>. Consultado el 03 junio 2018.
- Bonifacio, A., Aroni, G., Vilca, M. Ramos, P., Alcon, M., Gandarillas, A. 2014. El rol actual y potencial de las q'ila-q'ila (*Lupinus* spp.) en sistemas de producción sostenible de quinua. Revista de Agricultura v. 54, 11-18.
- Bonifacio, A., Alcon, M., Aroni, G., Chambi, L., Quispe, H. 2015. Hacia el mejoramiento del tarwi cultivado (*Lupinus mutabilis*) a partir de los parientes silvestres (*Lupinus* sp.): nuevos reportes de especies para el Altiplano boliviano. In: Simposio Latinoamericano Domesticación y Manejo de Recursos Genéticos 9-11 de julio, Lima, Perú. UNAM-UNALM. Libro de resúmenes p. 114. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303809816_Libro_de_Resumenes_Domesticacion_y_Manejo_de_Recursos_Geneticos_Simposio_Latinoamericano. Consultado el 4 junio 2018.
- Canahua, A., Roman, P. 2016. Tarwi. Leguminosa andina de gran potencial LEISA. v. 32, n. 2, 28-31.
- Clements, J.C., Dracup, M., Buirchell, B.J., Smith, C.G. 2005. Variation for seed coat and pod vall percentage and other traits in a germplasm collection and historical cultivars of lupins. Aust. Journal of Agricultural Research, v. 56, 75-83.
- Fies, M., Toniolo, M., Schifino-Wittman, M. T. 2006. Chromosome numebr in South american andean species of *Lupinus* (leguminosae). Bonplandia, v. 15, n. 3, 113-119.
- Gladstones, JS. 1958. The influence of temperature and humidity in storage on seed viability and hard-seededness in the west Australian, Blue Lupin, *Lupinus digitatus* Forsk. Australian Journal of Agricultural Research. v. 9, n. 2, 171-181.
- Hughes, C.E., Eastwood, R. 2006. Island radiation on a continental scale: excepcional rates of plant diversification after uplift on the Andes. Proc. Nat. Acad Sci. 103: 10334-10339.
- Jacobsen, S-E y Mujica, A. 2006. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. Botánica Económica de los Andes Centrales. pp. 458-482.
- Mercado, W. J. 2016. Evaluación de la fijación de nitrógeno y biomasa de tarwi silvestre - q'ila-q'ila (*Lupinus* sp.) bajo laboreo de surcado y carpido en la localidad de K'iphak'iphani. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 120 p.

Pablo-Pérez M., Lagunez-Espinoza, L. del C., López-Upton J., Ramos-Juárez, J., Aranda-Ibañez, A.M. 2013. Morfometría, germinación y composición mineral de semillas de *Lupinus* silvestres. Bioagro, v. 25, n. 2, 101-108.

Vargas, O. 2016. Crecimiento y biomasa del tarwi silvestre (*Lupinus montanus* Kunth) con fertilizantes foliares en Kipak'iphani - Viacha. Tesis de

licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 81 p.

Artículo recibido en: 4 de junio 2018
Aceptado en: 14 de septiembre 2018