



Efecto del tamaño de partícula en la extracción de alcaloides del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) por método convencional²

Effect of particle size in the extraction of lupin alkaloids (*Lupinus mutabilis* Sweet) by conventional method

Y. E. Rosas-Quina¹

DOI: <https://doi.org/10.51431/par.v2i1.619>

Resumen

Objetivos: Evaluar el efecto del tamaño de partícula en el proceso de extracción de alcaloides del grano de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) por método convencional. **Metodología:** El grano de tarwi a diferentes rangos de tamaño de partícula [(1,40 – 0,355) mm, (0,355 – 0,300) mm, (0,300 – 0,212) mm] fue sometido a un proceso de remojo por 18 horas, cocción por 1 hora y lavado por 7 días manteniendo en cada una de las etapas la relación en peso de 2,5:1 de agua respecto a la muestra tratada. En cada una de las etapas de extracción se evaluó la concentración remanente de alcaloides totales en la muestra tratada haciendo uso del método colorimétrico de púrpura bromocresol en espectrofotómetro UV. **Resultados:** Para una muestra cuya concentración inicial fue de 3,71% expresado como alcaloides totales, se determinó que durante la etapa de remojo los granos de tarwi con el menor tamaño de partícula (0,300 – 0,212) mm removieron el 1,61% de alcaloides, valor superior al obtenido por los otros tamaños de partícula. En la etapa de cocción y lavado los tamaños de partícula de (1,40 – 0,355) mm y (0,355 – 0,300) mm registraron una mayor remoción de estos alcaloides. Asimismo, en función al tiempo de proceso, fue el menor tamaño de partícula el que alcanzó con mayor rapidez la concentración de alcaloides remanente límite para su consumo. **Conclusiones:** El tamaño de partícula del grano de tarwi posee un efecto significativo sobre la remoción de alcaloides en el proceso de extracción convencional. Con el menor tamaño de partícula (0,300 – 0,212) mm. se obtuvo una menor concentración de alcaloides dentro de los límites establecidos para su consumo y en menor tiempo.

Palabras clave: Tarwi, *Lupinus mutabilis*, alcaloides, desamargado

Abstract

Objectives: To evaluate the effect of particle size in the extraction process of alkaloids from tarwi grain (*Lupinus mutabilis* Sweet) by conventional method. **Methodology:** The tarwi grain at different ranges of particle size [(1.40 - 0.355) mm, (0.355 - 0.300) mm, (0.300 - 0.212) mm] was subjected to a soaking process for 18 hours, cooking for 1 hour and washing for 7 days, maintaining in each of the stages the weight ratio of 2.5: 1 of water with respect to the treated sample. In each of the extraction stages, the remaining concentration of total alkaloids in the treated sample was evaluated using the colorimetric method of purple bromocresol in a UV spectrophotometer. **Results:** For a sample whose

¹ Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.

e-mail: yrosasq@unsa.edu.pe

² XIV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 5-8 de noviembre de 2019, Huacho-Perú.

initial concentration was 3.71% expressed as total alkaloids, it was determined that during the soaking stage the tarwi grains with the smallest particle size (0.300 - 0.212) mm removed 1.61% of alkaloids, a value higher than that obtained by the other particle sizes. In the cooking and washing stage, the particle sizes of (1.40 - 0.355) mm and (0.355 - 0.300) mm registered a greater removal of these alkaloids. Also, depending on the process time, it was the smallest particle size that reached the concentration of the remaining alkaloids limit for consumption the fastest. *Conclusions:* The particle size of the tarwi grain has a significant effect on the removal of alkaloids in the conventional extraction process. With the smallest particle size (0.300 - 0.212) mm. a lower concentration of alkaloids was obtained within the limits established for their consumption and in less time.

Keywords: Tarwi, *Lupinus mutabilis*, alkaloids, debittering

Introducción

Diversos autores confirman el potencial del tarwi como fuente de proteínas y grasas, motivo por el cual se debería promover un mayor consumo de esta leguminosa (Suca & Suca, 2015). Se considera que su valor proteico es incluso superior al de la soya; estudios realizados sobre diferentes genotipos ha permitido mostrar que su contenido proteico varía de 41% a 51% y el aceite de 14% a 24%. Sin embargo, a pesar de su indudable valor nutritivo, este grano aún no ha podido competir con otras leguminosas de menor calidad nutricional; esto debido principalmente a su alto contenido de alcaloides, los que son responsables del característico sabor amargo presente en el grano de tarwi.

El consumo de estos alcaloides es considerado tóxico en niños en un rango de 10 a 25 mg kg⁻¹ mientras que para adultos a niveles de 25 a 45 mg kg⁻¹, pudiendo producir convulsiones, temblores y muerte por paro respiratorio y cardíaco (Ganzer et al., 2010). La presencia de estos alcaloides complica su uso alimentario, para que su consumo sea seguro, así la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha establecido que los niveles de alcaloides presentes en el grano y sus derivados no deben sobrepasar el 0,02%, expresado como alcaloides totales en base seca (Frick et al., 2017).

En los últimos años se ha buscado abordar esta problemática bajo dos enfoques: el agronómico y el industrial. Ambos enfoques acarrearán una serie de desventajas, en el caso del primero, la mejora genética de la semilla ha traído como consecuencia la obtención de una planta de mayor susceptibilidad al ataque de plagas y con un grano de menor calidad proteica (Ortega et al.,

2010) y en el segundo enfoque, se han planteado el uso de tecnologías o etapas incorporadas al proceso tradicional para disminuir el tiempo de procesamiento y el uso de agua, el requerimiento de agua para el proceso de desamargado del tarwi es alto (relación en peso agua: semilla de tarwi crudo de 54:1) (Villacreses, 2011).

Gutiérrez et al. (2016) utilizando la metodología Taguchi, evaluaron los factores: tiempo de cocción, tiempo de lavado, número de lavados y relación agua, confirmando que estos cuatro factores tienen efecto significativo en la reducción del contenido de alcaloides en los granos de tarwi. Por otro lado, a fin de mejorar el método tradicional de desamargado del tarwi, Peñaherrera (2011) evaluó durante la fase de lavado dos procesos de extracción de alcaloides: hidroagitación y agitación mecánica, encontrando que la incorporación de medios de agitación durante el lavado disminuyó el tiempo de proceso (de 7,9 a 5,1 días) y la cantidad de agua empleada (reducción en 18,9%).

Carvajal et al. (2013) evaluaron el proceso de desamargado de tarwi por remojo, cocción y lavado en agua haciendo uso de un nuevo diseño de hidroagitador, lograron reducir el proceso a 3,08 días empleando 18 horas de hidratación, una hora de cocción, tres cambios de agua por día y 22 horas de agitación por día.

Frente a la escasa información respecto al efecto que puede tener el tamaño de partícula en la reducción del contenido de alcaloides en el grano de tarwi durante su extracción por método convencional, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del tamaño de partícula en la extracción de alcaloides del tarwi por el método convencional

Metodología

Unidad de estudio

Se utilizó granos secos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), procedentes del Anexo de Cahuana, Distrito de Alca, localizada en la Provincia de La Unión, Departamento de Arequipa.

Proceso de extracción de alcaloides del grano de tarwi por método convencional

El proceso inició con la recepción de la materia prima, seguido de una etapa de selección en la cual se procedió a la limpieza de la misma, eliminando granos partidos y/o dañados y elementos extraños como piedras y hojas secas. Luego se procedió a la molturación del grano, para lo cual se hizo uso de un molino de tornillo

manual con el fin de disminuir el tamaño de partícula del grano a la granulometría de trabajo para cada experimento. La distribución de tamaño de partícula se realizó mediante el uso de una serie de tamices ASTM serie Tyler, seleccionando los siguientes tamaños de partícula: (1,40 – 0,355) mm, (0,355 – 0,300) mm y (0,300 – 0,212) mm.

Para la etapa de extracción de los alcaloides del grano de tarwi por el método convencional se utilizó la metodología descrita por Peñaherrera (2011), consistió en remojar 100 g de tarwi molturado por 18 horas a temperatura ambiente, manteniendo la relación de peso 2,5:1 (agua:grano). Luego, se escurrió el grano y éste fue sometido a un proceso de cocción utilizando agua potable en una relación de peso 2,5:1 (agua:grano) por una hora a 92°C, temperatura correspondiente al punto de ebullición del agua en la ciudad de Arequipa (2335 msnm).

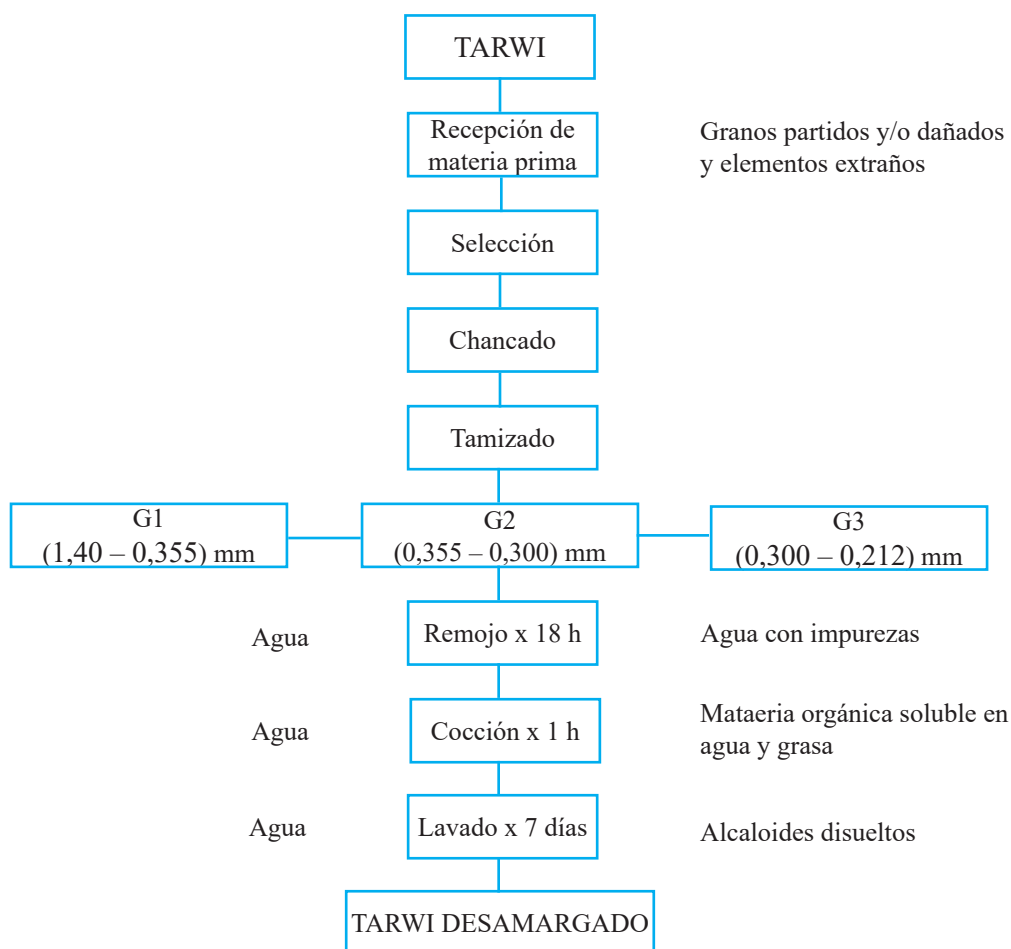


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de extracción de alcaloides en el grano de tarwi por método convencional.

Posteriormente, se colocó el grano de tarwi en canastillas elaboradas de malla para facilitar el contacto con agua durante la etapa de lavado, sumergiéndolas en agua, manteniendo una relación de peso de 2,5:1 (agua:grano); en esta etapa se realizó tres cambios de agua por día en los horarios de 8:00 a.m., 11:00 a.m. y 3:00 p.m. durante un periodo de 7 días. La figura 1 resume las etapas del proceso de extracción de alcaloides del tarwi por método convencional.

Cuantificación de alcaloides

Se determinó los alcaloides totales por el método colorimétrico de purpura bromocresol en espectrofotómetro UV-vis de acuerdo a la metodología descrita por Baer (1978), citado por Quispe (2015); el contenido de alcaloides totales se reporta como lupanina.

La cuantificación de los alcaloides se realizó por triplicado en cada una de las etapas del proceso de extracción de alcaloides del grano de tarwi; asimismo, se cuantificó la concentración de alcaloides presentes en la muestra al inicio y final del proceso.

Análisis de datos

Se realizó el análisis de la varianza con un factor (ANOVA), haciendo uso del software MINITAB v.16 a fin de determinar la existencia de diferencia significativa en el uso de diferentes tamaños de partícula para la extracción de los alcaloides del tarwi. Adicionalmente, se realizó la prueba de comparaciones por parejas de Tukey, con el fin de determinar si existe diferencia significativa entre las muestras evaluadas.

Resultados

Durante el proceso de extracción de alcaloides del grano de tarwi por método convencional, se cuantificó la concentración de alcaloides residual (en base seca) en el grano de tarwi inicial y durante cada una de las etapas de extracción: remojo, cocción y lavado.

La Figura 2 muestra que durante la etapa de remojo el tamaño de partícula menor, dentro del rango de (0,300 – 0,212) mm, removió el 1,61% de alcaloides presentes en el grano de tarwi, cuya

concentración inicial fue de 3,714%, seguido del tamaño de partícula del rango de (0,355 – 0,300) mm con una remoción del 0,65% de alcaloides y finalmente el tamaño de partícula del rango de (0,300 – 0,212) mm con una remoción de 0,48%. De acuerdo a Ramírez et al. (2016), esto podría deberse a que cuanto más pequeño sea el tamaño de partícula, mayor es la superficie interfacial o de contacto y más corta la longitud de los poros, por lo tanto, la velocidad de transferencia de masa es mayor, propiciando a su vez una difusión más rápida de los alcaloides hacia el agua.

Durante la etapa de cocción, el menor tamaño de partícula registró la menor remoción de alcaloides en el grano de tarwi. El tamaño de partícula intermedio, registró una mayor remoción de alcaloides durante esta etapa. Ello sugiere que, con el aumento de la temperatura, un tamaño excesivamente pequeño puede hacer que las partículas se apelmacen lo que dificulta su extracción (Geankoplis, 1998). Asimismo, a mayor tiempo de cocción se eliminan más sólidos y coagulan proteínas, lo que puede dificultar la difusión de los alcaloides (Gutiérrez, et al., 2016).

En la etapa de lavado, el mayor tamaño de partícula registró la mayor remoción de alcaloides, debido a que los otros tamaños de partícula registraron una mayor remoción en las etapas anteriores, donde un gradiente de concentración mayor promovió una mayor remoción de los alcaloides.

La figura 3 muestra la concentración de alcaloides remanentes en el grano de tarwi a diferentes tamaños de partícula en relación al tiempo. Tanto el tamaño de partícula mayor (1,40 – 0,355) mm e intermedio (0,355 – 0,300) mm registraron un comportamiento similar, donde en una primera etapa (remojo) se denota un comportamiento lineal, seguido de un comportamiento exponencial (cocción y lavado), mientras que el tamaño de partícula menor (0,300 – 0,212) mm, denota un comportamiento exponencial a lo largo del proceso de extracción de alcaloides en el grano de tarwi. Es importante mencionar que el grano de tarwi de tamaño de partícula menor, registró una concentración dentro de los límites establecidos (0,020%) al sexto día de lavado.

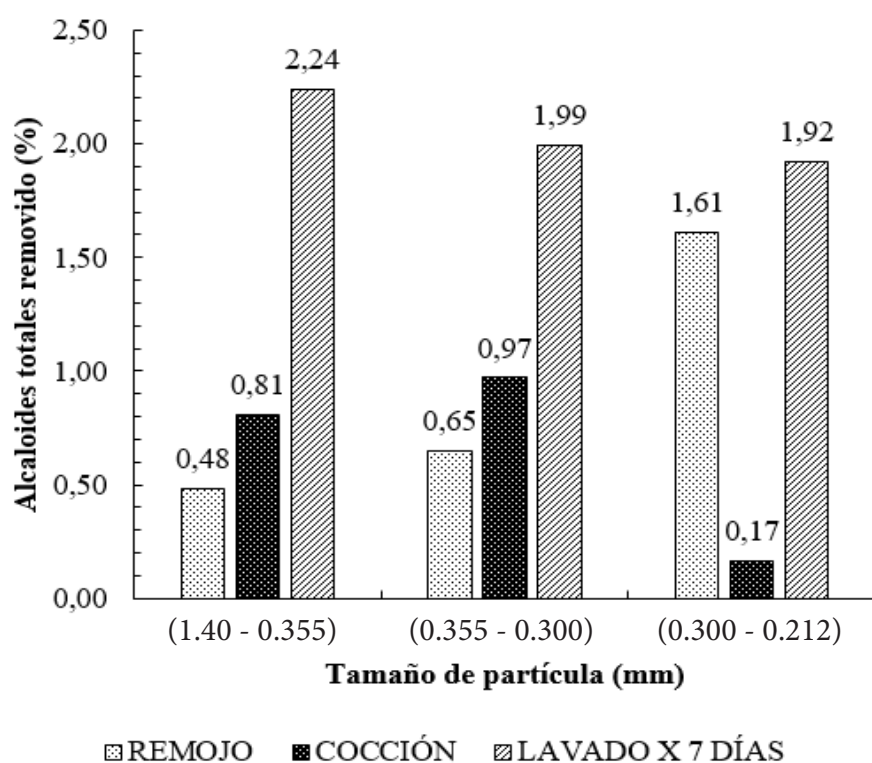


Figura 2. Cantidad de alcaloide de tarwi removido (%) en función del tamaño de partícula en las diferentes etapas del proceso de extracción.

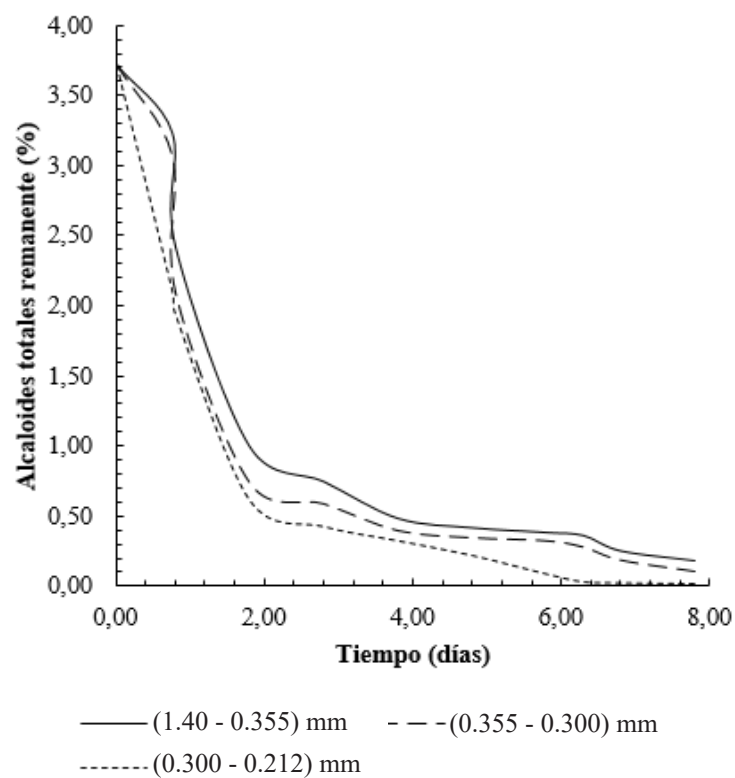


Figura 3. Cantidad de alcaloide de tarwi removido (%) en función del tamaño de partícula en las diferentes etapas del proceso de extracción.

En la Tabla 1, presenta la concentración de alcaloides remanentes en el grano de tarwi al séptimo día de lavado tomando en cuenta los distintos tamaños de partícula, se observó que la disminución del tamaño de partícula trajo un efecto positivo sobre la remoción de los alcaloides presentes en el grano, lográndose alcanzar con el tamaño de partícula menor una concentración de alcaloides dentro de los límites establecidos por la FAO, valor que no ha sido alcanzado por otras variaciones de la metodología convencional, que en su mayoría registran una concentración de alcaloides final de 0,22%.

Tabla 1

Cantidad de alcaloide de tarwi removido (%) en función del tamaño de partícula en las diferentes etapas del proceso de extracción

Tamaño de partícula	Concentración de alcaloides en grano (%)
(1,40 - 0,355) mm	0,180
(0,355 - 0,300) mm	0,100
(0,300 - 0,212) mm	0,015

En la Tabla 2 se evidencia que el tamaño de partícula dentro del rango de (0,300 – 0,212) mm, alcanzó una concentración igual o menor a 0,22% de alcaloides totales remanentes al cuarto día de lavado sin la presencia de un medio de agitación durante la etapa de lavado, lo que representaría un ahorro de energía. La incorporación de estos medios de agitación podrían disminuir aún más el tiempo requerido en la etapa de lavado haciendo uso de este tamaño de partícula.

Finalmente, a través de un análisis de varianza con un factor (ANOVA) a un nivel de significancia del 5% ($P < 0,05$) se encontró que existe diferencia significativa entre la concentración final de alcaloides de acuerdo al tamaño de partícula de la muestra. Asimismo, mediante la prueba de comparación por parejas de Tukey, se observó que los diferentes tamaños de partícula no compartieron una letra, lo que indica que todas las medias son significativamente diferentes, no existiendo agrupación entre ellas.

Tabla 2

Tiempo de lavado para alcanzar la concentración igual o menor a 0,22% alcaloides totales de tarwi en la relación a la condición del proceso de lavado

Condición del proceso de lavado	Tamaño de partícula	Tiempo de lavado (día)
Sin agitación	(1,40 - 0,355) mm	6
Sin agitación	(0,355 - 0,300) mm	6
Sin agitación	(0,300 - 0,212) mm	4

Conclusiones

El tamaño de partícula del grano de tarwi posee un efecto significativo sobre la remoción de alcaloides en el proceso de extracción convencional. Con el tamaño de partícula (0,300 – 0,212) mm, se logró alcanzar una concentración de alcaloides dentro de los límites establecidos para su consumo, lo que requirió un menor tiempo de proceso comparado con otras metodologías adoptadas en el método convencional de extracción de alcaloides del tarwi.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, por el financiamiento brindado a esta investigación, con número de contrato TP-051-2018-UNSA.

Referencias

- Carvajal, F., Nout, M., Van Boekel, M.M. & Linnemann, A. (2013). Modeling of the aqueous debittering process of *Lupinus mutabilis* Sweet. *LWT - Food Science and Technology*, 53(2): 507-516. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.03.017>
- Frick, K., Kamphuis, L., Siddique, K., Singh, K. & Foley, R. (2017). Quinolizidine Alkaloid Biosynthesis in Lupins and Prospects for

- Grain Quality Improvement. *Frontiers in plant science*, 8(87): 1-12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00087>
- Ganzer, M., Krüger, A. & Wink, M. (2010). Determination of quinolizidine alkaloids in different *Lupinus* species by NACE using UV and MS detection. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 53(5): 1231-1235. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2010.05.030>
- Geankoplis C. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. 3ª ed. México DF: Editorial CECSA.
- Gutiérrez, A., Infantes, M., Pascual, G. & Zamora, J. (2016). Evaluación de los factores en el desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Agroindustrial Science*, 6(1): 145-149. <http://dx.doi.org/10.17268/agroind.science.2016.01.17>
- Ortega, E., Rodríguez, A., David, A. & Zamora, A. (2010). Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *Acta Agronómica*, 59(1): 111-118. <http://dx.doi.org/10.15446/acag>
- Peñaherrera, A. (2011). *Efecto de diferentes condiciones de hidratación, hervido y lavado sobre el consumo de agua y tiempo de procesamiento del Chocho (Lupinus mutabilis Sweet)* (tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- Quispe, D. (2015). *Composición nutricional de diez genotipos de lupino (Lupinus mutabilis y L. albus) desamargados por proceso acuoso* (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
- Ramírez, D., Moreno, M., Curbelo, C. & Crespo, L. (2016). Influencia del tamaño de partícula y la velocidad de agitación sobre el rendimiento de pectina. *Revista Cubana de Farmacia*, 50(1): 98-105.
- Suca, G. & Suca, A. (2015). Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 18(2): 55-71
- Villacreses, N. (2011). *Evaluación del procesamiento artesanal del chocho (Lupinus mutabilis Sweet) sobre el consumo de agua, tiempo empleado y la calidad nutricional y microbiológica* (tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.