

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LOS GRANULOS DE ALMIDONES DE PAPAS DULCES Y AMARGAS PROCEDENTES DE LA REGIÓN ANDINA DE PERÚ

Data de aceite: 01/11/2023

Olivia Magaly Luque Vilca

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
<https://orcid.org/0000-0002-9000-4624>

Noe Benjamin Pampa Quispe

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
<https://orcid.org/0000-0001-8072-249X>

Jose Luis Pineda Tapia

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ciencias de la Ingeniería
<https://orcid.org/0000-0001-9498-1169>

Lenin Quille Quille

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
<https://orcid.org/0000-0003-3824-5268>

Tania Jakeline Choque Rivera

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
Orcid <https://orcid.org/0000-0002-3305-0755>

Carlos Ricardo Hanco Cervantes

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
<https://orcid.org/0009-0002-8527-0274>

Yimy Hanco Cayllahua

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
<https://orcid.org/0000-0002-8250-9665>

Edgardo Martín. Figueroa Donayre

Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
<https://orcid.org/0000-0001-7891-3334>

Freddy Martin Marrero Saucedo

Universidad Nacional de Huancavelica
<https://orcid.org/0000-0003-4610-158X>

Angel Vladimir Flores Quenaya

Peritos y Tasadores Ingenieros SRL
<https://orcid.org/0000-0001-9774-4599>

Franklin Ore Areche

Universidad Nacional de Huancavelica
<https://orcid.org/0000-0002-7168-1742>

RESUMEN: Los andes peruanos tienen una gran diversidad en cuanto a variedades de papa nativa, conociéndose más de 4000 variedades. Todas ellas tienen características típicas de textura después de cocidas, siendo los almidones los directos responsables de estas características. El objetivo de esta investigación fue extraer y

caracterizar las propiedades morfológicas como tamaño y forma, considerando que el tamaño y forma de los gránulos de almidón dependen de las prácticas y altitudes de cultivo. La determinación se realizó mediante Microscopía Electrónica de barrido modelo Prisma E SEM (Termo Fisher Scientific), con una resolución de 5 nm en modo de alto vacío. Encontrándose que el tamaño de los gránulos de almidón de papas dulces y amargas de la región andina de Perú difieren notablemente de una variedad a otra, además de que los tamaños presentan una distribución normal. Con respecto a la forma son similares, presentando mayormente formas elípticas y ovaladas.

PALABRAS CLAVE: almidón, tamaño, forma, distribución normal.

ABSTRACT: The Peruvian Andes have great diversity in terms of native potato varieties, with more than 4,000 varieties known. All of them have typical texture characteristics after cooking, with starches being the directors responsible for these characteristics. The objective of this research was to extract and characterize morphological properties such as size and shape, considering that the size and shape of starch granules depend on cultivation practices and altitudes. The determination was carried out using Scanning Electron Microscopy model Prisma E SEM (Termo Fisher Scientific), with a resolution of 5 nm in high vacuum mode. It was found that the size of the starch granules of sweet and bitter potatoes from the Andean region of Peru differ notably from one variety to another, in addition to the sizes presenting a normal distribution. Regarding shape, they are similar, presenting mostly elliptical and oval shapes.

KEYWORDS: starch, size, shape, normal distribution.

1 | INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*) nativa, es un tubérculo que se cultiva en los andes peruanos (Grados et al., 2020), tiene su origen principalmente en la parte norte del lago Titicaca en el sur del Perú, en la denominada meseta del Collao, la misma que se encuentra a una altitud mayor a 3800 msnm; siendo un cultivo de gran importancia, debido a su alto consumo en la dieta del poblador y cuya composición se caracteriza por su significativo contenido de almidón, proteínas, vitaminas, fibra dietética, minerales, carotenoides, etc., así también su capacidad antioxidante que varía con la ubicación geográfica como el clima de origen (Zhang et al., 2022).

La región andina, por su diversidad geográfica y climática, alberga una gran variedad de papas nativas con características únicas en términos de sabor, textura y propiedades nutricionales; Dentro de esta gran variedad se tienen papas dulces que son consumidas por el poblador y papas amargas que generalmente son transformadas en chuño o tunta, considerando que las regiones apropiadas para su elaboración son solamente la suni y la puna, de acuerdo a la clasificación geográfica de las ocho regiones naturales del Perú de Pulgar Vidal (Van Kessel, 1992). Esta diversidad en cuanto a la variación de las propiedades en directa relación con otros factores, hace que sea importante comprender la caracterización morfológica de los granos de almidón de papas dulces y amargas

cultivadas por encima de los 3500 msnm, teniendo en cuenta que las propiedades de los almidones dependen de factores como el genotipo, las condiciones ambientales, y la región donde se cultiva (Dobosz et al., 2020), así también, la variación en el tamaño y la forma de los gránulos es atribuida al origen biológico (Svegmark & Hermansson, 1993), considerando que el almidón ha recibido atención por ser una importante fuente de energía dietética para el ser humano, y material polimérico (Huang et al., 2022), que se puede utilizar en la industria alimentaria, como la utilización en productos lácteos, panadería, en recubrimientos, productos cárnicos y otros, como también en aplicaciones no alimentarias (Apriyanto et al., 2022).

Es fundamental comprender la morfología de los granos de almidón nativo, que es un polisacárido ramificado que se compone de amilosa, que es un polímero de glucosa de forma lineal que tiene la capacidad de interactuar con moléculas hidrofóbicas (Putseys et al., 2010) enlazada con enlaces glucosídicos α -1,4, y de amilopectina que presenta una estructura ramificada (Govindaraju et al., 2022). Las características morfológicas, como la forma y el tamaño de los gránulos de almidón, presentan diferencias significativas entre almidones (Singh et al., 2003), además se debe considerar que la variación en el tamaño y forma de los gránulos de almidón se atribuye al origen biológico (Svegmark & Hermansson, 1993) y La morfología de los gránulos de almidón depende de la bioquímica del cloroplasto o amiloplasto, así como de la fisiología de la planta (Badenhuizen, 1969), tal como lo cita Narpinder (2003). por lo que es importante la determinación de las propiedades morfológicas, cuya caracterización se enfoca en el análisis microscópico que se desarrolla con microscopía electrónica de barrido (SEM), para aplicarlo en variedades de papas dulces y amargas cultivadas en la región andina de Perú, para la obtención de resultados que contribuyan al conocimiento sobre las propiedades y características de papas nativas, para la selección de variedades con fines específicos. Además, esta investigación puede ayudar a preservar la diversidad de papas nativas andinas y promover su mejor aprovechamiento, ya que son un componente esencial de la cultura y la gastronomía de la región.

2 | MATERIALES Y METODOS

2.1 MATERIALES

Los materiales para este estudio fueron almidones extraídos de papas nativas amargas: ruckii, occucuri, y dulces: peruanita, y lomo; adquiridas del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - Puno, que se cosecharon durante el año 2022.

3 | METODOLOGÍA.

La morfología de los gránulos se evaluó mediante Microscopía Electrónica de barrido modelo Prisma E SEM (Termo Fisher Scientific), siguiendo el procedimiento aplicado por

Aaliya et al. (2022) con algunas modificaciones, con una resolución de 5 nm en modo de alto vacío. Se fijó una cinta de doble cara al soporte conductor de electrones y el almidón fue esparcido en la cinta. Los almidones se recubrieron con oro usando un ion E 102 por pulverización catódica (Hitachi Ltd., Tokyo, Japón). Los gránulos se examinarán bajo las siguientes condiciones: voltaje de 15,0 kV, corriente de emisión 100 mA alto vacío (Pa 10.4), la distancia de 18.9 a 19.9 mm y 1.000 el aumento de 15 mil veces de trabajo. El tamaño de las partículas se expresó como el diámetro medio de los gránulos que se define como el diámetro para el que el 50% de las partículas (en volumen) son mayores.

4 | RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la tabla 1 se muestra las propiedades morfológicas de los almidones de papa nativa determinadas mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), como el tamaño y forma de los gránulos de almidón de papas nativas dulces y amargas, donde se observa que los gránulos de almidón en las papas amargas poseen una dimensión mayor en comparación con las papas dulces. La mayor dimensión de los gránulos de almidón en las papas amargas puede deberse a diversos factores, como la composición genética, la madurez, el entorno de crecimiento y las condiciones de cultivo. Estos aspectos pueden influir en la distribución y tamaño de los gránulos de almidón, lo que a su vez puede impactar en la textura y propiedades culinarias de las papas tanto amargas como dulces.

El tamaño promedio de los gránulos de almidón es de 38.29, 35.15, 26.77 y 31.86 μm para la variedad ruckii, occucuri, peruanita y lomo respectivamente, por lo que se puede observar que el tamaño de los gránulos varía significativamente entre las variedades de papa. Esta variabilidad en el tamaño de los gránulos de almidón tiene implicaciones importantes en la textura como también en las características culinarias de las papas.

Variedad de papa	Pequeños	Medianos	Grandes	Tamaño promedio	Desviación estándar	Tamaño mínimo	Tamaño máximo
	1 a 7.5 μm (%)	7.5 a 15 μm (%)	>15 μm (%)	(μm)	(μm)	(μm)	(μm)
Amarga							
Ruckii	.-.	9.37	90.63	38.29	19.44	12.09	91.17
Occucuri	.-.	.-.	100	35.15	11.65	15.84	59.88
Dulce							
Peruanita	.-.	7.15	92.85	26.77	9.50	8.381	47.73
Lomo	.-.	7.7	92.3	31.86	13.41	8.205	63.7

Tabla 1. Propiedades morfológicas de almidones nativos a partir de papa dulce y amarga

En la figura 1 se muestra la morfología de los gránulos de almidón de la variedad de papa ruckii, occucuri, peruanita y lomo respectivamente, observando que presentan formas mayormente elípticas, ovaladas similares a los reportados por Hoover y Ratnayake (2001),

también se observaron formas esféricas, alargadas y algunas deformes, al respecto de lo cual Medina y Salas (2007) reportaron que los gránulos de almidón de papa presentan formas circulares para los tamaños pequeños y elípticas para los tamaños grandes. Asimismo, se debe considerar que el tamaño y morfología varían según: el origen biológico del producto, como lo señala Thieme et al., (2023), la bioquímica de los amiloplastos y la fisiología de los productos, así también los factores ambientales como la temperatura, el almacenamiento, las prácticas culturales, además se debe considerar que el tamaño de los gránulos de almidón está relacionado con el contenido de amilosa del almidón (Dobosz et al., 2020); siendo la forma similar entre las diferentes variedades, que coincide con lo señalado por Medina & Salas, (2007), que manifiestan que se tiene diferencias morfológicas entre almidones de papa en comparación a otros cultivos de cualquier otra fuente botánica. También,

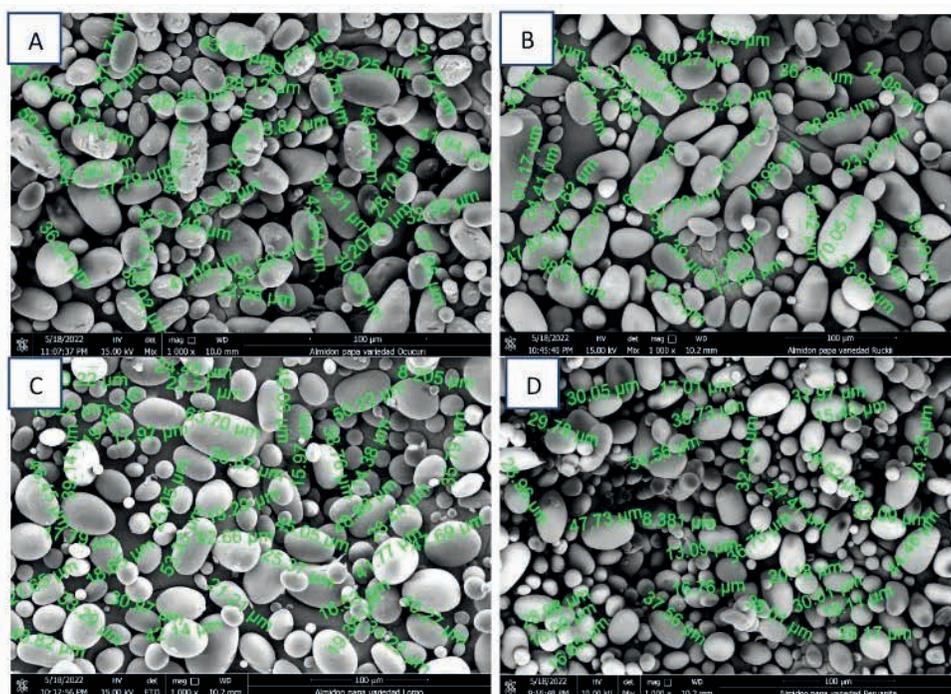


Figura 1: Morfología de los gránulos de almidón de la variedad de papa ruckii (A), occucuri (B), peruanita (C), y lomo (D).

En tal sentido, el tamaño de los gránulos sigue una distribución normal, como se muestra en la figura 2, esto indica que la mayoría de los gránulos de almidón tiene un tamaño, cercano a un valor promedio, con una mayor cantidad de gránulos grandes, es así que para la variedad ruckii, el estadístico KS tiene un valor de 0.125, el valor de $p > 0.150$, media aritmética de $38.29 \mu\text{m}$, desviación estándar de $19.44 \mu\text{m}$, así también para la variedad occucuri el estadístico KS presenta un valor de 0.115, el valor de $p > 0.150$, media aritmética

de $35.15 \mu\text{m}$, desviación estándar de $11.65 \mu\text{m}$, mientras que para la variedad peruanita el estadístico KS presenta un valor de 0.113, el valor de $p > 0.150$, media aritmética de $26.78 \mu\text{m}$, desviación estándar de $9.504 \mu\text{m}$, y para la variedad lomo el estadístico KS presenta un valor de 0.105, el valor de $p > 0.150$, media aritmética de $31.87 \mu\text{m}$, desviación estándar de $13.41 \mu\text{m}$. Sin embargo, en todos los casos la desviación estándar es considerable, por lo tanto, se presenta variabilidad con respecto a los tamaños de gránulo de almidón que es significativo en las diferentes variedades, resultados que son similares a otros autores.

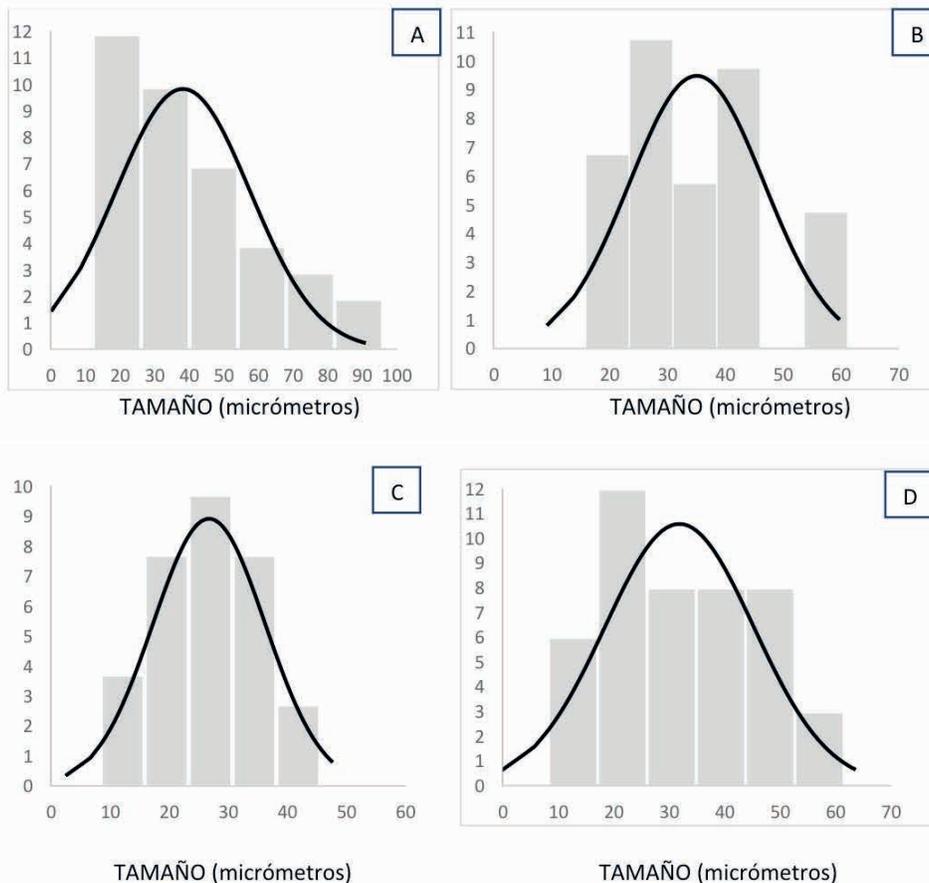


Figura 2: Distribución de tamaño del granulo de almidón de la variedad (A) ruckii, (B) occucuri (C) peruanita y (D) lomo.

Con respecto a la distribución de tamaño del gránulo de almidón, se realizó una representación a través de un histograma, que es una herramienta gráfica que permite visualizar la frecuencia con la que se presenta distintos tamaños, permitiendo identificar patrones, tendencias y posibles variaciones en la distribución, como se observa en la figura 2, en donde se tienen valores de 12.09 a $91.17 \mu\text{m}$ para la variedad ruckii, de 15.84 a $59.88 \mu\text{m}$ para la variedad occucuri, de 8.381 a $47.73 \mu\text{m}$ para la variedad peruanita, y 8.205 a

63.7 μm para la variedad lomo respectivamente. Estos resultados son concordantes con los resultados reportados por varios autores como Lizarazo, et al. (2015) que señalan que los tamaños de los almidones de papa van de 10 a 100 μm .

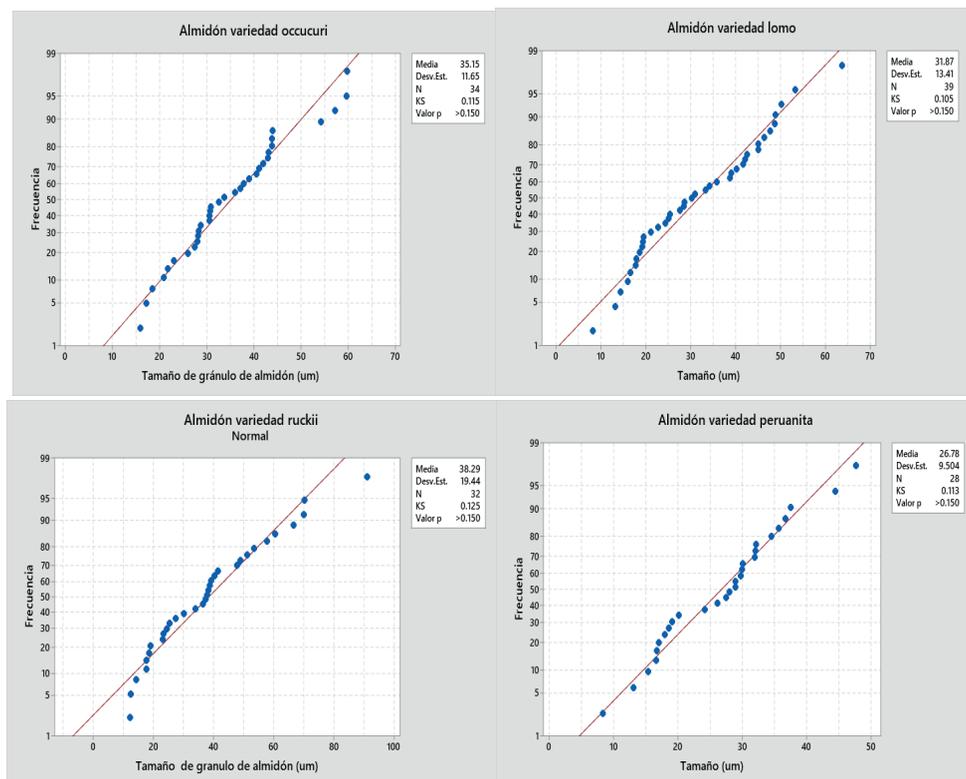


Figura 3: Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov (KS) respecto al tamaño del grano de almidón de la variedad ruckii, occucuri, peruanita y lomo.

En general, las diferencias morfológicas entre las diferentes variedades de almidones de papa nativas es posible que también dependan de las prácticas agrícolas .e inclusive el tipo de suelo y las latitudes de cultivo como lo afirma Medina y Salas (2008), presentando superficies lisas, ovaladas y de forma irregular, a comparación de otra fuentes y variedades, así también los gránulos de almidón son de mayor tamaño, resultados similares a lo reportado por Singh et al., (2003) que menciona que los gránulos de almidón de patata son los de mayor tamaño (<110 μm), seguidos por los almidones de trigo (<30 μm), maíz (<25 μm) y arroz (<20 μm).

5 I CONCLUSIONES

La caracterización morfológica, de los granos de almidón de papas dulces y amargas de la región andina de Perú difieren notablemente de una variedad a otra con

respecto al tamaño y forma, lo que ocasiona que las propiedades físico-químicas y funcionales difieran, lo cual también está estrechamente relacionado con las propiedades culinarias y gastronomía andina; conocimiento que puede ser utilizado para seleccionar variedades específicas para usos culinarios particulares, lo que hace importante preservar y promover la diversidad de las papas nativas como parte de la herencia cultural y la seguridad alimentaria. Así también, los resultados reportados a partir de la caracterización microscópica de forma y tamaño, representan una base científica para la comparación y criterios de selección de almidones nativos para elaboración de otros productos, ya que sus características morfológicas influyen directamente en su procesabilidad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Nacional de Juliaca y a todo el equipo que está detrás del Proyecto Estratégico “Extracción y caracterización de las propiedades térmicas y tecnológicas de almidones de papas nativas”, el trabajo dedicado y tiempo invertido en este son evidentes en los resultados que se ha logrado, lo que enriquece el conocimiento científico, como también abre oportunidades invaluable para diversas aplicaciones industriales y alimentarias.

REFERENCIAS

- Aaliya, B., Sunooj, K. V., Navaf, M., Akhila, P. P., Sudheesh, C., Sabu, S., Sasidharan, A., Sinha, S. K., & George, J. (2022). Influence of plasma-activated water on the morphological, functional, and digestibility characteristics of hydrothermally modified non-conventional talipot starch. *Food Hydrocolloids*, *130*, 107709. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2022.107709>
- Apriyanto, A., Compart, J., & Fettke, J. (2022). A review of starch, a unique biopolymer – Structure, metabolism and in planta modifications. *Plant Science*, *318*, 111223. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2022.111223>
- Dobosz, A., Sikora, M., Krystyan, M., Lach, R., & Borczak, B. (2020). Influence of xanthan gum on the short- and long-term retrogradation of potato starches of various amylose content. *Food Hydrocolloids*, *102*(December 2019). <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105618>
- Govindaraju, I., Sunder, M., Chakraborty, I., Mumbreakar, K. D., Sankar Mal, S., & Mazumder, N. (2022). Investigation of physico-chemical properties of native and gamma irradiated starches. *Materials Today: Proceedings*, *55*, 12–16. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.11.641>
- Grados, D., García, S., & Schrevens, E. (2020). Assessing the potato yield gap in the Peruvian Central Andes. *Agricultural Systems*, *181*(May 2019), 102817. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102817>
- Huang, J., Wang, Z., Fan, L., & Ma, S. (2022). A review of wheat starch analyses: Methods, techniques, structure and function. *International Journal of Biological Macromolecules*, *203*, 130–142. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2022.01.149>

Medina, J. A., & Salas, J. C. (2008). Caracterización morfológica del granulo de almidón nativo: Apariencia, forma, tamaño y su distribución. *Revista de ingeniería*, (27), 56-62.

Narpinder Singh, Jaspreet Singh, Lovedeep Kaur, Navdeep Singh Sodhi, Balmeet Singh Gill (2003), Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources, *Food Chemistry, Volume 81, Issue 2*, Pages 219-231 Putseys, J. A., Lamberts, L., & Delcour, J. A. (2010). Amylose-inclusion complexes: Formation, identity and physico-chemical properties. *Journal of Cereal Science*, 51(3), 238–247. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.01.011>

Lizarazo H, S. P., Hurtado R, G. G., & Rodríguez C, L. F. (2015). Physicochemical and morphological characterization of potato starch (*Solanum tuberosum* L.) as raw material for the purpose of obtaining bioethanol. *Agronomía Colombiana*, 33(2), 244-252.

Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. S., & Gill, B. S. (2003). *Morphological , thermal and rheological properties of starches from different botanical sources*. 81, 219–231.

Svegmark, K., & Hermansson, A. (1993). Microstructure and rheological properties of composites of potato starch granules and amylose: a comparison of observed and predicted structures. *Food Structure*, 12(2), 181–193.

Van Kessel, J., & Cruz, D. C. (1992). *Criar la vida: trabajo y tecnología en el mundo andino*. Santiago: Vivarium.

Zhang, B., Murtaza, A., Iqbal, A., Zhang, J., Bai, T., Ma, W., Xu, X., Pan, S., & Hu, W. (2022). Comparative study on nutrient composition and antioxidant capacity of potato based on geographical and climatic factors. *Food Bioscience*, 46, 101536. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2021.101536>