



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**RELACION ENTRE ACTIVIDAD DE AGUA Y PROPIEDADES
FÍSICAS DE GRANOS DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule***

**Aellen) EN 26 ACCESIONES MEDIANTE ANÁLISIS DE
IMÁGENES.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. LUZ MILAGROS LERMA HUMPIRE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

A Dios por las bendiciones en mi vida, por guiarme a lo largo de mi camino, ser mi apoyo y fortaleza en momentos de dificultad y debilidad.

A mis amados padres Hilario Lerma Mamani que desde el cielo me resguarda y Narcisa Humpire Yana quienes con su amor, paciencia, fortaleza, sacrificio y mucho esfuerzo me supieron apoyar de manera incondicional durante todo el proceso, he sido afortunada y estoy orgullosa y privilegiada por ser su hija, son los mejores padres que pude tener.

A mis hermanos Alex, Mery, Wilson y Renato por estar conmigo en todo momento y ser ejemplo a seguir de superación, ser mi amiga y confidente, ser ejemplo de perseverancia y por las oraciones, consejos y cariño que me brindaron.

A todas las personas que me apoyaron y han hecho posible este trabajo, especialmente a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Luz M. Lerma H.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por otorgar todos los conocimientos durante mis estudios de pregrado y cumplir una de mis metas.

A mi director de tesis Ing. Roenfi Guerra Lima que con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación.

Al Dr. Wenceslao Medina por sus conocimientos, enseñanzas y apoyos incondicionales en la ejecución y culminación del presente trabajo de investigación.

A mis jurados de tesis, Dr. Luis A. Jiménez Monroy, D. Sc. Rosario E. Ortega, Ing. Juan Quispe Ccama por sus orientaciones, apoyo, consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo, infinitas gracias.

A Dr. Wilson Castro y Mg. Tony Chuquizuta de la Universidad de Toribio Rodríguez de Mendoza, por los conocimientos brindados y su apoyo incondicional.

Al Ing. Alfredo Callohuanca por proporcionarme con las muestras de cañihua para la ejecución de la tesis y al Dr. Evaristo Mamani por su apoyo incondicional y conocimientos impartidos fue posible la ejecución de la tesis.

Al Vicerrectorado de Investigación (VRI) de la Universidad Nacional del Altiplano Puno – Perú por el apoyo brindado para la ejecución del presente trabajo de investigación.

Al Subproyecto: 133-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV. Revaloración del cultivo y del potencial agroindustrial de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y su empleo en el diseño de una nueva matriz alimentaria (cañihuarroz) como alternativa en la mejora de la alimentación y nutrición de la población peruana. Por haber financiado en la ejecución de esta investigación.

A todas las personas que hicieron posible este trabajo como son mis amigos que caminaron junto a mí dándome palabras de alientos y su amor, GRACIAS A TODOS.

Luz M. Lerma H.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN..... 10

ABSTRACT..... 11

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVO GENERAL..... 15

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 15

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LA CAÑIHUA 16

2.1.1 Origen e historia de la cañihua..... 16

2.1.2 Nombres comunes..... 17

2.1.3 Descripción botánica y agronómica de la cañihua..... 17

2.1.4 Genética y biodiversidad..... 17

2.1.5 Variedades..... 18

2.1.6 Acciones..... 18

2.1.7 Característica del grano..... 18

**2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRITIVO DE CAÑIHUA
..... 19**

2.3. PRODUCCIÓN DE LA CAÑIHUA 21

2.4. ALMIDÓN EN LA CAÑIHUA 21

2.5. HUMEDAD DEL GRANO DE CAÑIHUA 22



2.6. ACTIVIDAD DE AGUA	23
2.6.1 Histéresis de las isothermas de sorción	23
2.6.2 Efecto de la temperatura en las isothermas de sorción	23
2.7. ISOTERMAS DE SORCIÓN	24
2.7.1 Clasificación de las isothermas de sorción.....	24
2.8. MODELOS MATEMÁTICOS	25
2.8.1 Modelos Gab	25
2.8.2 Modelos de Henderson.....	26
2.8.3 Modelos Halsey	27
2.8.4 Modelo Oswin.....	27
2.8.5 Modelos Peleg.....	28
2.8.6 Modelo Smith.....	29

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIA PRIMA	30
3.2. MATERIALES	31
3.3. EQUIPOS	31
3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS	32
3.5. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LAS ISOTERMAS DE SORCIÓN	33
3.6. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS	35
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	37

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RESULTADOS DE LAS ISOTERMAS DE ADSORCIÓN EN 26 ACCESIONES DE CAÑIHUA	38
4.1.1 Construcción de isothermas de adsorción.....	38
4.1.2 Isothermas de adsorción	41



4.1.3 Ajuste a los modelos matemáticos de las isothermas de adsorción	42
4.1.4 Determinación de las propiedades físicas	50
V. CONCLUSIONES.....	71
VI. RECOMENDACIONES.....	72
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	73
ANEXOS	80

Área : Ciencia y Tecnología

Línea : Propiedades físicas y estructurales

FECHA DE SUSTENTACION: 01 de febrero 2021



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de Isotermas de Sorción	25
Figura 2: Isotherma de adsorción experimental de 26 accesiones de cañihua a 13°C. 41	
Figura 3: Muestra de un grano de cañihua 03-21-218	51
Figura 4: Muestra de un grano de cañihua 03-21-27	51
Figura 5: Microfotografía Imagen frontal y lateral accesión 03-21-218.....	51
Figura 6: Microfotografía Imagen frontal y lateral accesión 03-21-27.....	52



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de valor nutritivo agroindustrial simples de 90 accesiones.....	20
Tabla 2: Resultados de análisis físicos químicos de 6 accesiones de cañihua.....	20
Tabla 3: Composición química proximal de tres cultivares de cañihua	21
Tabla 4: Componentes de granos de cañihua en diferentes estados	23
Tabla 5: Parámetros estimados del modelo GAB para diversos productos alimenticios	26
Tabla 6: Parámetros estimados del modelo Henderson para diversos productos alimenticios	27
Tabla 7: Parámetros estimados del modelo Oswin para diversos productos alimenticios	28
Tabla 8: Parámetros estimados del modelo Peleg para diversos productos alimenticios	28
Tabla 9: Parámetros estimados del modelo Peleg para diversos productos alimenticios.	29
Tabla 10: Identificación y localización geográfica de las accesiones de cañihua.	30
Tabla 11: Sales con su respectiva actividad de agua	33
Tabla 12: Modelos matemáticos de isotermas empleados al establecer los datos de humedad de equilibrio para 26 accesiones de cañihua.....	34
Tabla 13: Datos experimentales de equilibrio de agua en 26 accesiones de cañihua a 13°C.....	39
Tabla 14: Ajuste de datos experimentales, obtenidos para las isotermas de sorción de granos de cañihua.	43
Tabla 15: Ajuste de datos experimentales en la ecuación de Oswin	45
Tabla 16: Ajuste de datos experimentales en la ecuación de Henderson	46
Tabla 17: Ajuste de datos experimentales en la ecuación de Halsey.....	47
Tabla 18: Ajuste de datos experimentales en la ecuación de Peleg.....	48
Tabla 19: Ajuste de datos experimentales en la ecuación de Smith	49
Tabla 20: Resultados del diámetro en los granos de cañihua (menor a mayor)	52
Tabla 21: Resultados de la forma – esfericidad de los granos de cañihua (menor a mayor)	62
Tabla 22: Resultados del color en granos de cañihua	64



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

X_m	: Humedad de monocapa.
R^2	: Coeficiente de correlación de Pearson.
a_w	: Actividad de agua.
X_{eq}	: Humedad de equilibrio.
g	: Gramo.
ms	: Masa seca
n	: Constante de Henderson.
mm	: Milímetro.
μm	: Micrómetros.
$\%E$: Porcentaje de error.
$^{\circ}C$: Grados Celsius.
T	: Temperatura.
D_g	: Diámetro Medio Geométrico
L	: Largo
W	: Ancho
T	: Espesor
P_0	: Presión de vapor de agua.
P	: Presión parcial de vapor de agua de la muestra.
m	: Contenido de humedad de la monocapa (% en base seca).
C	: Constante cinética relacionada a la sorción en la primera capa.



RESUMEN

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), es un grano andino que durante años ha tenido importancia en la alimentación de la población andina, considerado como alimento nutracéutico y funcional. El propósito de este trabajo fue determinar la relación entre actividad de agua y las propiedades físicas (forma, tamaño y color) de granos de cañihua en 26 accesiones mediante análisis de imágenes, ajustar las isotermas de adsorción a los modelos matemáticos de Gab, Oswin, Henderson, Peleg, Smith, Halsey y determinar cuál de los modelos da un ajuste de regresión no lineal. Las muestras se acondicionaron con una temperatura constante 13°C, se ajustó a los modelos matemáticos para posteriormente realizar la adquisición de imágenes, la obtención de las propiedades físicas se realizó con el software Photoshop CS6 y Matlab R2016; seguidamente se realizó el análisis estadístico mediante Statgraphics; resultando que las isotermas de adsorción obtenidas son del tipo II, existiendo mayor capacidad de adsorción en la accesión 03-21-196 siendo la menos estable por captar mayor humedad; la calidad de ajuste se realizó en un rango de A_w 0.112-0.976 se consideraron los valores de R^2 y %E, siendo el modelo Peleg quien tuvo un mejor ajuste para las 26 accesiones de los granos de cañihua en su totalidad con un R^2 de 0.9924 y un %E de 0.9882, las características físicas son estrelladas con cinco esquinas, el tamaño aumento a medida que la actividad de agua fue incrementando por la adsorción a causa del almidón presente en la cañihua, existiendo una relación directa con la actividad de agua; el color evaluado en coordenadas colorimétricas CieLab resulto con variaciones al disminuir tonalidades de luminosidad en todas las muestras. Por lo tanto la investigación concluye, que los valores de capacidad de adsorción con el modelo Peleg se ubicaron entre 0.3275 a 1.2879 (g/g db)⁻¹ el cual predice adecuadamente el contenido de humedad en las 26 accesiones de granos de cañihua, así mismo se caracterizó estos granos para su análisis de la calidad.

Palabras Clave: Cañihua, accesión, actividad de agua, propiedades físicas, análisis de imágenes.



ABSTRACT

Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) is an andean grain that has been important in the andean population feeding for long time, considered as a nutraceutical and functional food. The purpose of this research was to determine the relationship between water activity and the physical properties (shape, size and color) of the cañihua grains in 26 accessions through image analysis, to adjust the adsorption isotherms to the mathematical models of Gab, Oswin, Henderson, Peleg, Smith, Halsey and determine which of the models gives a non-linear regression adjustment. The samples were conditioned with a constant temperature of 13 °C, it was adjusted to mathematical models for performing images acquisition later, the Photoshop CS6 and Matlab R2016 software was used to get the physical properties; then, the statistical analysis was performed using Statgraphics resulting that the adsorption isotherms obtained were type II, with a greater adsorption capacity in the 03-21-196 accession and being the least stable because it retains more humidity. The quality of adjustment was performed in a range of A_w 0.112-0.976, the values of R^2 and %E were considered, being the Peleg model that had a better adjustment for the 26 accessions of cañihua grains in total with an R^2 of 0.9924 and a %E of 0.9882, the physical characteristics are the five corners star-shaped ones, the size increased as the water activity increased due to the adsorption of starch present in cañihua, existing a direct relationship with water activity; the colour evaluated in CieLab colorimetric coordinates resulted in variations when luminosity tonalities decreased in all samples. Therefore, the research concludes that the adsorption capacity values with the Peleg model were located between 0.3275 to 1.2879 $(g/g db)^{-1}$ which predicts adequately the humidity contained in the 26 accessions of cañihua grains; thus, these grains were characterized for their quality analysis.

Key Words: Cañihua, accretion, water activity, physical properties, image processing.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es un grano andino que ha traído mucho interés en los últimos años por su excelente perfil de nutrientes. Además de ser una fuente de energía debido a su alto contenido de almidón (Repo-Carrasco *et al.*, 2010). Es un alimento versátil y energético de considerable valor alimenticio y nutritivo para el consumo humano, siendo ampliamente utilizado en forma de fideos, harina, barras energéticas y chips; además no contiene saponinas como posee la quinua. (Callohuanca, 2014).

Es de mucha importancia la agroindustrialización de la cañihua como una alternativa de desarrollo para productores que vienen cultivando en pequeñas parcelas, por lo que es vital que su producción sea incorporada a la agroindustria local, a su vez el cultivo de la cañihua es menos riesgoso, porque está adaptada a duras condiciones climáticas, suelo pobre y producido con una mínima inversión de recursos económicos y humanos (Zapana, 2010); así mismo Mosquera (2010), afirma que los grandes problemas de estos productos es su conservación durante la comercialización, almacenamiento o procesamiento.

Por tal razón la caracterización como cualquier otra actividad tiene sus herramientas y procesos, en este caso el descriptor. La diferencia de la caracterización *ex situ* de la *in situ* es por el uso del descriptor; mientras uno es universal y técnico, el otro es local y responde a la necesidad utilitaria del agricultor, sin embargo, ambos tratan de diferenciar accesiones y utilizan características agronómicas, morfológicas además son importantes, los dos son científicos (Sevilla, 2006).

Al caracterizar, se conoce el comportamiento de ese cultivo, si son homogéneos o heterogéneos, tanto en las variables cualitativas como cuantitativas; y así disponer de riqueza genética para que puedan utilizarse en procesos de mejora genética, para valorar, potenciar su uso y protección. (Sevilla, 2006).

Actualmente las propiedades de sorción y físicas de este grano andino poco se conocen, esto conlleva muchas veces a originar problemas tanto en el aspecto técnico de



producción y manejo poscosecha del grano, así como en el aspecto económico, dada la gran variabilidad genética que estos muestran en los diferentes medios ecológicos.

La actividad de agua (a_w) es un parámetro que indica la disponibilidad de agua en un alimento para que existan reacciones químicas, bioquímicas (oxidación de lípidos, reacciones enzimáticas, reacción de Maillard) y desarrollo microbiano. Por esto la actividad de agua es un parámetro importante como indicador para predecir la vida útil (Comaposada, 2000).

Las isotermas de sorción de agua permiten obtener información relacionada con la cantidad de agua ligada a la matriz del alimento, además de determinar el contenido de humedad de la capa monomolecular, y la fuerza con que está ligada esa agua, ya que posibilitan el cálculo de las entalpías de adsorción-desorción; pero además, desde un punto de vista práctico, existen cuatro campos concretos de aplicación de las isotermas relacionados con el procesado de alimentos, como son el secado, mezclado, envasado y almacenamiento (Martinez, 1999). La isoterma de un producto relaciona gráficamente, a una temperatura constante, el contenido en humedad de equilibrio de un producto con la actividad termodinámica del agua del mismo, ya que en el equilibrio, este último parámetro es igual a la humedad relativa del aire que rodea al producto (Zhang *et al.*, 1996).

Las isotermas de sorción pueden constituirse experimentalmente y se puede ajustar a modelos matemáticos para predecir las humedades de almacenamiento de los granos de quinua (Emanuel, 2014).

La capacidad de sorción de agua en los granos andinos como la cañihua son primordiales en el proceso de diseño de maquinarias, estructuras de almacenamiento, sistemas de transporte y el diseño de empaque para cada variedad, el conocimiento de la ganancia o pérdida de agua de un alimento en función a la humedad relativa es de vital importancia en diversas etapas de la cadena de consumo, esta característica es específica para cada tipo de alimento y se puede encontrar en forma experimental, la actividad de agua (a_w) de un alimento es una característica dependiente de la temperatura (Moreira, 2008).

El propósito de la determinación de las isotermas de adsorción es prolongar la estabilidad mediante el control en la pérdida o ganancia de humedad en peso para la reducción de las reacciones químicas, bioquímicas y microbiológicas, para lo cual es



fundamental conocer el efecto de la actividad de agua y el contenido de la misma para cada alimento, ya que cada producto tiene una isoterma característica, contribuyendo además el potencial de conservación, calidad, seguridad y estabilidad de los alimentos.

La caracterización morfológica de accesiones, híbridos y variedades cultivadas benefician tanto al mejorador de plantas y productor de granos como al agricultor y al comerciante del producto final. Una descripción precisa permite que el agricultor y el comerciante adquieran una variedad específica o que el productor de granos genere un resultado que reúna un estándar aceptable de calidad y pureza (Dominguez, 2006).

Según lo anterior se ha visto la necesidad de realizar el trabajo de investigación motivado sobre el problema de la baja demanda de granos de cañihua esto puede ser atribuido al desconocimiento de las características físicas, por lo que en esta investigación se pretende encontrar atributos de interés para la agroindustria a través de las características físicas de tal manera se puede aprovechar un producto cuyas propiedades se desconocen.

Este estudio pretende orientar la explotación de la variabilidad natural del grano andino, expresada en sus diversas accesiones (forma, tamaño y color); este hecho y el incremento de la demanda por nuevos productos, ofrecen una oportunidad para que este grano andino pueda ser usada en la elaboración de productos diferenciados, lo que contribuirá a ampliar su cultivo, comercialización y consumo; a la vez fomentar su valorización en general.

Teniendo en cuenta todo lo anterior y ratificando la idea que el camino hacia la investigación a través de la caracterización de sus propiedades físicas, constituye la ruta más importante para asegurar procesos productivos eficientes y sustentables aprovechando el potencial agroindustrial del grano andino la cañihua, por lo tanto el conocimiento de estas propiedades cobra importancia.



1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la relación entre actividad de agua y las propiedades físicas de granos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.) en 26 accesiones mediante análisis de imágenes.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la relación entre actividad de agua con la forma de los granos de cañihua.

Determinar la relación entre actividad de agua con el tamaño de los granos de cañihua.

Determinar la relación entre actividad de agua con el color de los granos de cañihua.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LA CAÑIHUA

Es una planta herbácea anual de 0,2 a 0,7 m de altura con granos de 1,0 – 1,2 mm de longitud (NRC, 1989) de color rojo, amarillo o verde (FAO, 2000); así mismo Tapia, (1979) menciona que la semilla tiene forma lenticular o cónico de 1 a 1,2 mm de diámetro de color castaño o negro, con el epispermo muy fino. La cañihua se cultiva principalmente en las parcelas del altiplano, principalmente por familias para el consumo propio, mayormente como cañihuaco (harina de cañihua tostada) (Repo-Carrasco *et al.*, 2009).

El embrión es curvo y periforme, el epispermo muy fino y punteado de color negro, castaño o castaño claro. Los granos no presentan dormancia, pueden germinar inmediatamente después de haber secado. Tiene maduración progresiva, por lo que se produce pérdida por deshincencia durante la maduración, por esta característica algunos autores consideran a la cañihua como una especie aun no completada su domesticación. (Simmonds, 1966; Mujica, 1994).

2.1.1 Origen e historia de la cañihua

La cañihua es originaria de los andes del sur del Perú y Norte de Bolivia, fue domesticada por los pobladores de la cultura Tiahuanaco, asentados en la meseta de Collao. No se ha encontrado vestigios arqueológicos relacionados con esta planta, y la deshincencia que aun presentan los granos, sugiere que su domesticación no está completa (Mujica, 1992).

Es una planta anual que pertenece a la misma familia que la quinua *Chenopodiaceae* se parece a este cultivo y se le ha confundido mucho tiempo con esta planta hasta que Aellen lo clasifico en 1929 como una especie propia (Mujica *et al.*, 2002).

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) se llega a desarrollar hasta en alturas de 4800 m.s.n.m. debido fundamentalmente a su alta resistencia a las bajas temperaturas y precocidad de desarrollo (Repo-Carrasco *et al.*, 2010).



2.1.2 Nombres comunes

La Cañihua tiene una gran variedad de nombres locales dependiendo de la región (Apaza, 2010). Algunos de los nombres por los cuales se le conoce son:

- **En Perú:** “kañiwa”.
- **En Bolivia:** “Cañahua”.
- **Quechua:** “kañiwa”, “kañawa”, “kañahua”, “kañagua”, “quitacañigua”, “ayara”, “cuchiquina”.
- **Aymará:** “iswallahupa”, “aharahupa”, “aara”, “ajara”, “cañawa”, “kañawa”.
- **Español:** “cañihua”, “cañigua”, “cañahua”, “cañagua”, “kañiwa”
- **Inglés:** “kaniwa”, “canihua”.

2.1.3 Descripción botánica y agronómica de la cañihua

La cañihua es una planta anual herbácea, muy ramificada desde la base, de una altura que puede variar entre 20 y 70cm, el periodo vegetativo varía entre 140 a 180 días. En las primeras etapas de su fase fenológica son de coloración verde, ya en la fase fenológica de formación de grano y maduración cambia a diversos colores tanto el tallo como las hojas según la variedad; su ovario es blanquecino y coloreado, cubierto por el perigonio de color generalmente gris y de pericarpio muy fino y translucido (Rodríguez, 2016).

2.1.4 Genética y biodiversidad

La cañihua es una planta terofita herbácea de porte bajo de 20 a 80 cm de alto, erguida o ramificada, cuyo fruto es un aquenio más pequeño que la quinua, cubierto de un perigonio y con ausencia de saponina, de forma lenticular de 1 a 1,2 mm (Tapia M. , 2000).

Tapia (1979), estudio la coloración rojo y verde de la planta, así como el color negro y castaño de la semilla y encontró que la planta roja y el grano negro eran dominantes, controlados por un sistema genético simple.

En la evaluación de la colección de germoplasma de cañihua de la Universidad Nacional del Altiplano Puno (Calle, 1979) encontró que estas se pueden ordenar en 32 grupos.



Mujica (1994), menciona que el diámetro de los granos es de aprox. 1 mm – 1,2 mm de diámetro, la mitad del tamaño de los granos de quinua, y su color varia de amarillo, naranja y marrón a negro, el embrión es curvo y periforme, el epispermo muy fino y punteado de color negro, castaño o castaño claro. El grano de cañihua no contiene saponina y no es amarga.

2.1.5 Variedades

Una variedad de cañihua es definida como un grupo de plantas similares que debido a sus características morfológicas y comportamiento, se puede diferenciar de otras variedades dentro de la misma especie (Apaza, 2010).

Especialmente INIA ha estado trabajando en el mejoramiento de esta especie, utilizando métodos de mejoramiento convencional de selección masal y otros. Como la cañihua es una planta con una tasa de autofecundación entre 64% y 89% y la tasa estimada de fecundación cruzada entre 20% y 36%, hace difícil la tarea de obtención de variedades (Mujica *et al.*, 2002).

Sin embargo, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA Actual), ha realizado esfuerzos y aportes importantes en la obtención de variedades de cañihua a través de los métodos de selección individual y estudios de estabilidad de rendimiento; logrando obtener las variedades Cupi, Ramis e Illpa INIA 406 (Apaza, 2010).

2.1.6 Acciones

INIA-Puno (Instituto Nacional de Investigación Agraria) ha logrado recolectar 374 accesiones de cañihua (INIA-Puno, 2008).

2.1.7 Característica del grano

a. Forma del grano

- sub cilíndrico
- Cónico
- Sub lenticular
- Sub cónico
- Sub elipsoidal

b. Borde del grano

- Afilado



- Redondeado

c. Color del perigonio

- Amarillo claro
- Amarillo
- Verde amarillento
- Verde agua
- Verde claro
- Verde oscuro
- Crema suave
- Crema oscuro
- Canela
- Rosado claro
- Rosado
- Rosado oscuro
- Dorado
- Anaranjado
- Rojo
- Café amarillento
- Café claro
- Café oscuro
- Café rojizo
- Purpura pálido
- Purpura
- Morado
- Gris
- Negro

2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRITIVO DE CAÑIHUA

La cañihua presenta un elevado contenido de proteínas (15 – 19 %) con un balance de aminoácidos de primera línea, siendo particularmente rica en lisina (5-6 %), isoleucina y triptófano (Repo-Carrasco *et al.*, 2008), así mismo es rica en micronutrientes como hierro y calcio (Repo-Carrasco *et al.*, 2009).

El grano de cañihua al igual que la quinua y la kiwicha, presenta una proporción importante de aminoácidos azufrados (Mujica *et al.*, 2002), sin embargo el rango de constituyentes químicos de los granos andinos varía de acuerdo a la variedad (Repo-Carrasco *et al.*, 2003).

Tabla 1: Características de valor nutritivo agroindustrial simples de 90 accesiones de cañihua

COMPONENTE	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA
Proteína (%)	12,76	19,00	16,12
Grasa (%)	2,11	14,50	7,46
Fibra (%)	5,45	11,12	8,41
Ceniza (%)	3,12	5,77	4,29
Carbohidratos (%)	45,72	67,70	56,91
Humedad (%)	4,68	14,70	10,37
Energía (Kcal/100g)	324,54	396,42	358,92
Granulo almidón (u)	5,50	38,0	18,98
Azúcar invertido (%)	5,00	35,00	15,33
Agua empaste (%)	9,00	39,00	20,18

FUENTE: Rojas *et al.*, 2008

Tabla 2: Resultados de análisis físicos químicos de 6 accesiones de cañihua.

Clave de accesión	% materia seca	% humedad	% ceniza	% proteína	% grasa
27	91.27	8.75	3.77	15.58	7.23
196	91.04	8.96	4.27	14.98	7.23
146	91.41	8.59	4.04	14.58	7.50
218	90.20	9.20	4.48	14.78	7.80
204	91.02	8.98	4.40	14.58	7.46
7	90.94	9.06	3.82	15.78	7.56

FUENTE: Callohuanca, 2014

En cuanto a la amplia variación en la composición química de la cañihua, FAO (2000) considera que se debe a la variedad genética, edad de maduración de la planta, localización del cultivo y la fertilidad del suelo.



Tabla 3: Composición química proximal de tres cultivares de cañihua

Determinaciones	variedad Cupi	variedad Ramis	variedad Illpa INIA 406
Humedad (%)	8.45	7.73	8.36
Proteína (Nx6.25)%	13.48	13.1	13.82
Fibra (%)	10.28	10	11
Ceniza (%)	4.1	4.08	4.16
Grasa (%)	3.88	3.9	3.92
Extracto Libre de Nitrógeno (%)	59.81	61.19	58.74
Energía (Kcal/100g)	325.36	329.65	322.68

FUENTE: Laboratorio, EEA-Illpa, Puno. Apaza (2010).

2.3. PRODUCCIÓN DE LA CAÑIHUA

En nuestro país, la producción de cañihua se encuentra principalmente en el departamento de Puno, donde se cultiva anualmente 5.638 y 5,594 hectáreas según datos del MINAG (2013).

La región Puno es el principal productor de cañihua en el Perú, que según estadísticas agrarias, concentra más de 96% de la producción nacional, le sigue Cusco con más de 3% del volumen de producción y Arequipa con un 0.16% de producción.

En el Perú la zona de mayor producción de Quinoa y Cañihua es el departamento de Puno, según MINAGRI (2015), la producción de Cañihua supero las 3,750 toneladas en el año 2013.

2.4. ALMIDÓN EN LA CAÑIHUA

El almidón, por sus características nutricionales y sus múltiples aplicaciones en la industria alimentaria, es el carbohidrato más importante, además de su relevancia en el comercio (Cobana, 2007).

El almidón es el componente principal cuantitativamente hablando en granos, es una sustancia glucídica, compuesta aproximadamente de 25 % de amilosa (cadena lineal de unidades de glucosa) y 75 % de amilopectina (cadena múltiple estructurada por unidades de glucosa) (Basurco & Mora, 2005).



Los principales componentes del almidón son la amilosa y la amilopectina; estos polímeros son muy diferentes en su forma estructural; la amilosa tiene una estructura lineal, mientras que la amilopectina es ramificada. El almidón está constituido por unidades de D-glucosa (98-99%) (Aguilar, 2007).

El tamaño y forma de los gránulos depende de la estructura de la amilopectina. Los gránulos alargados tienen amilopectina con pocas ramificaciones pero largas, y gránulos pequeños y esféricos con mayor número de ramificaciones y cadenas cortas (Jane *et al.*, 1999)

La diferencia del tamaño de los gránulos puede deberse a que las condiciones de crecimiento (siembra) del producto pueden afectar las propiedades físicas de los almidones; por ejemplo, si la temperatura del suelo aumenta, la temperatura de gelatinización y el tamaño promedio del gránulo pueden variar (Moorthy, 2004).

2.5. HUMEDAD DEL GRANO DE CAÑIHUA

Los granos de cañihua tienen una humedad no mayor a 10%, es decir, tiene en promedio entre 8 a 9%, Apaza (2010), confirma este dato al indicar que la humedad del grano es alrededor de 8%, que es importante en el almacenamiento y conservación del grano, lo que posibilita tener siempre en stock para el consumo, transformación en diferentes productos, así como para las épocas de baja o nula producción (Mujica *et al.*, 2002).

El agua en los alimentos influyen en su estabilidad, cuanto más alta es el contenido de humedad de un alimento mayor será su inestabilidad, así las verduras, las hortalizas requerirán refrigeración para su conservación, por el contrario los alimentos con baja humedad como la cañihua son estables a temperatura ambiente, por esta razón los productores pueden almacenar el grano por varios años.

Tabla 4: Componentes de granos de cañihua en diferentes estados

Componente	cañihua amarilla	cañihua gris	cañihua parda	hojuelas de cañihua
energía Kcal	340	344	340	379
humedad %	13	12.4	12.2	8.1
proteína g	14.3	14	13.8	17.6
grasa g	5	4.5	3.5	8.3
carbohidratos g	62.8	64	65.2	61.7
fibra g	9.4	9.8	10.2	11
ceniza g	5.9	5.1	5.3	4.3
calcio mg	87	110	141	171

FUENTE: Mujica *et al.*, 2002

2.6. ACTIVIDAD DE AGUA

La actividad de agua es la relación entre la presión de vapor del agua en un sistema a la presión de vapor de agua pura a la misma temperatura, o la humedad relativo en equilibrio (ERH) del aire que rodea el sistema a la misma temperatura. (Shafiur Rahman, 2009).

2.6.1 Histéresis de las isotermas de sorción

El termino histéresis describe el fenómeno en que los pasos de adsorción y desorción de una isoterma son diferentes, teniendo implicaciones tales como la irreversibilidad de los procesos de adsorción y puede ser considerado como un mecanismo de protección frente a la atmosfera seca, daños y quemaduras por congelación. Normalmente la isoterma de desorción está por encima de la adsorción para un mismo valor de actividad de agua (Ibarz *et al.*, 2000).

2.6.2 Efecto de la temperatura en las isotermas de sorción

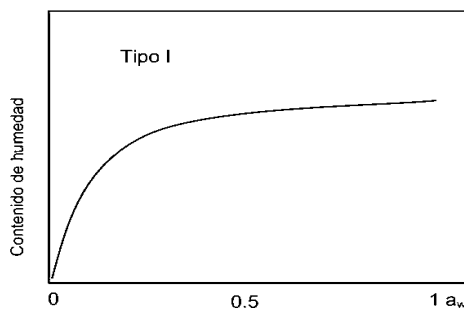
Las propiedades de sorción de alimentos se ven afectados por la composición, las condiciones de procesamiento, la temperatura, la presión y humedad relativa. La influencia de estos efectos tiene gran importancia en el procesamiento de los alimentos (Labuza & Altunakar, 2007).

La temperatura afecta la movilidad de las moléculas de agua y el equilibrio dinámico entre la fase de vapor y la fase adsorbida. Si la actividad de agua se mantiene constante un aumento en la temperatura ocasiona una disminución en la cantidad de agua adsorbida; un incremento de temperatura ocasiona un incremento de A_w para un mismo contenido de humedad (Huarachi, 1999).

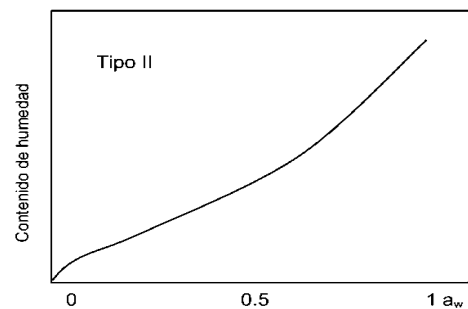
2.7. ISOTERMAS DE SORCIÓN

2.7.1 Clasificación de las isotermas de sorción

Brunauer (1940); Toth (2002), clasifican las isotermas de sorción según su forma y proceso, estableciendo cinco tipos diferentes; como se muestra en la Figura 1, **Tipo 1:** presentan un aumento característico de la actividad del agua en relación con el aumento del contenido de humedad; la primera derivada de esta gráfica aumenta con el contenido de humedad y las curvas son convexas hacia arriba. Este tipo de isoterma de sorción es típicamente aplicable en el proceso de llenar la capa monomolecular de agua en la superficie interna de un material. **Tipo 2:** isotermas de sorción sigmoidales, en las que las curvas son cóncavas hacia arriba; toma en cuenta la existencia de multicapas en la superficie interna de un material. **Tipo 3:** conocida como la isoterma de Flory-Huggins, representa un disolvente o plastificante como el glicerol por encima de la temperatura de transición vítrea. **Tipo 4:** describe la adsorción de un sólido hidrófilo hinchable hasta que se alcanza una hidratación máxima del sitio. **Tipo 5:** la isoterma de adsorción multicapa Brunauer-Emmett-Teller (BET), es la que se observa en la adsorción de vapor de agua sobre carbón y está relacionada con las isotermas tipo 2 y 3. Las dos isotermas encontradas con más frecuencia en los productos alimenticios son los tipos 2 y 4 (Blahovec, 2009).



(a)



(b)

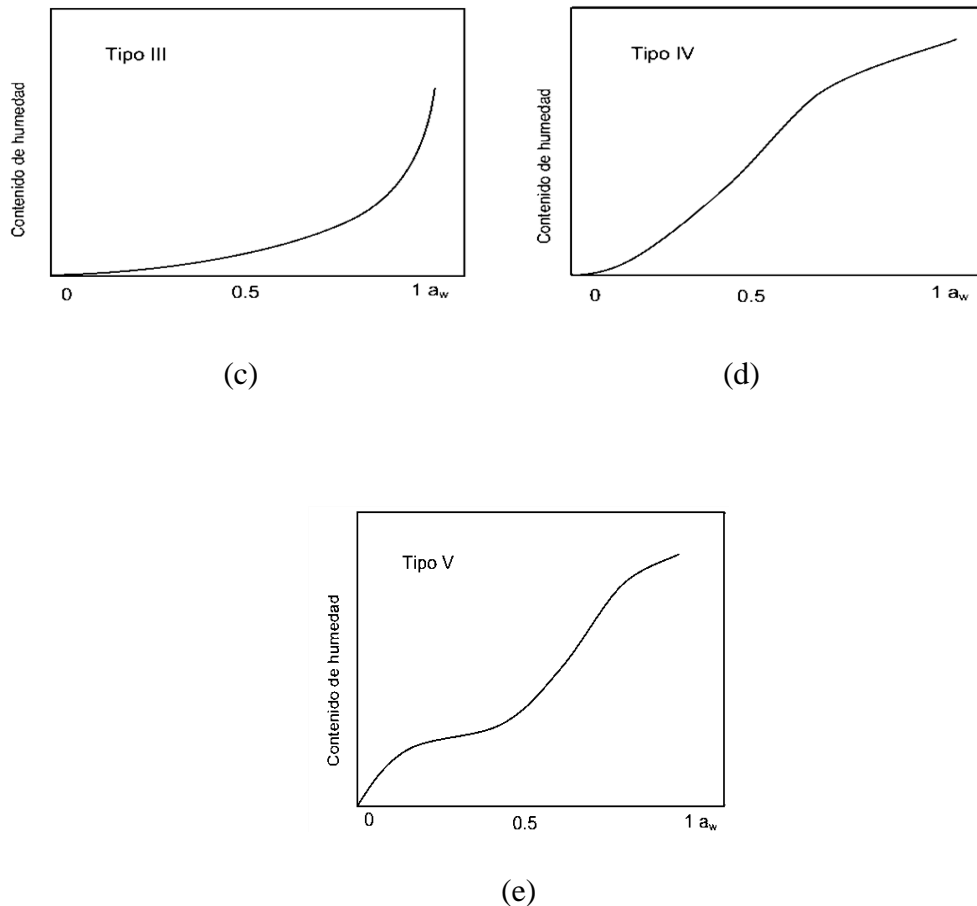


Figura 1: Tipos de Isotermas de Sorción

Isotermas de adsorción de Vander Waals, (a) tipo I, (b) tipo II (c) tipo III, (d) tipo IV, (e) tipo V. (Mathlouthi & Roge, 2003).

2.8. MODELOS MATEMÁTICOS

2.8.1 Modelos Gab

Van den Berg (1985) modificó la ecuación BET asumiendo que el calor de adsorción en el segundo a novena capa es menor que el calor de licuefacción. La ecuación de Anderson fue luego derivada cinética y estadísticamente por (Guggenheim, 1966); el modelo describe el comportamiento de sorción en una amplia gama de a_w (0 - 0,9). Por lo tanto, fue encontrado ser adecuado para analizar diversos productos alimenticios, como se muestra en la **Tabla 5**. El modelo de GAB se expresa en la ecuación:

$$m = \frac{m_0 C k a_w}{[(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)]} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde m_0 es el contenido de agua en la monocapa, C y k son constantes de adsorción, que están relacionadas con las energías de interacción entre la primera y las

moléculas adsorbidas adicionales en los sitios de sorción individual. Se pueden expresar teóricamente como se expresa en la ecuación 2 y la ecuación 3.

$$C = c_0 \exp\left(\frac{H_0 - H_n}{RT}\right) \quad \text{Ecuación 2.}$$

$$K = k_0 \exp\left(\frac{H_n - H_l}{RT}\right) \quad \text{Ecuación 3.}$$

Donde C_0 y k_0 son factores de alojamiento entrópico; H_0 , H_n y H_l son las sorción molar entalpías de la monocapa, las multicapas en la parte superior de la monocapa y el líquido a granel, respectivamente. R es la constante de gas ideal y T es la temperatura absoluta.

Tabla 5: Parámetros estimados del modelo GAB para diversos productos alimenticios

Producto	Temperatura (°C)	X_m	k	c	Error (%)	Referencia
Amaranto	25	0,102	0,81	16,8	4,7	(Calzetta Resio, Aguerre, & Suarez, 1999)
Maíz	24	10,1	0.69	24,3	4,5	(Aguerre, Viollaz, & Suarez, 1996)
Quinoa	20	8,67	0,70	15,30	0,43	(Tolaba, Peltzer, M., Enriquez, N., & Pollio, M.L., 2004)
Arroz	25	11,0	0,58	19,2	2,04	(Timmermann, Chirife, J., & Iglesias, H. A., 2001)
Sorgo	37,8	8,2	0,72	23,4	1,9	(Aguerre, Viollaz, & Suarez, 1996)

2.8.2 Modelos de Henderson

El modelo de Henderson (1952), es un modelo empírico y es uno de los más empleados, que describe el comportamiento de alimentos tales como granos, cereales y frutas (Tabla 6) en amplio rango de actividad agua (0,10 a 0,75). La ecuación es expresada como:

$$m = \left[-\frac{\ln(1 - a_w)}{C} \right]^{1/n} \quad \text{Ecuación 4.}$$

Dónde C y n son constantes de cada alimento.

Tabla 6: Parámetros estimados del modelo Henderson para diversos productos alimenticios

Producto	T. (°C)	a_w	C	n
Maíz	25	0,10-0,85	$1,59 \times 10^{-6}$	2,68
Sorgo	21	0,10-0,85	$3,40 \times 10^{-6}$	1,52
Semillas de tomate	30	0,10-0,85	$4,064 \times 10^{-4}$	2,291
Soya	25	0,10-0,85	$3,20 \times 10^{-5}$	1,52
Trigo	32	0,10-0,85	$5,59 \times 10^{-7}$	3,03

Fuente: Henderson (1952); Sogi et al. (2003)

2.8.3 Modelos Halsey

Desarrolló un método en base al de B.E.T., es muy versátil y se ajusta muy bien entre 0,1 a 0,8 de a_w . Esta ecuación describe el comportamiento de los productos alimenticios que contienen almidón. (Halsey, 1948).

Este modelo se presenta de la siguiente manera.

$$m = \left[-\frac{A}{\ln a_w} \right]^{1/B} \quad \text{Ecuación 5.}$$

Donde:

m = Contenido de humedad (g/100 g m.s.)

a_w = Actividad de agua

A y B = Parámetros característicos del producto.

2.8.4 Modelo Oswin

Es un modelo empírico que presenta una ecuación de curvas en forma sigmoidea y fue desarrollado por (Oswin, 1946). La ecuación es la siguiente:

$$m = A \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right)^B \quad \text{Ecuación 6.}$$

Donde A y B son constantes, (Boquet, 1978) afirmó que la ecuación de Oswin es aplicable a alimentos ricos en proteínas y almidones (Tabla 7).

Tabla 7: Parámetros estimados del modelo Oswin para diversos productos alimenticios

Producto	T. (°C)	a_w	A	B	Error (%)
Papa	40	0,054-0,88	0,43	8,2	4,13
Menta	5	0,10-0,80	0,4127	11,553	2,34
Harina de soya	25	0,10-0,80	0,6406	3,149	3,36
Concentrado de proteína	21	0,08-0,80	0,4437	11,544	3,16
Ruibarbo	10	0,10-0,80	0,7160	9,108	1,90

Fuente: Iglesias (1976); Wang (1991).

2.8.5 Modelos Peleg

Desarrolló una ecuación semiempírica de cuatro parámetros para describir la isoterma de sorción sigmoidea, asumiendo el modo en que el agua es adsorbida por el sólido. Por lo tanto, se asumió que la forma sigmoidea de la línea surge de la suma de dos parábolas (con ejes horizontales y verticales, respectivamente) (Peleg, 1993). Por lo tanto, propuso la siguiente ecuación:

$$m = Aa_w^B + Ca_w^D \quad \text{Ecuación 7.}$$

Donde A, B, C y D son constantes y $B < 1$ y $D > 1$. Se demostró por Peleg (1993) y Lewicki (1998) que la ecuación 7 da un mejor ajuste que el modelo GAB. El análisis de (Lewicki, 1998) mostró que la ecuación de GAB rindió 26.3% mientras que la ecuación de Peleg dio 50.3%. Los parámetros de la ecuación de Peleg se recogen en la Tabla 8.

Tabla 8: Parámetros estimados del modelo Peleg para diversos productos alimenticios

Producto	a_w	A	B	C	D	Error (%)
Arroz	0,11-0,98	16,10	0,7497	133,52	20,04	<10
Soya	0,11-0,98	14,51	0,6954	54,83	13,57	<10
Almidón de papa	0,11-0,98	20,9	0,70	16,3	5,5	0,05
Almidón de papa	0,11-0,90	20,79	0,6937	16,32	5,51	<10
Harina de trigo	0,11-0,98	20,14	10,562	133,62	20,29	<10

Fuente: Lewicki (1998); Shafiur Rahman (2009).



2.8.6 Modelo Smith

Desarrolló un modelo matemático empírico para describir la curva de isoterma de sorción de agua de biopolímeros de alto peso molecular (Smith, 1947). Esta isoterma da como resultado una curva sigmoidea.

$$m = A + B \ln(1 - a_w) \quad \text{Ecuación 8.}$$

Donde A es la cantidad de agua en la primera fracción adsorbida y B es la cantidad de agua en la fracción de humedad multicapa. En la Tabla 9, se presenta los parámetros de la ecuación de Smith para diversos alimentos.

Tabla 9: Parámetros estimados del modelo Peleg para diversos productos alimenticios.

Producto	T° (°C)	a _w	A	B
Soya	20	0,30-0,95	-0,03	13,811
Almidón	20	0,33-0,95	9,890	6,450
Almidón	30	0,33-0,95	9,127	6,297

Fuente: Lang & Steinberg (1981).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIA PRIMA

Los granos de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.) en las 26 accesiones, se extrajeron del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional del Altiplano ubicado en Camacani, las muestras de cañihua se encuentran registradas y certificadas de acuerdo a sus características genéticas.

Tabla 10: Identificación y localización geográfica de las accesiones de cañihua.

N°	Nombre de la Colección	Claves de Accesoión	Representación*	NOMBRE DEL BANCO	DIVISIÓN POLÍTICA		
					PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD
1	PUN-0064	03-21-64	A	UNA-032164			Mucra
2	PUN-0117	03-21-117	B	UNA-0321117	Melgar	Ayaviri	San Juan de Chuquib
3	PUN-0124	03-21-124	C	UNA-0321124	Melgar	Ayaviri	San Juan de Chuquib
4	PUN-0130	03-21-130	D	UNA-0321130	Melgar	Ayaviri	San Juan de Chuquib
5	PUN-0218	03-21-218	E	UNA-0321218	Azángaro	Asillo	Alpacaqui
6	PUN-0230	03-21-230	F	UNA-0321230	Azángaro	Asillo	Triunfo
7	PUN-0231	03-21-231	G	UNA-0321231	Azángaro	Asillo	Triunfo
8	PUN-0246	03-21-246	H	UNA-0321246	Puno	Puno	Puno
9	PUN-0267	03-21-267	I	UNA-0321267	Puno	Puno	Puno
10	PUN-0296	03-21-296	J	UNA-0321296	Melgar	Ayaviri	Ayaviri
11	PUN-0301	03-21-301	K	UNA-0321301	Melgar	Ayaviri	Ayaviri
12	PUN-0315	03-21-315	L	UNA-0321315	Melgar	Ayaviri	Ayaviri
13	PUN-0037	03-21-37	M	UNA-032137	Huancané	Taraco	Taraco
14	PUN-0027	03-21-27	N	UNA-032127	Huancané	Taraco	Taraco
15	PUN-0026	03-21-26	O	UNA-032126	Huancané	Taraco	Taraco



16	PUN-0024	03-21-24	P	UNA-032124	Huancané	Huancané	Huancané
17	PUN-0023	03-21-23	Q	UNA-032123	Huancané	Huancané	Huancané
18	PUN-0007	03-21-07	R	UNA-032107	Azángaro	Putina	Putina-
19	PUN-0003	03-21-03	S	UNA-032103	Azángaro	Putina	Putina
20	PUN-0002	03-21-02	T	UNA-032102	Azángaro	Putina	Putina
21	PUN-0140	03-21-140	U	UNA-0321140			Jacco
22	PUN-0146	03-21-146	V	UNA-0321146			Jacco
23	PUN-0156	03-21-156	W	UNA-0321156			Jacco
24	PUN-0196	03-21-196	X	UNA-0321196	Melgar	Ayaviri	IER
25	PUN-0204	03-21-204	Y	UNA-0321204	Melgar	Ayaviri	Ayaviri
26	PUN-0215	03-21-215	Z	UNA-0321215	Melgar	Ayaviri	Ayaviri

Fuente: Resultado de campo campaña agrícola 2016-2017 CIP Illpa

3.2. MATERIALES

- ✓ Espátula de acero inoxidable
- ✓ Envases de vidrio herméticos
- ✓ Vasos precipitados pirex de 5ml, 50 ml y 500 ml Marca Boeco Germany.
- ✓ Probeta graduada marca Boeco Germany de 100 ml.
- ✓ Hojas milimetradas
- ✓ Pinzas
- ✓ Regla graduada en milímetros
- ✓ Lunas de reloj calibrado en mm
- ✓ Pipeta calibrada en 10 ml

3.3. EQUIPOS

- ✓ Sistema de adquisición de imágenes con cámara digital Nikon modelo D7000 4F-SD 40mm. Con objetivo micro Nikkor 40mm marca Nikon.
- ✓ Microcamara
- ✓ Balanza analítica digital, marca Sartorius, peso mínimo de 0,01 mg hasta 300g. ISO 9001



- ✓ Estufa modelo DHG-9023A, Marca: ICOSA
- ✓ Una computadora marca Dell, CORE i5.

Software

- ✓ Programa ImageJ - Software libre
- ✓ Software de la cámara Nikon “Camera Control Pro2”
- ✓ Software Matlab R2016a Starter Application
- ✓ Software Adobe Photoshop CS6.lnk
- ✓ Statgraphic.lnk Centurion XVI.I

Reactivos

- ✓ Cloruro de Litio $\text{LiCl}\cdot\text{H}_2\text{O}$ ($A_w = 0.112$), marca SOLUtest, FV: 2020
- ✓ Nitrato de sodio NaNO_3 ($A_w = 0.657$), marca SOLUtest, FV: 2020
- ✓ Sulfato de potasio $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ($A_w = 0.979$), marca SOLUtest, FV: 2020
- ✓ Antimoho (Tymol), marca SOLUtest, FV: 2020

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

a. Determinación de la actividad de agua con isotermas de adsorción

Para la obtención de las isotermas de sorción en granos de cañihua se usó la metodología utilizada por López (2002), a una temperatura ambiente de 13°C . Las soluciones saturadas proporcionan actividades de agua de 0.112– 0.979. Los granos de cañihua 5 gr. se colocó en cada recipiente, a los recipientes que contiene sal con humedad mayor a 75% se le adiciono Tymol en un recipiente pequeño dentro del envase herméticamente cerrado, para evitar el desarrollo microbiano, especialmente el enmohecimiento, al término de equilibrio se ajustó a seis modelos matemáticos que se indican en la tabla 11

Las soluciones salinas utilizadas y sus correspondientes actividades de agua son:

Tabla 11: Sales con su respectiva actividad de agua

sales	a_w	sal/gr	agua/ml
cloruro de litio	0.112	15	8,5
cloruro de sodio	0.657	20	6
sulfato de potasio	0.979	20	9

FUENTE: Labuza (1971).

b. Determinación de la humedad en equilibrio

La humedad de equilibrio (X_{eq}) fue calculada por la diferencia entre la masa de la muestra que presentó equilibrio y la masa seca, de acuerdo a la ecuación utilizada por Soleimani *et al.*, (2006).

$$X_{eq} = \frac{m_{eq} - m_s}{m_s} \quad \text{Ecuación N° 9}$$

Donde:

X_{eq} = Humedad de equilibrio en base seca (b.s.)

m_{eq} = Masa de la muestra en el equilibrio (g)

m_s = Masa seca de la muestra (g)

3.5. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LAS ISOTERMAS DE SORCIÓN

a. Modelos isotermos

Los datos experimentales para las isotermas de adsorción obtenidas se ajustaron en seis modelos matemáticos presentados en la Tabla 12 utilizando el módulo de regresión no lineal del software Excel 2016.

Tabla 12: Modelos matemáticos de isotermas empleados al establecer los datos de humedad de equilibrio para 26 accesiones de cañihua.

Año	Modelo	Ecuación	Nº	Parámetros
1988	GAB 5 (Guggenheim Anderson de Boer), (Maroulis <i>et al.</i> , 1988)	$X^e = \frac{X_m C k A_w}{(1 - k A_w)(1 - k A_w + C k A_w)} \quad (1)$		X_{wo} = humedad de monocapa $C = C_0 \exp\left(\frac{H_m - H_n}{RT}\right)$ $k = k_0 \exp\left(\frac{\lambda - H_n}{RT}\right)$
1993	PELEG (Peleg, 1993)	$X^w = A. a_w^B + D. a_w^E \quad (2)$		A,B,D,E = constantes (B<1.E>1)
1946	OSWIN (Oswin, 1946)	$X_e = A \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right)^B \quad (3)$		A.B = constantes
1968	HENDERSON Thompson (Thompson <i>et al.</i> , 1968)	$X_e = \left(\frac{-\ln(1 - a_w)}{A} \right)^{1/B} \quad (4)$		A, b y c = constantes
1948	HALSEY (Halsey, 1948)	$X_e = \left(\frac{-A}{\ln a_w} \right)^{1/B} \quad (5)$		X_{wo} = humedad de monocapa A, r = constantes R= constante universal de los gases ideal
1947	SMITH (Smith, 1947)	$X_e = A + B \ln(1 - a_w) \quad (6)$		a,b = constantes

Los criterios para determinar el modelo que mejor ajuste los valores experimentales fueron el porcentaje del error (%E) y el coeficiente de correlación (R^2). Un modelo de sorción se considera aceptable cuando presenta un %E menor al 10% y R^2 cercano a 1, generalmente indican un ajuste adecuado para fines prácticos (Lomauro, 1985).

$$E(\%) = \frac{100}{N} \sum \left| \frac{Me - Mp}{Me} \right| \quad \text{Ecuacion N° 10}$$

Donde “Me” y “Mp” corresponden al contenido de humedad experimental y predicha respectivamente, y “N” es el número de valores experimentales.

3.6. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

a. Análisis de imágenes

El análisis de imagen ha sido utilizado ampliamente en investigación botánica y agricultura práctica, en donde se determinó las mediciones de forma, tamaño y color; presenta ventajas por su potencial no destructivo y objetivo. Consiste en la adquisición de una imagen del objeto usando el programa ImageJ, el pre procesamiento de la imagen para facilitar el procesamiento posterior, la selección de los píxeles de interés y la extracción de los rasgos característicos (Rasband *et al.*, 2008; Ibaraki, 2015).

Para el análisis de las características físicas se desarrolló mediante la adquisición de imágenes digitales, con un sistema de adquisición de imágenes digitales, (cámara NIKKON D7000, lente D7000 4F – S DX con objetivo micro Nikkor 40mm marca Nikon, que se utilizó para grabar imágenes de granos de cañihua en vistas superior y lateral (Sun, 2007).

b. Determinación de tamaño

La medición de estas características se realizó en granos colocados sobre papel milimetrado, en imagen con extensión .jpg obtenida de cámara digital utilizando el programa Photoshop versión CS6.

Diámetro medio geométrico (Dg): Se tomó 100 granos aleatoriamente y se calcularon utilizando la Ecuación N°11 Planteado por (Mohsenin, 1986; Koocheki *et al.*, 2007; Önen *et al.*, 2014).

$$Dg = (L.W.T)^{\frac{1}{3}}$$

Ecuación N° 11

Donde:

Dg = diámetro medio geométrico, mm

L = largo, mm

W = ancho, mm

T = espesor, mm

c. Determinación de forma

Esfericidad

La medición de la esfericidad se realizó en granos colocados con fondo blanco en imagen con extensión .jpg obtenida de cámara digital utilizando el programa utilizando el Software Photoshop versión CS6.

Se calculó utilizando la siguiente expresión (Mohsenin, 1986; Koocheki *et al.*, 2007; Tarighi *et al.*, 2011).

$$\phi = \frac{Dg}{L} \quad \text{Ecuacion N}^\circ 12$$

Donde:

Dg = diámetro medio geométrico, mm

L = largo, mm

d. Determinación del color

Se obtuvo a partir de imágenes digitales de una porción abundante de granos enteros de cañihua. Los valores de color se analizaron en términos de L* [luminosidad (0-100)], a*[verde (-α), rojo(α)], b*[azul (-α), amarillo (α)], las imágenes fueron tomados en vista superior, usando una cámara NIKKON D7000, lente D7000 4F – S DX con objetivo micro Nikkor 40mm marca Nikon, para cada grano de cañihua, ImageJ extrajo las densidades de color rojo (R), verde (G) y azul (B), posteriormente se procesó con el programa Matlab para convertir los colores en L*,a* y b* (Jha *et al.*, 2006). El croma (C*) es una medida de cromaticidad, que define la pureza o saturación del color (McGuire, 1992). C* y h se calculó para el método de (Bernalte *et al.*, 2003) por la ecuación N° 13 y ecuación N° 14

$$C = (a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuacion N}^\circ 13$$

$$H = \tan^{-1} \left(\frac{b}{a} \right) \quad \text{Ecuacion N}^\circ 14$$



3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para las isothermas de adsorción se ajustó mediante seis modelos matemáticos que son: G.A.B., Oswin, Henderson, Peleg, Halsey y Smith, que se obtuvo de los modelos que ajusta adecuadamente a las actividades de agua de los granos de cañihua.

A los valores de las dimensiones de los granos de cañihua se le realizó análisis de varianza general para establecer diferencias entre los granos de la muestra (Ibaraki, 2015).

La investigación de las propiedades físicas se desarrolló con el método estadístico de análisis de varianza multifactorial (ANVA) para las variables dependientes, con un 95% de significancia y la prueba de Duncan para determinar las posibles diferencias entre los tratamientos así mismo se trabajó con el programa estadístico Statgraphics centurión XVI versión 16.1.11, para la colección de datos se utilizó el modelo estadístico lineal bajo el diseño completo al azar con arreglo factorial de la serie $3n$ (Ibañez, 2009).



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RESULTADOS DE LAS ISOTERMAS DE ADSORCIÓN EN 26

ACCESIONES DE CAÑIHUA

4.1.1 Construcción de isotermas de adsorción

Los valores experimentales de la humedad de equilibrio (X_{eq}) en granos de cañihua en función a la actividad de agua obtenidos en la presente investigación se muestran en la tabla 13, la humedad de equilibrio se alcanza después de 35 días aproximadamente.

Tabla 13: Datos experimentales de equilibrio de agua en 26 accesiones de cañihua a 13°C

N° de registro	Accesión	Representación en la Investigación	Actividad de Agua		
			cloruro de litio	cloruro de sodio	sulfato de potasio
			0.112	0.756	0.979
			Humedad equilibrio (X eq)		
1	03 - 21 - 64	A	4.167	17.241	44.928
2	03 - 21 - 117	B	6.383	17.442	44.928
3	03 - 21 - 124	C	5.208	16.279	40.845
4	03 - 21 - 130	D	6.250	14.773	47.826
5	03 - 21 - 218	E	6.316	18.605	47.059
6	03 - 21 - 230	F	5.210	16.092	41.667
7	03 - 21 - 231	G	4.167	17.442	44.286
8	03 - 21 - 246	H	4.167	16.092	44.928
9	03 - 21 - 267	I	6.316	16.092	50.746
10	03 - 21 - 296	J	4.167	13.636	49.254
11	03 - 21 - 301	K	4.167	15.909	44.928
12	03 - 21 - 315	L	6.316	17.442	40.278
13	03 - 21 - 37	M	6.250	14.773	43.662
14	03 - 21 - 27	N	6.316	16.092	48.529
15	03 - 21 - 26	O	7.447	16.279	44.286
16	03 - 21 - 24	P	4.082	14.943	49.254
17	03 - 21 - 23	Q	3.093	16.092	48.529
18	03 - 21 - 07	R	3.093	14.773	50.746
19	03 - 21 - 03	S	5.263	16.092	47.059
20	03 - 21 - 02	T	6.316	14.943	41.667
21	03 - 21 - 140	U	6.25	14.943	46.377
22	03 - 21 - 146	V	5.263	14.943	42.254
23	03 - 21 - 156	W	5.208	21.687	45.714
24	03 - 21 - 196	X	9.677	13.636	50
25	03 - 21 - 204	Y	5.263	17.442	50.746
26	03 - 21 - 215	Z	5.155	17.241	43.662

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En la tabla 13 se observa los valores más altos de humedad de equilibrio en la accesión 03-21-267 y 03-21-07 ambas con 50.746% trabajado con el sulfato de potasio (A_w 0.979) esto es debido a la capacidad de higroscopicidad que posee el perigonio en el grano de cañihua.

Se puede observar que el contenido de humedad en equilibrio aumentó a medida que la actividad de agua fue mayor con diferentes porcentajes de adsorción de agua en



cada accesión de cañihua. Se observa también que la 03-21-23 y la accesión 03-21-07 presentaron una menor cantidad de humedad ambas con 3.093% trabajado con cloruro de litio (A_w 0.112), los valores más bajos de humedad de equilibrio indican que los sitios activos en la monocapa son menores o que la cantidad de agua ligada presente en el perigonio del grano de cañihua es menor.

Los datos experimentales obtenidos en la presente investigación confirman la premisa de Van den Berg (1981) en relación a la modificación de la capacidad de sorción alrededor de la región de transición donde la región amorfa de almidón comienza a plastificarse, aumentando su disponibilidad de grupos hidroxilo para la sorción de moléculas de agua (Brett, 2009).

(Miranda, 2012) Indica que una disminución en el contenido de humedad de equilibrio en todos los niveles de A_w es proporcional al aumento de la temperatura; así mismo el contenido de humedad en granos andinos es influenciado por su composición como son la cantidad de almidón, variedad y la madures fisiológica.

Cabe mencionar que los granos de cañihua poseen un mínimo de $5,50\mu\text{m}$ y un máximo de $38,0\mu\text{m}$ granulo de almidón dentro de los cuales existe la presencia de amilosa y amilopectina (Rojas, 2008) Lindeboom, Chang & Tyler, (2004) indica que ambas moléculas forman estructuras semicristalinas donde la mayoría de las regiones cristalinas están formadas por amilopectina, aunque parte de las moléculas de amilosa también están presentes en ellas.

4.1.2 Isotermas de adsorción

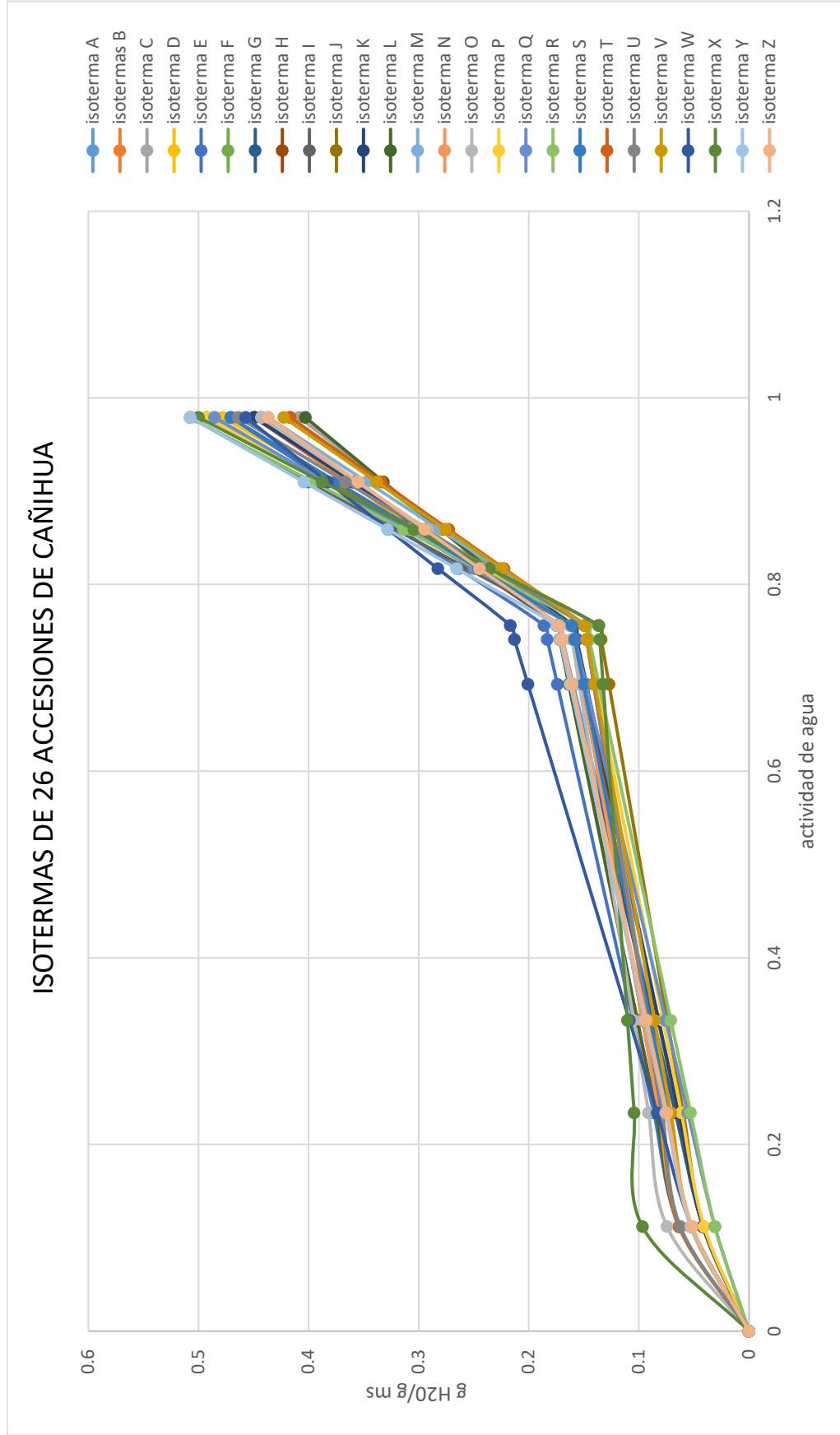


Figura 2: Isoterma de adsorción experimental de 26 accesiones de cañihua a 13°C

En la fig. 2 se observa las tendencias experimentales de adsorción de humedad a una temperatura de 13°C. Podemos mencionar que según la clasificación de isothermas, las isothermas obtenidas son de tipo II, ya que exhibe una forma sigmoïdal o curva en forma de S, corresponden a la mayoría de los alimentos por la complejidad de sus moléculas (Labuza, 1984). Las isothermas de cada accesión se muestran en el Anexo.

De acuerdo a los contenidos de humedad de equilibrio (X_{eq}) en g agua/g masa seca, obtenidos experimentalmente a 13°C, las isothermas obtenidas, se puede observar las tres zonas diferenciadas como se observa en la fig. 2, el primer tramo es de 0-0.25 de a_w , el agua de esta capa no está disponible para actuar como disolvente o reactivo formando una curva cóncava respecto al eje de la humedad (Cheftel & Cheftel, 1976). El segundo tramo esta de 0.25-0.75, donde existe una región casi rectilínea, en la cual existe elevación de la presión parcial del vapor del sistema y formación de otras capas de moléculas de agua menos ligadas. Cuando el contenido de agua se eleva significativamente por encima de 0.5 de A_w , existe una mayor adsorción polimeral (Quevedo, 1994), los componentes de elevado peso molecular (polímeros) como son las proteínas, almidones, etc., ofrecen un fuerte efecto de adsorción.

4.1.3 Ajuste a los modelos matemáticos de las isothermas de adsorción

Para la evaluación de ajustes de modelos matemáticos, en la presente investigación se utilizaron los modelos de G.A.B., Oswin, Henderson, Peleg, Smith y Halsey a temperatura ambiente de 13°C, además se indican valores de R^2 y el porcentaje de error (%E), considerando que tienen características particulares de cada modelo a ciertos rangos de A_w .

a. Modelo de Gab

El modelo de GAB es el que mejor ajusta los datos de isothermas de adsorción para la mayoría de alimentos y es muy utilizado para predecir datos de niveles de actividad de agua en un amplio rango de valores de A_w entre 0,05 y 0,95 (Barbosa & Vega, 2000) modelo cinético basado en la multicapa y en una película condensada (monocapa).

Tabla 14: Ajuste de datos experimentales, obtenidos para las isotermas de sorción de granos de cañihua.

N° de registro	Accesión	GAB				
		X_m	C	K	R^2	%E
1	03 - 21 - 64	0.0651	14.7748	0.8873	0.8810	0.6534
2	03 - 21 - 117	0.0584	91.7576	0.8849	0.8881	0.7817
3	03 - 21 - 124	0.0607	53.1956	0.8813	0.8984	0.7171
4	03 - 21 - 130	0.0448	35.8909	0.8723	0.8506	0.7448
5	03 - 21 - 218	0.0690	110.2691	0.8830	0.8983	0.7925
6	03 - 21 - 230	0.0593	66.9273	0.8884	0.8923	0.7156
7	03 - 21 - 231	0.0667	13.8516	0.8812	0.8846	0.6547
8	03 - 21 - 246	0.0587	20.2676	0.9026	0.8725	0.6396
9	03 - 21 - 267	0.0509	49.7701	0.8851	0.8562	0.7684
10	03 - 21 - 296	0.0457	132.1396	0.9453	0.8361	0.6019
11	03 - 21 - 301	0.0577	21.5280	0.9049	0.8710	0.6372
12	03 - 21 - 315	0.0669	182.5378	0.8609	0.9195	0.7750
13	03 - 21 - 37	0.0466	40.0111	0.8639	0.8679	0.7413
14	03 - 21 - 27	0.0519	54.0285	0.8811	0.8645	0.7669
15	03 - 21 - 26	0.0518	34.8595	0.8406	0.8842	0.7931
16	03 - 21 - 24	0.0515	32.8157	0.9319	0.8491	0.7165
17	03 - 21 - 23	0.0599	8.9058	0.9108	0.8585	0.6021
18	03 - 21 - 07	0.0519	12.0575	0.9349	0.8455	0.5841
19	03 - 21 - 03	0.0569	153.6253	0.9122	0.8694	0.7235
20	03 - 21 - 02	0.0484	43.8505	0.8581	0.8797	0.7441
21	03 - 21 - 140	0.0463	39.0828	0.8707	0.8586	0.7465
22	03 - 21 - 146	0.0526	367.6885	0.9007	0.8765	0.7024
23	03 - 21 - 156	0.0909	11.5103	0.8311	0.9195	0.7673
24	03 - 21 - 196	0.0349	17.0667	0.8106	0.8105	0.7827
25	03 - 21 - 204	0.0620	50.9997	0.9113	0.8691	0.7417
26	03 - 21 - 215	0.0643	34.0130	0.8833	0.8944	0.7283

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

En la tabla 14, se observa el valor de X_m es la humedad de la monocapa en g H_2O/g solido seco siendo 0.0567 gH_2O/g m.s. en promedio para las accesiones, lo cual indican que presentan menor agua fija difícil de extraer, esto es atribuido al contenido de proteínas señalado por Cheftel & Cheftel (1976).

Por otro lado el valor de la constante C que es en promedio 65.1317 este valor está relacionado con el calor de adsorción del agua retenida en los granos de cañihua.



La constante K indica la corrección en el comportamiento de la adsorción de agua en la región multicapa, los valores son dependientes a la cantidad de sitios activos en las moléculas a lo largo de las isothermas.

Teniendo en cuenta el valor de R^2 en la evaluación de la calidad de ajuste para el modelo de GAB, reconociendo los valores de R^2 ($R^2 > 0.95$) (Ávila, 1999) se observa que los datos obtenidos son menores a 0.95 lo que indica que el modelo de GAB no ajusta para las granos de cañihua.

El porcentaje de error según el autor (Lomauro, 1985) señala que para un buen ajuste de los datos experimentales el %E tiene que ser menor al 10%; en los datos obtenidos en promedio se obtuvieron 0.7162% está dentro del rango por lo tanto son válidos los datos.

b. Modelo de Oswin

Tabla 15: Ajuste de datos experimentales en la ecuación de Oswin

N° de registro	Accesión	OSWIN			
		A	B	R ²	%E
1	03 - 21 - 64	11.3381	0.4301	0.9653	0.4422
2	03 - 21 - 117	13.1717	0.3587	0.9634	0.2326
3	03 - 21 - 124	11.6893	0.3767	0.9673	0.2368
4	03 - 21 - 130	12.1602	0.3767	0.9341	0.2460
5	03 - 21 - 218	13.6518	0.3681	0.9663	0.2466
6	03 - 21 - 230	11.6542	0.3806	0.9661	0.3579
7	03 - 21 - 231	11.3824	0.4272	0.9649	0.4439
8	03 - 21 - 246	10.9285	0.4321	0.9652	0.4188
9	03 - 21 - 267	12.8388	0.3849	0.9436	0.3769
10	03 - 21 - 296	10.1764	0.4544	0.9487	0.3973
11	03 - 21 - 301	10.8631	0.4324	0.9650	0.4151
12	03 - 21 - 315	12.9264	0.3399	0.9687	0.3388
13	03 - 21 - 37	11.9948	0.3592	0.9433	0.3328
14	03 - 21 - 27	12.7530	0.3763	0.9477	0.3600
15	03 - 21 - 26	13.4405	0.3293	0.9441	0.3214
16	03 - 21 - 24	10.5853	0.4553	0.9585	0.5331
17	03 - 21 - 23	10.0580	0.4941	0.9616	0.5096
18	03 - 21 - 07	9.6694	0.5060	0.9602	0.4896
19	03 - 21 - 03	11.9039	0.4020	0.9598	0.3773
20	03 - 21 - 02	12.0260	0.3482	0.9490	0.3150
21	03 - 21 - 140	12.1712	0.3706	0.9395	0.3528
22	03 - 21 - 146	11.2872	0.3829	0.9590	0.3383
23	03 - 21 - 156	13.8180	0.3916	0.9587	0.4770
24	03 - 21 - 196	13.9750	0.3047	0.8124	0.3842
25	03 - 21 - 204	12.5418	0.4147	0.9623	0.4152
26	03 - 21 - 215	12.1117	0.3899	0.9673	0.3882

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

El modelo de Oswin presenta una ecuación de curvas en forma sigmoidea como se observa en la figura 2; Boquet (1978), afirmaron que la ecuación de Oswin es aplicable a alimentos ricos en proteínas y almidones, la cañihua tiene una cantidad de granulo de almidón de hasta 38,0 μ m.

El R² según el autor Ávila (1999), indica que R²>0.95 y según los datos obtenidos el R² es de 0.9516 por lo tanto está dentro del rango y la calidad de ajuste en la ecuación de Oswin es aceptable.

El porcentaje de error (%E) fue de 0.3749% por lo tanto es aceptable ya que según el autor Lomauro (1985), señala que para un buen ajuste de los datos experimentales tiene que ser menor al 10%.

c. Modelo de Henderson

Tabla 16: Ajuste de datos experimentales en la ecuación de Henderson

N° de registro	Accesión	HENDERSON			
		K	N	R ²	%E
1	03 - 21 - 64	-2.0641	1.3985	0.9698	0.9638
2	03 - 21 - 117	-2.4238	1.6425	0.9321	0.9653
3	03 - 21 - 124	-2.2785	1.5838	0.952	0.9627
4	03 - 21 - 130	-2.1871	1.4868	0.8689	0.9639
5	03 - 21 - 218	-2.4179	1.6133	0.9444	0.9666
6	03 - 21 - 230	-2.2523	1.5618	0.9464	0.9628
7	03 - 21 - 231	-2.0791	1.4102	0.973	0.9637
8	03 - 21 - 246	-2.0243	1.3831	0.9576	0.9629
9	03 - 21 - 267	-2.216	1.4783	0.8879	0.9658
10	03 - 21 - 296	-1.8586	1.2689	0.9066	0.9617
11	03 - 21 - 301	-2.0175	1.3803	0.9553	0.9628
12	03 - 21 - 315	-2.538	1.755	0.9503	0.9639
13	03 - 21 - 37	-2.2826	1.5809	0.8844	0.9628
14	03 - 21 - 27	-2.2608	1.5215	0.8952	0.9653
15	03 - 21 - 26	-2.5213	1.7233	0.8827	0.9647
16	03 - 21 - 24	-1.9068	1.2907	0.9323	0.9648
17	03 - 21 - 23	-1.8059	1.2141	0.9685	0.9624
18	03 - 21 - 07	-1.7432	1.1738	0.9506	0.9618
19	03 - 21 - 03	-2.1534	1.4592	0.9277	0.9644
20	03 - 21 - 02	-2.3555	1.645	0.8947	0.9624
21	03 - 21 - 140	-2.2296	1.5238	0.8783	0.9637
22	03 - 21 - 146	-2.1909	1.5274	0.9228	0.9620
23	03 - 21 - 156	-2.3527	1.5451	0.9879	0.9672
24	03 - 21 - 196	-2.2834	1.5234	0.6861	0.9643
25	03 - 21 - 204	-2.1498	1.4244	0.938	0.9662
26	03 - 21 - 215	-2.2503	1.5345	0.9573	0.9642

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

El modelo de Henderson es un modelo empírico y es uno de los más empleados, que describe el comportamiento de alimentos tales como granos, cereales y frutas en amplio rango de actividad de agua 0.10 a 0.75

Teniendo en cuenta el valor de R² que es 0.9211 lo cual el autor Ávila, (1999) señala que R²>0.95 en este caso el valor obtenido es menor a lo indicado por el autor,

entonces la ecuación de Henderson no presenta un buen ajuste para las granos de cañihua evaluados.

Según el autor (Lomauro, 1985) señala que el porcentaje de error %E para un buen ajuste de los datos experimentales tiene que ser menor al 10%; según los datos obtenidos el %E en promedio es 0.9639% y está dentro del rango lo cual es aceptable.

d. Modelo de Halsey

Tabla 17: Ajuste de datos experimentales en la ecuación de Halsey

N° de registro	Accesión	HALSEY			
		A	B	R ²	%E
1	03 - 21 - 64	0.1205	-0.3661	0.9410	0.9821
2	03 - 21 - 117	0.1277	-0.3485	0.9485	0.9842
3	03 - 21 - 124	0.1166	-0.3486	0.9462	0.9840
4	03 - 21 - 130	0.1147	-0.3903	0.9448	0.9843
5	03 - 21 - 218	0.1345	-0.3478	0.9473	0.9838
6	03 - 21 - 230	0.1160	-0.3548	0.9462	0.9839
7	03 - 21 - 231	0.1212	-0.3612	0.9407	0.9821
8	03 - 21 - 246	0.1146	-0.3780	0.9419	0.9825
9	03 - 21 - 267	0.1230	-0.3881	0.9449	0.9839
10	03 - 21 - 296	0.1045	-0.4234	0.9392	0.9913
11	03 - 21 - 301	0.1137	-0.3800	0.9420	0.9825
12	03 - 21 - 315	0.1258	-0.3251	0.9492	0.9846
13	03 - 21 - 37	0.1128	-0.3712	0.9475	0.9847
14	03 - 21 - 27	0.1220	-0.3789	0.9461	0.9841
15	03 - 21 - 26	0.1244	-0.3491	0.9507	0.9850
16	03 - 21 - 24	0.1108	-0.4092	0.9402	0.9850
17	03 - 21 - 23	0.1137	-0.4005	0.9377	0.9801
18	03 - 21 - 07	0.1084	-0.4231	0.9371	0.9803
19	03 - 21 - 03	0.1185	-0.3797	0.9446	0.9835
20	03 - 21 - 02	0.1131	-0.3587	0.9491	0.9849
21	03 - 21 - 140	0.1149	-0.3820	0.9459	0.9844
22	03 - 21 - 146	0.1104	-0.3699	0.9463	0.9842
23	03 - 21 - 156	0.1468	-0.3224	0.9363	0.9822
24	03 - 21 - 196	0.1188	-0.3879	0.9387	0.9854
25	03 - 21 - 204	0.1272	-0.3815	0.9436	0.9829
26	03 - 21 - 215	0.1227	-0.3532	0.9449	0.9834

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

El modelo de Halsey se ajusta muy bien entre 0.1 a 0.8 de A_w . Esta ecuación describe el comportamiento de los productos alimenticios que contienen almidón tales como los granos de cañihua, el R^2 en promedio fue de 0.9439 que determina la calidad de

ajuste del modelo matemático, sin embargo según Ávila (1999), señala que $R^2 > 0.95$ por lo tanto el modelo de Halsey no tiene un buen ajuste para las 26 accesiones de cañihua.

En cuanto al porcentaje de error según el autor Lomauro (1985), para un buen ajuste de los datos experimentales tiene que ser menor al 10%, y se obtuvo 0.9838% que está dentro de los rangos aceptables.

e. Modelo de Peleg

Tabla 18: Ajuste de datos experimentales en la ecuación de Peleg

N° de registro	Accesión	PELEG					
		k_1	n_1	k_2	n_2	R^2	% E
1	03 - 21 - 64	0.1054	0.3452	0.3962	5.0049	0.9953	0.9879
2	03 - 21 - 117	0.1081	0.1923	0.3945	5.1385	0.9945	0.9879
3	03 - 21 - 124	0.1030	0.2588	0.3523	5.0464	0.9951	0.9882
4	03 - 21 - 130	0.0751	0.0207	0.4706	5.4794	0.9919	0.9863
5	03 - 21 - 218	0.1169	0.2309	0.4083	5.0806	0.9949	0.9878
6	03 - 21 - 230	0.0988	0.2368	0.3670	5.0906	0.9948	0.9881
7	03 - 21 - 231	0.1098	0.3670	0.3834	4.9716	0.9955	0.9880
8	03 - 21 - 246	0.0910	0.2748	0.4138	5.1042	0.9946	0.9879
9	03 - 21 - 267	0.0829	0.0590	0.4947	5.4113	0.9924	0.9875
10	03 - 21 - 296	0.0571	0.0448	0.5078	5.4507	0.9921	0.9876
11	03 - 21 - 301	0.0889	0.2636	0.4164	5.1223	0.9945	0.9879
12	03 - 21 - 315	0.1184	0.2493	0.3275	4.9845	0.9955	0.9882
13	03 - 21 - 37	0.0821	0.0697	0.4127	5.3809	0.9927	0.9879
14	03 - 21 - 27	0.0867	0.0842	0.4637	5.3624	0.9928	0.9877
15	03 - 21 - 26	0.0983	0.0830	0.4005	5.3344	0.9931	0.9878
16	03 - 21 - 24	0.0693	0.1427	0.4915	5.3099	0.9931	0.9894
17	03 - 21 - 23	-0.0631	3.7040	0.5919	3.7030	0.9758	0.9927
18	03 - 21 - 07	-0.7245	4.1454	1.2879	4.1447	0.9782	0.9927
19	03 - 21 - 03	0.0876	0.1634	0.4441	5.2414	0.9936	0.9878
20	03 - 21 - 02	0.0875	0.0994	0.3825	5.3137	0.9932	0.9880
21	03 - 21 - 140	0.0791	0.0476	0.4484	5.4283	0.9923	0.9877
22	03 - 21 - 146	0.0847	0.1568	0.3916	5.2343	0.9937	0.9880
23	03 - 21 - 156	0.1641	0.4764	0.3357	4.7278	0.9972	0.9880
24	03 - 21 - 196	0.0720	-0.1849	0.5068	5.9659	0.9876	0.9872
25	03 - 21 - 204	0.0948	0.1945	0.4779	5.2038	0.9939	0.9876
26	03 - 21 - 215	0.1081	0.2803	0.3788	5.0324	0.9952	0.9880

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

El modelo de Peleg desarrollo una ecuación que describe el modo en que el agua es adsorbida por el sólido, teniendo como resultados un $R^2 > 0.95$ que es de 0.9924 por lo tanto presenta un mejor ajuste a las 26 accesiones de cañihua como lo indica el autor

según Ávila (1999). En cuanto al porcentaje de error (%E) presento 0.9882% lo cual indica un buen ajuste de los datos experimentales porque presenta un %E menor a 10% como lo señala Lomauro *et al.*, (1985).

f. Modelo de Smith

Tabla 19: Ajuste de datos experimentales en la ecuación de Smith

N° de registro	Accesión	SMITH			
		c1	c2	R ²	% E
1	03 - 21 - 64	0.0358	-0.1159	0.9788	0.9911
2	03 - 21 - 117	0.0512	-0.1100	0.9771	0.9910
3	03 - 21 - 124	0.0450	-0.1015	0.9785	0.9910
4	03 - 21 - 130	0.2898	-0.1363	0.7073	0.9674
5	03 - 21 - 218	0.3120	-0.1441	0.7787	0.9670
6	03 - 21 - 230	0.0424	-0.1039	0.9778	0.9912
7	03 - 21 - 231	0.0380	-0.1140	0.9791	0.9909
8	03 - 21 - 246	0.0296	-0.1162	0.9775	0.9917
9	03 - 21 - 267	0.0327	-0.1275	0.9692	0.9920
10	03 - 21 - 296	0.0083	-0.1295	0.9676	0.9935
11	03 - 21 - 301	0.0286	-0.1163	0.9771	0.9918
12	03 - 21 - 315	0.0595	-0.0966	0.9790	0.9906
13	03 - 21 - 37	0.0384	-0.1073	0.9704	0.9918
14	03 - 21 - 27	0.0368	-0.1210	0.9710	0.9918
15	03 - 21 - 26	0.0531	-0.1056	0.9721	0.9912
16	03 - 21 - 24	0.0148	-0.1294	0.9722	0.9934
17	03 - 21 - 23	0.0159	-0.1297	0.9770	0.9925
18	03 - 21 - 07	0.0047	-0.1365	0.9728	0.9938
19	03 - 21 - 03	0.0327	-0.1196	0.9745	0.9918
20	03 - 21 - 02	0.0435	-0.1013	0.9727	0.9915
21	03 - 21 - 140	0.0343	-0.1152	0.9687	0.9920
22	03 - 21 - 146	0.0355	-0.1058	0.9748	0.9917
23	03 - 21 - 156	0.0649	-0.1143	0.9763	0.9894
24	03 - 21 - 196	0.0428	-0.1170	0.9422	0.9918
25	03 - 21 - 204	0.0331	-0.1300	0.9754	0.9917
26	03 - 21 - 215	0.0445	-0.1096	0.9786	0.9910

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

El modelo de Smith desarrollo un modelo matemático empírico para describir la curva de isoterma de sorción de agua de biopolímeros de alto peso molecular.

Donde la constante A representa la cantidad de agua adsorbida en la primera fracción, y la constante B indica la cantidad de agua en la fracción de humedad multicapa.



Teniendo en cuenta el valor de R^2 en la evaluación de la calidad de ajuste para el modelo de Smith, reconociendo los valores de R^2 ($R^2 > 0.95$) Ávila (1999) se observa que los datos obtenidos en promedio es 0.9556 esto indica que el modelo de Smith si ajusta para los granos de cañihua evaluados.

En cuanto al %E según el autor Lomauro (1985), señala que el porcentaje de error %E para un buen ajuste de los datos experimentales tiene que ser menor al 10%; en los datos obtenidos en promedio se obtuvieron 0.9898% está dentro del rango por lo tanto es óptima el ajuste.

En resumen, las anteriores tablas muestran las constantes de ajuste de los seis modelos matemáticos, teniendo en cuenta los valores del porcentaje de error y la calidad de ajuste; el modelo Peleg describe mejor los datos experimentales teniendo en cuenta la calidad de ajuste que es de R^2 es 0.9924 con el porcentaje de error %E es 0.9882% seguido por el modelo matemático Smith con R^2 de 0.9556 y %E de 0.9898, las curvas de los ajustes se muestran en el Anexo B de cada accesión.

4.1.4 Determinación de las propiedades físicas

a. Resultados de tamaño

En las siguientes figuras se muestran las microfotografías de granos de cañihua enteros con perigonio de dos accesiones de cañihua escogidos al azar, las microfotografías fueron tomadas en posición estado de reposo con una regla graduada milimétrica.

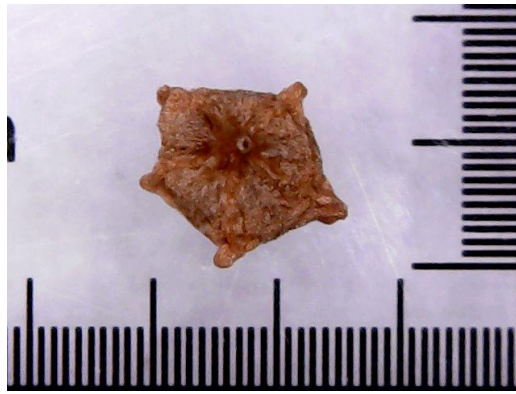


Figura 3: Muestra de un grano de cañihua 03-21-218

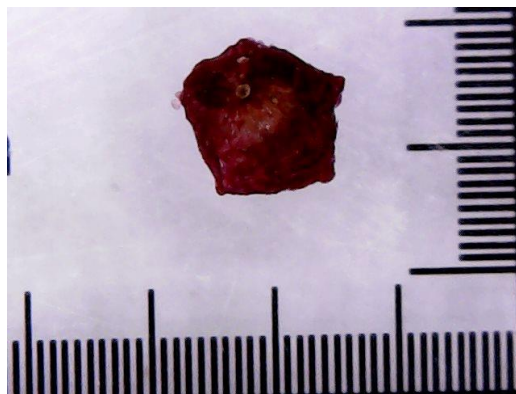


Figura 4: Muestra de un grano de cañihua 03-21-27

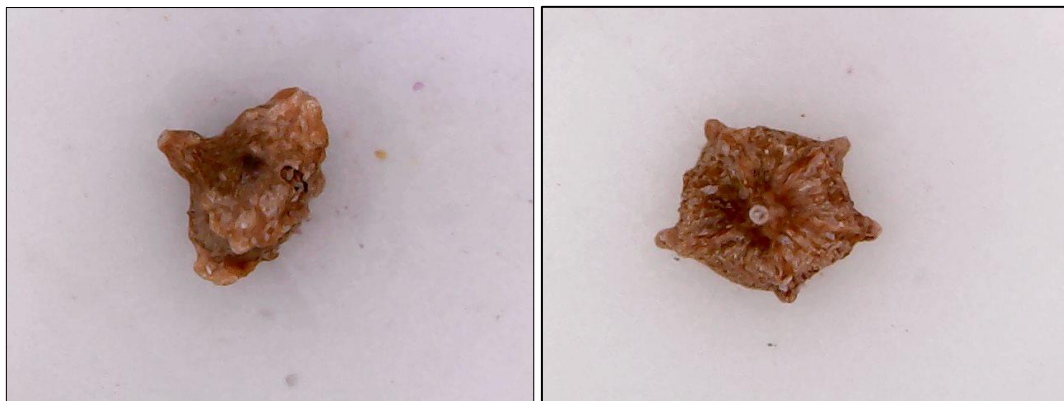


Figura 5: Microfotografía Imagen frontal y lateral - accesión 03-21-218



Figura 6: Microfotografía Imagen frontal y lateral - accesión 03-21-27

Tabla 20: Resultados del diámetro en los granos de cañihua (menor a mayor)

N° de registro	Accesión	TAMAÑO - DIAMETRO			
		MP	AW 0.112	AW 0.769	AW 0.976
1	03 - 21 - 23	1.2513	1.2538	1.3108	1.2761
2	03 - 21 - 246	1.2584	1.2722	1.3271	1.3413
3	03 - 21 - 24	1.3095	1.3074	1.3264	1.3298
4	03 - 21 - 07	1.3395	1.3525	1.3951	1.3716
5	03 - 21 - 267	1.3413	1.3215	1.4277	1.3523
6	03 - 21 - 196	1.3566	1.2525	1.3307	1.3867
7	03 - 21 - 03	1.3727	1.3863	1.3614	1.4909
8	03 - 21 - 27	1.3800	1.4852	1.5113	1.7293
9	03 - 21 - 26	1.3888	1.3523	1.2884	1.4343
10	03 - 21 - 146	1.4021	1.3826	1.4676	1.4578
11	03 - 21 - 124	1.4034	1.3708	1.4468	1.4439
12	03 - 21 - 156	1.4111	1.3883	1.5150	1.5390
13	03 - 21 - 140	1.4159	1.3816	1.3854	1.3280
14	03 - 21 - 231	1.4447	1.4187	1.3745	1.5618
15	03 - 21 - 130	1.4501	1.4682	1.5267	1.5041
16	03 - 21 - 230	1.4564	1.4643	1.4805	1.6620
17	03 - 21 - 204	1.4775	1.4419	1.4924	1.5208
18	03 - 21 - 117	1.4871	1.5102	1.4906	1.5418
19	03 - 21 - 296	1.5182	1.5923	1.4420	1.6294
20	03 - 21 - 02	1.5186	1.4269	1.5177	1.4389
21	03 - 21 - 215	1.5554	1.4917	1.5167	1.5678
22	03 - 21 - 301	1.5757	1.4616	1.5607	1.6248
23	03 - 21 - 218	1.6136	1.5291	1.6856	1.7187
24	03 - 21 - 315	1.6448	1.6700	1.6478	1.6625
25	03 - 21 - 37	1.6863	1.6866	1.6027	1.6660
26	03 - 21 - 64	1.7051	1.7346	1.7446	1.8681

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

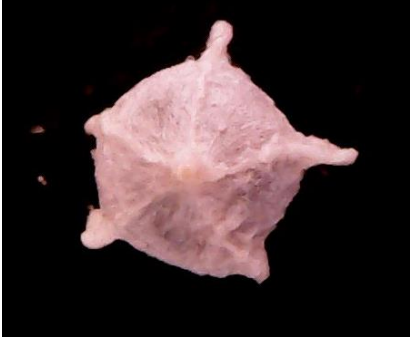
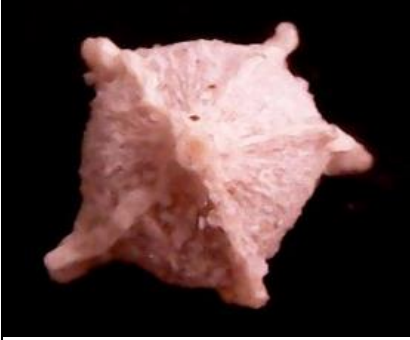

En la tabla 20 se observa que el diámetro está entre 1.2513 mm^2 a 1.7051 mm^2 , siendo la accesión 03-21-64 con el mayor diámetro de 1.7051 mm^2 y la accesión 03-21-

23 el de menor diámetro con 1.2713 mm^2 ; se observa que a medida que aumenta la actividad de agua también existe un incremento en el tamaño de los granos de cañihua; esto se debe a la adsorción por parte del almidón en el grano de cañihua que poseen un mínimo de $5,50\mu\text{m}$ y un máximo de $38,0\mu\text{m}$ granulo de almidón dentro de los cuales existe la presencia de amilosa y amilopectina (Rojas, 2008) este componente capta humedad y tiende a incrementar el tamaño de los granos de cañihua.

b. Análisis de imágenes

Se muestran microfotografías de granos de cañihua para el análisis de forma y tamaño.

Accesión 03-21-64

		
Tamaño: 1.7346 Forma: 0.9734	Tamaño: 1.7446 Forma: 0.9295	Tamaño: 1.8681 Forma: 0.8722

Accesión 03-21-64

		
Tamaño: 1.5102 Forma: 0.9344	Tamaño: 1.4906 Forma: 0.9466	Tamaño: 1.5418 Forma: 0.9467

Accesión 03-21-124

Tamaño: 1.3708 Forma: 0.9375	Tamaño: 1.4468 Forma: 0.9410	Tamaño: 1.4439 Forma: 0.9593

Accesión 03-21-130

Tamaño: 1.4682 Forma: 0.9266	Tamaño: 1.5267 Forma: 0.9364	Tamaño: 1.5041 Forma: 0.9277

Accesión 03-21-218

Tamaño: 1.5291 Forma: 0.9239	Tamaño: 1.6856 Forma: 0.8831	Tamaño: 1.7187 Forma: 0.9482

Accesión 03-21-230

Tamaño: 1.4643 Forma: 0.8995	Tamaño: 1.4805 Forma: 0.8935	Tamaño: 1.6620 Forma: 0.9565

Accesión 03-21-231

Tamaño: 1.4187 Forma: 0.9181	Tamaño: 1.3745 Forma: 0.9143	Tamaño: 1.5618 Forma: 0.9101

Accesión 03-21-246

Tamaño: 1.2722 Forma: 0.9527	Tamaño: 1.3271 Forma: 0.9357	Tamaño: 1.3413 Forma: 0.9200

Accesión 03-21-267

Tamaño: 1.3215 Forma: 0.9733	Tamaño: 1.4277 Forma: 0.8887	Tamaño: 1.3523 Forma: 0.9611



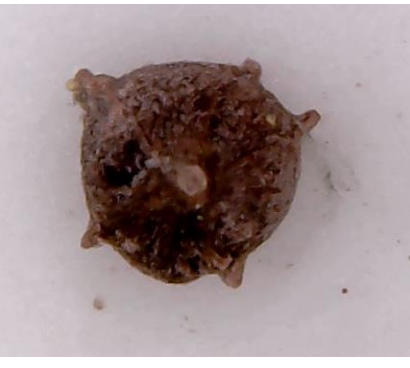
Accesión 03-21-296

Tamaño: 1.5923 Forma: 0.9474	Tamaño: 1.4420 Forma: 0.9591	Tamaño: 1.6294 Forma: 0.9386

Accesión 03-21-301

Tamaño: 1.4616 Forma: 0.8916	Tamaño: 1.5607 Forma: 0.9591	Tamaño: 1.6248 Forma: 0.9648

Accesión 03-21-315

		
Tamaño: 1.6700 Forma: 1.0127	Tamaño: 1.6478 Forma: 0.9630	Tamaño: 1.6625 Forma: 0.9536

Accesión 03-21-37

		
Tamaño: 1.6866 Forma: 0.9428	Tamaño: 1.6027 Forma: 0.9356	Tamaño: 1.6660 Forma: 0.9461

Accesión 03-21-27

		
Tamaño: 1.4852 Forma: 0.9394	Tamaño: 1.5113 Forma: 0.9767	Tamaño: 1.7293 Forma: 0.9090

Accesión 03-21-26

		
Tamaño: 1.3523 Forma: 1.0082	Tamaño: 1.2884 Forma: 0.9309	Tamaño: 1.4343 Forma: 0.9454

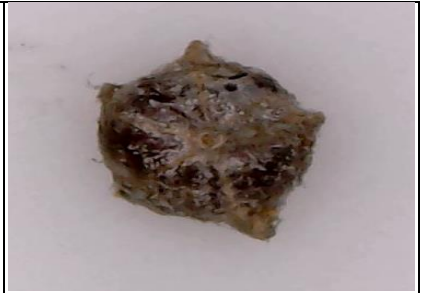
Accesión 03-21-24

		
Tamaño: 1.3074 Forma: 0.9188	Tamaño: 1.3264 Forma: 0.9694	Tamaño: 1.3298 Forma: 0.9569

Accesión 03-21-23

		
Tamaño: 1.2538 Forma: 0.9255	Tamaño: 1.3108 Forma: 0.9390	Tamaño: 1.2761 Forma: 0.9286




Accesión 03-21-07

		
Tamaño: 1.3525 Forma: 0.9009	Tamaño: 1.3951 Forma: 0.9361	Tamaño: 1.3716 Forma: 0.9132

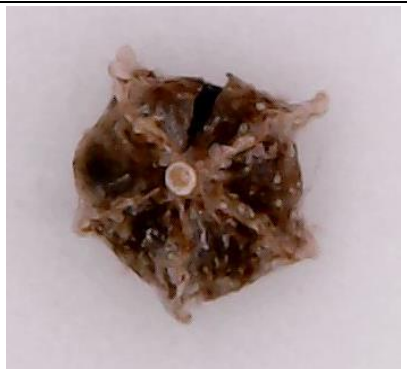


Accesión 03-21-03

		
Tamaño: 1.3863 Forma: 0.9152	Tamaño: 1.3614 Forma: 0.9301	Tamaño: 1.4909 Forma: 0.8994

Accesión 03-21-02

		
Tamaño: 1.4269 Forma: 0.9344	Tamaño: 1.5177 Forma: 0.9246	Tamaño: 1.4389 Forma: 0.9247

Accesión 03-21-140

		
Tamaño: 1.3816 Forma: 0.8935	Tamaño: 1.3854 Forma: 0.9406	Tamaño: 1.3280 Forma: 0.8926

Accesión 03-21-140

		
Tamaño: 1.3826 Forma: 0.9017	Tamaño: 1.4676 Forma: 0.9530	Tamaño: 1.4578 Forma: 0.8746

Accesión 03-21-156

		
Tamaño: 1.3883 Forma: 0.9391	Tamaño: 1.5150 Forma: 0.9003	Tamaño: 1.5390 Forma: 0.9279

Accesión 03-21-196

Tamaño: 1.2525 Forma: 0.8781	Tamaño: 1.3307 Forma: 0.9650	Tamaño: 1.3867 Forma: 0.9453

Accesión 03-21-204

Tamaño: 1.4419 Forma: 0.9293	Tamaño: 1.4924 Forma: 0.9867	Tamaño: 1.5208 Forma: 0.9339

Accesión 03-21-215

Tamaño: 1.4917 Forma: 0.9300	Tamaño: 1.5167 Forma: 0.9172	Tamaño: 1.5678 Forma: 0.9718

c. Resultados de forma

En las figuras ya descritas se muestran las microfotografías de todas las accesiones de cañihua enteros con perigonio, las microfotografías fueron tomadas en estado de reposo con una regla graduada milimétrica.

Tabla 21: Resultados de la forma – esfericidad de los granos de cañihua (menor a mayor)

N° de registro	ACCESIÓN	ESFERICIDAD MATERIA PRIMA	FORMA-ESFERICIDAD		
			A _w 0.112	A _w 0.769	A _w 0.975
1	03 - 21 - 140	0.8790	0.8935	0.9406	0.8926
2	03 - 21 - 196	0.8865	0.8781	0.9650	0.9453
3	03 - 21 - 07	0.8867	0.9009	0.9361	0.9132
4	03 - 21 - 315	0.9040	1.0127	0.9630	0.9536
5	03 - 21 - 246	0.9109	0.9527	0.9357	0.9200
6	03 - 21 - 24	0.9186	0.9188	0.9694	0.9569
7	03 - 21 - 215	0.9201	0.9300	0.9172	0.9718
8	03 - 21 - 02	0.9214	0.9344	0.9246	0.9247
9	03 - 21 - 26	0.9216	1.0082	0.9309	0.9454
10	03 - 21 - 23	0.9225	0.9255	0.9390	0.9286
11	03 - 21 - 156	0.9250	0.9391	0.9003	0.9279
12	03 - 21 - 27	0.9256	0.9394	0.9767	0.9090
13	03 - 21 - 64	0.9295	0.9734	0.9295	0.8722
14	03 - 21 - 37	0.9303	0.9428	0.9356	0.9461
15	03 - 21 - 218	0.9305	0.9239	0.8831	0.9482
16	03 - 21 - 204	0.9337	0.9293	0.9867	0.9339
17	03 - 21 - 230	0.9374	0.8995	0.8935	0.9565
18	03 - 21 - 231	0.9400	0.9181	0.9143	0.9101
19	03 - 21 - 267	0.9420	0.9733	0.8887	0.9611
20	03 - 21 - 03	0.9528	0.9152	0.9301	0.8994
21	03 - 21 - 124	0.9566	0.9375	0.9410	0.9593
22	03 - 21 - 296	0.9571	0.9474	0.9591	0.9386
23	03 - 21 - 130	0.9672	0.9266	0.9364	0.9277
24	03 - 21 - 146	0.9734	0.9017	0.9530	0.8746
25	03 - 21 - 301	0.9855	0.8916	0.9591	0.9648
26	03 - 21 - 117	0.9991	0.9344	0.9466	0.9467

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Se observa la forma de los granos de cañihua en la muestra patrón representado por la esfericidad, la forma que reflejan los granos andinos es estrellada, con cinco esquinas que vendrían a ser pentágonos.



Determinaron el diámetro mayor que fue 1.42mm, diámetro menor 1.26mm, espesor 0.84mm, diámetro geométrico 1.14mm y la esfericidad 0,82 de los granos de amaranto (Abalone, 2004). Los resultados de la esfericidad están entre 0.8790mm² y 0.9991mm² lo cual no hay diferencia significativa (0.11mm) teniendo en cuenta los factores que influyen en el grano que son el suelo, la composición y las condiciones medioambientales.

g. Determinación del color

Tabla 22: Resultados del color en granos de cañihua

N°	Acce sión	Represen tación	PARAMETROS COLOR						A _w (0.112)			A _w (0.657)			A _w (0.979)		
			L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	64	A	78.920	0.248	5.066	93.353	-0.374	7.854	81.548	-0.352	5.162	90.272	-0.713	12.889			
2	117	B	73.964	-0.798	11.994	91.909	0.251	7.168	95.571	-1.066	8.698	35.525	-0.147	4.314			
3	124	C	66.973	0.317	17.128	89.829	-0.098	8.602	92.929	-0.601	8.918	90.176	-0.159	13.260			
4	130	D 90%	82.162	-0.271	11.181	82.580	-1.154	7.945	94.316	-1.637	10.637	93.467	-1.264	10.203			
		D 10%	61.704	6.192	15.429												
5	218	E	77.003	3.091	12.847	83.933	1.503	9.979	80.738	5.787	16.714	71.414	3.189	10.401			
6	230	F	87.136	0.890	5.062	94.679	-0.919	3.416	66.156	-0.504	3.740	90.643	-0.886	10.454			
7	231	G	83.623	1.299	5.554	89.364	-1.033	6.171	94.513	-0.126	5.470	91.481	-0.578	9.529			
8	246	H	83.558	0.372	12.552	91.374	-0.121	11.641	63.718	0.469	12.917	82.159	-0.281	8.981			
9	267	I	77.825	1.389	15.485	93.133	-0.527	10.201	53.878	-0.061	11.886	82.525	-0.124	11.518			
10	296	J	88.513	0.328	7.077	92.160	-0.421	7.780	63.175	-0.536	11.741	90.286	0.282	8.488			
11	301	K	78.998	2.181	14.331	87.216	6.707	16.116	87.998	2.990	15.912	86.377	0.926	10.204			
12	315	L 60%	75.920	4.382	8.098	76.006	2.660	6.864	88.625	3.528	11.826	90.257	1.145	9.193			
		L 40%	87.155	0.344	5.430												
13	37	M	88.353	-0.0230	4.196	94.030	-0.466	3.172	93.714	-0.866	9.450	80.460	-0.137	5.318			
14	27	N	56.945	15.7926	-2.196	78.346	21.065	-1.972	67.053	11.372	5.149	81.128	4.549	8.729			
15	26	O 75%	68.307	6.7792	14.981	84.210	3.976	14.532	67.259	1.944	13.209	81.170	0.860	11.000			
		O 25%	83.462	0.3818	7.029												
16	24	P	78.943	1.5730	12.515	91.345	-1.284	14.957	90.718	1.091	10.818	67.721	-0.069	10.504			
17	23	Q	85.788	3.0541	10.168	89.577	0.155	15.271	90.113	-0.181	16.788	88.849	0.584	11.446			
18	07	R	77.007	1.5055	15.952	87.300	-0.550	17.639	87.678	-0.941	20.777	88.952	-0.776	13.862			



19	03	S	62.827	16.1613	16.739	81.151	11.160	12.091	79.683	6.484	11.080	61.484	0.944	5.922
20	02	T 45%	59.200	-2.1569	27.932	88.210	-3.574	55.900	82.212	-5.363	37.851	88.586	-0.367	13.292
		T 55%	82.263	-1.2798	12.553									
21	140	U	56.779	2.9878	15.627	81.161	1.5355	9.049	55.442	1.714	12.093	82.982	0.938	15.161
22	146	V 80%	68.782	-2.3217	36.463	88.570	-3.326	43.318	89.799	-3.503	32.666	82.083	0.345	9.884
		V 20%	47.143	0.2539	-0.258									
23	156	W	75.670	5.2848	31.104	40.881	1.954	20.712	83.312	2.760	27.827	89.572	-0.503	15.528
24	196	X	81.551	1.4348	10.253	87.995	0.652	7.728	75.477	0.843	5.947	77.810	-0.550	10.077
25	204	Y	55.451	27.2651	5.679	75.078	21.107	3.780	54.217	14.337	3.114	75.752	2.722	14.932
26	215	Z 95%	82.729	1.1197	3.641	93.212	-1.375	8.899	69.989	9.703	9.510	87.391	0.439	9.425
		Z 5%	58.286	17.7378	6.602									

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo



En la tabla 22 se muestran las características del color que se analizaron en términos de L^* (luminosidad (0-100)), a^* [verde ($-\alpha$), rojo (α)], b^* [azul ($-\alpha$), amarillo (α)] se determinaron mediante análisis de imágenes digitales; la accesión 03-21-64 presenta características del color de una porción de granos de cañihua, las coordenadas colorimétricas indican que la luminosidad decreció porque se inclina a negro, estos resultados indican que cuando la humedad va en aumento entonces disminuye su luminosidad y tiende a ser más oscuro, así mismo las coordenadas tienden a acercarse a verde y amarillo; esto se contrasta con el autor Padrón, (2014) que señala a mayor humedad las muestras fueron más oscuras en sus análisis de granos de quinua, tales datos se utilizan para determinar el contenido de pigmentos de un producto, que a su vez es índice de calidad (Gonzalez y Vicente, 2007)

En la accesión 03-21-117 las coordenadas colorimétricas indican que la luminosidad tiende a blanco, inclinado a verde por el valor negativo, a medida que aumenta la actividad de agua la luminosidad varía de blanco, rojo y amarillo a blanco, verde y amarillo estos resultados indican que cuando la humedad va en aumento entonces disminuye su luminosidad y tiende a ser más oscuro, esto se contrasta con el autor Padrón, (2014) que señala a mayor humedad las muestras fueron más oscuras en sus análisis de granos de quinua, tales datos se utilizan para determinar el contenido de pigmentos de un producto, que a su vez es índice de calidad (Gonzalez y Vicente, 2007).

En la accesión 03-21-124 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón en la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a medida que aumenta la a_w indican una inclinación a blanco, verde y amarillo, a mayor a_w entonces la luminosidad tiende a ser blanco, verde y amarillo hacia blanco, verde y amarillo.

En la accesión 03-21-130 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón indican la luminosidad tiende a blanco, verde y amarillo, el 10% la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, verde y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas señalan que la luminosidad tiende a ser blanco, verde y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, verde y amarillo.

En la accesión 03-21-130 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón indican la luminosidad tiende a blanco, verde y amarillo, el 10% la luminosidad tiende a



blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, verde y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas señalan que la luminosidad tiende a ser blanco, verde y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, verde y amarillo.

En la accesión 03-21-218 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, rojo y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas señalan que la luminosidad tiende a ser blanco, rojo y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, rojo y amarillo.

En la accesión 03-21-230 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón indican la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, rojo y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas señalan que la luminosidad tiende a ser blanco, rojo y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas colorimétricas indican una luminosidad con inclinación a blanco, rojo y amarillo.

En la accesión 03-21-230 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón fue la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores fueron indican una inclinación a blanco, verde y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas señalan que la luminosidad tiende a ser blanco, verde y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, verde y amarillo.

En la accesión 03-21-246 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón indica que la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, verde y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas señalan la luminosidad tiende a ser blanco, rojo y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, rojo y amarillo.

En la accesión 03-21-267 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón fue que la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, verde y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas señalan que la luminosidad tiende a ser blanco, verde y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, verde y amarillo.

En la accesión 03-21-296 las coordenadas colorimétricas de la muestra fue que la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una



inclinación a blanco, verde y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas señalan que la luminosidad tiende a ser blanco, verde y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, rojo y amarillo.

En la accesión 03-21-301 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón fue que la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, rojo y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas señalan que la luminosidad tiende a ser blanco, rojo y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, rojo y amarillo.

En la accesión 03-21-315 las coordenadas colorimétricas de la muestra fue que la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo, el 40% fue L^* 87, a^* 0 y b^* 5 entonces la luminosidad se inclina a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores fueron L^* 76, a^* 2 y b^* 6 indican una inclinación a blanco, rojo y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas colorimétricas resultaron que la luminosidad tiende a ser blanco, rojo y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, rojo y amarillo.

En la accesión 03-21-37 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón fue que la luminosidad tiende a blanco, verde y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, verde y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas señalan que la luminosidad tiende a ser blanco, verde y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, verde y amarillo.

En la accesión 03-21-27 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón fue que la luminosidad tiende a blanco, rojo y azul; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, rojo y azul; a una A_w 0.769 las coordenadas resultaron que la luminosidad tiende a ser blanco, rojo y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas colorimétricas indican una luminosidad con inclinación a blanco, rojo y amarillo.

En la accesión 03-21-26 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón el 75% fue L^* 68, a^* 6 y b^* 14 por lo tanto la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo, el 25% fue L^* 83, a^* 0 y b^* 7 por lo tanto la luminosidad se inclina a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, rojo y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas resultaron que la luminosidad tiende a ser blanco, rojo y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas colorimétricas indican que la luminosidad con inclinación a blanco, rojo y amarillo.



En la accesión 03-21-24 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón fue que la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, rojo y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas indicaron que la luminosidad tiende a ser blanco, rojo y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, verde y amarillo.

En la accesión 03-21-23 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón fue que la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, rojo y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas resultaron que la luminosidad tiende a ser blanco, verde y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, rojo y amarillo.

En la accesión 03-21-07 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón fue que la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, verde y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas resultaron que la luminosidad tiende a ser blanco, verde y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, verde y amarillo.

En la accesión 03-21-03 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón fue que la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, rojo y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas resultaron que la luminosidad tiende a ser blanco, rojo y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, rojo y amarillo.

En la accesión 03-21-02 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón el 45% fue L^* 59, a^* -2 y b^* 27 por lo tanto la luminosidad tiende a blanco, verde y amarillo, el 55% fue L^* 82, a^* -1 y b^* 12 indica la luminosidad próximo a blanco, verde y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, verde y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas resultaron que la luminosidad tiende a ser blanco, verde y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, verde y amarillo.

En la accesión 03-21-140 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón fue que la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, rojo y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas colorimétricas señalan que la luminosidad tiende a ser blanco, rojo y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, rojo y amarillo.



En la accesión 03-21-156 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón fue que la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, rojo y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas señalan que la luminosidad tiende a ser blanco, rojo y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, verde y amarillo.

En la accesión 03-21-196 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón fue que la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, rojo y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas indican que la luminosidad tiende a ser blanco, verde y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, verde y amarillo.

En la accesión 03-21-204 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón fue que la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, rojo y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas resultaron que la luminosidad tiende a ser blanco, rojo y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, rojo y amarillo.

En la accesión 03-21-215 las coordenadas colorimétricas de la muestra patrón el 95% fue L^* 82, a^* 1 y b^* 3 por lo tanto la luminosidad tiende a blanco, rojo y amarillo, el 5% fue L^* 58, a^* 17 y b^* 6 tienden al color blanco, rojo y amarillo; a una A_w de 0.112 los valores indican una inclinación a blanco, verde y amarillo; a una A_w 0.769 las coordenadas colorimétricas indican que la luminosidad tiende a ser blanco, verde y amarillo, a una A_w 0.976 las coordenadas indican una luminosidad con inclinación a blanco, rojo y amarillo.



V. CONCLUSIONES

Existe una relación directa entre la actividad de agua con la forma geométrica de los granos de cañihua, a medida que aumenta la actividad de agua la forma tiende a modificarse por la adsorción de humedad por la presencia de almidón en el grano andino.

A medida que aumenta la actividad de agua, aumenta proporcionalmente el diámetro geométrico de los granos de cañihua.

La mayoría de los granos de cañihua tienen al negro conforme aumenta la actividad de agua influenciando significativamente en la luminosidad esto debido a las reacciones en los pigmentos.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar y caracterizar las propiedades reológicas y de textura de las harinas y del almidón de los granos de cañihua.

Se recomienda determinar las propiedades mecánicas, termales y químicas de los granos procedentes de las variedades accesiones promisorias de cañihua para potenciar el uso agroindustrial.

Se recomienda hacer una réplica del estudio de las isothermas de adsorción o desorción para otros productos andinos.

Se recomienda hacer un análisis granulométrico a las muestras para realizar las isothermas de sorción.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abalone, R. C. (2004). Some physical properties of amaranth seeds. *Biosystems Engineering*, 109 - 117.
- Aguerre, J., Viollaz, P. E., & Suarez, C. (1996). A fractal isotherm for multilayer adsorption in food. *Journal of Food Engineering*, 30, 227 - 238.
- Aguilar, C. (2007). Optimizacion del procesado de modificacion del almidon de maiz ceroso por extrusion y el uso de mezclas de almidones modificados con mucilagos de nopal para la encapsulacion de aceite esencia de naranja empleando el secado por aspersion. In *Tesis para obtener el titulo de Licenciada en Quimica en Alimentos, centro de investigaciones Quimicas, Instituto de ciencias basicas e Ingenieria*. Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo.
- Apaza, V. (2010). Manejo y mejoramiento de Kañiwa. In *Convenio Instituto Nacional de Innovacion Agraria INIA-Puno, Centro de Investigacion de Recursos Naturales y Medio Ambiente-CIRNMA*. Puno - Peru: Bioversity International y el International Fund for Agricultural Development-IFAD.
- Bernalte, M., Sabio, E., Hernandez, M., & Gervasini, C. (2003). Influence of storage delay on quality of "Van" sweet cherry. *Postharvert Biology and Technology*, 28(2), 303 - 312.
- Blahovec, J. &. (2009). Modified classification of sorption isotherms. . *Journal of Food Engineering*, 91(1), 72 - 77.
- Boquet, R. C. (1978). Equations for fitting water sorption isotherms of corn-study of mathematical models. *International Journal of Food Science & Technology*, 13, 319 - 327.
- Brett, B. F. (2009). *Moisture sorption characteristics of starchy products: Oat flour and rice flour*. food Biophysics.



- Brunaer, S. D. (1940). On a Theory of the van der Waals Adsorption of Gases. *Journal of the American Chemical Society*, 62(7), 1723 - 1732.
- Callohuanca, A. P. (2014). *Cultivo de la Cañihua*. Puno: Meru E.I.R.L.
- Calzetta Resio, A., Aguerre, R. J., & Suarez, C. (1999). Analysis of the sorptional characteristics of amaranth starch. *Journal of Food Engineering*, 42 (1), 51 - 57.
- Cobana, M. &. (2007). Proceso de extraccion de almidon de yuca por via seca. *Centro de alimentos y Productos Naturales, Facultad de Ciencias y Tecnologia, Unive*, 24(1), 78-84.
- Dominguez, F. (2006). Introduccion de once hibridos de maiz amarillo duro para rendimiento en grano en Majes. In *Tesis Ingeniero Agronomo* (p. 145). Arequipa Peru: Universidad Nacional San Agustin.
- Emanuel, D. O. (2014). *Obtenção e modelagem das isotermas de dessorção e do calor isostérico para sementes de arroz em casca Rough rice seed desorption isotherms and isosteric heat*.
- FAO. (2000). *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentacion. Agronomia de los cultivos andinos. Qañiwa (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. Retrieved from "www.rlc.fao.org/es/agricultura".
- Guggenheim, E. A. (1966). Applications of statistical mechanics. *Oxford: Clarendon Press*.
- Halsey, G. (1948). Physical adsorption on non-uniform surfaces. *Journal of Chemical Physics*, 16(10), 931 - 937.
- Henderson, S. (1952). A basic concept of equilibrium moisture. *Agricultural Engineering.*, 33,29-32.
- Ibañez, V. (2009). *Analisis y diseño de experimentos. Facultad de Ingenieria Estadistica e Informatica, Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Peru*.



- Iglesias, H., & Chirife, J. (1976). Prediction of the effect of temperature on water sorption isotherms of food material. *Journal of Food Sc. and Technology*, 11, 109 - 116.
- Jane, J., Chen, Y., Lee, L., McPherson, A., Word, K., Radosavljevic, M., & Kasemsuwan, T. (1999). Effects of amylo-pectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. In *Cereal Chem* (pp. 76: 626-637).
- Jha, S., Kingsly, A.R.P., & Chopra, S. (2006). Physical and mechanical properties of mango during growth and storage for determination of maturity. *Journal of Food Engineering*, 72(1), 73 - 76.
- Labuza, T., & Altunakar, B. (2007). Water prediction and moisture isotherms. In *In water Activity in Foods* (pp. 109-154). Blackwell Pu: IFT Press.
- Lang, K., & Steinberg. (1981). Prediction water activity from 0.30 a 0.95 of a multicomponent food formulation. *Journal of Food Science*, 46, 670 - 672.
- Lewicki, P. P. (1998). A three parameter equation for moisture sorption isotherms. *Journal of Food Process Engineering*, 21(2), 127 - 144.
- Lomauro, C. J. (1985). Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Fruit, vegetable and meat products. *Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technology*, 111 - 117.
- Mamani, R. (1994). Efecto de la densidad de siembra en cuatro variedades de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Norte de Bolivia. *Tesis Ing. Agro. Universidad Mayor de San Andres. Facultad de Agronomia. La Paz Bolivia.*
- Martinez, N. (1999). Termodinamica y Cinetica de Sistemas Alimento Entorno. In A. Andres, A. Chiralt, & P. Fito. Mexico: Instituto Politecnico Nacional - Universidad Politecnica de Valencia.



- Mathlouthi, M., & R. B. (2003). Water vapour sorption isotherms and the caking of food powders. *Food Chemistry*, 82 (1), 61 - 71.
- McGuire, R. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254 - 1255.
- MINAG. (2013). [www.minag.gob.pe/boletin del SIEA/valor de la produccion](http://www.minag.gob.pe/boletin%20del%20SIEA/valor%20de%20la%20produccion).
- MINAGRI. (2015, enero 20). *El Peru es el principal productor y exportador de Quinoa en el mundo*. Retrieved from www.minag.gob.pe/portal/notas-de-prensa/notas-2015/12000
- Miranda, M. V.-G.-M. (2012). Modelling the water sorption isotherms of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) and determination of sorption heats. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 1686 - 1693.
- Moorthy, S. (2004). *Starch in food structure, function and applications*. Cambridge: Publishing Limited Woodhead.
- Moreira, R. (2008). Thermodynamic analysis of experimental sorption isotherms of loquat and quince fruit. In F. T. Chenlo. *Journal of Food Engineering* .
- Mosquera, L. (2010). *Influencia de la humedad y de la adición de solutos (maltodextrina o goma arábica) en las propiedades fisicoquímicas de barojo y fresa en polvo*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia-España.: Departamento de Tecnología de Alimentos.
- Mujica, A. (1994). Andean grains and legumes. In: Hernando Bermujo, J.E., Leon, J. (Eds), *Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective*.vol 26. FAO. Rome - Italy.
- Mujica, A. D. (2002). *La Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) en la nutrición humana del Perú*. UNA-Puno 68: Universitaria.



- NRC. (1989). Lost crops of the Incas: Littleknown plants of the andes with promise for worldwide cultivation. Washington, DC: Nacional Academy Press.
- Oswin, C. (1946). The kinetics of package life. III. The isotherm. *Journal of the Society of Chemical Industry*, 65(12), 419 - 421.
- Peleg, M. (1993). Assessment of asemi-empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. *Journal of Food Process Engineering*, 16(1), 21 - 37.
- Repo-Carrasco, R. A. (2009). Chemical and Functional Characterization of Kañihua (*Chenopodium pallidicaule*) Grain, Estrudate and Bran. In *Plants Foods Hum Nutr* (pp. 64(4), 94-101).
- Repo-Carrasco, R. E. (2003). Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañihua (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, 19 (2), 179-189.
- Repo-Carrasco, R. E. (2008). Determinacion de la capacidad antioxidante y compuestos fenolicos de cereales andinos: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Peru: Rev. Soc. Quim.
- Repo-Carrasco, R. E. (2010). Effects of roasting and boiling of quinoa, Kiwicha and Kañiwa on composition and availability of minerals in vitro. *J Sci Food Agric*, 90 (2). 2068-2073.
- Repo-Carrasco, R. K. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) and Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*.
- Rodriguez, J. A. (2016). Seed Shattering of Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 1 - 14.



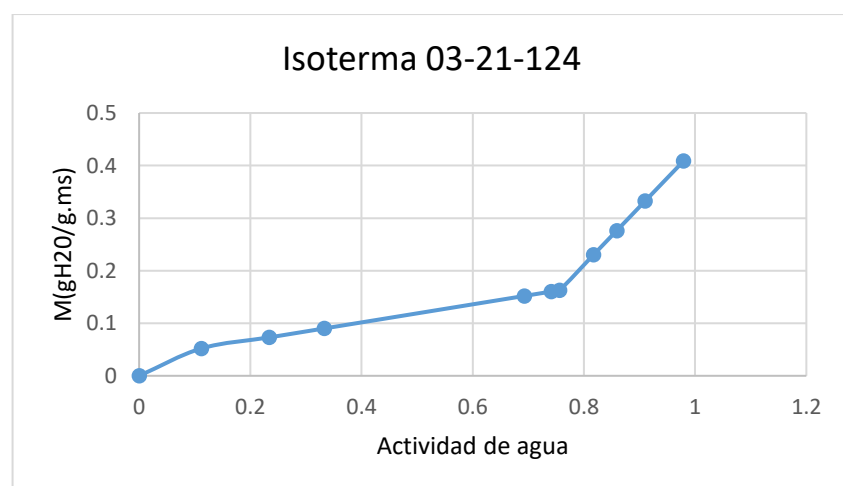
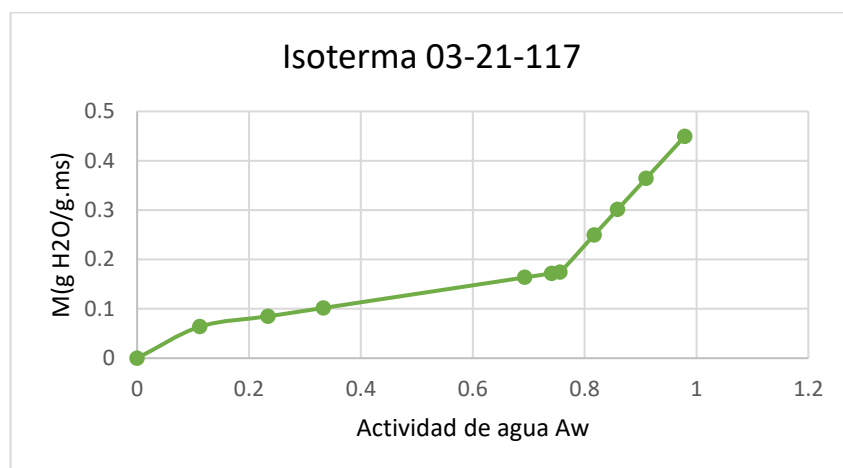
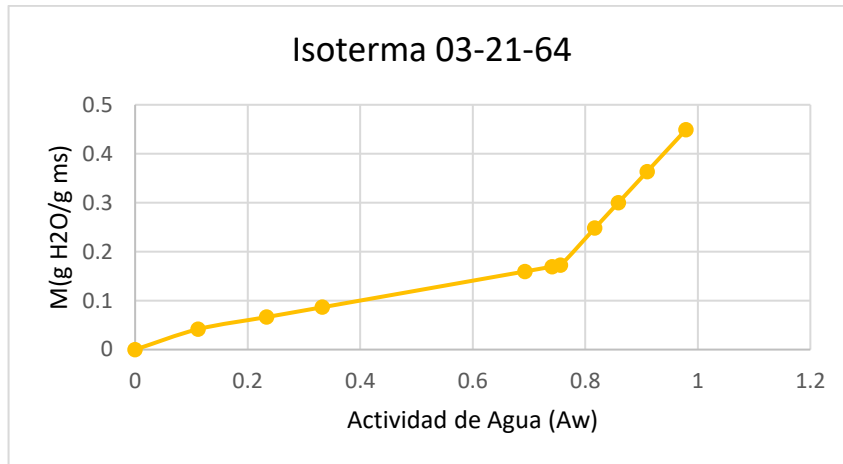
- Rojas, W. S. (2008). *Granos andinos, avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañihua y amaranto*. Bolivia.
- Salinas, Y. P. (2003). Relacion de Amilosa, Amilopectina en el almidon de harina Nixtamalizada de Maiz y su Efecto en la calidad de la tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(2), 115-121.
- Sevilla, R. (2006). Descriptores para la caracterizacion del cultivo de maiz. In T. M. R. Estrada, *Manual para la caracterizacion in situ de cultivos nativos*. (pp. 51-60). Lima-Peru: Instituto Nacional de Investigacion y Extension Agraria (INIEA). .
- Shafiur Rahman, M. (2009). *Food propertries handbook. Second edition*. London - New York: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Smith, S. (1947). The sorption of water vapor by high polymers. *Journal of the American Chemical Society*, 69(3), 646 - 651.
- Sogi, D. S., Shivhare, U.S., Garg, S.K., & Bawa, A.S. (2003). Water sorption isotherm and drying characteristics of tomato seeds. *Biosystems Engineering*, 84(3), 297 - 301.
- Tapia. (1990). Kañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en cultivos andinos sub explotados y su aporte a la alimentacion. Primera Edicion.
- Tapia, M. (1979). Quinua y Kañihua cultivos andinos (CIID). In H. A. Gandarillas. Bogota: Oficina Regional para la America Latina.
- Tapia, M. (2000). "*Cultivos Andinos sub explotados y su aporte en la Alimentacion*" 2°Edicion . Santiago-Chile: Oficina Regional de la FAO para America Latina y el Caribe.
- Timmermann, E., Chirife, J., & Iglesias, H. A. (2001). Water sorption isotherms of foods and foodstuffs: BET or GAB parameters. *Journal of Food Engineering*, 48 (1), 19 - 31.

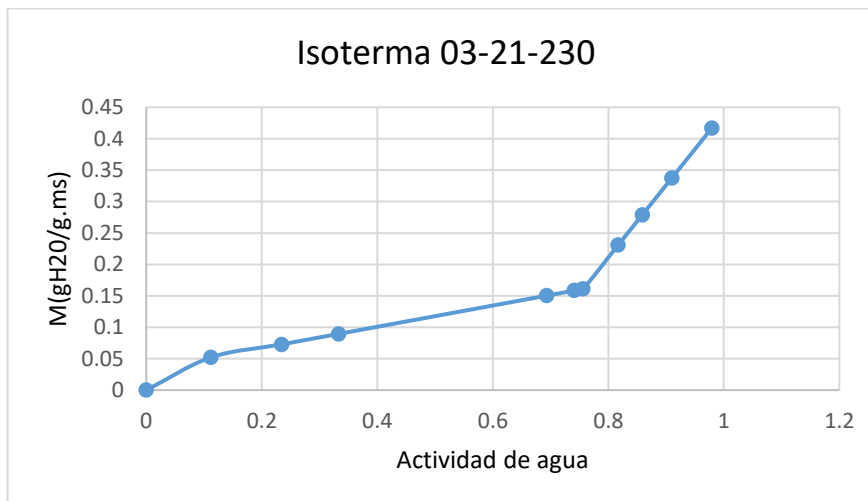
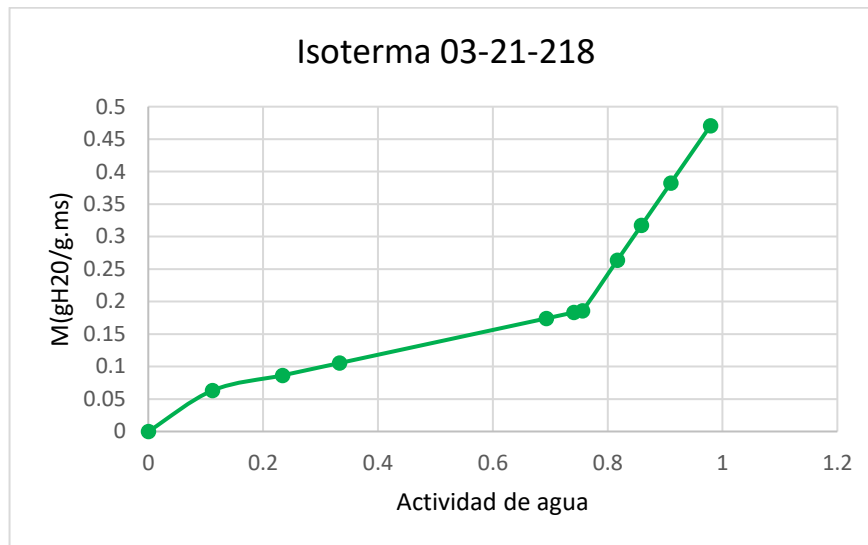
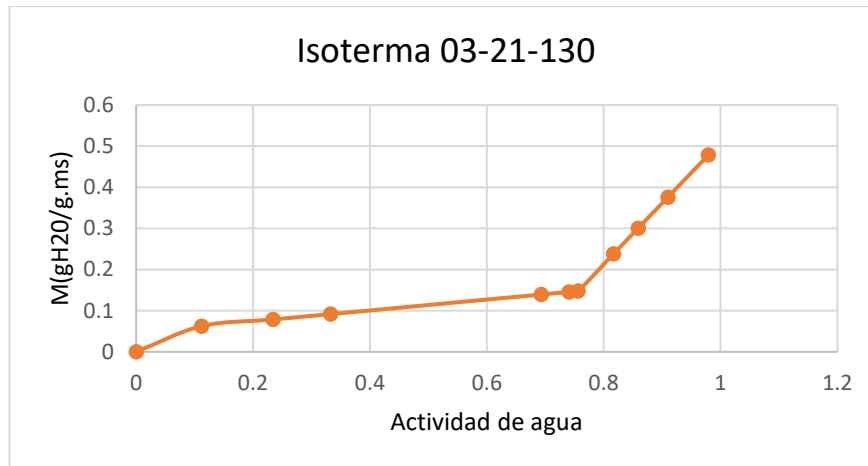


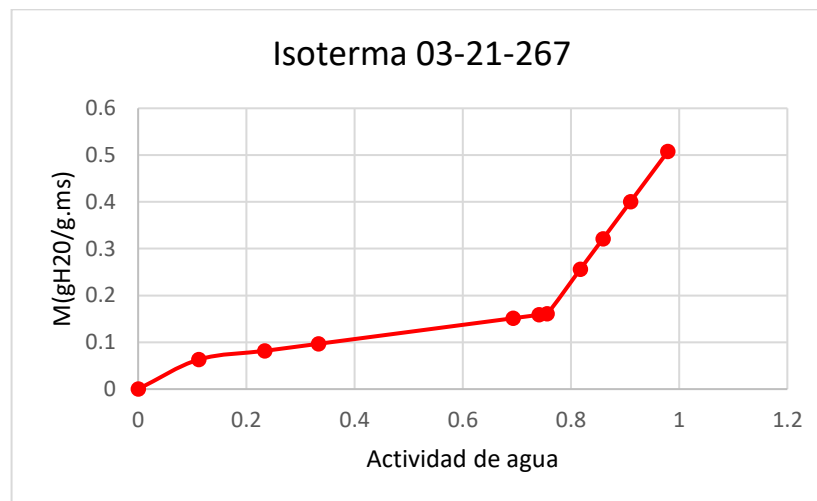
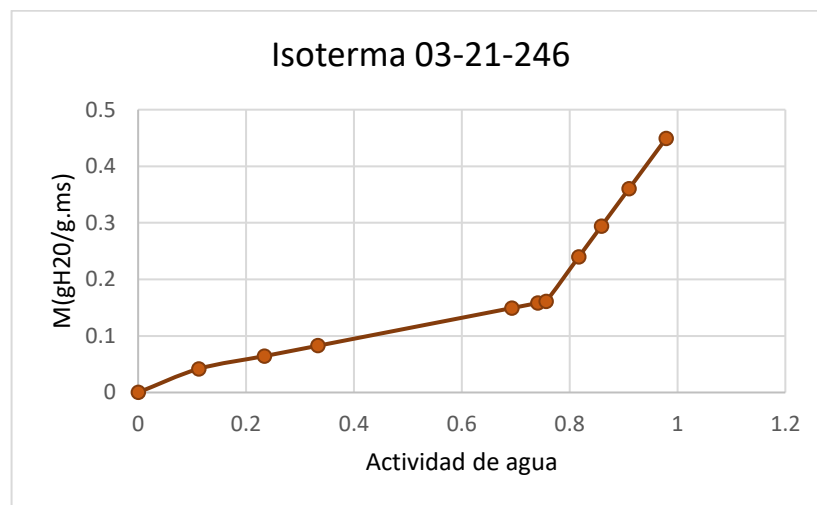
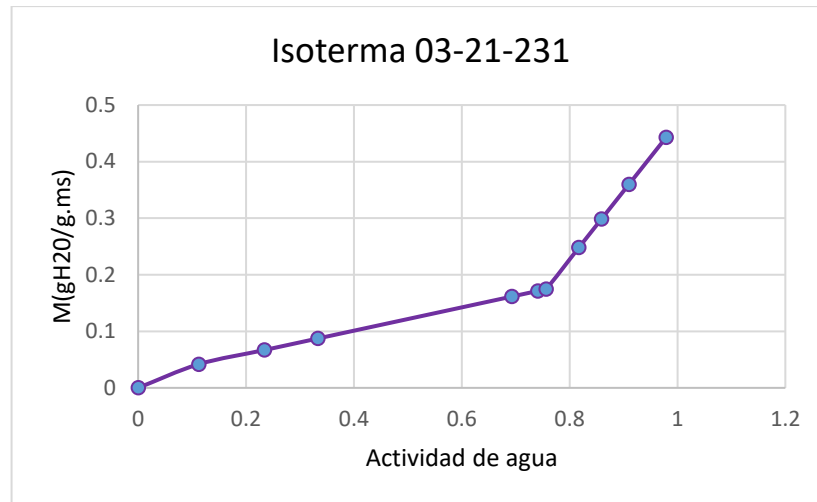
- Tolaba, M., Peltzer, M., Enriquez, N., & Pollio, M.L. (2004). Grain sorption equilibria of quinoa grains. *Journal of Food Engineering*, 61(3), 365 - 371.
- Toth, J. (2002). *Adsorption: Theory, Modeling and Analysis*. Inc. New York: Marcel Dekker.
- Wang, N. &. (1991). Moisture sorption isotherm characteristics of potatoes at four temperatures. *Journal of Food Engineering*, 14(4), 269 - 287.
- Zapana, E. J. (2010). Determinacion de la estabilidad de los compuestos antioxidantes durante la germinacion y extrusion en la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). 15-16.

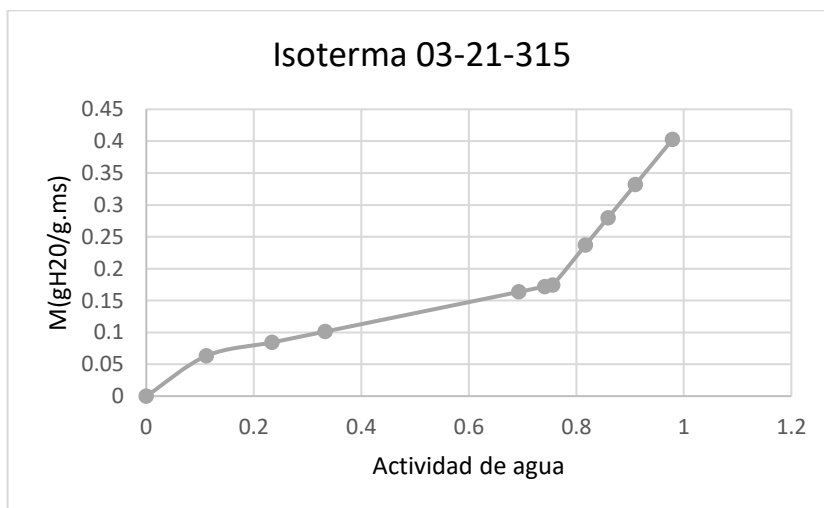
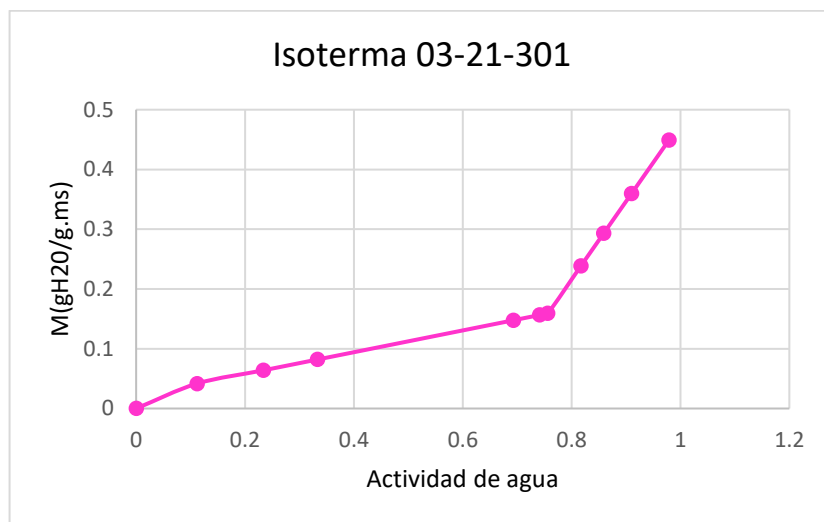
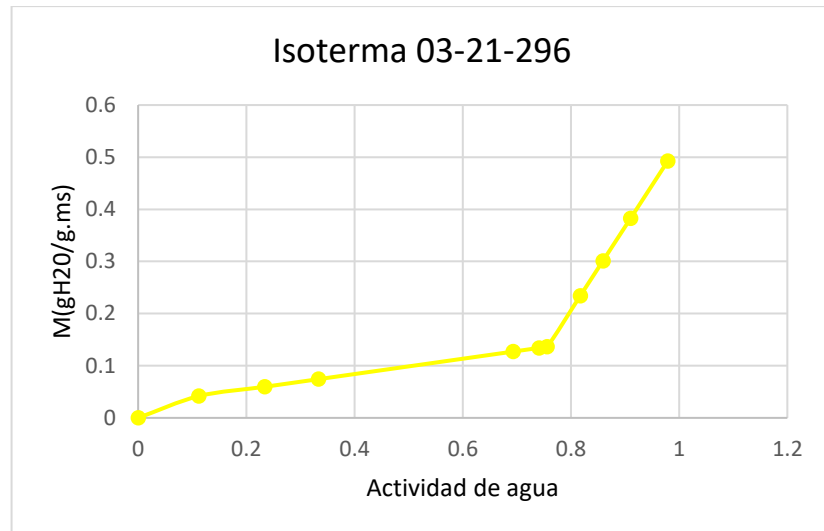
ANEXOS

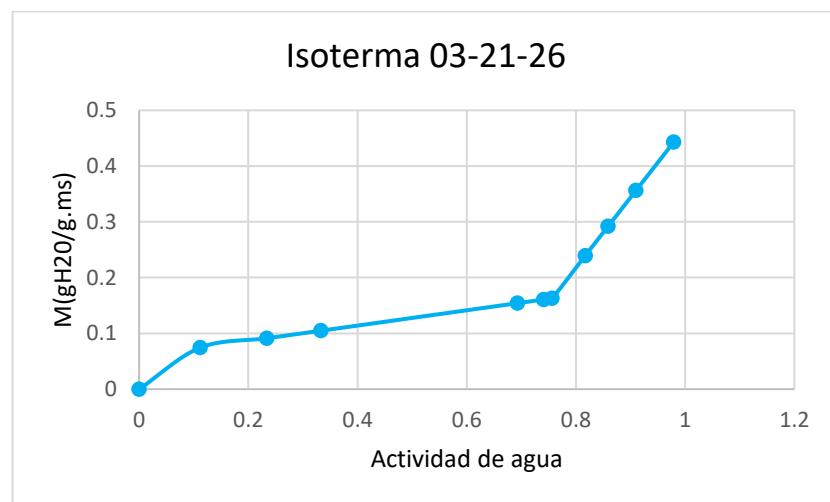
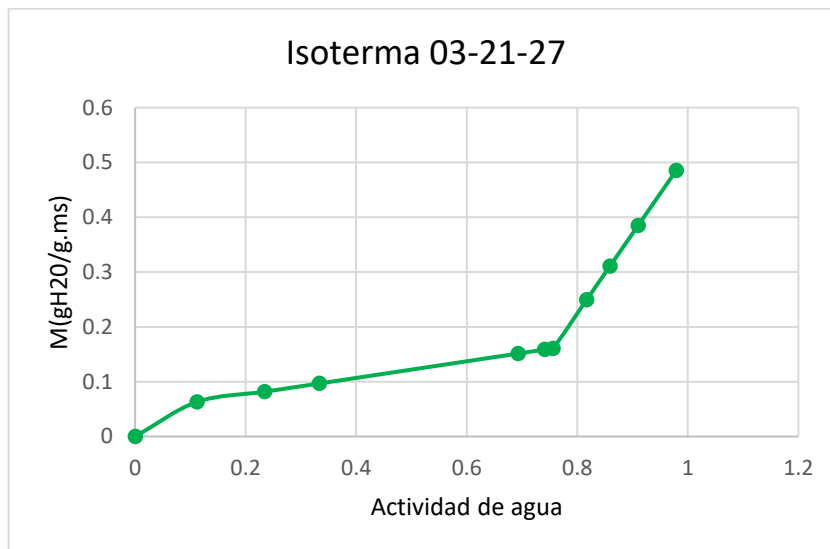
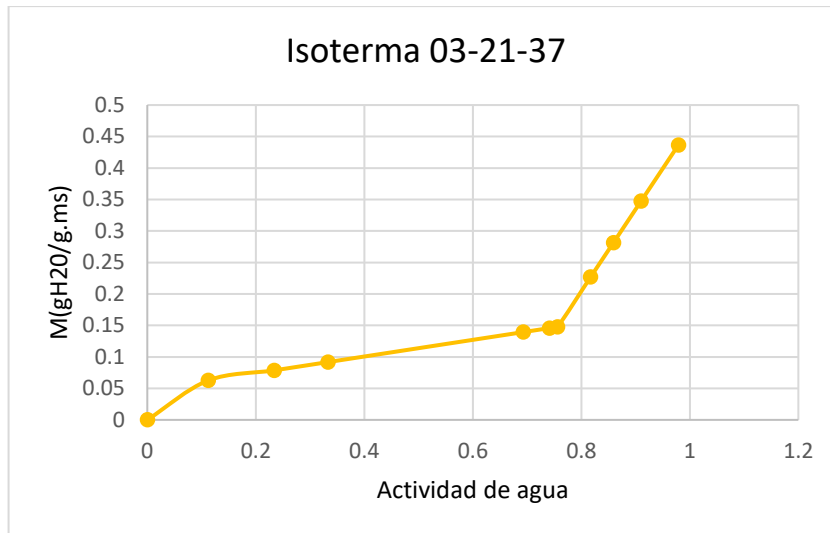
GRÁFICOS DE LAS ISOTERMAS DE ADSORCIÓN DE LAS 26 ACCESIONES DE CADA GRANO DE CAÑIHUA

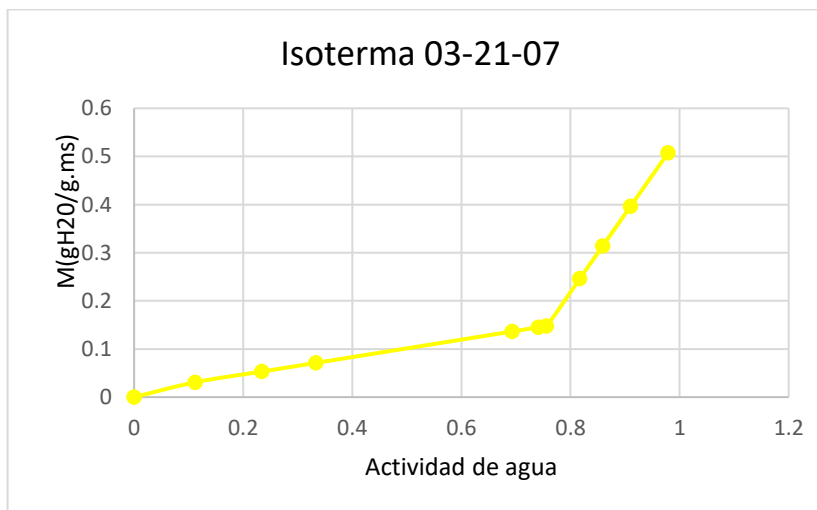
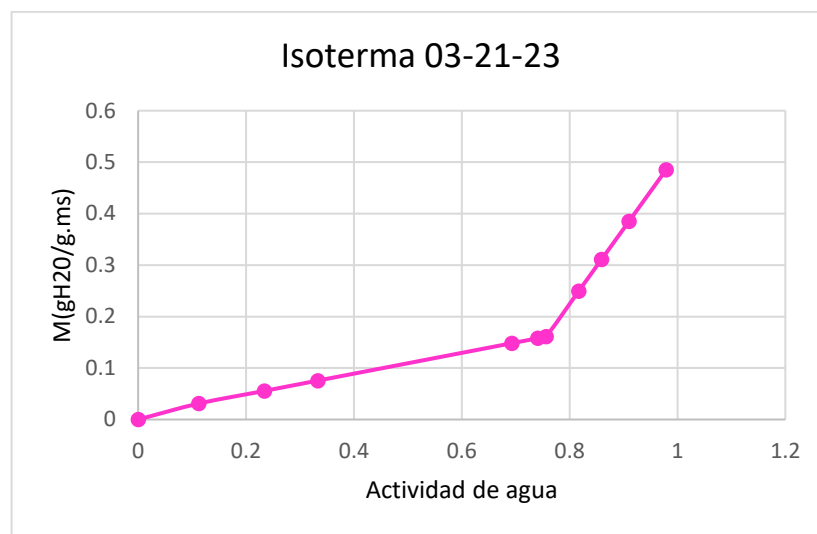
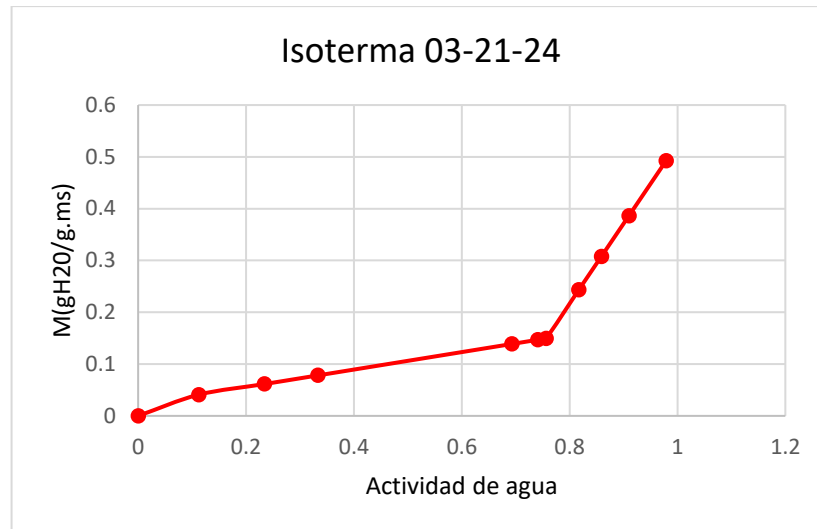


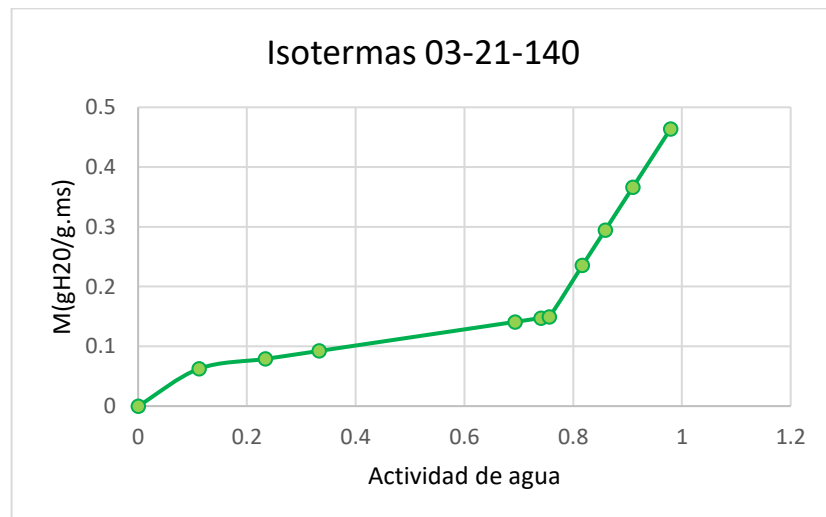
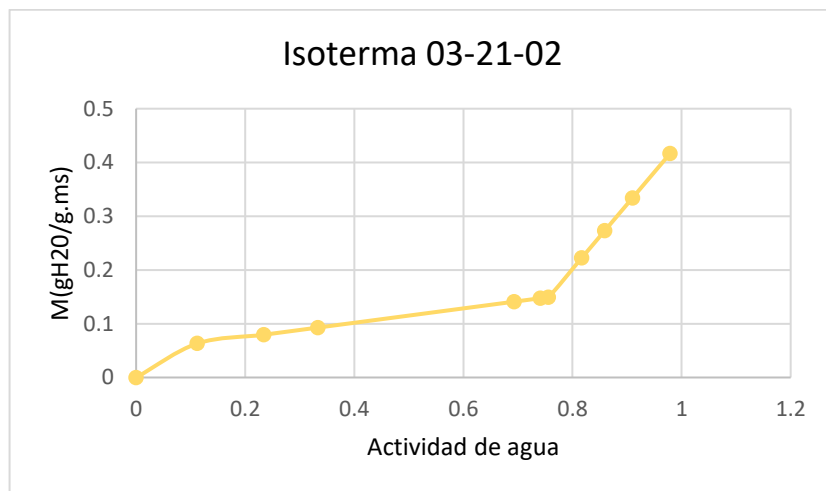
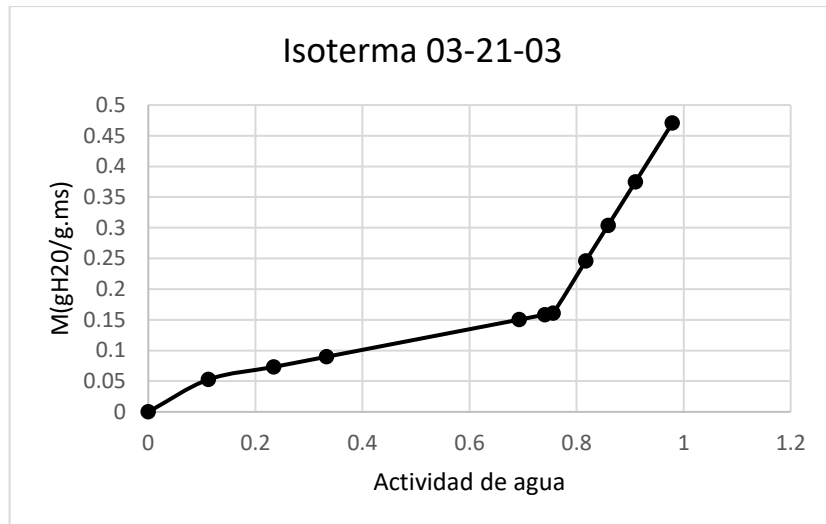


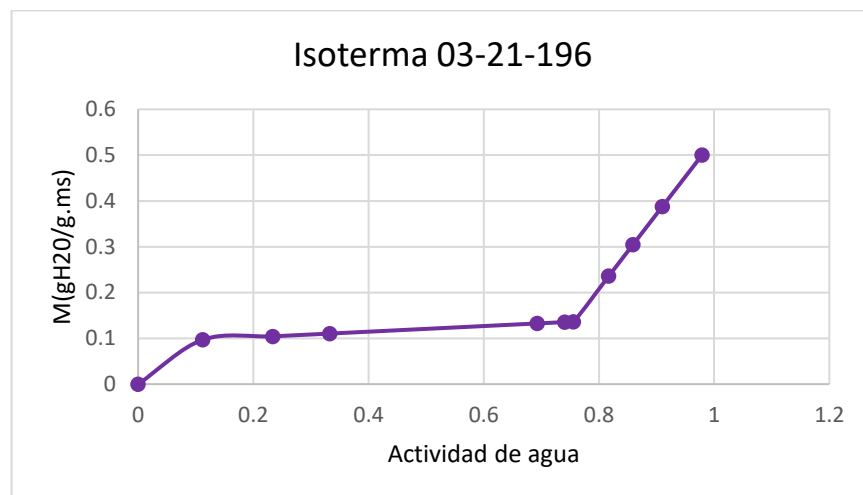
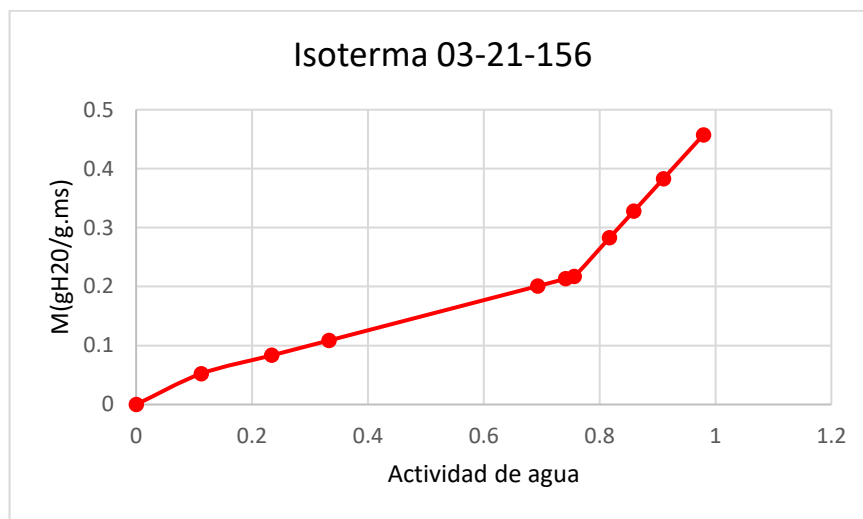
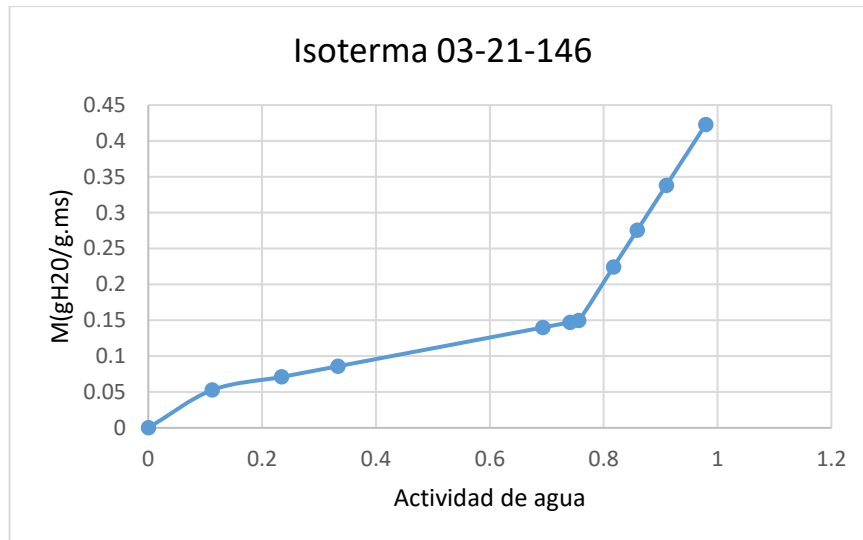


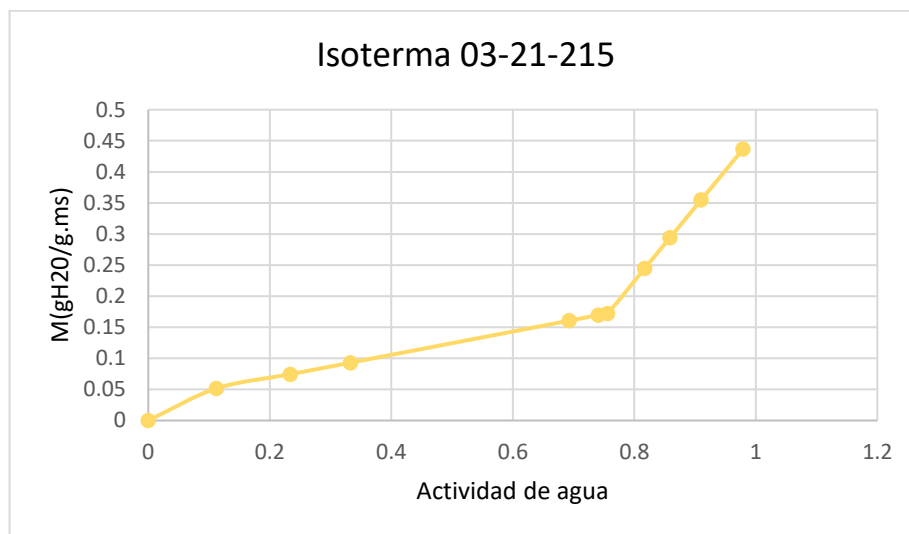
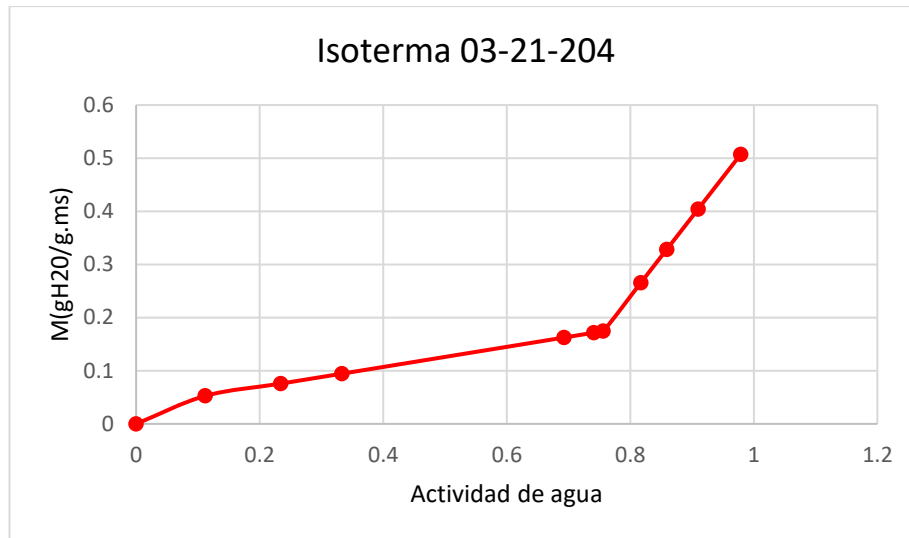














ANEXO 2
RESULTADOS INDIVIDUALES POR CADA ACCESION DE GRANOS DE
CAÑIHUA

MUESTRA PATRON

N°	Accesión	Representación	PARAMETROS COLOR				
			L*	a*	b*	C	H
1	64	A	78.9200	0.2486	5.0661	5.0722	45.3718
2	117	B	73.9642	-0.7984	11.9942	12.0207	41.5723
3	124	C	66.9733	0.3177	17.1280	17.1309	37.0417
4	130	D 90%	82.1620	-0.2712	11.1816	11.1849	41.6687
		D 10%	61.7049	6.1923	15.4293	16.6255	21.0080
5	218	E	77.0033	3.0917	12.8477	13.2145	30.4449
6	230	F	87.1361	0.8902	5.0627	5.1404	30.5978
7	231	G	83.6235	1.2999	5.5549	5.7050	35.0879
8	246	H	83.5581	0.3724	12.5528	12.5583	38.9834
9	267	I	77.8250	1.3898	15.4850	15.5473	36.0950
10	296	J	88.5136	0.3283	7.0773	7.0849	37.6345
11	301	K	78.9989	2.1813	14.3314	14.4964	35.2109
12	315	L 60%	75.9208	4.3821	8.0984	9.2080	21.2774
		L 40%	87.1554	0.3448	5.4308	5.4418	35.7577
13	37	M	88.3538	-0.0230	4.1967	4.1968	40.8210
14	27	N	56.9457	15.7926	-2.1960	15.9446	309.0859
15	26	O 75%	68.3078	6.7792	14.9819	16.4443	22.9377
		O 25%	83.4628	0.3818	7.0293	7.0397	37.5176
16	24	P	78.9438	1.5730	12.5157	12.6142	32.0271
17	23	Q	85.7881	3.0541	10.1685	10.6172	27.8638
18	07	R	77.0073	1.5055	15.9527	16.0236	33.9086
19	03	S	62.8273	16.1613	16.7390	23.2676	10.3521
20	02	T 45%	59.2007	-2.1569	27.9321	28.0152	33.3192
		T 55%	82.2639	-1.2798	12.5536	12.6186	45.5443
21	140	U	56.7791	2.9878	15.6278	15.9109	57.5011
22	146	V 80%	68.7824	-2.3217	36.4639	36.5377	37.7792
		V 20%	47.1437	0.2539	-0.2580	0.3619	123.3343
23	156	W	75.6700	5.2848	31.1044	31.5502	31.6647



24	196	X	81.5515	1.4348	10.2539	10.3538	31.4033
25	204	Y	55.4518	27.2651	5.6795	27.8504	5.3553
26	215	Z 95%	82.7297	1.1197	3.6410	3.8093	29.0823
		Z 5%	58.2868	17.7378	6.6022	18.9267	163.3313

RESULTADOS INDIVIDUALES POR CADA ACCESION DE GRANOS DE CAÑIHUA

ACTIVIDAD DE AGUA: 0.112

N°	Accesión	Representación	PARAMETROS COLOR				
			L*	a*	b*	C	H
1	64	A	93.3536	-0.3748	7.8542	7.8632	42.8318
2	117	B	91.9095	0.2511	7.1685	7.1729	37.9232
3	124	C	89.8294	-0.0980	8.6026	8.6032	40.4662
4	130	D	82.5802	-1.1549	7.9457	8.0292	42.6563
5	218	E	83.9332	1.5030	9.9799	10.0924	30.6736
6	230	F	94.6799	-0.9197	3.4164	3.5380	54.4259
7	231	G	89.3641	-1.0330	6.1719	6.2577	47.2906
8	246	H	91.3746	-0.1215	11.6415	11.6421	40.5368
9	267	I	93.1332	-0.5274	10.2012	10.2148	42.6908
10	296	J	92.1609	-0.4214	7.7804	7.7918	41.8564
11	301	K	87.2160	6.7073	16.1166	17.4566	24.2207
12	315	L	76.0069	2.6608	6.8643	7.3619	22.2096
13	37	M	94.0304	-0.4666	3.1720	3.2061	45.9201
14	27	N	78.3461	21.0655	-1.9729	21.1577	341.9128
15	26	O	84.2106	3.9762	14.5323	15.0664	28.6382
16	24	P	91.3458	-1.2843	14.9573	15.0123	44.4158
17	23	Q	89.5770	0.1553	15.2717	15.2725	39.6186
18	07	R	87.3000	-0.5505	17.6391	17.6477	41.4581
19	03	S	81.1512	11.1609	12.0911	16.4548	13.3138
20	02	T	88.2102	-3.5742	55.9003	56.0144	44.1246
21	140	U	81.1619	1.5355	9.0495	9.1789	34.8979
22	146	V	88.5701	-3.3269	43.3189	43.4465	44.7103
23	156	W	40.8814	1.9544	20.7126	20.8046	16.8503
24	196	X	87.9957	0.6526	7.7281	7.7556	36.0625



25	204	Y	75.0787	21.1072	3.7804	21.4431	313.1711
26	215	Z	93.2125	-1.3755	8.8993	9.0050	48.1268

RESULTADOS INDIVIDUALES POR CADA ACCESION DE GRANOS DE CAÑIHUA

ACTIVIDAD DE AGUA: 0.657

N°	Accesión	Representación	PARAMETROS COLOR				
			L*	a*	b*	C	H
1	64	A	81.5488	-0.3521	5.1622	5.1742	38.6042
2	117	B	95.5719	-1.0661	8.6985	8.7636	46.4482
3	124	C	92.9298	-0.6014	8.9183	8.9386	43.8058
4	130	D	94.3161	-1.6376	10.6373	10.7626	48.3535
5	218	E	80.7382	5.7870	16.7146	17.6880	26.0204
6	230	F	66.1567	-0.5049	3.7403	3.7742	32.9927
7	231	G	94.5135	-0.1265	5.4708	5.4723	41.9049
8	246	H	63.7189	0.4690	12.9179	12.9264	27.6919
9	267	I	53.8788	-0.0615	11.8866	11.8868	24.4838
10	296	J	63.1750	-0.5366	11.7419	11.7542	29.5903
11	301	K	87.9988	2.9906	15.9120	16.1906	31.9655
12	315	L	88.6250	3.5281	11.8261	12.3412	27.8549
13	37	M	93.7144	-0.8662	9.4509	9.4905	44.9772
14	27	N	67.0533	11.3727	5.1492	12.4841	128.9412
15	26	O	67.2590	1.9445	13.2098	13.3522	26.8607
16	24	P	90.7182	1.0915	10.8189	10.8738	36.0724
17	23	Q	90.1132	-0.1813	16.7882	16.7892	40.5997
18	07	R	87.6786	-0.9419	20.7774	20.7987	42.3352
19	03	S	79.6834	6.4846	11.0802	12.8382	19.2295
20	02	T	82.2127	-5.3631	37.8514	38.2295	45.1756
21	140	U	55.4428	1.7144	12.0936	12.2145	23.2032
22	146	V	89.7994	-3.5038	32.6666	32.8540	46.1996
23	156	W	83.3124	2.7605	27.8277	27.9643	33.5500
24	196	X	75.4773	0.8439	5.9471	6.0067	28.2330
25	204	Y	54.2170	14.3378	3.1148	14.6723	221.4243
26	215	Z	69.9893	9.7034	9.5105	13.5870	10.4810



RESULTADOS INDIVIDUALES POR CADA ACCESION DE GRANOS DE CAÑIHUA

ACTIVIDAD DE AGUA: 0.979

N°	Accesión	Representación	PARAMETROS COLOR				
			L*	a*	b*	C	H
1	64	A	90.2721	-0.7135	12.8893	12.9090	42.7523
2	117	B	35.5259	-0.1479	4.3141	4.3166	16.6866
3	124	C	90.1767	-0.1596	13.2604	13.2613	40.6193
4	130	D	93.4674	-1.2646	10.2036	10.2817	46.5479
5	218	E	71.4142	3.1897	10.4013	10.8793	23.7496
6	230	F	90.6431	-0.8864	10.4541	10.4916	44.3405
7	231	G	91.4812	-0.5784	9.5296	9.5472	43.0842
8	246	H	82.1591	-0.2814	8.9818	8.9863	37.4621
9	267	I	82.5251	-0.1244	11.5186	11.5193	37.6138
10	296	J	90.2869	0.2827	8.4887	8.4935	39.4611
11	301	K	86.3770	0.9269	10.2049	10.2469	36.0540
12	315	L	90.2578	1.1458	9.1935	9.2646	34.8078
13	37	M	80.4603	-0.1377	5.3184	5.3201	36.6403
14	27	N	81.1282	4.5494	8.7297	9.8441	20.6872
15	26	O	81.1705	0.8609	11.0001	11.0337	36.5293
16	24	P	67.7219	-0.0694	10.5045	10.5047	30.6218
17	23	Q	88.8492	0.5844	11.4468	11.4617	37.7554
18	07	R	88.9521	-0.7764	13.8625	13.8842	42.8418
19	03	S	61.4840	0.9446	5.9229	5.9977	23.2523
20	02	T	88.5865	-0.3677	13.2921	13.2972	41.3507
21	140	U	82.9825	0.9383	15.1619	15.1909	36.9198
22	146	V	82.0833	0.3451	9.8840	9.8900	36.9424
23	156	W	89.5726	-0.5031	15.5285	15.5367	41.7826
24	196	X	77.8105	-0.5501	10.0778	10.0928	37.3647
25	204	Y	75.7527	2.7222	14.9325	15.1786	31.2545
26	215	Z	87.3918	0.4395	9.4257	9.4360	37.7999



ANEXO 3

ANÁLISIS DE VARIANZA-ANVA

ANVA MULTIFACTORIAL – TAMAÑO

Variable dependiente: tamaño

Factores:

- tratamiento A_w
- accesiones

Número de casos completos: 78

Análisis de varianza para tamaño - Suma de cuadrados tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS					
PRINCIPALES					
A:tratamiento A_w	0.000966008	2	0.000483004	0.11	0.8985
B:accesiones	1.08116	25	0.0432462	9.60	0.0000
RESIDUOS	0.225165	50	0.0045033		
TOTAL (CORREGIDO)	1.38589	77			

Fuente: Elaboración propia

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Interpretación del análisis de varianza para el tamaño

La tabla ANVA descompone la variabilidad de tamaño en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que un valor-P es menor que 0.05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre tamaño con un 95.0% de nivel de confianza.



Tabla de medias por mínimos cuadrados para tamaño con intervalos de confianza del 95.0%

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	78	1.47471			
tratamiento Aw					
1	26	1.47929	0.0617291	1.3553	1.60328
2	26	1.45699	0.0394821	1.37769	1.53629
3	26	1.48784	0.0617291	1.36385	1.61183
accesiones					
A	3	1.77785	0.0724834	1.63226	1.92344
B	3	1.50962	0.0724834	1.36403	1.6552
C	3	1.41592	0.0724834	1.27033	1.5615
D	3	1.49508	0.0724834	1.3495	1.64067
E	3	1.63988	0.0724834	1.4943	1.78547
F	3	1.53102	0.0724834	1.38543	1.6766
G	3	1.44708	0.0724834	1.3015	1.59267
H	3	1.30895	0.0724834	1.16336	1.45454
I	3	1.37002	0.0547923	1.25996	1.48007
J	3	1.57228	0.0547923	1.46223	1.68234
K	3	1.56675	0.0547923	1.4567	1.6768
L	3	1.67782	0.0547923	1.56776	1.78787
M	3	1.66948	0.0547923	1.55943	1.77954
N	3	1.59298	0.0547923	1.48293	1.70304
O	3	1.37605	0.0547923	1.266	1.4861
P	3	1.33892	0.0547923	1.22886	1.44897
Q	3	1.29795	0.0547923	1.1879	1.408
R	3	1.37022	0.0547923	1.26016	1.48027
S	3	1.39973	0.0724834	1.25415	1.54532
T	3	1.44803	0.0724834	1.30245	1.59362
U	3	1.35187	0.0724834	1.20628	1.49745
V	3	1.42287	0.0724834	1.27728	1.56845



W	3	1.46763	0.0724834	1.32205	1.61322
X	3	1.31017	0.0724834	1.16458	1.45575
Y	3	1.4719	0.0724834	1.32631	1.61749
Z	3	1.51227	0.0724834	1.36668	1.65785

Interpretación de la tabla de medias por mínimos cuadrados:

Esta tabla muestra la media de tamaño para cada uno de los niveles de los factores. También muestra los errores estándar de cada media, los cuales son una medida de la variabilidad en su muestreo. Las dos columnas de la extrema derecha muestran intervalos de confianza del 95.0% para cada una de las medias. Pueden desplegarse estas medias e intervalos seleccionado Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas.

Pruebas de múltiple rangos para tamaño por tratamiento A_w

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>tratamiento A_w</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	26	1.45699	0.0394821	X
1	26	1.47929	0.0617291	X
3	26	1.48784	0.0617291	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		0.0223	0.165081
1 - 3		-0.00855	0.233459
2 - 3		-0.03085	0.165081

* indica una diferencia significativa.

Interpretación de las pruebas de múltiple rangos para tamaños:

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima

significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

ANVA MULTIFACTORIAL – FORMA (ESFERICIDAD)

Variable dependiente: Forma

Factores:

- Tratamiento A_w
- Accesiones

Número de casos completos: 78

Interpretación:

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de varios factores para Forma. Realiza varias pruebas y gráficas para determinar qué factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Forma. También evalúa la significancia de las interacciones entre los factores, si es que hay suficientes datos. Las pruebas-F en la tabla ANVA le permitirán identificar los factores significativos. Para cada factor significativo, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuales medias son significativamente diferentes de otras. La Gráfica de Medias y la Gráfica de Interacciones le ayudarán a interpretar los efectos significativos. Las Gráficas de Residuos le ayudarán a juzgar si los datos han violado los supuestos subyacentes al análisis de varianza.

Análisis de varianza para forma - Suma de cuadrados tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS					
PRINCIPALES					
A:tratamiento A_w	0.000980048	2	0.000490024	0.60	0.5553
B:accesiones	0.0142086	25	0.000568346	0.69	0.8414
RESIDUOS	0.0411681	50	0.000823362		
TOTAL					
(CORREGIDO)	0.0624839	77			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Interpretación del análisis de varianza para la forma:

La tabla ANVA descompone la variabilidad de Forma en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que



ningún valor-P es menor que 0.05, ninguno de los factores tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Forma con un 95.0% de nivel de confianza.

Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para Forma con intervalos de confianza del 95.0%

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	78	0.933736			
tratamiento A _w					
1	26	0.905753	0.0263949	0.852737	0.958768
2	26	0.935853	0.0168822	0.901944	0.969762
3	26	0.959603	0.0263949	0.906587	1.01262
accesiones					
A	3	0.953017	0.0309934	0.890765	1.01527
B	3	0.97055	0.0309934	0.908298	1.0328
C	3	0.973917	0.0309934	0.911665	1.03617
D	3	0.958217	0.0309934	0.895965	1.02047
E	3	0.946383	0.0309934	0.884131	1.00864
F	3	0.944483	0.0309934	0.882231	1.00674
G	3	0.94215	0.0309934	0.879898	1.0044
H	3	0.964117	0.0309934	0.901865	1.02637
I	3	0.958983	0.0234288	0.911925	1.00604
J	3	0.94625	0.0234288	0.899192	0.993308
K	3	0.936383	0.0234288	0.889325	0.983442
L	3	0.974317	0.0234288	0.927258	1.02137
M	3	0.939383	0.0234288	0.892325	0.986442
N	3	0.939583	0.0234288	0.892525	0.986642
O	3	0.959383	0.0234288	0.912325	1.00644
P	3	0.94625	0.0234288	0.899192	0.993308
Q	3	0.928917	0.0234288	0.881858	0.975975
R	3	0.898783	0.0234288	0.851725	0.945842
S	3	0.889033	0.0309934	0.826781	0.951285
T	3	0.902033	0.0309934	0.839781	0.964285



U	3	0.883033	0.0309934	0.820781	0.945285
V	3	0.8839	0.0309934	0.821648	0.946152
W	3	0.896567	0.0309934	0.834315	0.958819
X	3	0.9036	0.0309934	0.841348	0.965852
Y	3	0.9241	0.0309934	0.861848	0.986352
Z	3	0.9138	0.0309934	0.851548	0.976052

Interpretación de la tabla de medias por mínimos cuadrados para forma:

Esta tabla muestra la media de Forma para cada uno de los niveles de los factores. También muestra los errores estándar de cada media, los cuales son una medida de la variabilidad en su muestreo. Las dos columnas de la extrema derecha muestran intervalos de confianza del 95.0% para cada una de las medias. Pueden desplegarse estas medias e intervalos seleccionado Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas.

Pruebas de múltiple rangos para forma por tratamiento Aw

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>tratamiento aw</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	26	0.905753	0.0263949	X
2	26	0.935853	0.0168822	X
3	26	0.959603	0.0263949	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2		-0.0301	0.0705873
1 - 3		-0.05385	0.0998255
2 - 3		-0.02375	0.0705873

* indica una diferencia significativa.

Interpretación de las pruebas de múltiple rango:

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente



significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

ANEXO 4

IMÁGENES DEL PROCESO DE LA METODOLOGIA



DESCRIPCION: Lavado de recipientes de vidrio esto con la finalidad de eliminar la suciedad de la superficie teniendo buenas propiedades de enjuague.



DESCRIPCION: Desinfección de los recipientes de vidrio con cloro esto con la finalidad de desactivar la actividad de cualquier microorganismo.



DESCRIPCION: Posteriormente se realizó el secado de los recipientes de vidrio en las cuales se situará las muestras de investigación.



DESCRIPCION: Seguidamente se efectuó la esterilización de los frascos de vidrio con la finalidad de destruir los microorganismos por oxidación de sus componentes celulares por un tiempo de 2 minutos en microondas.



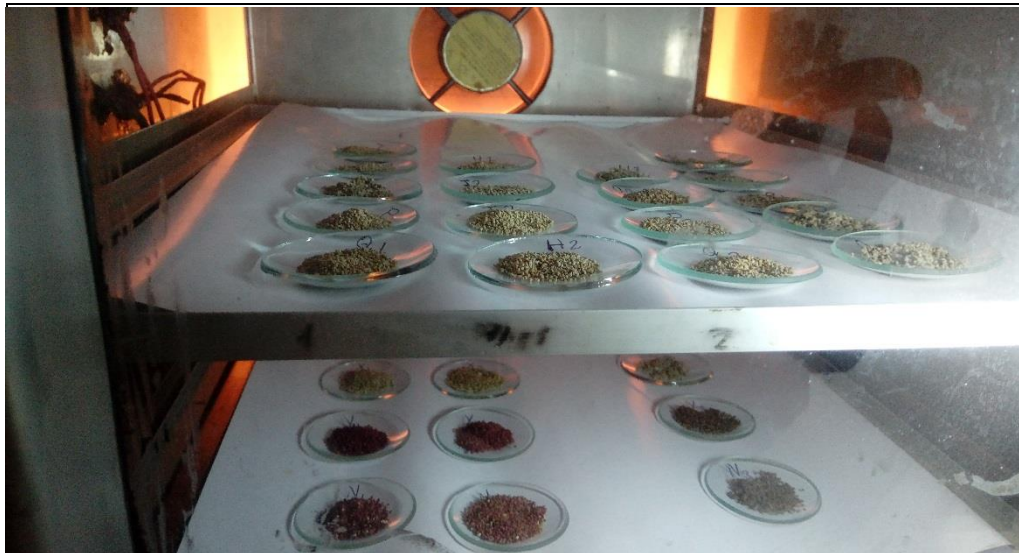
DESCRIPCION: Del mismo modo se realizó el lavado, desinfección y esterilización de los envases grandes con tapas herméticas a una T° de 70°C por el tiempo 2 minutos.



DESCRIPCION: Se realizó el respectivo pesado de las muestras y de los materiales a utilizar esto con la finalidad de llevar a cabo los cálculos respectivos.



DESCRIPCION: Luego del pesaje se preparó las muestras con codificación en envases esterilizados para su respectiva evaluación de actividad de agua.



DESCRIPCION: Pasado el tiempo de 35 días las muestras alcanzaron su equilibrio, seguidamente se obtuvo la diferencia de pesos.



DESCRIPCION: Posteriormente las muestras fueron sometidas a un proceso de desecado con solución salina saturada.



DESCRIPCION: Se aprecia una muestra de granos de cañihua alcanzado su humedad en equilibrio.



DESCRIPCION: Se aprecia las muestras de accesiones en granos de cañihua para sus respectivas evaluaciones de perdida de humedad.



DESCRIPCION: Muestras de accesiones de granos de cañihua al termino del proceso.



DESCRIPCION: La actividad que se viene realizando es la adquisición de imágenes de los granos de cañihua utilizando la microcámara marca Nikon en las instalaciones del laboratorio de Ingeniería de la EPIA.



DESCRIPCION: La recopilación de información mediante la toma de imágenes se ejecutó en varias repeticiones durante varios días.

ANEXO 5
IMÁGENES TOMADAS A LAS 26 ACCESIONES EN GRANOS DE
CAÑIHUA

CLAVE DE ACCESION: 03-21-64



CLAVE DE ACCESION: 03-21-117



CLAVE DE ACCESION: 03-21-124





CLAVE DE ACCESION: 03-21-130



CLAVE DE ACCESION: 03-21-218

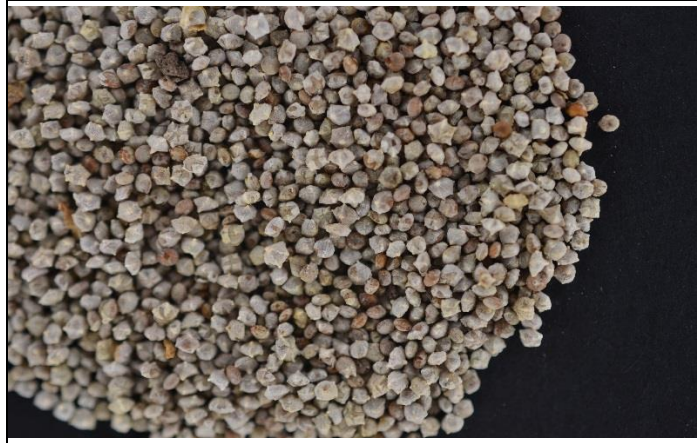


CLAVE DE ACCESION: 03-21-230





CLAVE DE ACCESION: 03-21-231



CLAVE DE ACCESION: 03-21-246



CLAVE DE ACCESION: 03-21-267





CLAVE DE ACCESION: 03-21-296



CLAVE DE ACCESION: 03-21-301



CLAVE DE ACCESION: 03-21-315



CLAVE DE ACCESION: 03-21-37



CLAVE DE ACCESION: 03-21-27



CLAVE DE ACCESION: 03-21-26





CLAVE DE ACCESION: 03-21-24



CLAVE DE ACCESION: 03-21-23



CLAVE DE ACCESION: 03-21-07





CLAVE DE ACCESION: 03-21-03



CLAVE DE ACCESION: 03-21-02



CLAVE DE ACCESION: 03-21-140



CLAVE DE ACCESION: 03-21-146



CLAVE DE ACCESION: 03-21-156



CLAVE DE ACCESION: 03-21-196



CLAVE DE ACCESION: 03-21-204



CLAVE DE ACCESION: 03-21-215

