

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE DIEZ VARIEDADES DE QUINUA (CHENOPODIUM QUÍNOA WILLD)

DETERMINATION OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF TEN VARIETIES OF QUINOA (CHENOPODIUM QUINOA WILLD)

Recibido: 14/05/22 Aceptado: 05/07/22

DOI: <http://doi.org/10.47190/nric.v4i1.4>

Julio Rumualdo Gallegos Ramos

<https://orcid.org/0000-0002-4868-9893>

juliogallegos01@gmail.com - Universidad Nacional de Juliaca

Ivan Mardoqueo Monrroy Lopez

<https://orcid.org/0000-0002-8309-9565>

im.monrroyl@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca

Iris Lupe Mamani Huanca

<https://orcid.org/0000-0003-3956-3364>

jl.mamanih@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca

Fernando Huayta Quipe

<https://orcid.org/0000-0002-8255-3922>

f.huaytaq@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca

Luz Clarita, Rafael Mendoza

<https://orcid.org/0000-0002-1740-1973>

lc.rafaelm@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca

Ever, Coyla Salazar

<https://orcid.org/0000-0001-6706-7902>

e.coylas@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca

RESUMEN

El trabajo de investigación, tiene como objetivo de determinar las propiedades físicas de diez variedades de quinua de la región Puno, es de tipo experimental comparativo, consta de 500 granos completamente al azar por variedad: Pasankalla, Collana, Kancolla, Wariponcho, Chocklito, ILLPA INIA, Kcoito, Blanca de Juli, Rosada de Taraco y Kuchiwila. Se trabajó con quinuas en rango de humedad 12% a 13%, para medir propiedades como tamaño, forma, densidad real y aparente, masa de mil unidades, ángulo de reposo estático y dinámico en cuatro diferentes materiales. El promedio de largo, ancho y espesor de las diez variedades asumieron valores de 1.977 mm; 1.848 mm y 1.076 mm respectivamente, las que presentan distribuciones heterogéneas de varianza, con diferencias altamente significativas ($P < 0.000$), donde las variedades Ckoito y Wariponcho denotan menor promedio. La densidad aparente y real muestran valores promedios de 667.97 kg/L y 1209.93 kg/L, no presentan homogeneidad de varianzas ($p < 0.000$), pero denotan diferencias altamente significativas en las variedades de quinua evaluadas ($p < 0.000$). La masa de 1000 unidades de quinua tiene un valor promedio de 2.87 g según las variedades evaluadas presentando homogeneidad de varianzas ($p < 0.05$) y diferencias altamente significativas. Respecto al valor promedio del ángulo de reposo estático y dinámico ambas mediciones expresan valores de 77.81° y 37.58° respectivamente, presentan homogeneidad de varianzas ($p < 0.05$), empero denotan diferencias altamente significativas ($p < 0.000$), siendo el plástico el material que requiere menor ángulo (32.17°) de deslizamiento dinámico en oposición a la madera que requiere mayor ángulo (40.30°).

Palabras Clave: quinua, propiedades físicas, variedades, tamaño y ángulo de reposo

ABSTRACT

The objective of the research work is to determine the physical properties of ten varieties of quinoa from the Puno region, it is of a comparative experimental type, it consists of 500 completely random grains per variety: Pasankalla, Collana, Kancolla, Wariponcho, Chocklito, ILLPA INIA, Kcoito, Blanca de Juli, Rosada de Taraco and Kuchiwila. We worked with quinoas in a humidity range of 12% to 13%, to measure properties such as size, shape, real and apparent density, mass of one thousand units, static and dynamic angle of repose in four different materials. The average length, width and thickness of the ten varieties assumed values of 1,977 mm; 1,848 mm and 1,076 mm respectively, which present heterogeneous variance distributions, with highly significant differences ($P < 0.000$), where the Ckoito and Wariponcho varieties denote a lower average. The apparent and real density show average values of 667.97 kg/L and 1209.93 kg/L, they do not present homogeneity of variances ($p < 0.000$), but they denote highly significant differences in the quinoa varieties evaluated ($p < 0.000$). The mass of 1000 units of quinoa has an average value of 2.87 g according to the varieties evaluated, presenting homogeneity of variances ($p < 0.05$) and highly significant differences. Regarding the average value of the static and dynamic angle of repose, both measurements express values of 77.81° and 37.58° respectively, they present homogeneity of variances ($p < 0.05$), however they denote highly significant differences ($p < 0.000$), being the plastic the material that it requires a smaller angle (32.17°) of dynamic sliding in opposition to the wood that requires a greater angle (40.30°).

Key Words: quinoa, physical properties, varieties, size and angle of repose.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos poseen diversas propiedades, tanto físicas, fisicoquímicas, organolépticas, etc. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es conocido por su valor nutricional, pero se desconoce sobre sus características físicas, siendo fundamental para un adecuado diseño y desarrollo de maquinarias y procesos que permitan incrementar el desarrollo productivo (Cervilla et al., 2012).

El desconocimiento de las características físicas de los granos de quinua en sus diferentes variedades conduce a procesos agroindustriales poco eficientes, debido a que su dimensionamiento, diseño y construcción de equipos, estructuras y procesos agroindustriales están basadas en el conocimiento empírico, que trae como consecuencia dificultades en procesos, problemas de dimensionamiento, y desconfianza en los equipos construidos en forma empírica (Mamani, 2015). Estas propiedades físicas también pueden servir de parámetro para identificar variedades de quinua. Propiedades físicas, como la forma, el tamaño, el volumen, el área superficial, la densidad, la porosidad, la velocidad terminal, el color y la apariencia, son empleadas como parámetros

ingenieriles en el diseño de equipo de manejo poscosecha (Martínez- Martínez, Pérez-Lopéz, & Venegas-Ordoñez, 2017). El conocimiento de estas propiedades proporciona datos de ingeniería para el diseño de equipos y procesos (Sessiz, Esgici y Kizil, 2007; Altuntas, 2008; Ordóñez, Gely y Pagano, 2012). Tales son los casos de equipos de clasificación, separación, transporte, entre otros, que se diseñan en función del contenido de agua (Sharma et al, 2011).

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo andino domesticado hace miles de años por las antiguas culturas de la Región Andina de Sudamérica. Y es apreciado por su valor nutritivo que radica en el balance ideal de los aminoácidos de su proteína que lo convierten en un componente ideal en las dietas. Adicionalmente contiene una cantidad adecuada de carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales que incrementan su valor nutritivo (Gómez & Aguilar, 2016). En la actualidad la quinua se cultiva en Sudamérica extendiéndose desde el sur de Colombia hasta el sur de Chile. En Perú, el año 2012 se registró una producción nacional de 43.600 toneladas, cosechadas en 38.500 hectáreas (70% en Puno) (Moreno, 2013).

(Mujica et al., 2001) mencionan que existe gran cantidad de variedades y cultivares utilizados comercialmente en la producción de quinua en el Perú, las variedades Amarilla Marangani, Kancolla, Blanca de Juli, Cheweca, Witulla, Salcedo- INIA, Quillahuaman-INIA, Camacani I, Camacani II, Wariponcho, Chullpi, Roja de Coporaque, Ayacuchana-INIA, Huancayo, Hualhuas, Mantaro, Huacataz, Huacariz, Rosada de Yanamango, Namora.

Estas quinuas son producidas en las amplias planicies del Altiplano peruano-boliviano, circundante al lago Titicaca, en zonas comprendidas mayormente entre los 3600 y 4000 m.s.n.m. Es en esta área donde se encuentra la mayor variabilidad de la quinua, de características morfológicas, fisiológicas, nutritivas y de usos. A este grupo pertenecen la mayor parte de las variedades tradicionales y variedades comerciales (Gómez & Aguilar, 2016).











INIA 415 – Pasankalla, INIA 420 – Negra Collana, Illpa INIA, Blanca de Juli y Kancolla de zona agroecológica Suni además estos tres últimos de circulaestre del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frío seco (Apaza, 2013). "Wariponcho Originaria del Perú; coloración de color anaranjado, tolerante a heladas con alto contenido de saponina. Chocklito de grano pequeño, color blanco y contenido de saponina dulce" (Mujica & Jacobsen, 2000). Ckoito es sembrada a distancias más lejanas al lago y en zona Puna (a 4000 m.s.n.m.), estas son quinuas con apariencia muy similar a las quinuas silvestres, sus semillas son duras de color gris y son muy tolerantes a las extremas condiciones ambientales de la región puneña (Gomez & Aguilar, 2016). Rosada de Taraco del altiplano puneño, de grandes granos y epispermo de color blanco y pericarpio de color crema (Gómez & Aguilar, 2016).

Las propiedades físicas son muy importantes para diseñar, optimizar equipos, control de calidad procesos de obtención de quinua. Por lo que el objetivo de este trabajo de investigación fue determinar las propiedades físicas de diez variedades de quinua de la región Puno.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se ejecutó en la ciudad de Juliaca a 3825 m.s.n.m. en los laboratorios de Química I y Física II de la Universidad Nacional de Juliaca. Las variedades de quinua que se utilizó para la investigación son provenientes del departamento de Puno, adquirida de diferentes lugares ILLPA-INIA, conservacionistas y cooperativas. Los granos de quinua fueron almacenados en un lugar seco en envases de plástico transparente.

Tabla 1
Diez variedades de quinua

Variedades de quinua			
INIA 415 - Pasankalla		INIA 420 - Negra Collana	
Kancolla		Wariponcho	
Chocklito		Illpa INIA	
Ckoito		Blanca de Juli	
Rosada de Taraco		Kuchiwila	

Para determinar la humedad fue por método de estufa que se tomaron muestras por triplicado de cada variedad, donde se determina la pérdida de peso de la muestra al someterla a calentamiento en estufa en condiciones determinadas.

$$\text{Porcentaje humedad} = \frac{(M1 - M2) \cdot 100}{M1 - M0}$$

Cálculo de las dimensiones axiales de quinua seleccionándolos aleatoriamente para medir con pie de rey, donde se tomaron 500 unidades de las diez variedades, se midieron las dimensiones largo, ancho y espesor. Posteriormente se calcularon dimensiones complementarias: diámetro, medio geométrico y diámetro aritmético.

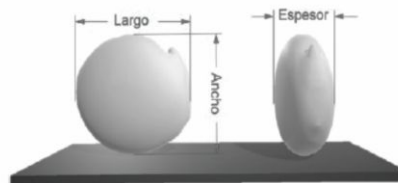


Figura 1. Dimensiones ortogonales

Dónde: Diámetro medio aritmético (D_m), mm.
 a: largo, mm. b: ancho, mm. c: espesor, mm. D_g :
 diámetro medio geométrico, mm. El diámetro
 medio aritmético y geométrico se determinarán
 utilizando las ecuaciones siguientes (Mohsenin,
 1986).

$$D_a = \frac{(a + b + c)}{3}$$

$$D_g = (a * b * c)^{1/3}$$

Además, se calcularon el área superficial, el cual
 se obtiene empleando la ecuación siguiente:
 (Jain, 1997)

$$S = \pi D_g^2$$

Dónde: S: área superficial, mm².

La esfericidad se calcula utilizando la ecuación
 siguiente:

$$\phi = \frac{D_g}{L}$$

Donde:

ϕ = esfericidad, %

D_g = diámetro geométrico, mm

L = longitud, mm

Cálculo del ángulo de reposo estático y
 dinámico, se utilizó un tubo de PVC de 76.2 mm
 de diámetro interno y 200 mm de altura, lo cual
 se colocó granos de quinua en el interior para
 levantar haciendo que quede una altura fija y
 tomar medida del radio que genera los granos de
 quinua, esta prueba se hizo por triplicado.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{2H}{D}\right)$$

Donde:

θ = Ángulo de reposo, °

H = Altura de montículo, mm

D = Diámetro de la base del montículo, mm

Donde: θ : ángulo de reposo.

H: altura del montón o cono, mm.

D: diámetro de la base del montón o cono mm.

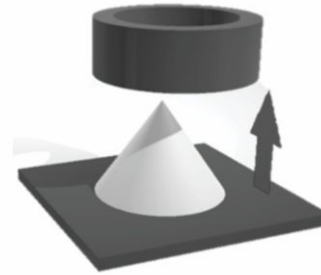


Figura 2. Ilustración de ángulo de reposo

Para el ángulo dinámico se procede a diseñar un
 equipo para calcular el ángulo de reposo, donde
 se determinó por la caída en el material plano, de
 cuatro tipos de materiales.

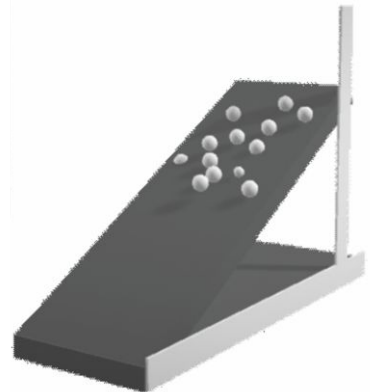


Figura 3 Ilustración de ángulo dinámico

Cálculo de masa de mil unidades de quinuas que
 corresponden a una cierta cantidad de masa. Se
 toma una muestra aleatoria de 100 unidades las
 cuales se les pesa y multiplica por 10, esto es
 aplicado en las diez variedades.

Cálculo de la densidad real (ρ_r) se determinó
 mediante el principio de Arquímedes, por
 desplazamiento de volumen se tomó una
 muestra de 40 gr en 40 ml de gasolina en
 probeta luego se añade la quinua pesada esto se
 realizó por triplicado en las diez variedades. La
 densidad real se calculó:

$$\rho_t = \frac{m}{V}$$

La densidad aparente (ρ_b) se determinó colocando quinua pesada en una probeta hasta llegar un punto que nos permita tomar datos.

$$\rho_b = \frac{m}{V}$$

La porosidad es la relación de las densidades que se determinó por la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_t}\right)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Largo

En la Figura 1, se muestra los resultados de las características físicas en relación al largo de las diez variedades de quinua las que oscilan en un rango de 1.730 a 2.317 mm, siendo la variedad Ckoito el de menor tamaño respecto al largo de la misma cuyos límites a un 95% de confianza varía de 1.719 a 1.741 mm. Pero en la variedad de quinua Pasankalla obtiene el mayor promedio respecto al largo 2.317 mm con límites de 2.305 a 2.328 mm al 95% de confianza. Así también podemos apreciar un comportamiento de distribución normal en las variedades Ckoito, Wariponcho, Illpa INIA y Kancolla. Sin embargo, las variedades que no presentan distribución normal, son Collana, Rosada, Chocklito, Blanca de Juli, Kuchiwila y Pasankalla.

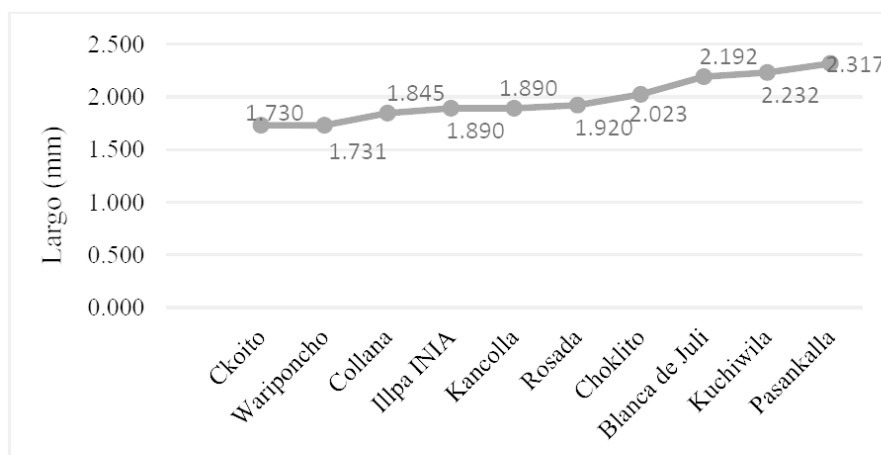


Figura 4. Clasificación de largo de diez variedades

Las investigaciones desarrolladas por Zapana (2017), se trabajó con tres variedades de quinua a dos altitudes geográficas, donde reporta los siguientes datos para el diámetro mayor (L) de la quinua cultivada a 2500 m.s.n.m: 1.79 Salcedo INIA, 1,84 Negra Collana, 1.6 Pasankalla. Y quinuas cultivadas a 3800 m.s.n.m: 1.63 Salcedo INIA, 1.93 Negra Collana, 2.05 Pasankalla; donde menciona que a una menor altitud 2500 la quinua Negra Collana presenta mayor diámetro mayor (L) y a 3800 la quinua Negra Collana no tienen esa misma característica siendo la quinua Pasankalla quien presenta mayor diámetro mayor (L).

También se ha podido apreciar que el largo de la variedad de quinua Negra Collana otorga un valor promedio de 1.845 mm con valores de medición extremo, mínimo de 1.500 mm y valor máximo de 2.18 mm, lo cual es corroborado por Arcaya, J. (2018). Quien encontró el valor promedio de 1.983 mm de esta variedad mencionada y la que se encuentra dentro de los límites referidos. Además, notamos que el promedio del largo de la variedad de quinua Pasankalla es de 2.317 mm con un valor mínimo de 2.000 mm y valor máximo de 2.600 mm, lo cual respalda Arcaya, J. (2018). Quien encontró en su investigación el valor promedio de 2.544 mm de la variedad Pasankalla, encontrándose dicho valor dentro de los límites expuestos.

Ancho

En la Figura 2, se muestra los resultados de las características físicas en relación al ancho de las diez variedades de quinua las que oscilan en un rango de 1.614 a 2.172 mm, siendo la variedad ckoito la de menor tamaño respecto al ancho de la misma cuyos límites a un 95% de confianza varia de 1.604 a 1.623 mm. Pero en la variedad de quinua Pasankalla obtiene el mayor promedio respecto al ancho (2.172 mm) con límites de 2.161 a 2.183 mm al 95% de confianza. Así también podemos apreciar un comportamiento de distribución normal en las variedades Ckoito, Illpa INIA, Kancolla, Collana, Choklito, Blanca de Juli, Kuchiwila y Pasankalla. Sin embargo, las variedades que no presentan distribución normal son Wariponcho, Collana y Rosada.

Las investigaciones desarrolladas por Zapana (2017), se trabajó con tres variedades de quinua a dos altitudes geográficas, donde reporta los siguientes datos para el diámetro mayor (L) de la quinua cultivada a 2500 m.s.n.m: 1.79 Salcedo INIA, 1,84 Negra Collana, 1.6 Pasankalla. Y quinuas cultivadas a 3800 m.s.n.m: 1.63 Salcedo INIA, 1.93 Negra Collana, 2.05 Pasankalla; donde menciona que a una menor altitud 2500 la quinua Negra Collana presenta mayor diámetro mayor (L) y a 3800 la quinua Negra Collana no tienen esa misma característica siendo la quinua Pasankalla quien presenta mayor diámetro mayor (L).

También se ha podido apreciar que el largo de la variedad de quinua Negra Collana otorga un valor promedio de 1.845 mm con valores de medición extremo, mínimo de 1.500 mm y valor máximo de 2.18 mm, lo cual es corroborado por Arcaya, J. (2018). Quien encontró el valor promedio de 1.983 mm de esta variedad mencionada y la que se encuentra dentro de los límites referidos. Además, notamos que el promedio del largo de la variedad de quinua Pasankalla es de 2.317 mm con un valor mínimo de 2.000 mm y valor máximo de 2.600 mm, lo cual respalda Arcaya, J. (2018). Quien encontró en su investigación el valor promedio de 2.544 mm de la variedad Pasankalla, encontrándose dicho valor dentro de los límites expuestos.

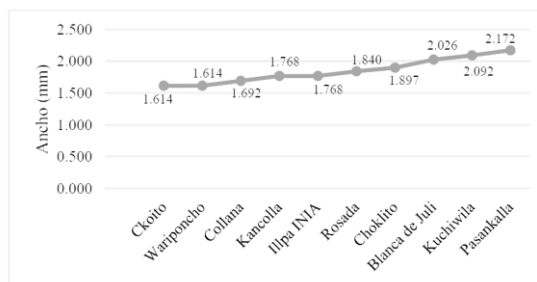


Figura 5. Clasificación de ancho de diez variedades

Datos reportados de diámetro menor (A) por Zapana (2017) donde trabajo con tres variedades de quinua cultivadas a diferentes altitudes geográficas a 2500 reporto, 1.88 Salcedo INIA, 1.8 Negra Collana, 1.6 Pasankalla y a 3800 m.s.n.m, 1.63 Salcedo INIA, 1.86 Negra Collana, 1.98 Pasankalla.

Según las similitudes encontradas estas quinuas se cultivan en las mismas altitudes geográficas ya antes mencionadas. También podemos apreciar que el ancho de la variedad de quinua Negra Collana otorga un valor promedio de 1.692 mm con valores de medición extremo, mínimo de 1.410 mm y valor máximo de 1.940 mm, lo cual es corroborado por Arcaya, J. (2018). Quien encontró el valor promedio de 1.793 mm de esta variedad mencionada y la que se encuentra dentro de los límites referidos. Además, notamos que el promedio del ancho de la variedad de quinua Pasankalla es de 2.172 mm con un valor mínimo de 1.820 mm y valor máximo de 2.540 mm, lo cual respalda Arcaya, J. (2018). Quien encontró en su investigación el valor promedio de 2.474 mm de la variedad Pasankalla los que fueron medidos a través del micrómetro ocular de 1000X los cuales fueron expresados en milímetros con tres repeticiones por tratamiento, encontrándose dicho valor dentro de los límites expuestos.

Espesor

En la Figura 3, se muestra los resultados de las características físicas en relación al espesor de las diez variedades de quinua las que oscilan en un rango de 0.957 a 1.195 mm, siendo la variedad Ckoito la de menor tamaño respecto al espesor de la misma cuyos límites a un 95% de confianza varia de 0.949 a 0.965 mm. Pero en la variedad de quinua Pasankalla obtiene el mayor promedio respecto al espesor (1.195 mm) con límites de 1.187 a 1.203 mm al 95% de confianza. Así también podemos apreciar un

comportamiento de distribución normal en la variedad de Wariponcho. Mientras que casi en todas las variedades como Ckoito, Illpa INIA, Kancolla Collana, Rosada, Choklito, Blanca de Juli. Kuchiwila y Pasankalla no se aprecia comportamiento de distribución normal. Según los reportes realizado por Zapana (2017), indica que para una quinua cultivada a 2500 m.s.n.m el espesor es de: 1.04 Salcedo INIA, 1 Negra Collana, 0.9 Pasankalla y quinuas cultivadas a 3800 m.s.n.m el espesor es de: 1.02 Salcedo INIA, 1.08 Negra Collana. 1.17 Pasankalla.

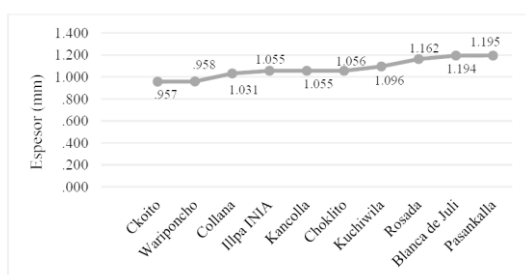


Figura 6. Clasificación de espesor de diez variedades

Se ha encontrado similitud en el espesor de la quinua en la variedad Ckoito con Wariponcho, siendo las misma las de menor tamaño, Illpa INIA, Kancolla con Chocklito y Blanca Juli con Pasankalla. Las similitudes encontradas en las quinuas son las mismas variedades que presentan similitudes en largo, ancho, en el espesor las quinuas Ckoito y Wariponcho en un rango menor de 0.957 – 0.958, Illpa INIA, Kancolla y Choklito presentan similitudes 1.055– 1.056 de rango de igual forma la quinua Blanca de Juli y Pasankalla 1.194 – 1.195. Así también se aprecia que el espesor de la variedad de quinua Negra Collana denota un valor promedio de 1.031 mm con un valor mínimo de 0.800 mm y valor máximo de 1.250 mm, lo cual es corroborado relativamente por Arcaya, J. (2018). Quien encontró el valor promedio de 1.291 mm de esta variedad mencionada y la que se encuentra ligeramente alejada del valor máximo. Además, notamos que el promedio del espesor de la variedad de quinua Pasankalla es de 1.195 mm con un valor mínimo de 0.900 mm y valor máximo de 1.440 mm, lo cual respalda relativamente Arcaya, J. (2018). Quien encontró en su investigación el valor promedio de 1.443 mm de la variedad Pasankalla, el cual diverge levemente del límite superior encontrado y los que fueron medidos a través del micrómetro ocular de 1000X los cuales fueron expresados en

milímetros con tres repeticiones por tratamiento.

Diámetro aritmético

En la Figura 4, se muestra los resultados de las características del diámetro medio aritmético de diez variedades de quinua las que oscilan en un rango de 1.434 a 1.634 mm, siendo la variedad Ckoito la de menor tamaño respecto al largo de la misma cuyos límites a un 95% de confianza varia de 1.425 a 1.442 mm. Pero en la variedad de quinua Pasankalla obtiene el mayor promedio respecto al diámetro medio aritmético (1.895 mm) con límites de 1.885 a 1.904 mm al 95% de confianza. Así también podemos apreciar un comportamiento de distribución normal en las variedades Ckoito, Wariponcho, Illpa INIA, Kancolla, Rosada y Choklito. Sin embargo, las variedades que no presentan distribución normal son Collana, Blanca de Juli, Kuchiwila y Pasankalla.

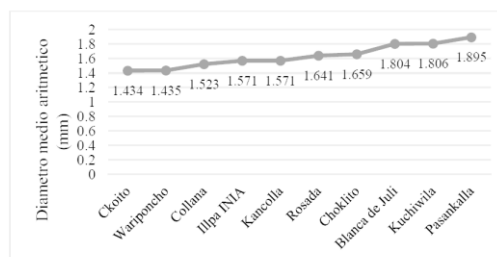


Figura 7. Clasificación de diámetro medio aritmético de diez variedades

Así también se aprecia que el promedio del diámetro medio aritmético de las variedades de quinua denota un valor promedio de 1.634 mm con un valor mínimo de 1.160mm y valor máximo de 2.117 mm, lo cual es avalado por (Arapa, P. y Padrón, C., 2014), quien determina que la variedad de quinua posee un diámetro medio aritmético de 1.8125 mm y la que se encuentra dentro de los límites referidos.

Diámetro medio geométrico

En la Figura 5, se muestra los resultados de las características físicas en relación al diámetro medio geométrico de las diez variedades de quinua las que oscilan en un rango de 1.625 a 1.784 mm, siendo la variedad Ckoito la de menor diámetro medio geométrico, la misma considera límites a un 95% de confianza entre 1.622 a 1.781 mm. Pero la variedad de quinua Pasankalla obtiene el mayor promedio respecto a esta medición (1.784 mm). Así también podemos apreciar que no existe un comportamiento de

distribución normal en las diez variedades de quinua evaluadas.

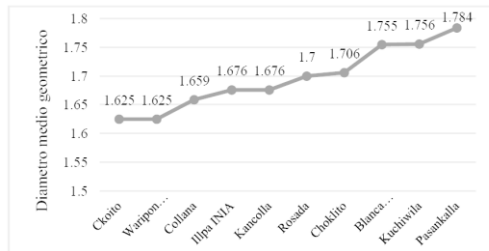


Figura 8. Clasificación de diámetro medio geométrico de diez variedades

En la medición del diámetro medio geométrico de la quinua en la variedad Ckoito con Wariponcho, Kancolla con Illpa INIA, Rosada con Choklito y Blanca de Juli con Kuchiwila. Así mismo, se aprecia que el diámetro medio geométrico de la variedad de quinua Collana denota un valor promedio de 1.659 mm con un valor mínimo de 1.570 mm y valor máximo de 1.730 mm, lo cual es avalado por (Zapana-Yucra, 2017), quien determina que la variedad de quinua Collana posee un diámetro medio geométrico de 1.57 mm y la que se encuentra dentro del valor mínimo extremo.

Área superficial

En la Figura 6, se muestra los resultados de las características físicas en relación al área superficial de las diez variedades de quinua las que oscilan en un rango de 8.301 a 10.001 mm, siendo la variedad Ckoito la de menor tamaño respecto al área superficial, cuyos límites a un 95% de confianza varía de 8.268 a 8.334 mm². Pero en la variedad de quinua Pasankalla obtiene el mayor promedio respecto al área superficial (2.317 mm) con límites de 9.968 a 10.033 mm² al 95% de confianza. Así también no podemos apreciar un comportamiento de distribución normal ninguna de las variedades de quinua evaluadas.

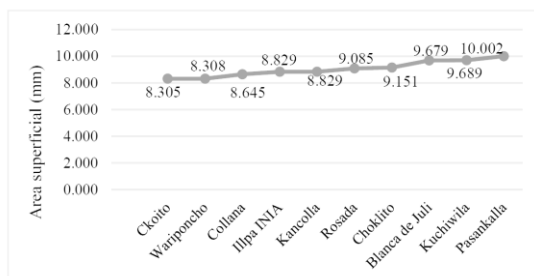


Figura 9. Clasificación área superficial de diez variedades

En el área superficial de las diez variedades de quinua, tales semejanzas se aprecian en Ckoito con Wariponcho, seguido de Illpa INIA con

Kancolla, rosada con Choklito y Blanca de Juli con Kuchiwila. De igual modo se aprecia que el área superficial de la variedad de quinua Collana denota un valor promedio de 8.647 mm² con un valor mínimo de 7.744 mm² y valor máximo de 9.402 mm², lo cual es apoyado por (Zapana-Yucra, 2017), quien determina que la variedad de quinua Collana posee un área superficial de 7.79 mm² y la que se encuentra dentro de los valores de los límites extremos encontrados en la investigación.

Esfericidad

En la Figura 7, se muestra los resultados de las características físicas en relación a la esfericidad de las diez variedades de quinua las que oscilan en un rango de 77.175 a 94.267 %, siendo la variedad Pasankalla la de menor esfericidad porcentual, la misma considera límites a un 95% de confianza entre 76.897 a 77.454 %. Sin embargo, la variedad de quinua Ckoito obtiene el mayor promedio respecto a la esfericidad porcentual (86.651 %). Así también no se aprecia ningún comportamiento de normal en las diez variedades evaluadas.

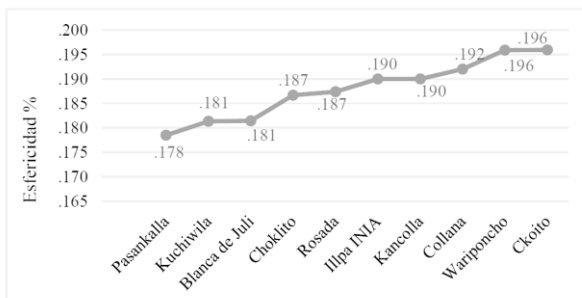


Figura 10. Clasificación de esfericidad de diez variedades de quinua

Intersección de los valores de los límites extremos, no obstante, para otro género de semilla ha sido documentado disminución de la esfericidad al aumentar la humedad (Çalisir et al., 2005). Corroborar lo mencionado Medina (2000), acerca de la esfericidad de quinua entera y lavada quien determinó el rango 0.8 a 0.93 mm de diámetro, por lo tanto, la cañihua lavada es menos esférica que la quinua, esta diferencia se le atribuye también a la agudeza de las esquinas del grano de cañihua de acuerdo a la relación de redondez mencionado por Mohsenin, (1986), los resultados manifiestan menores agudezas en los granos de cañihua lavada en comparación con los granos de cañihua entera.

Densidad Aparente

En la Figura 8, se muestra los resultados de la medición de la densidad aparente de las diez variedades de quinua las que conforman una densidad en un rango de 625.128 a 774.278, siendo la variedad Wariponcho la que presenta una menor densidad, cuyos límites al 95% se aprecia (600.879 – 649.376). Pero la variedad Pasankalla obtiene el mayor valor de densidad, con un intervalo comprendido (752.645 – 795.910) a un 95% de confianza. Así también podemos apreciar un comportamiento de distribución normal en tres variedades siendo ellas Wariponcho, Negra collana y Chockito.

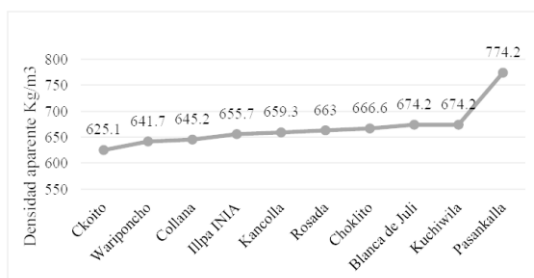


Figura 11. Clasificación de densidad aparente de diez variedades

Las variedades de quinua que conforman los grupos adyacentes. La densidad aparente de las diez variedades de quinua evaluadas asume el valor promedio de 667.977 kg/m³, expresando un valor mínimo de 615.415 kg/m³ y valor máximo de 784.333 kg/m³, en el que difiere relativamente con el valor encontrado por Condorhuaman (2011) refiere que la densidad aparente de la quinua asume el valor de 940 kg/m³ haciendo mención a la quinua lavada, mientras que las medidas expuesta en esta investigación corresponde a la quinua entera. También al comparar el promedio de la densidad aparente de la quinua Pasankalla se encontró un valor promedio de 774.278 kg/m³ con valor mínimo de 769.250 y valor máximo de 784.333 kg/m³ Respalda lo expresado (Zapana-Yucra, 2017). Quien determino que la variedad de quinua Pasankalla posee una densidad aparente de 715 kg/m³ y la que se encuentra dentro de los valores extremos considerados para tal evaluación.

Densidad real

En la Figura 9, se muestra los resultados de la medición de la densidad real de las diez variedades de quinua las que conforman una densidad en un rango de 1142.924 a 1276.978, siendo la variedad Wariponcho la que presenta

una menor densidad, cuyos límites al 95% se aprecia (1142.760 – 1143.068). Pero la variedad Kuchiwila obtiene el mayor valor de densidad, con un intervalo comprendido (1219.075 – 1334.881) a un 95% de confianza. Así también podemos apreciar un comportamiento de distribución normal en tres variedades siendo ellas Rosada de taraco, Chockito y Negra collana.

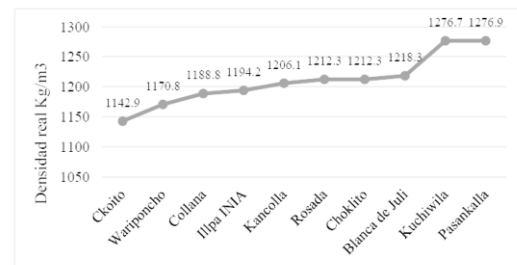


Figura 12. Clasificación de densidad real de diez variedades de quinua

En las variedades de quinua que conforman los grupos adyacentes uno, dos y tres. Empero se encontró un grupo definido por las variedades de quinua Pasankalla y Kuchiwila las que denotan una mayor densidad real. Similarmente la densidad real (absoluta) de las diez variedades de quinua evaluadas asume el valor promedio de 1209.931 kg/m³, expresando un valor mínimo de 1194.088 kg/m³ y valor máximo de 1225.773 kg/m³, en el que difiere relativamente con el valor encontrado por Condorhuaman (2011) al comparar las propiedades de algunos granos de cereales refiere que la densidad aparente de la quinua asume el valor de 1380 kg/m³ haciendo mención a la quinua lavada, mientras que las medidas expuesta en esta investigación corresponde a la quinua entera.

Porosidad

En la Figura 10, se muestra los resultados de la medición de la porosidad de las diez variedades de quinua las que conforman un rango comprendido de 39.350 a 47.196, siendo la variedad Pasankalla la que denota una menor porosidad, cuyos límites al 95% se aprecia (36.672 – 42.027). No obstante, la variedad Kuchiwila obtiene el mayor intervalo (46.058 – 48.335) a un 95% de confianza. Así también podemos apreciar un comportamiento de distribución normal casi en la mayoría de variedades siendo ellas: Pasankalla, Rosada de Taraco, Chockito, Wariponcho, Ckoito y Negra Collana.

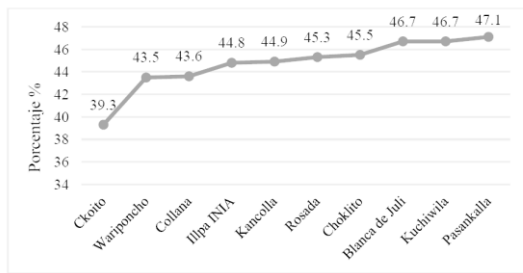


Figura 13. Clasificación de porosidad de diez variedades

Analizando la porosidad promedio de la variedad de quinua Blanca de Juli se encontró un valor de 44.809% con un valor mínimo de 44.264% y valor máximo de 45.900%, lo cual confirma (Zapana-Yucra, 2017) quien mantiene resultados de la porosidad entre 0.37 a 0.45, cuya equivalencia porcentual es de 37% a 45% al considerar la variedad de quinua Blanca de Juli y Kamiri.

Masa de 1000 unidades

En la Figura 11, se muestra los resultados de la medición de masa de 1000 unidades de las diez variedades de quinua las que conforman un rango de 1.823 a 3.920, siendo la variedad Wariponcho la que presenta una masa menor, cuyos límites al 95% se denota (1.419 – 2.227). Empero la variedad Pasankalla obtiene el mayor intervalo (3.877 – 3.963) a un 95% de confianza. Así también apreciamos una distribución normal en la mayoría de las variedades de quinua a excepción de las variedades Kuchiwila y Pasankalla.

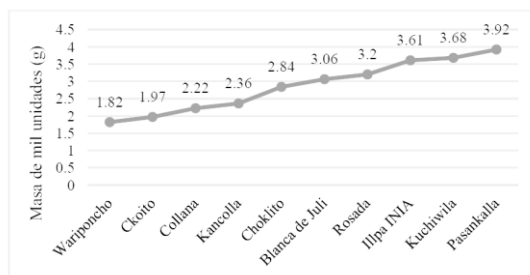


Figura 14. Clasificación de masa de mil unidades de diez variedades

De las variedades de quinua en seis grupos, dos de ellos definidos como las variedades Wariponcho con Ckoito y Negra Collana con Kancolla. Mientras que los cuatro grupos restantes comparten variedades de quinua con grupos adyacentes, por lo que su clasificación se torna relativa. Análogamente la masa promedio referente a las diez variedades de quinua equivale a 2.870 g con un valor mínimo de 1.640 g y valor máximo de 3.940 g, lo cual confirma su

inclusión en el rango definido, señalando que el grano de cereales está caracterizado por el tamaño y uniformidad; encontrándose para el caso de la quinua la correlación entre el tamaño y el peso de semilla y cuya determinación en 1000 unidades del grano registra una variación entre 2.5 a 4.3 gramos (Álvarez & Von Rutte, 1990).

Ángulo de reposo estático

En la Figura 12, se muestra los resultados de la medición del Ángulo de reposo estático de las diez variedades de quinua las que conforman un Ángulo en un rango de 76.84 a 78.62 grados, siendo la variedad Wariponcho la que presenta un menor Ángulo, cuyos límites al 98.5% se aprecia (76.690 – 77.030 grados). Pero en la variedad de quinua Negra Collana obtiene el mayor intervalo (78.430 – 78.750) a un 95% de confianza. Así también podemos apreciar un comportamiento de distribución normal en las diez variedades de quinua. De acuerdo a los reportes de Mamani (2015) estudio cuatro variedades de quinua Salcedo INIA, Pasankalla, Negra Collana y Kancolla; el ángulo de reposo estático fue desarrollado por el método de embudo según la ASTM y Jha (1999) y los valores de ángulo de reposo fueron de 29.87° para la variedad Salcedo INIA 28.75° Kancolla, 28.57° Pasankalla y 25.34° Negra Collana e indica que la humedad influye en el ángulo de reposo, donde las humedades de proceso varían en función a la variedad de quinua, los valor adimensional a considerar es 28.63° como ángulo de reposo.

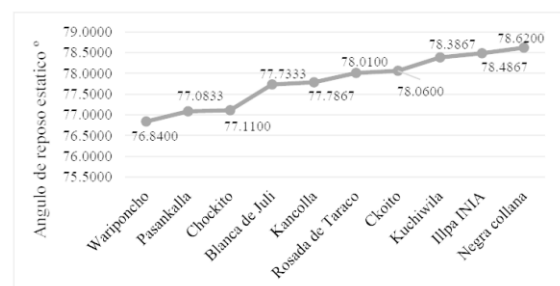


Figura 15. Clasificación de ángulo de reposo estatico de diez variedades de quinua

Se ha encontrado similitud en el ángulo de reposo estático en las diversas variedades de quinua. De igual forma el ángulo de reposo estático de las diez variedades de quinua evaluadas asume el valor promedio de 77.8117°, expresando un valor mínimo de 76.690° y valor máximo de 78.750° , corrobora lo referido

(Mamani, 2015), quien determino que están incluidos en el rango expuesto, siendo el ángulo de reposos estático de la variedad Negra Collana (78.6200°), Pasankalla (77.0833°) y Kancolla (77.7867°). Además, considera el efecto de la humedad sobre el coeficiente de fricción estático, determinándose mayor coeficiente de fricción estático para los granos de quinua con 12% de humedad (0,966); seguido de 16% (0,951) y 20% de humedad (0,950).

Ángulo de reposo dinámico

En la Figura 13, se muestra los resultados de la medición del Ángulo de reposo dinámico de las diez variedades de quinua las que conforman un ángulo en un rango de 33.75 a 37.58 grados, siendo la variedad Rosada de taraco la que presenta un menor ángulo, cuyos límites al 95% se aprecia (31.55 – 35.95 grados). Pero en la variedad quinua Kancolla se obtiene el mayor intervalo (34.54 – 40.63) a un 95% de confianza. Así también podemos apreciar un comportamiento de distribución normal casi en la totalidad de las variedades de quinua, a excepción de la variedad Wariponcho que no presenta una distribución normal.

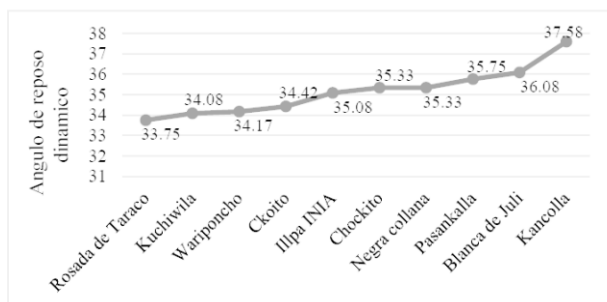


Figura 16. Clasificación de ángulo de reposo dinámico de diez variedades de quinua.

Observamos la clasificación de las variedades de quinua en cuatro grupos según la prueba post hoc de comparaciones múltiples del estadístico Tukey, encontrando similitud y ambivalencia en la integración de los grupos en las diferentes variedades de quinua. Así también el ángulo de reposo dinámico de las diez variedades de quinua evaluadas asume el valor promedio de 35.16°, expresando un valor mínimo de 34.45° y valor máximo de 35.86°, corrobora lo referido (Mamani, 2015), quien determino el ángulo de reposos dinámico de la variedad Negra Collana (27.343°), Pasankalla (28.568°) y Kancolla (28.752°), el cual recae bajo la apreciación del

comportamiento de flujo muy libre o flujo libre (Collin, 2010).

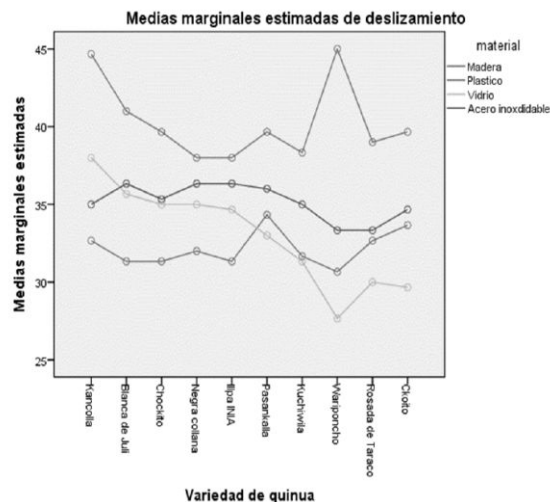


Figura 17. Clasificación de ángulo de reposo en diferentes materiales.

CONCLUSIONES

Según los resultados encontrados de las propiedades físicas: ancho, largo, espesor, diámetro medio aritmético, diámetro medio geométrico, densidad aparente, densidad real, porosidad, masa de 1000 unidades, ángulo de reposo estático y dinámico de las diez variedades de quinua, varia en algunas variedades las medidas esto nos ha permitido diferenciar mínimamente las propiedades, las cuales son muy importantes para su control de calidad y tecnologías utilizadas dentro de los procesos y operaciones postcosecha de la quinua, el conocimiento de las propiedades físicas de las quinuas es esencial para el diseño adecuado de los equipos para la limpieza, escarificado, clasificación y separación.

REFERENCIAS

- Acevedo H., Sebastian , & Perez Castro, Wilson , & Arroyave L, Juan Felipe (2010). Determinación Experimental Del Coeficiente De Fricción Empleando Sensores Movimiento. Scientia Et Technica, XVI(44),357-362. ISSN: 0122-1701. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917316067>
- Altuntas, E. (2008). Some physical properties of pumpkin (Cucurbita pepo L.) and watermelon (Citrullus anatus L.) seeds. TarimBilimleri- Dergisi, 14(1),

- 62 - 69. Retrieved from :
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ankutbd/issue/59729/861016>
- Apaza, E. (1995). Efecto de densidad y niveles de fertilidad en el rendimiento de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2529>
- Apaza, V. C. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. Perú: FAO/OMS
- Aguilera, J., & De Dios, J. (2016). Metodos para medir propiedades físicas en industria de alimentos (Primera ed; ACRIBIA S.A., Ed.). Zaragoza.
- Arapa Carcasi, P., & Padrón Pereira, C. (2015). Determinación de características físicas en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) mediante procesamiento digital de imágenes. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 5(2), 148–165. Recuperado de: <https://oaji.net/articles/2017/4924-1495548076.pdf>
- Arcaya Chagua, J. (2018). Detreminacion de la calidad fisica y fisiologica de semillas de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) de color. Universidad ÑAWPARISUN - Revista de Investigación Científica, Vol. XXX, Num. XX, (XXXX - XXXX, 2021) Nacional del Altiplano – Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8999>
- Arzapalo Quinto, D. y Huaman Condor, K. (2014). Extracción y caracterización de almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca Junin. Universidad Nacional del dentro del Peru. Recuperado <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1933/Arzapalo%20Quinto%20-%20Huaman-%20Condor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Betancur-prisco, J. C. (2014). Propiedades físicas y mecánicas de granos de *Jatropha curcas* cultivadas en Colombia Physical and mechanical properties of *Jatropha curcas* seed grown up in Colombia. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, 73, 187–199. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/430/43032606016.pdf>
- Bolo Valladares, J., Reynoso Zárate, A., Cosme De La Cruz, R. C., Arone Gaspar, G., & Calderón Mendoza, C. (15 de junio de 2020). La aplicación combinada de abonos orgánicos mejora las propiedades físicas del suelo asociado al cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). XI (3), 401-408. Obtenido de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiagrop/article/view/3058/3400>
- Bojanic, A. (2011). La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. D - FAO. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>
- Buitrago, G. V, López, A. P., Coronado, A. P., & Osorno, F. L. (2004). Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia cultivada. 102–110. Recuperado de: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XS2004250115>
- Camila, Q. (2017) El ángulo de reposo es una característica física de los granos. Arequipa, Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado en <https://es.scribd.com/document/365135961/PRACTICA-Angulo-de-Reposo>
- Castro Quintero, G. (1996). Propiedades físicas de los productos vegetales, su sentido físico y aplicaciones universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias agropecuarias, 103. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3367/87571797.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cervilla, N.S.; Mufari, J.R.; Calandri, E. y Guzmán, C.A. 2012. Propiedades físicas de semillas y análisis proximal de harinas de *Chenopodium quinoa* Willd. cosechadas en distintos años y

- provenientes de la Provincia de Salta. Facultad Regional Resistencia, Universidad Tecnológica Nacional, Resistencia, Chaco, Argentina.
- Condorhuaman, C. (2011). Secado de Granos, Pérdida de Presión en Lecho Surtidor (Universidad Nacional Mayor de San Marcos.). Retrieved from <http://www.ilustrados.com/documentos/reologia-120907.pdf>
- Chacchi, T. K. (2009). Demanda de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) a nivel industrial. Tesis de Maestría. Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1642>
- Davila, N. (2004). Estudio Experimental del Efecto de la Porosidad de Partículas sobre el Proceso de Secado en un Lecho Fluidizado a Vacío empleando Aire. UDLAP. Recuperado de: <http://caterina.udlap.mx/udla/tales/documentos/lim/davilanjr/>
- Dussán Sarria, S., Hurtado Hurtado, D. L., & Camacho Tamayo, J. H. (octubre de 2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinoa y Chontaduro. *Información Tecnológica*, XXX (5), 3-10. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v30n5/0718-0764-infotec-30-05-00003.pdf>
- Dursun, I.; Tugrul, K.M. y Dursun, E. Some physical properties of sugarbeet seed. *Journal of Stored Products Research* 2007; 43: 149–155. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022474X06000282>
- Gomez, L., & Aguilar, E. (2016). Guía de cultivo de la quinoa. 1–130. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>
- Gottau, G. (2013). Todo sobre la quinoa: propiedades, beneficios y su uso en la cocina. 2. Vitónica. Recuperado de: <https://www.vitonica.com/alimentos/todo-sobre-la-quinoa-propiedades-beneficios-y-su-uso-en-la-cocina>
- Hart, F., & Fisher, H. (1971). *Modern Food Analysis*. New York: Spring. Retrieved from: <https://pubs.acs.org/doi-abs/10.1021/ed049pA397.4>
- INIA. (2013). Quinoa INIA 420 - Negra Collana (Vol. 1). Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/23213870>
- Mamani, M. (2015). Efecto del contenido de humedad sobre el coeficiente de fricción estático y ángulo de reposo de cuatro variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivada en Puno. Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3313>
- Martínez-Martínez, H., Pérez-Lopéz, A., & Venegas-Ordoñez, M. del R. (2017). Physical-mechanical properties and impact damage computer simulation in guava (*Psidium guajava* L.). *Acta Agrícola y Pecuaria*, 3(1), 14–23. <https://doi.org/10.30973/aap/2017.3.1/3>
- Medina, W. (2000). Determinación de las propiedades físicas, mecánicas y termales de quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) variedad Blanca de Juli y Kamiri. Tesis. Universidad de Concepción. Chillán- Chile. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/383/EPG740-00740-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Miranda, M. (2015). Universidad Nacional Del Altiplano (Universidad Nacional del Altiplano). Retrieved from http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5277/Patricio_Cutipa_Doris_Chambi_Sosa_Miriam_Viky.pdf?sequence=1
- Ministerio de salud, M. de. (1996). *Tablas peruanas de composición de alimentos* (Septima ed). Lima-Peru.
- Mohsenin, N. 1986. *Physical properties of food and agricultural materials, a teaching manual*. Gordon and Breach Science Publishers, New York. 147 p.
- Moreno, A. (2013). *Catálogo de maquinaria para procesamiento de quinoa*. Lima.
- Molenda, M. and J. Horabik. 2005. *Mechanical properties of granular agro-materials and food powders for industrial practice*. Institute of Agrophysics PAS, Lublin, http://www.ipan.lublin.pl/mat_coe/mat_coe24

- .pdf. 112 p
- Mujica, A., & Jacobsen, S. (2000). Agro diversidad de las aynocas de quinua y la seguridad alimentaria.
- Ospina Machado, Julio Ernesto. Características físico mecánicas y análisis de calidad de granos. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrícolas. Departamento de Ingeniería Agrícola Bogotá: 2001; P. 225.
- Sánchez Sornoza, E. G. (2017). Diseño de un sistema de transporte neumático de dos etapas mixto para quinua con capacidad de 40 quintales hora. Trabajo de Titulación, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6959>
- Sessiz, A.; Esgici, R. y Kizil, S. (2007). Moisture-dependent physical properties of caper (*Capparis* spp.) fruit. *Journal of Food Engineering*, 79, 1426-1431. Retrieved from: http://www.researchgate.net/publication/248515058_Moisture-dependent_physical_properties_of_caper_Capparis_ssp_fruit
- Sharma, V.; Das, R.; Pradhan, S.; Naik, N.; Bhatnagar. & Kureel, R. (2011). Physical properties of tung seed: an industrial oil yielding crop. *Industrial Crops and Products*, 33(2), 440-444. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669010002761>
- Stroshine, R. and D. Hamann. 1993. Physical properties of agricultural materials and food products. Department of Food Science, North California State University, LA, California. pp.82-112.
- Quispe, L. (2015). Evaluación del potencial de rendimiento y calidad de líneas mutantes de quinua (*Chenopodium quinua* Willd.) var. Pasankalla en condiciones de la costa central. Universidad Nacional Agraria". Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/922>
- Pearson, P. (2009). Propiedades físicas de la Materia. Copyright. Obtenido de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/U1temas1.5a1.7_19118.pdf
- Ramirez, M. (2012). Evaluación de las propiedades físicas y químicas en dos variedades de quinua expandida (*Chenopodium quinua* Willd.). Universidad Nacional Del Altiplano. Recuperado de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/383>
- Rodas, R., & Rousé, P. (Agosto de 2010). Análisis Comparativo de Métodos para la Medición del Ángulo de Reposo de Suelos Granulares. IX(1), 98-106. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2010000100011
- Rosas, G. F. (2015). "Evaluación agronómica de diez variedades de quinua (*Cilenopodium Quinoa* Willd.) bajo dos sistemas de cultivo en la Unión-Leticia, Tarma" Universidad Nacional Agraria La Molina. file:///C:/Users-/Usuario/Downloads/T007198.pdf
- Rojas, Á., & Aristizábal, I. (2011). Effect of Moisture Content on Physical Properties of Vitabosa Bean (*Mucuna deeringiana*) grains. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(1), 5961-5971. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/256079944_
- Rojas Barahona, Ángel Francisco, & Aristizábal Torres, Iván Darío (2011). Efecto del Contenido de Humedad sobre Propiedades Físicas de la Semilla de Vitabosa (*Mucuna deeringiana*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 64(1), 5961-5971. [fecha de Consulta 20 de Mayo de 2022]. ISSN: 0304-2847. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179922364019>
- Ordóñez, M.; Gely, M. y Pagano, A. (2012). Estudio de las propiedades físicas y de la cinética de secado de granos de maíz colorado duro. *Avances en Ciencia e Ingeniería*, 3(3), 153- 171. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo>

o=4052717

- Velasquez, H., Buitrago, O., & Pérez, S. (2007). Studio preliminar de la resistencia mecánica a la fractura y fuerza de firmeza para fruta de uchuva (Physalis. Revista Facultad Nacional de Agronomía, 60(1), 3785–3796. Recuperado de: [https://www-redalyc.org/pdf/1799/Resumenes/Resumen_179914076011_1.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/1799/Resumenes/Resumen_179914076011_1.pdf)
- Vilche, C., Gely, M., & Santalla, E. (2003). Physical properties of quinoa seeds. Biosystems Engineering, 86(1), 59–65. [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(03\)00114-4](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00114-4)
- Yupanqui, M. Á. (2012). "Evaluación de las propiedades físicas y químicas en dos variedades de quinua expandida (Chenopodium quinoa Willd)". Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/383/EPG740-00740-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zapana-Yucra, F. (2017). Estudio comparativo de isothermas de adsorción, propiedades físicas y microestructurales de tres variedades de quinua (Chenopodium quinoa WILLD.), Cultivadas a diferentes altitudes. Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7493>
- Zapana, F. (2019). estudio de las propiedades físicas , químicas y nutricionales de insuflados de quinua (Chenopodium Quinoa Willd .), roja INIA Tesis para optar al grado de Magister en Ingeniería Agrícola con mención en Agroindustrias. Concepción. Recuperado de: <http://repositorio.udec.cl/xmlui/handle/11594/699>