

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**TESIS**

**CARACTERIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD  
PROTEICA DE QUINUA INSUFLADA EN 3 VARIEDADES (*Chenopodium  
quinoa* Willd)**

**PRESENTADA POR:**

**SARA YANA QUISPE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PUNO – PERÚ**

**2015**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TESIS  
CARACTERIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA  
DIGESTIBILIDAD PROTEICA DE QUINUA INSUFLADA EN 3  
VARIEDADES (*Chenopodium quinoa* Willd)

PRESENTADA POR:

SARA YANA QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:

  
Ph. D. Juan Marcos ARO ARO

PRIMER MIEMBRO

:

  
Ing. Saïre Roenfi GUERRA LIMA

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
Ing. Whany QUISPE CHAMBI

DIRECTOR DE TESIS

:

  
Ing. Edgar GALLEGOS ROJAS

PUNO - PERÚ

2015

ÁREA: Ingeniería y tecnología

TEMA: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

## DEDICATORIA

A Dios por la fortaleza, paciencia y sabiduría que puso en mí durante este tiempo.

A quienes amo profundamente, a mis padres Felipe Santiago Yana Coila y Agustina Quispe Benites, por su apoyo incondicional y su dedicación en mi formación humana y profesional. A mi padre, por ser ejemplo arduo de trabajo, esfuerzo y superación. A mi madre por ser amiga y guía, por impulsarme a seguir adelante y por su ejemplo de fortaleza y disciplina.

A mis hermanos Rut, Yonatan, Abraham y Esther, con quienes estoy sumamente agradecida por sus consejos y su constante impulso para seguir superándome profesionalmente.



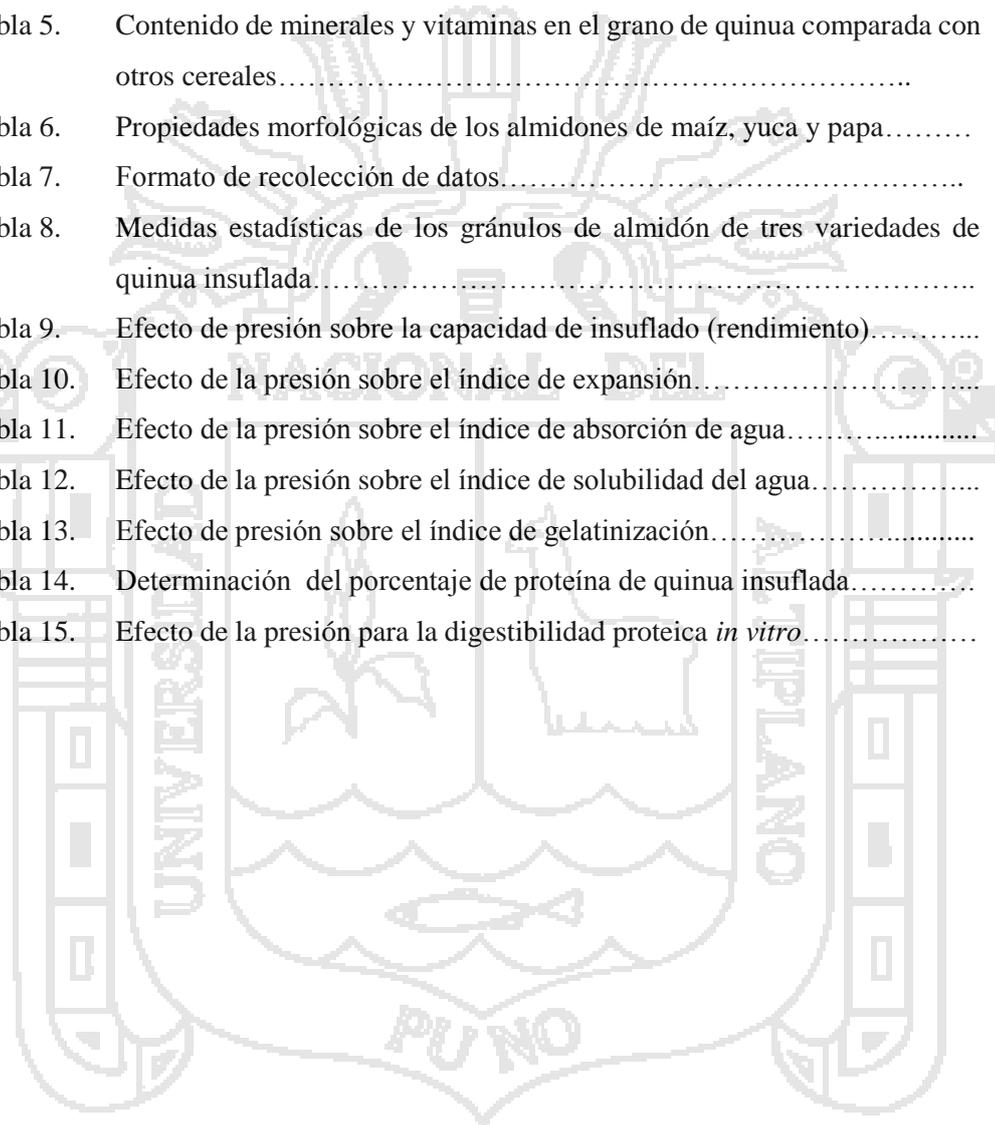
## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN.....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1. Generalidades.....	10
2.1.1. Origen e importancia de la quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> Willd).....	10
2.1.2. Clasificación botánica.....	10
2.1.3. Valor nutricional.....	10
2.1.4. Variedades de quinua.....	11
2.1.5. Composición química del grano de quinua.....	14
2.1.6. Aspecto microscópico y tamaño de granulo de almidón.....	16
2.1.6.1. Aislado de almidón.....	16
2.1.6.2. Morfología de granulo de almidón.....	16
2.2. Usos e industrialización de la quinua.....	18
2.3. Efecto del tratamiento térmico en la quinua.....	19
2.4. Generalidades del insuflado.....	19
2.4.1. Principio.....	19
2.4.2. Insuflado.....	19
2.4.3. Cañón o expansor.....	19
2.4.3.1. Tipos de expansores.....	19
2.4.3.2. Partes del cañón expansor.....	20
2.4.4. Fundamentos del insuflado en cereales.....	20
2.4.5. Cambios físicos químicos producidos por el insuflado.....	21
2.4.6. Cereales utilizados para el insuflado.....	21
2.4.7. Proceso de insuflado.....	22
2.4.8. Estabilidad de los productos insuflados.....	22
2.4.9. Valor nutritivo de los productos insuflados.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1. Lugar de ejecución.....	24
3.2. Materiales.....	24
3.2.1. Materia prima.....	24

3.2.2.	Equipos.....	24
3.2.3.	Instrumentos de laboratorio.....	24
3.2.4.	Reactivos.....	25
3.3.	Metodología experimental.....	25
3.3.1.	Descripción de proceso de obtención de quinua insuflada.....	25
3.4.	Métodos de análisis.....	28
3.4.1.	Morfología y tamaño de gránulos de almidón.....	28
3.4.1.1.	Descripción del proceso de obtención de almidón de quinua insuflada.....	28
3.4.1.2.	Forma y tamaño.....	28
3.4.2.	Índice de expansión (IE).....	29
3.4.2.1.	Capacidad de insuflado.....	29
3.4.2.2.	Índice de expansión o volumen de expansión.....	29
3.4.3.	Índice de absorción de agua (IAA).....	29
3.4.4.	Índice de solubilidad de agua (ISA).....	29
3.4.5.	Índice de gelatinización.....	30
3.4.6.	Determinación de proteína.....	30
3.4.7.	Determinación de la digestibilidad proteica.....	31
3.4.8.	Diseño de investigación.....	31
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	33
4.1.	Determinación de la morfología y tamaño de granulo del almidón.....	33
4.1.1.	Forma.....	33
4.1.2.	Tamaño.....	39
4.2.	Efecto de presión sobre el índice de expansión.....	40
4.2.1.	Capacidad del insuflado.....	40
4.2.2.	Índice de expansión o volumen de expansión.....	43
4.3.	Efecto de la presión sobre el índice de absorción de agua.....	46
4.4.	Efecto de la presión sobre el índice de solubilidad.....	49
4.5.	Efecto de la presión sobre el índice de gelatinización.....	52
4.6.	Determinación del porcentaje de digestibilidad proteica <i>in vitro</i> .....	55
4.6.1.	Proteína.....	55
4.6.2.	Digestibilidad proteica <i>in vitro</i> .....	58
V.	CONCLUSIONES.....	61
VI.	RECOMENDACIONES.....	62
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	63
	ANEXOS.....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Valor nutricional por 100g de quinua.....	11
Tabla 2. Variedades de quinua a nivel nacional.....	13
Tabla 3. Composición del grano de quinua (g/100).....	14
Tabla 4. Contenido de proteínas en variedades de quinua germinada, expandida, perlada, harina, hojuela.....	15
Tabla 5. Contenido de minerales y vitaminas en el grano de quinua comparada con otros cereales.....	16
Tabla 6. Propiedades morfológicas de los almidones de maíz, yuca y papa.....	17
Tabla 7. Formato de recolección de datos.....	32
Tabla 8. Medidas estadísticas de los gránulos de almidón de tres variedades de quinua insuflada.....	39
Tabla 9. Efecto de presión sobre la capacidad de insuflado (rendimiento).....	40
Tabla 10. Efecto de la presión sobre el índice de expansión.....	43
Tabla 11. Efecto de la presión sobre el índice de absorción de agua.....	46
Tabla 12. Efecto de la presión sobre el índice de solubilidad del agua.....	49
Tabla 13. Efecto de presión sobre el índice de gelatinización.....	52
Tabla 14. Determinación del porcentaje de proteína de quinua insuflada.....	55
Tabla 15. Efecto de la presión para la digestibilidad proteica <i>in vitro</i> .....	58



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Micrografía de almidón de maíz.....	17
Figura 2. Micrografía de almidón de yuca.....	17
Figura 3. Micrografía de almidón de papa.....	18
Figura 4. Diagrama de flujo – quinua insuflada.....	27
Figura 5. Microscopia electrónica por barrido, almidón de quinua insuflada, variedad Pasankalla.....	34
Figura 6. Microscopia electrónica por barrido, almidón de quinua insuflada, variedad Kancolla.....	36
Figura 7. Microscopia electrónica por barrido, almidón de quinua insuflada, variedad Ayara.....	38
Figura 8. Efecto de la presión en 3 variedades de quinua insuflada sobre el rendimiento.....	42
Figura 9. Efecto de la presión en el índice de expansión en 3 variedades de quinua insuflada.....	45
Figura 10. Efecto de presión en el índice de absorción de agua en 3 variedades de quinua insuflada.....	48
Figura 11. Efecto de la presión en el índice de solubilidad de agua en 3 variedades de quinua insuflada.....	51
Figura 12. Efecto de la presión en el índice de gelatinización de quinua insuflada.....	54
Figura 13. Efecto de presión en el porcentaje de proteína en 3 variedades de quinua insuflada.....	57
Figura 14. Efecto de presión en la digestibilidad proteica <i>in vitro</i> en 3 variedades de quinua insuflada.....	60

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se desarrolló la caracterización y determinación de la digestibilidad proteica de quinua insuflada en 3 variedades (*Chenopodium quinoa* willd), en la UNA – Puno. El objetivo del presente trabajo es evaluar las características físicas, forma y tamaño (utilizando el Microscopio Electrónico de Barrido), determinar el rendimiento, el índice de expansión, índice de absorción de agua, índice de solubilidad, índice de gelatinización y determinar el porcentaje de proteína y digestibilidad proteica *in vitro* de tres variedades de quinua insuflada: Pasankalla, Kancolla y Ayara, obtenidos del campo experimental CIP – CAMACANI de la región de Puno. Para la obtención de quinua insuflada se trabajó con presiones de 120, 140 y 160 lb/pulg<sup>2</sup>. Para la caracterización del almidón se realizó por análisis de imágenes respecto a los estudios SEM (Scanning electron micrographs), se observó que los gránulos de almidón de quinua tienen básicamente una forma poliédrica, el tamaño promedio granular de almidón varía entre 16-22µm, esto indica que el tamaño y la naturaleza de los gránulos de almidón influye en su procesabilidad estas características dependen del tipo de proceso que se le realizó al grano para la obtención del almidón (daño por calor). La digestibilidad proteica *in vitro* constituye un parámetro de calidad muy importante ya que se considera como un indicador de su calidad, la digestibilidad de la quinua fue determinada en el laboratorio de La Molina Calidad Total con la técnica AOAC 1984, y resultó con un promedio de 72 - 90.1% entre las 3 variedades de estudio, la cual destaca más la variedad Ayara a presión 120lb/pulg<sup>2</sup>, con 90.1%, lo que indica que se encuentra digerible para que pueda ser asimilado y por consecuencia pueda ser aprovechado por el organismos que lo ingiere. En el caso de la gelatinización se encontró en un rango de 43 – 69%, causando un incremento en el índice de solubilidad 19.4-27.3% y la absorción de agua 4.1–5.2%, son parámetros que muestran la magnitud de la interacción entre las cadenas de almidón dentro de las secciones amorfas y cristalinas, se obtuvo un mayor porcentaje para la variedad Pasankalla a presión 160lb/pulg<sup>2</sup>, con 69.75%. El insuflado afectó a la proteína, no así al contenido de almidón y su digestibilidad, cuyos valores se incrementaron a expensas de la disminución de los otros principios inmediatos del grano. El Índice de Absorción de agua y el índice de solubilidad del almidón se correlacionan linealmente, mostrando un incremento en el poder de hinchamiento en función de la absorción de agua, lo que evidencia la capacidad del almidón para retener el agua. El mejor rendimiento en cuanto a la capacidad de insuflado fue para la variedad Pasankalla que fue de 94.5% a presión 160 lb/pulg<sup>2</sup>, la variedad Kancolla tuvo 93.53% a 160 lb/pulg<sup>2</sup> y la variedad Ayara un 81% a 140 lb/pulg<sup>2</sup>, esto debido a que son granos de mayor tamaño.

## I. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de nuevas formas de presentación de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), para su consumo nos orienta a una alternativa para tratar de solucionar las problemáticas nutricionales, es la elaboración de alimentos de interés social, destinados a programas alimentarios, en los cuales se deben considerar dos aspectos básicos. Por un lado valorizar el aporte nutricional, especialmente en el contenido y calidad proteica, como así también la biodisponibilidad de los nutrientes. Por otro lado, utilizar una tecnología apropiada para asegurar el bajo costo de los mismos, mediante la elaboración de productos de alta densidad calórica, alto contenido de proteínas de buena calidad y de micronutrientes.

El potencial agroindustrial de la quinua está siendo demostrado mediante estudios, por ser un grano andino de gran adaptabilidad a la zona y de importancia económica y nutricional. Los cereales representan una fuente económica de nutrientes, principalmente carbohidratos y proteínas. El actual interés por alimentos cómodos ha estimulado la investigación sobre el método de deshidratación y dentro de ellos el proceso de insuflado, ocupa un lugar promisorio porque es operable a bajo costo y sobre todo en granos andinos por la gran rentabilidad.

El uso del proceso de insuflado tiene una marcada característica artesanal más que científico tecnológico debido a la falta de datos referentes a las propiedades físicas y químicas, a su vez mejora la digestibilidad de los granos y presenta múltiples ventajas como es que el producto se obtiene en un tiempo relativamente corto y por consiguiente hay menor desnaturalización de las proteínas, producción de un producto sanitariamente adecuado, su alta estabilidad de almacenaje, alta productividad y sobre todo estos granos se cuecen generalmente sin otro ingrediente.

En consecuencia con el propósito de contribuir a una mejor difusión de conocimiento para aprovechar de mejor manera este tipo de tecnología, se ha planteado el presente trabajo de tesis titulado “Caracterización y determinación de la digestibilidad proteica de quinua insuflada en 3 variedades (*Chenopodium quinoa* willd)”, el cual busca los siguientes objetivos:

- Determinar la morfología y tamaño de gránulos de almidón para 3 variedades de quinua insuflada.
- Determinar el índice de gelatinización y la digestibilidad proteica para 3 variedades de quinua insuflada.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. GENERALIDADES

#### 2.1.1. ORIGEN E IMPORTANCIA DE LA QUINUA

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), es un cultivo muy antiguo de los andes, en 1970 el historiador Núñez indica que al norte de Chile en un complejo Arqueológico, encontró granos de quinua que datan de 3000 años a.c., Max Hule en 1919, historiador peruano indica que la quinua tiene una antigüedad de 5000 años a.c., en forma general, podemos indicar que en los diferentes lugares donde se han encontrado estos granos de quinua ratifican esta antigüedad. La singularidad encontrada es que mientras más antigua sea la semilla, se encontrara un mayor porcentaje de semillas de quinuas silvestres o ayaras (grano negro), lo que indica que el proceso de selección ha tenido varios siglos para poder lograrse una variedad. (León, 2003).

Constituye un aporte de nuestra cultura para todo el mundo, según estudiosos, este cultivo viene cobrando cada vez mayor importancia por su diversidad y utilidad en países con fragilidad de sus ecosistemas, sumando a sus bondades nutricionales que satisface las necesidades de alimentación básica (seguridad alimentaria) del productor, además generando ingresos económicos por la venta de sus excedentes de producción. (Rojas, Pinto y Soto, 2010; Matos & Sánchez, 2011).

#### 2.1.2. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

Según Carrillo (1992); Este cultivo fue descrito por primera vez por el científico Alemán Luis Christian Willdnow.

Reino: Vegetal	Familia: Chenopodiceas
División: Fanerógamas	Género: <i>Chenopodium</i>
Clase: Dicotiledóneas	Sección: Chenopodia
Sub-clase: Angiospermales	Subsección: Cellulata
Orden: centroespermales	Especie: <i>Chenopodium quinoa</i> Willd

#### 2.1.3. VALOR NUTRICIONAL

El valor nutritivo de un alimento es valorado por su naturaleza química, por las transformaciones que sufre al ser ingerido y por los efectos que produce en el consumidor. (Hoseney, 1991).

Desde el punto de vista nutricional y alimentario la quinua es la fuente natural de proteína vegetal de alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales que le confiere un valor biológico comparable solo con la leche y el huevo, así como también es una excelente fuente de carbohidratos y tiene casi el doble de proteína comparada a

otros cereales como el arroz y el trigo, brinda también un aporte sorprendente de minerales como hierro, potasio, magnesio y zinc junto con las vitaminas del complejo B. (Raygada, 2001).

Los aminoácidos que posee la quinua entre los que más sobresalen están la lisina, methionina, triptofano, fenilalanina, tirosina y valina; superando los contenidos de los principales cereales: trigo, maíz, cebada y arroz, constituyéndose por lo tanto en uno de los principales alimentos de nuestra región siendo este grano el único alimento vegetal que provee de todos los aminoácidos esenciales para la vida del ser humano y en valores cercanos a los establecidos por la FAO, lo cual hace que la proteína de la quinua sea de excelente calidad; sus características nutritivas hacen que se equipare a la leche. (Kirk, Sawyer & Egan, 1996).

**Tabla 1: Valor nutricional por 100g de quinua**

Nutrientes	Cantidad
Calorías (cal.)	351
Humedad (%)	9.4-13
Lisina (g)	6.8-8.5
Metionina (mg)	2.1
Treonina(mg)	4.5
Triptofano (mg)	1.3
Calcio (mg)	66.6
Fosforo (mg)	408.3
Magnesio (mg)	204.2
Hierro (mg)	10.9
Manganeso (mg)	2.21
Zinc (mg)	7.47

Fuente: Morón, 1999.

#### 2.1.4. VARIEDADES DE QUINUA

La planta posee una gran diversidad, su clasificación se ha hecho en base a variedades, se reconoce cinco tipos:

- Tipo Valle: Crece en los valles andinos entre 2000 m.s.n.m. y 3600 m.s.n.m. Esta especie es de gran tamaño y tiene un largo período de crecimiento.
- Tipo Altiplánico: Se desarrolla alrededor del lago Titicaca, resistente a las heladas, de poca altura, carece de ramas y tiene un corto período de crecimiento.
- Tipo Salares: Propio de los terrenos salinos (llanuras) del altiplano boliviano, con resistencia a suelos salinos y alcalinos. Tiene semillas amargas con un alto contenido proteico.

- d) Tipo de Nivel de Mar: Encontrada en el sur de Chile, tamaño mediano, generalmente sin ramas, con semillas color amarillo y amargas.
- e) Tipo Subtropical: Encontrada en los valles interandinos de Bolivia, de color verde oscuro intenso al ser plantada y en la madurez se torna anaranjado. Tiene pequeñas semillas blancas o amarillas. Perú y Bolivia tienen la más extensa variedad de especies, teniendo 2000 muestras de ecotipos. Existen también muestras en Chile, Argentina, Ecuador, Colombia, EE.UU, Inglaterra y la Unión Soviética (Alvarez et al., 2009).



**Tabla 2. Variedades de quinua a nivel nacional.**

<b>Variedad</b>	<b>Sabor de grano</b>	<b>Color de grano</b>	<b>Tamaño de grano</b>	<b>Regiones de producción</b>
Amarilla Marangani	Amargo	Anaranjado	Grande	Cusco, Apurímac, Ayacucho
Blanca de Junín	Semidulce	Blanco	Mediano	Junín, Cusco, Cajamarca, Huancavelica, Huánuco
Rosa Junín	Dulce	Crema	Pequeño	La Libertad, Cajamarca, Junín, Cusco, Apurímac
Ayacuchana INIA	Dulce	Crema	Pequeño	Ayacucho, Apurímac, Huancavelica
Quillahuaman INIA	Semidulce	Crema	Mediano	Cusco
Huacariz	Semidulce	Blanco	Mediano	Junín
Hualhuas	Dulce	Blanco	Mediano	Junín
Mantaro	Dulce	Blanco	Mediano	Junín, Ayacucho, Ancash, Cajamarca
Rosada Yanamango	Semidulce	Blanco	Mediano	Junín, La Libertad
Salcedo INIA	Dulce	Blanco	Grande	Puno, Arequipa, Cusco, Moquegua
Illpa INIA	Dulce	Blanco	Grande	Puno, Arequipa, Cusco, Moquegua
Blanca de Juli	Semidulce	Blanco	Pequeño	Puno, Arequipa
Kancolla	Semidulce	Blanco	Mediano	Puno, Arequipa, Cusco
Cheweca	Semidulce	Blanco	Mediano	Puno, Arequipa, Cusco
INIA 415 Pasancalla	Dulce	Rojo	Mediano	Puno, Arequipa

Fuente: Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2005.

### 2.1.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE QUINUA

La quinua es catalogada como un pseudocereal, debido al comportamiento aminoacídico que es similar al de las leguminosas. El contenido de proteínas y grasa de este grano es más alto que en el de otros cereales, en la tabla 3 se puede apreciar la composición química del grano de quinua. (Pérez et al. 1997).

**Tabla 3. Composición del grano de quinua (g/100g).**

Componente	Quinua (%)	Trigo (%)	Avena (%)	Maíz amarillo (%)
Proteína	12,10	9,20	10,60	8,40
Lípidos	6,10	1,50	10,20	0,30
Carbohidratos	68,30	71,60	68,50	72,90
Fibra	6,80	3,00	2,70	3,80
Ceniza	2,70	1,10	6,00	1,20
Humedad	10,80	16,50	9,30	17,20

Fuente: James, (2009).

#### a. Proteínas

La mayor parte de las proteínas se encuentran en el germen, este representa aproximadamente el 30% del peso de toda la semilla. En 1978 Scarpati de Briceño, determinó las fracciones proteicas de la quinua, un 45% estaba conformado por albúminas y globulinas, 23% por prolaminas y un 32% por glutelinas. Las proteínas solubles (albúminas y globulinas) tienen mayor contenido de aminoácidos esenciales, especialmente lisina, que las proteínas insolubles (prolaminas y glutelinas). (Nielsen, 2003).

La lisina, aminoácido limitante en los alimentos de origen vegetal se encuentra en la quinua en una proporción del doble que en la de otros cereales, la concentración de metionina es el 25% más que la de otros cereales, la concentración de triptófano es más o menos el mismo que en la cebada, avena y trigo. Siendo su aminoácido limitante la metionina (Matos & Sanches, 2011).

**Tabla 4. Contenido de proteínas en variedades de quinua germinada, expandida, perlada, harina, hojuela.**

Variedades	Contenido de proteínas (%) en quinua				
	Germinada	Expandida	Perlada	Harina	Hojuela
<b>Blanca de Juli</b>	15.16	9.47	14.73	14.2	9.45
<b>Salcedo INIA</b>	13.35	12.62	14.49	13.9	9.62
<b>Kancolla</b>	-	6.3	13.32	-	9.27

Fuente: Instituto Nacional de Innovación Agraria, (2004).

#### **b. Lípidos**

Un 6,1% de la composición total de la quinua está representada por lípidos. De los cuales un 48% está constituido por el ácido oleico, 50,7% de ácido linoléico, 0,8% de ácido linolénico y 0,4% de ácidos saturados con el ácido palmítico como predominante (Ureña et al, 1999).

#### **c. Carbohidratos**

El contenido de carbohidratos en la quinua difiere según sus variedades. El almidón es el principal carbohidrato, pues constituye entre un 58,1 - 64,2%, este se ubica en el perisperma a diferencia de los cereales que lo almacenan en el endospermo. (Kirk, Sawyer & Egan, 1996).

El almidón de la quinua, es pequeño, tiene un promedio de 2  $\mu\text{m}$  de diámetro/grano, comparado con el de 30  $\mu\text{m}$  para el maíz. El gránulo del almidón es insoluble en agua fría, a temperaturas mayores sus moléculas empiezan a formar puentes de hidrógeno absorbiendo mucha agua, hinchándose, este fenómeno conocido como gelatinización empieza en la quinua a 56,9 °C y termina con la gelatinización de todos los gránulos a 70 °C, durante la gelatinización la viscosidad de la suspensión de almidón aumenta. (Alvarez et al., 2009).

#### **d. Vitaminas y minerales**

El grano de la quinua no solo es importante por la calidad de sus proteínas, sino también por el contenido de las mismas, existen vitaminas del grupo B en apreciable cantidad al igual que en los cereales comunes, pero a diferencia de ellos en su composición tiene vitamina C, lo que le da la superioridad en la ración alimentaria. (Hoseney, 1991).

La quinua es rica en fósforo y potasio (representa hasta un 65% del total de cenizas), el contenido en hierro y calcio en la quinua es mayor a la del trigo, aunque esta última siga siendo deficiente en proporción con el fósforo, para la relación Calcio: Fósforo. (Koziol, 1992).

En la tabla 5 se muestra las vitaminas y minerales presentes en la quinua.

**Tabla 5. Contenido de minerales y vitaminas en el grano de quinua comparada con otros cereales (mg/100g de M.S.).**

Componentes	Quinua	Trigo	Maíz
	Blanca		Amarillo
Riboflavina (B2)	0,32	0,08	0,16
Fósforo	302,00	223,00	267,00
Niacina (B3)	1,17	2,85	3,25
Hierro	5,20	4,60	3,70
Calcio	107,00	36,00	6,00
Ácido ascórbico	1,10	---	---

Fuente: Espinosa, 2007.

### 2.1.6. ASPECTO MICROSCÓPICO Y TAMAÑO DE GRANULO DE ALMIDÓN

Los gránulos de almidón pueden reconocerse por su forma y tamaño que están relacionadas con la fuente biológica del cual fue aislado el almidón. (Reyes, 2007).

#### 2.1.6.1. AISLADO DE ALMIDÓN

El proceso de extracción tiene como objetivo obtener un almidón con alto grado de pureza, debiendo contener bajos contenidos de proteínas, lípidos, cenizas y fibra. El método de extracción a emplearse depende de la fuente de almidón y del tipo, este debe evitar el daño mecánico o modificación de los granos. (Hagenimana, Ding y Fang, 2006).

Generalmente en este tipo de extracciones se utiliza la licuadora, el tamizado se hace con mallas de diverso calibre, tiene por objetivo retener las partículas groseras y la fibra de la parte soluble o suspendida. La purificación se realiza por sedimentación y lavados sucesivos de almidón. La cantidad de lavados depende del tipo de producto y del tipo de solución empleada en la molienda y puede darse cuando el pH de la solución es neutro. El almidón se deja secar al medio ambiente o puede emplearse un túnel de secado con un flujo de aire a temperaturas por debajo de los 50 grados centígrados. El almidón seco se pulveriza en un molino, mortero o un molino de rodillo. (Cheng & Shuh, 1992).

#### 2.1.6.2. MORFOLOGÍA DEL GRANULO DEL ALMIDÓN

El almidón aparece al microscopio compuesto de diminutas estructuras individuales llamados gránulos cuyo tamaño y forma son característicos de cada especie. Espin et al., (1999), Menciona que los gránulos de almidón proveniente de diversas especies botánicas difieren en su morfología. El grano de almidón de tubérculos y raíces son ovales, redondeados, esféricos, y

poligonales. Los gránulos de almidón del frijol y arveja tienen forma característica de discos densos con un corte alrededor del centro o al final y un desgaste en el borde del granulo. Los gránulos de almidón provenientes de frutas y nueces varían en forma. Algunos almidones de nueces tienen una inusual morfología de media esfera, aunque la mayoría presenta formas redondeadas. Los gránulos de almidón de tamaño pequeño y muy pequeño son caracterizados por formas muy irregulares y poligonales. (Rojas, Pinto & Soto, 2010).

**Tabla 6. Propiedades morfológicas de los almidones de maíz, yuca y papa**

Almidones	Tamaño mínimo (µm)	Tamaño máximo (µm)	Desviación estándar (µm)	Tamaño promedio (µm)
Maíz	1.72	29.15	5.62	12.69
Yuca	1.47	23.91	4.74	10.38
Papa	2.02	65.94	10.61	15.22

Fuente: Camilo (2008).

En la figura 1, 2 y 3 se muestran los tamaños que tienen determinados tipos de almidones y las medias aproximadas de los gránulos.

Figura 1. Micrografías del almidón de maíz.

a) x400                      b) x400                      c) x1000

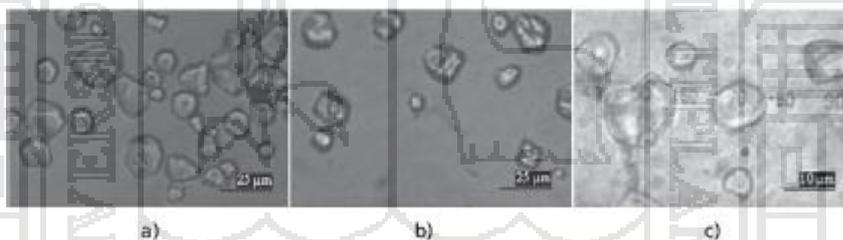


Figura 2. Micrografías del almidón de yuca.

a) x400                      b) x400                      c) x1000

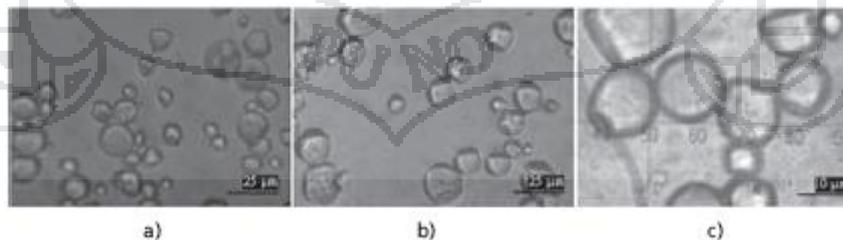
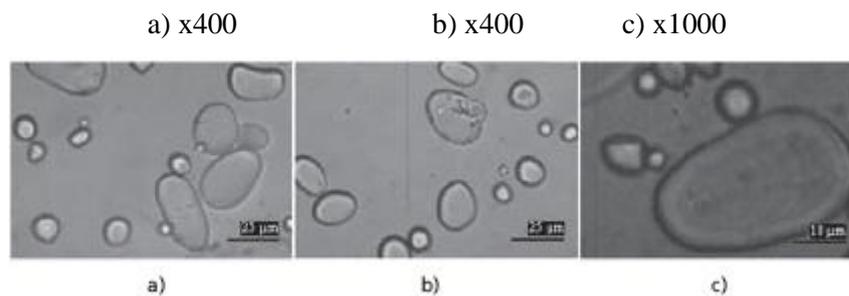


Figura 3. Micrografías del almidón de papa.



En las figura 1,2 y 3 se muestra los gránulos de almidón de maíz que tiene un tamaño promedio de  $12.69\mu\text{m}$ , la yuca con un tamaño de  $10.38\mu\text{m}$  y la papa con  $15.22\mu\text{m}$ . (Camilo, 2008).

## 2.2. USOS E INDUSTRIALIZACIÓN DE LA QUINUA

Se puede usar la quinua como grano entero, hojuelas o harina en diversos productos, se puede producir una leche de quinua, y además tiene potencial importante en la elaboración de alimentos para personas alérgicas al gluten, en cereales para desayuno, pastas alimenticias, y galletas, entre otros. La quinua también puede usarse en la elaboración de gránulos y forrajes para la alimentación animal, así como cultivo de cobertura para protección de la fauna silvestre. Finalmente, su almidón, proteínas y saponinas tienen un potencial de usos industriales. (Raygada, 2001).

La quinua está considerada como una especie de muchos usos agroindustriales. La semilla puede utilizarse para la alimentación humana, y como alimento para animales. Las ventajosas propiedades específicas de la quinua deben ser identificadas y explotadas, y se debe desarrollar tecnologías que permitan la utilización de tales propiedades, para que la quinua pueda competir con otras materias primas que generalmente son baratas, fácilmente disponibles y de calidad aceptable. (Rojas, Pinto & Soto, 2010).

El almidón, que forma gránulos pequeños, tiene varias aplicaciones industriales potenciales. Los posibles productos industriales de quinua sugeridos son harina, almidón, excipientes en la industria plástica, talcos y polvos anti-offset y proteínas complementarias para mejorar el equilibrio de aminoácidos de los alimentos humanos y animales. Se puede usar el grano grande de quinua como semilla o para comercialización e industrialización, el grano mediano para consumo directo y el grano pequeño o quebrado para harinas (Carrera, 1995).

En cuanto a la harina de quinua se emplea para enriquecer harinas de panificación en la elaboración de galletas, barras de cereal, tartas, fideos, rebozados, alimentos para niños etc., aportando un alto valor nutritivo. (Espinosa, 2007).

### **2.3. EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN LA QUINUA**

Los procesos que utilizan calor seco, como el tostado y el insuflado, pueden disminuir notablemente la disponibilidad de lisina, que es termolábil. Se determinó el efecto térmico de la proteína en cuatro variedades de quinua: blanca, Sajama y colorada. El proceso del lavado y remojo libera algunos aminoácidos del episperma que están enlazados con carbohidratos complejos (celulosa); glucósidos (saponinas) o glucoproteínas (lectinas) (Ureña, Darrigo & Giron, 1999).

La preparación de la quinua, no escapa de las alteraciones químicas que se producen en toda proteína, cuyo tipo y magnitud dependen de diversos parámetros: la variedad de quinua, las condiciones del procesamiento tales como temperatura, pH y presencia de oxígeno. (Moron, 1999).

### **2.4. GENERALIDADES DEL INSUFLADO**

#### **2.4.1. PRINCIPIO**

Es el aumento de tamaño que sufren los granos de cereales una vez que han sido liberados del cañón o expansor. (Guevara, 2004).

#### **2.4.2. INSUFLADO**

El insuflado es la combinación de dos procesos: La cocción termo mecánica y la cocción hidrotérmica. Esta última hace que se origine un aumento de presión dentro de la cámara de expansión, alcanzándose también temperaturas mayores a 100 °C antes de la descarga y valores máximos de 170°C. (Lara, 2003).

El punto de quiebre de la presión se tiene a la salida del producto de la cámara expansora, el gradiente de presión existente entre la cámara y el ambiente, hace que se produzca una caída brusca de presión al momento de abrir la cámara, lo que provoca el insuflado del grano; mayores temperaturas provocan una mayor dextrinización y por ende debilitamiento de la estructura del grano, incidiendo en la disminución de la inflación del grano. (Aguirre, 2003).

#### **2.4.3. CAÑÓN O EXPANSOR**

El cañón es la máquina en la cual los granos de cereales son insuflados, al mencionar la palabra cañón, se hace referencia al expansor tipo cañón utilizado. (Davila, Polit & Acuña. 2001).

##### **2.4.3.1. TIPOS DE EXPANSORES**

Los expansores tipo cañón pueden ser clasificados de acuerdo a su automaticidad y cantidad de disparos en:

- Cañón manual de disparo simple.
- Cañón automático de disparo simple.
- Cañón automático de múltiples disparos.

- Cañón de disparo continuo.

En el cañón manual de disparo simple los granos son introducidos por la boca de abertura del cañón y la tapa es cerrada y sellada mediante un sistema de agarradera y ajuste. (Guevara, 2004).

Cuando el cañón empieza a girar se suministra calor por uno de los lados del cuerpo del equipo, esto hace con que la humedad interna del grano se convierta en vapor. Cuando la presión interna de la cámara de insuflado alcanza aproximadamente 200 psi o 1.378.951 Pa (cerca de 9-12 minutos), la tapa es abierta y el repentino cambio de presión ocasiona el insuflado del grano y su explosiva descarga a una cámara de recolección. Los cañones automáticos de disparo simple funcionan bajo el mismo principio de los manuales, sin embargo en este tipo de máquina se inyecta vapor a 200 psi (1.378.951Pa) directamente en la cámara de insuflado, con lo que se logra una reducción en el tiempo del proceso, que pasa a ser de aproximadamente 90 segundos. (Kokini et al, 1992).

En el caso de los cañones automáticos de múltiple disparos, el equipo está formado por un conjunto de cilindros operando en secuencia. Así mientras un cilindro está siendo cargado, en el otro se está inyectando vapor y en otro se realiza la descarga. El proceso de carga y descarga, bien como las condiciones del vapor inyectado para cada uno de los cilindros es exactamente igual a los cañones automáticos de disparo simple (Desrosier, 1998).

#### **2.4.3.2. PARTES DEL CAÑÓN EXPANSOR**

Según Desrosier (1998), indica que el expansor de granos tipo cañón con boca anular se distinguen las siguientes partes:

- Tapa de la cámara receptora del grano entero
- Cámara receptora del grano entero
- Fuente de calor
- Manómetro
- Dos engranes transversales unidimensionales
- Dos ejes longitudinales
- Un eje transversal
- Motor
- Conexión eléctrica

#### **2.4.4. FUNDAMENTOS DEL INSUFLADO DE CEREALES**

El proceso de granos, utilizando temperatura y alta presión, fue inventado por el científico en alimentos Alexander P. Anderson en 1901, en la Universidad de Columbia en Estados Unidos, y patentado en 1902 bajo el número de patente 707.892. Anderson llenó tubos de ensayo con

almidón de cereal, los selló y los sometió a calor hasta que los tubos se reventaron y expulsaron una masa porosa de almidón. Posteriormente repitió los ensayos utilizando granos de cereales enteros y con los logros obtenidos consiguió persuadir la compañía Quaker Oats en Chicago, a desarrollar el primer cañón para inflar granos, utilizando vapor a presión. (Guevara, 2004).

Es un proceso utilizado para la elaboración de cereales listos para comer los cuales pueden ser comercializados como cereales para el desayuno o como snacks. Este tipo de productos normalmente se elaboran a partir de maíz, trigo, avena y arroz, pudiendo ser o no saborizados y/o fortificados. Comúnmente los cereales para el desayuno y los snacks son clasificados de acuerdo al tipo de proceso utilizado para su transformación, a saber: cereales extruidos en hojuelas, granos enteros expandidos con cañón, cereales insuflados con cañón, cereales insuflados en horno, etc. (Koziol, 1992).

#### **2.4.5. CAMBIOS FÍSICO QUÍMICOS PRODUCIDOS POR EL INSUFLADO**

El insuflado permite aumentar la concentración energética, la disponibilidad de nutrientes, la eficacia alimenticia y la higiene del alimento; favorece también la gelatinización del almidón y destruye los inhibidores termolábiles. (Sucari, 2003).

El tamaño de partícula tiene influencia en el proceso, la fibra impide la expansión normal del grano. El insuflado conduce a un aumento de solubilidad de los polisacáridos no amiláceos, lo que da lugar a un aumento de la viscosidad, que ayudara a atrapar el colesterol, impidiendo su digestión en el tracto digestivo. Este efecto puede ser aprovechado en dietas especiales a reducir el colesterol. (Akdogan, 2000).

El insuflado también causa la hidrólisis parcial del ácido fítico (compuesto a base de fosforo, que impide la absorción del calcio en el intestino), el nivel de destrucción se incrementa a alta presión, cerca del 70% es destruido por el proceso del insuflado. La relación amilasa/amilopectina del almidón influye en la expansión, pero el efecto depende de la temperatura. A mayor daño del almidón se obtienen poros más pequeños, textura más suave, mayor solubilidad y carácter más pegajoso. (Lara, 2003).

#### **2.4.6. CEREALES UTILIZADOS PARA EL INSUFLADO**

Los granos que serán sometidos al proceso de insuflado deben ser de buen tamaño y estar enteros. La carga de contaminantes que poseen no debe ser superior al 5%, dentro de los cuales se contemplan semillas de malezas, otros tipos de granos y piedras pequeñas. (Callejo, 2002).

La humedad adecuada es de 9 –12 % ya que los granos demasiado húmedos pueden ser afectados por mohos durante el almacenamiento, mientras que los granos muy secos tienden a romperse durante el proceso. Prácticamente todos los granos que contienen almidón pueden ser insuflados, sin embargo algunos presentan mayor grado de expansión que otros. Por lo general los granos con un contenido de 5 – 20 % de amilosa son los que presentan mejor textura e

insuflado. Además de estas características que son generales y se aplican a todos los tipos de granos, existen restricciones individuales que dependen exclusivamente del cereal empleado. (Espinosa, 2007).

#### **2.4.7. PROCESO DE INSUFLADO**

La esencia del proceso de insuflado de granos se encuentra en la gelatinización del almidón bajo condiciones de alta temperatura y alta presión, con la subsecuente caída drástica de esta última, lo que ocasiona un insuflado del grano hasta un tamaño mucho mayor que el original. El proceso de insuflado patentado por Anderson es todavía muy utilizado. (Davila, Polit & Acuña, 2001).

Los granos, generalmente sin ningún otro ingrediente, son colocados y sellados dentro de una máquina tipo “cañón”. Esta consta de un cilindro horizontal que gira sobre su eje y donde hay quemadores de gas, o de otro tipo, colocados para calentar el exterior del cilindro. También está provista de medios para inclinar el cilindro para facilitar el proceso de carga y descarga de los granos. (Luna, 2005; Kokini et al, 1992).

Un extremo del cilindro está permanentemente cerrado y el otro tiene una tapa que lo cierra y un sistema que permite su apertura en forma instantánea. La masa de granos gira en el interior del cilindro y se calienta en pocos minutos. Es presurizada por el aire caliente y por el vapor de su propia humedad. Cuando se obtiene la presión adecuada (entre 90 a 250 psi o 620.528 a 1.723.689 Pa), la puerta se abre y el contenido sale haciendo un fuerte sonido. Los granos de cereales insuflados por la volatilización súbita de la humedad interna. Otro factor importante del proceso es el momento de descarga que debe ser controlado para evitar la subexpansión o por el contrario la quema de los productos. (Akdogan, 2000).

En cuanto al flujo del proceso, el insuflado de cereales puede ser dividida en dos grandes grupos: Proceso por lotes (Batch) y proceso continuo. (Perez et al, 1997).

#### **2.4.8. ESTABILIDAD DE LOS PRODUCTOS INSUFLADOS**

La estabilidad de los cereales insuflados están relacionada con factores sensoriales tales como: textura, apariencia y sabor. Por esta razón su durabilidad está condicionada por el material de empaque, el cual debe ser impermeable a la humedad, a los vapores de agua y a los olores extraños. Por lo general estos productos tienen vida útil superior a un año. (Taylor & Parker, 2002).

Esto se debe a que el proceso de expansión se realiza con granos con baja humedad y el producto resultante contiene alrededor de 3% de humedad, lo que es suficientemente bajo como

para prevenir su deterioro. Además las altas temperaturas del proceso pasteurizan de forma muy efectiva el producto, aumentando así su vida en anaquel. Sin embargo si el contenido de lípidos del grano expandido es relativamente elevado, entonces puede ocurrir una oxidación debido a las altas temperaturas del proceso, lo que ocasionaría un sabor a rancio en el producto final. (Lara, 2003).

La textura de un cereal expandido debe ser crujiente. Este atributo está dado por la sensación que se produce en la boca, la resistencia a la masticación y el sonido producido. El análisis sensorial es por lo tanto uno de los métodos más comunes utilizados para evaluarlo. (Ureña, D arrigo & Giron, 1999).

#### **2.4.9. VALOR NUTRITIVO DE LOS PRODUCTOS INSUFLADOS**

El valor nutritivo de los cereales insuflados está dado mayormente por su contenido en carbohidratos, principalmente el almidón. El almidón es el ingrediente de los alimentos que más consumen los humanos y provee un 75 – 80 % del aporte energético total. Su empleo como fuente de energía presenta una ventaja significativa, ya que promueve la utilización de la grasa, lo que lleva a una reducción de los depósitos adiposos y de la obesidad. Por otro lado permite que las proteínas sean utilizadas para otros fines más importantes, como por ejemplo el recambio de proteína tisular. Finalmente los hidratos de carbono constituyen una fuente de energía mucho más abundante y económica que las grasas y proteínas. (Callejo, 2002).

Por lo general los cereales presentan una baja digestibilidad, a excepción de la quinua que presenta una digestibilidad de aproximadamente 80%. Mediante el proceso de expansión se logra aumentar la digestibilidad de estos productos, además de que las altas temperaturas alcanzadas propician la desactivación de factores tóxicos o anti nutricionales, bien como la destrucción de la carga microbiana. (Tacora, 2010).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo se realizó en las siguientes instalaciones

- Proceso de insuflado, Molinera "JHON" – Juliaca - Puno
- Laboratorio de microbiología de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial – Universidad Nacional del Altiplano – Puno.
- Laboratorio de Microscopia de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna.
- La Molina Calidad Total Laboratorios de la Universidad Agraria La Molina- Lima.

#### 3.2. MATERIALES

##### 3.2.1. MATERIA PRIMA

Se trabajó con quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), con tres variedades: Pasankalla, Ayara y Kancolla, las cuales fueron adquiridos en el CIP - Camacani de la Universidad Nacional del Altiplano - PUNO

##### 3.2.2. EQUIPOS

- Cañón o expansor con capacidad de 1000g provisto con nanómetro (cap. 700 PSI)
- Espectrofotometro Thermo Spectronic GENESYS 20
- Microscopio Electrónico de Barrido TESCAN Vega II LMU – OXFORD INCA PentaFETx3
- Licuadora marca *Oster* de capacidad de un litro
- Centrifuga MODEL CH90-2 KERT LAB TOMOS-USA SCIENCE-TECHGROUP
- Balanza analítica METTER TOLEDO AL204 max. 210g e=0.001g min. 0.01 d=0.0001g. AR.3130\*310
- Estufa Hot air sterilizer model: YCO-010, 200V/60HZ, SERIAL N°711543
- Mufla Thermo Scientific 2555 kerper boulevard, volta 220-240 AMPS: 6,3 watts: 1520, máximo 1000°C
- Selladora manual tipo PFS - 300

##### 3.2.3. INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

- Papel filtro Whatman
- Mortero de porcelana de cap. 50ml
- Recipientes de polipropileno de cap. 1lt. Graduada marca REY
- Mortero de porcelana de cap. 250ml
- Pipetas de cap. 5 y 10ml de marca Pyrex

- Tamiz N° 80 (0.17mm) y N° 100 (0.14mm) de tipo U.S. STANDARD SIEVE SERIES U.S.A.
- Envases de plástico de 250 y 1000ml
- Matraz Erlenmeyer 250ml, marca Pyrex base de cuello 64mm/22mm
- Bureta de cap. 20 y 50ml, marca Pyrex
- Vaso precipitado de cap. 250 y 600ml, marca Pyrex
- Tubos de ensayo de vidrio de cap. 10ml
- Fiolas de vidrio Pyrex
- Cronometro
- Micropipetas de cap. 0.5ml y 1ml, marca Pyrex
- Bolsas de polietileno

#### **3.2.4. REACTIVOS**

- Agua destilada
- Solución de yodo
- Hidróxido de potasio KOH
- Ácido clorhídrico 37% HCL, 1.19 densidad, N=12.06,
- NaOH al 0.5N

#### **3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

El proceso de insuflado según la descripción mostrada a continuación.

##### **3.3.1. DESCRIPCIÓN DE PROCESO DE OBTENCIÓN DE QUINUA INSUFLADA**

###### **• MATERIA PRIMA**

Primero se registró la calidad de la materia prima las mismas que se obtuvieron del CIP - CAMACANI de la UNA-PUNO se recepción un total de 400g de cada variedad (Pasankalla, Ayara, Kancolla).

###### **• LIMPIEZA Y SELECCIÓN**

Se realizó la extracción de impurezas y elementos extraños y se tuvo que eliminar inmediatamente, posteriormente se realizara el secado al medio ambiente.

- **ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA**

Consiste en la hidratación de la quinua antes de llevarlo al cañón expansor adicionando agua hasta llegar a una humedad de 12%.

- **PRECALENTAMIENTO DEL EQUIPO**

El equipo tuvo una capacidad de 1000g fue previamente limpiado para luego ser calentado por 30 min aproximadamente con un movimiento constante.

- **PESADO Y ALIMENTACIÓN**

Se realiza un previo pesado de la materia prima con 400g para posteriormente ser alimentado a la cámara y luego cerrar herméticamente la tapa del cañón o expansor.

- **CALENTAMIENTO DEL GRANO**

Una vez cerrada herméticamente la cámara del cañón se calentó bajo presión a una temperatura aproximada de 225°C.

- **INSUFLADO POR EXPLOSIÓN**

Seguidamente después de que el cañón expansor cumple con las condiciones de trabajo adecuados al alcance del nivel apropiado de presión de 120, 140, y 160lb/ pulg<sup>2</sup> (controlado por el nanómetro incorporado en el equipo). Por un lapso de 3 minutos, se abrió la tapa del cañón y es ahí donde se produce la caída de presión, esto hace que los granos salgan de manera explosiva.

- **RECEPCIÓN**

Mediante una malla se realizara el recojo del producto insuflados con la finalidad de evitar la contaminación con el suelo.

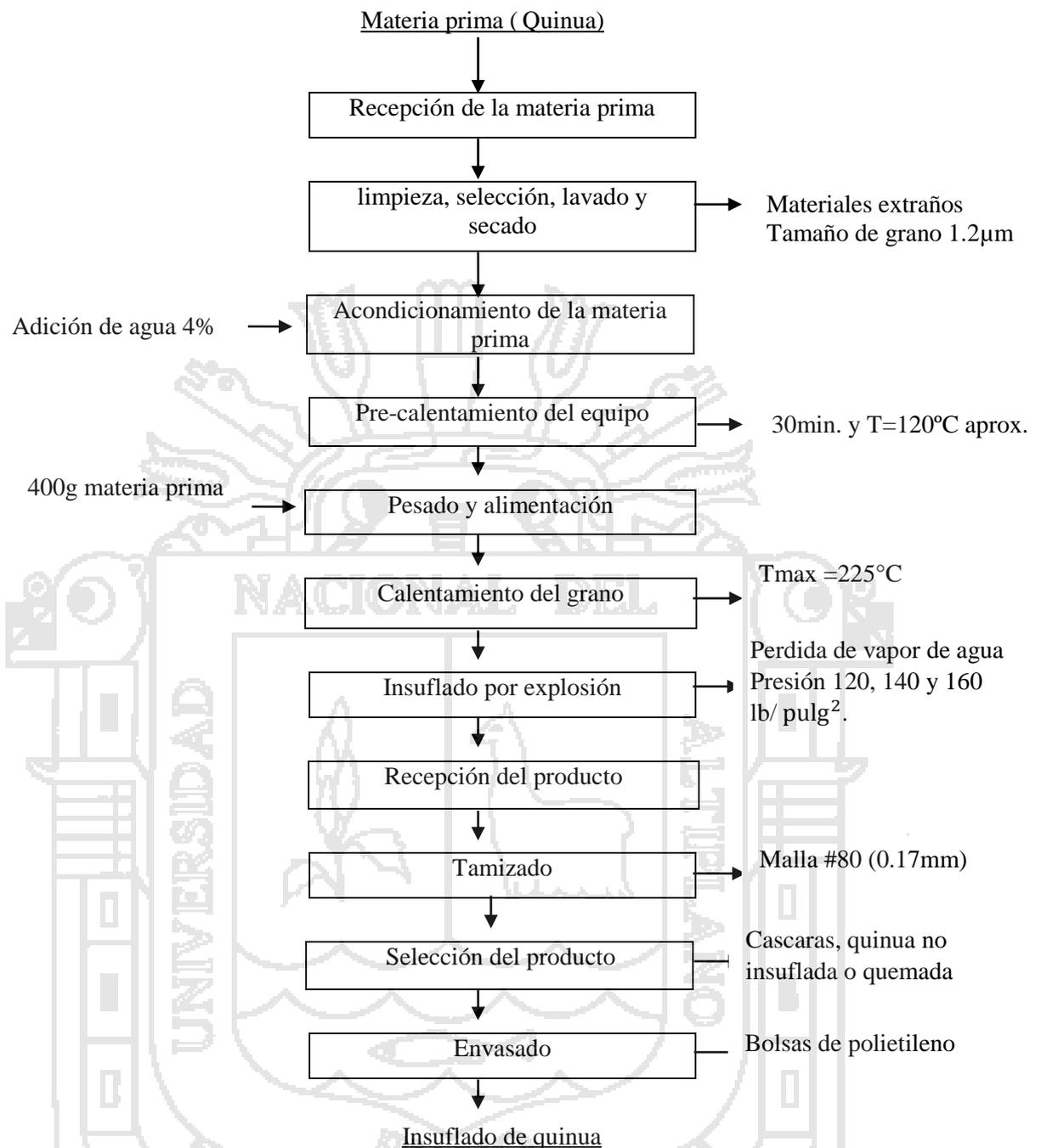
- **TAMIZADO Y SELECCIÓN DEL PRODUCTO**

Con la finalidad de separar los granos no insuflados o quemados.

- **ENVASADO**

Se utilizara una selladora manual en bolsas de polietileno transparente para su respectivo análisis.

**Figura 4. Diagrama de flujo – Quinua insuflada**



Fuente: Sucari (2003), adaptado al proceso de insuflado de quinua.

### 3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

#### 3.4.1. MORFOLOGÍA Y TAMAÑO DE GRÁNULOS DE ALMIDÓN

##### 3.4.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE QUINUA INSUFLADA

Se determinó por el método reportado por Hermosa, (2013)

- **MATERIA PRIMA:** Quinoa insuflada con tres variedades: Pasankalla, Kancolla y Ayara.
- **SELECCIÓN:** Mediante una inspección visual se realiza la inspección de algún cuerpo extraño (si fuera el caso), se extrajo cascarillas y polvillo de los granos de quinoa.
- **MOLIENDA:** Mediante un mortero, se utilizó para reducir el tamaño triturar y pulverizar a pequeñas cantidades las muestras y así facilitar el licuado.
- **LICUADO:** En una licuadora se colocó la materia prima triturada para así reducirlas a partículas más pequeñas con la finalidad de que los gránulos de almidón se liberen.
- **TAMIZADO:** Una vez obtenida las muestras en partículas pequeñas se tamizo utilizando una malla #100 (0.14mm), se añadió abundante agua destilada para que el almidón pase mediante las mallas donde quedara la pulpa la cual será desechada
- **DECANTADO:** Se sedimenta la suspensión obtenida por un lapso de dos horas al cabo de las cuales se elimina el sobrenadante.
- **LAVADOS:** Se efectuó lavados consecutivos con agua destilada para diluir el almidón, se dejó sedimentar nuevamente, este proceso se repitió dos veces más, después se dejó en reposo por 12 horas. Finalmente se desechó la fase acuosa que cubre el almidón (sobrenadante) para proceder al secado.
- **SECADO:** El almidón extraído se llevó a un equipo de secado a 50°C por un lapso de 48 horas.
- **MOLIENDA:** Se molió y tamizo con el objetivo de homogenizar el tamaño de los gránulos de almidón.
- **ENVASADO:** Se envaso el producto final en bolsas de polietileno con la finalidad de guardarlas y usarlos posteriormente en el Microscopio Electrónico de Barrido para realizar la caracterización en tamaño y forma.

##### 3.4.1.2. FORMA Y TAMAÑO

La forma y el tamaño del granulo de almidón se observó con el Microscopio Electrónico de Barrido TESCAN Vega II LMU – OXFORD INCA PentaFETx3, se colocó la muestra en el tambor porta objetos luego se generó vacío por 24 horas y se procedió a visualizar a distintas

amplitudes en donde se observó la forma y el tamaño de los gránulos de almidones de quinua de las tres variedades: Pasankalla, Ayara, Kancolla.

### 3.4.2. ÍNDICE DE EXPANSIÓN (I.E.)

#### 3.4.2.1. CAPACIDAD DEL INSUFLADO

Según Sucari (2003). Menciona que se realizó en base al peso del producto insuflado con relación a la muestra de la materia prima. Del mismo modo se procederá a determinar el rendimiento con la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento \%} = \frac{\text{Peso promedio del producto insuflado}}{\text{Peso de la materia prima}} \times 100 \dots \dots \dots (\text{Ec. 1})$$

#### 3.4.2.2. ÍNDICE DE EXPANSIÓN O VOLUMEN DE EXPANSIÓN

Se siguió la metodología mencionada por Tacora, (2010), el cual consiste en medir las unidades de volumen que ocupan los granos sin insuflar y el lugar que ocupan los mismos luego de reventar, para determinar este índice se aplica la siguiente formula:

$$\text{Índice de expansión} = \frac{\text{Volumen final}}{\text{Volumen inicial}} \dots \dots \dots (\text{Ec. 2})$$

#### 3.4.3. ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA (I.A.A.)

Se determina por el método reportado por Dogan y Karwe, (2003). Que consiste en pesar 2.5g de muestra seguidamente colocarlo en un tubo para centrifugar y agregar 30ml de agua a 30°C luego agitar intermitentemente la solución por 30 minutos, los tubos agitados se someten a una centrifuga a 300 rpm durante 10 minutos inmediatamente la solución sobrenadante se pasa a un vaso previamente tarado y registra el peso del gel. Esta característica del producto se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Índice de absorción de agua} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \dots \dots \dots (\text{Ec. 3})$$

#### 3.4.4. ÍNDICE DE SOLUBILIDAD DE AGUA (I.S.A.)

Se determina por el método reportado por Astuhuaman (2007). La solubilidad de agua constituye la cantidad de solidos solubles en una muestra seca y es empleada como una medida de dextrinizacion, que consiste en pesar 2.5g de muestra insuflada con tamaños de partículas menores a 0.14mm (malla #100), en un tubo de centrifuga lego agregar 30ml de agua destilada a 30°C, posteriormente someter a agitación intermitente el tubo por 30 minutos, luego colocar a una

centrifuga de 300rpm por 10 minutos, el sobrenadante se pasa a un vaso previamente tarado, el que se evapora a 90°C. La solubilidad se determinó expresando el peso de solidos solubles en porcentajes respecto a los 2.5g

$$\text{Índice de solubilidad de agua} = \frac{\text{Peso sobrenadante seco}}{\text{Peso de muestra}} \times 100 \dots\dots\dots (\text{Ec. 4})$$

**3.4.5. ÍNDICE DE GELATINIZACIÓN**

Se determinó por el método citado por Anderson (1999), que consiste en la razón entre el almidón gelatinizado y el almidón total, calculados por medio de mediciones espectrofotométricas del complejo almidón – Yodo formando una suspensión acuosa de muestra antes y después de una solubilización. (Chinma e Igyor, 2008).

El índice de gelatinización se calcula con la siguiente formula

$$\text{Grado de gelatinización (\%)} = \frac{A1}{A2} \times 100 \dots\dots\dots (\text{Ec. 5})$$

Dónde:

A1= Absorbancia de muestra ante la solución con álcali.

A2=Absorbancia de muestra después de la solución con álcali.

**3.4.6. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA**

La metodología que se usó para la determinación de proteína es la siguiente NTP 205.005: 1979 CEREALES Y MENESTRAS. (Revisado el 2011) /AD 1:2012. Determinación de proteínas totales (Método de Kjeldahl). 1ª Edición. (Nielsen, 2003).

Cálculos:

$$\% N = \frac{14 \times N \times V \times 100}{m \times 1000} \dots\dots\dots (\text{Ec. 6})$$

$$\% \text{ Proteína} = \frac{14 \times N \times 100 \times \text{factor}}{m \times 1000} \dots\dots\dots (\text{Ec. 7})$$

Donde:

V: 50 mL H2SO4 0.1 N - gasto NaOH 0.1 N o gasto de HCl 0.1 N

m: masa de la muestra, en gramos

N: normalidad del ácido

Factor: 5.7: para cereales y derivados de soya

### 3.4.7. DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD PROTEICA

Se determinó la digestibilidad *in vitro* de la quinua insuflada, siguiendo el método de La Molina Calidad Total Laboratorios (AOAC. 1984), para las tres variedades de quinua: Pasankalla, Kancolla, Ayara. Este estudio se llevó a cabo en el instituto de certificación, inspección y ensayos de la Universidad Nacional la Molina, Calidad Total Laboratorios, el cual se encuentra a partir del anexo 16.

### 3.4.8. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para procesar los datos durante la investigación se aplicó el análisis de varianza (ANVA), con un 95.0% de significancia y el test de Duncan ( $P \leq 0.05$ ), para determinar las diferencias que se encontraron en las tres muestras de quinua. Sin embargo se trabajó conjuntamente con el programa estadístico Statgraphics centurion 16.1 (Statistical Graphics Corp.). A su vez para realizar los gráficos de análisis estadísticos se utilizó el programa SigmaPlot 12.0.

Las variables de estudio fueron las variedades de quinua (Pasankalla, Kancolla, Ayara) y la presión de insuflado (120, 140 y 160 lb/ pulg<sup>2</sup>). Se utilizó un experimento factorial bajo el diseño completo al azar (DCA) con tres repeticiones, ajustado al siguiente modelo lineal aditivo.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\beta\alpha)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$i=120, 140, 160$  (presión lb/ pulg<sup>2</sup>)

$j=1, 2, 3$  (variedades de quinua insuflada)

$k=1, 2, 3$  (observaciones)

Dónde:

$Y_{ijk}$  = es la variable de respuesta del k-esimo observación bajo la j-esimo variedad sujeto la i-esimo presión de insuflado

$\mu$  = constante, media de la población a la cual pertenece las observaciones.

$\alpha_i$  = efecto del i-esimo nivel de presión de insuflado

$\beta_j$  = efecto del j-esimo variedades

$(\beta\alpha)_{ij}$  = efecto de la interacción del i-esimo nivel de presión, en el j-esimo nivel de variedad

$\varepsilon_{ijk}$  = efecto del error experimental

Para la recolección se utilizó el siguiente formato de recolección de datos.

**Tabla 7. Formato de recolección de datos**

Variedad	Pasankalla			Kancolla			Ayara		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Presión lb/ pulg <sup>2</sup> ).									
	120								
	140								
	160								

Dónde:

1, 2 y 3= número de repeticiones.



#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

##### 4.1. DETERMINACIÓN DE LA MORFOLOGÍA Y TAMAÑO DE GRÁNULOS DE ALMIDÓN

###### 4.1.1. FORMA

El tamaño de los gránulos de almidón se analizó por microscopía electrónica de barrido (SEM). Antes de SEM, las muestras de harina se secaron en un horno de aire durante 48 horas a 60 °C. Las muestras fueron fijadas con cinta adhesiva de doble cara de carbono. Las muestras fueron examinadas bajo alto vacío en un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo, para el procesamiento de las imágenes, se utiliza la interfaz de usuario de control de SEM, las micrografías representativas fueron tomadas de cada tipo de almidón con aumentos entre 750x y 1500x. El diámetro del gránulo de almidón se midió promediando la dimensión mayor de diez gránulos de almidón a partir de tres micrografías con el análisis de imágenes.

De acuerdo a lo que observamos en la figura 5, 6 y 7. Las micrografías electrónicas de barrido mostraron diversas características de los gránulos de almidón, los gránulos de almidón de quinua exhibieron formaciones irregulares poliédricas (o ligeramente lenticular), esto debido a que durante el proceso el almidón ha sufrido daños en cuanto a la elevada presión y temperatura ejercida en el grano, lo que ocasionó el rompimiento y las grietas en la estructura del granulo.

La harina de quinua posee gránulos de almidón significativamente más pequeños de forma uniforme de almidón evaluados con SEM están de acuerdo con los resultados de la quinua la cual tiene morfologías esféricas o ligeramente cóncavas. (Wolter et al. 2013). El almidón dañado es enzimáticamente más susceptibles que el almidón nativo. (Tester, Karkalas & Qi, 2004).

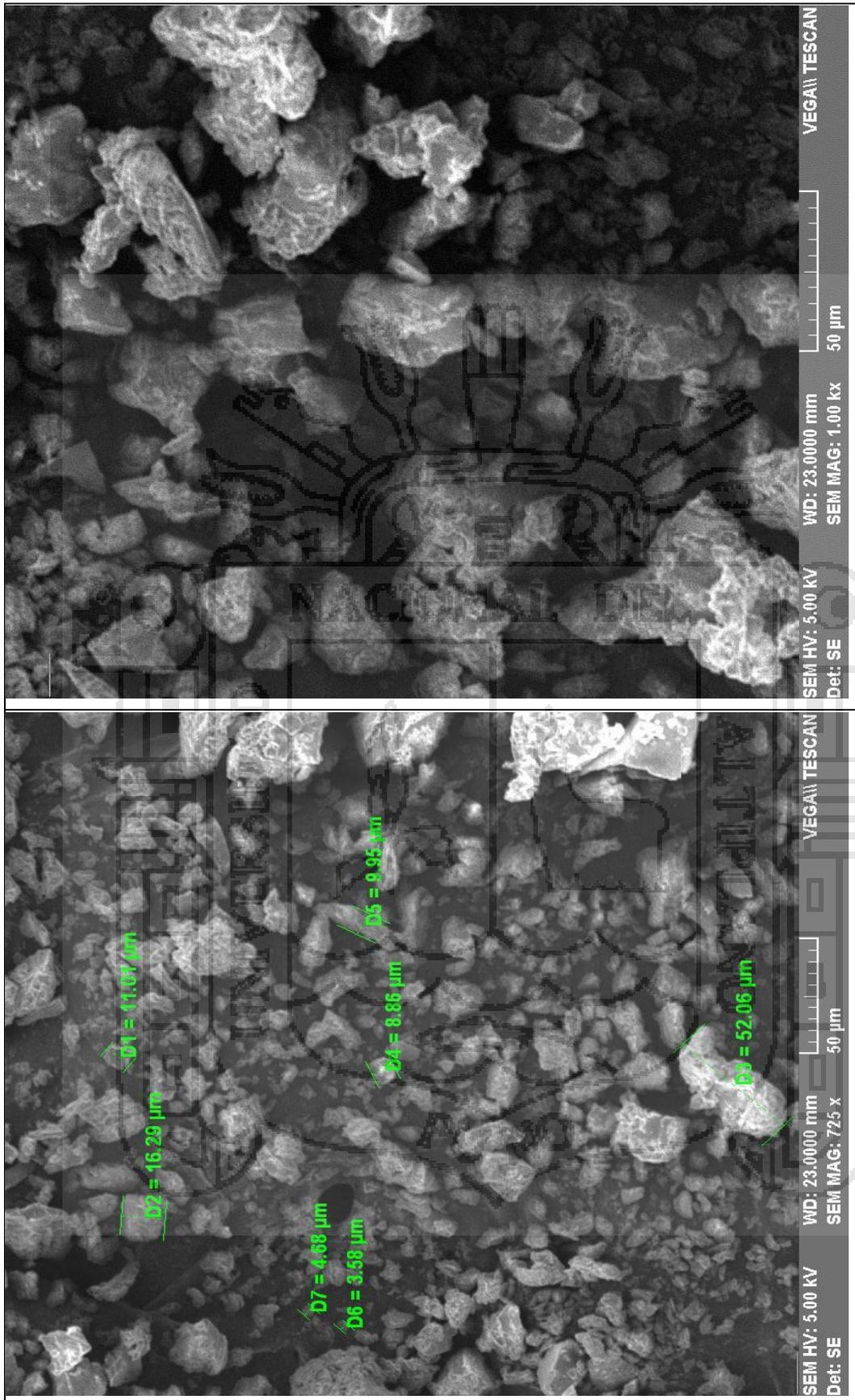


Figura 5. Microscopía Electrónica por Barrido, almidón de quinoa variedad Pasankalla.

La forma poliédrica se corrobora en las variedades estudiadas, pero con una arquitectura no tan marcadas. La transparencia de la estructura sólida de cada muestra no tiene mucha diferencia, como si el comportamiento óptico en cada estructura no tuviera tanta diferencia debido a que son variedades de un mismo producto. (Hanjun et al., 2002),

La apariencia de los gránulos de almidón de quinua, variedad Pasankalla, Kancolla y Ayara se observó con aumento de 750 y 1500X mostrando gránulos deformados y aglomerados, casi formando grumos. Los gránulos de almidón de quinua no presentaron una forma específica.

Los gránulos de almidón de quinua tienen forma similar a los gránulos de almidón de trigo tal como lo observo en cuanto a las estructuras de almidones de maíz en función al tamaño de los gránulos. (Dhital et al., 2011).

Se presenta la microfotografía de los gránulos de almidón de quinua mostradas por el microscopio electrónico de barrido en la figura 5, consecuente a la otra imagen la cual muestra un acercamiento más centrado al granulo. Por otro lado que las micrografías correspondientes a los diferentes tratamientos nos permite observar ciertas modificaciones en el granulo de almidón, haciéndose más notorias las modificaciones en los tratamientos de variedad Kancolla y Ayara no tanto en la forma ni en el tamaño, si no en la superficie, ya que se observan gránulos deformes y con hendiduras a diferencia de lo que reporta Gómez (2010), para los gránulos del almidón de maíz presentan una morfología poliédrica o bien esférica.

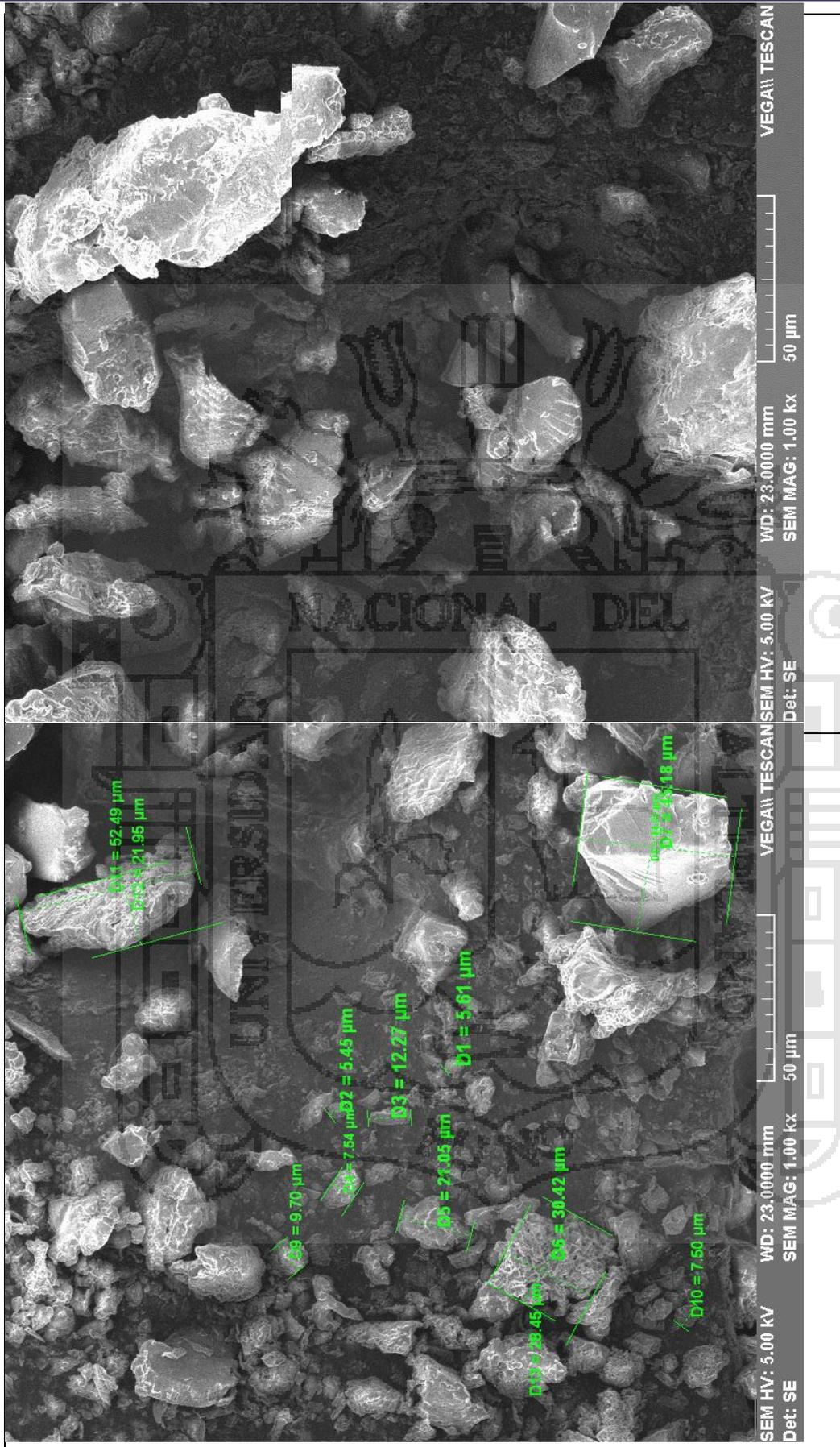


Figura 6. Microscopia Electrónica por Barrido, almidón de quinua variedad Kancolla.

A nivel morfológico Capriles & Areas (2013), observaron que las partículas de harina de trigo presentaron estructuras cóncavas mientras que las partículas de las demás harinas de quinua presentan arreglos esféricos correspondientes a los gránulos de almidón principalmente.

Cortes (2008), menciona que en este tratamiento se debe garantizar que la estructura observada no se vea afectada por el corte de la máquina debido a que durante el proceso se aplica presión y temperaturas elevadas. Después del procedimiento, las muestras deben ser limpiadas con aire para remover impurezas y el exceso de materiales orgánicos. (Brennan & Tudorica, 2008).



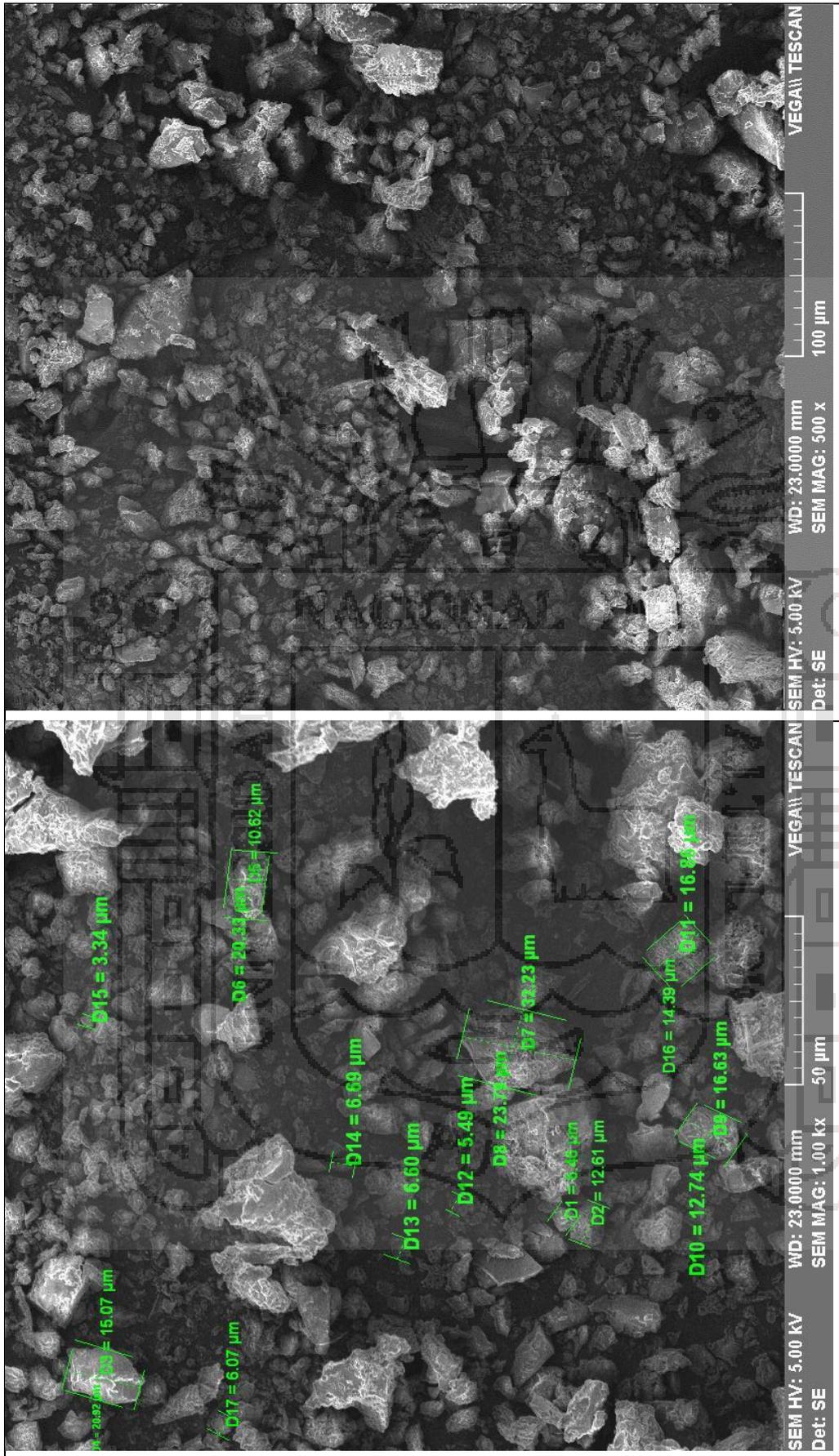


Figura 7. Microscopia Electrónica por Barrido, almidón de quinua variedad Ayara

#### 4.1.2. TAMAÑO

En las micrografías fig. 5, 6 y 7 se observan los gránulos de almidón de 3 variedades de quinua insuflada. El tamaño depende mucho de la fuente botánica de la cual se obtuvieron (Tester, Karkalas & Qi, 2004).

En la tabla 8, En este estudio los gránulos de almidón muestran un tamaño aproximado en sus tres variedades estudiadas donde la medida del eje mayor de la variedad Pasankalla su eje mayor es de  $51.11\mu\text{m}$  y un eje menor de  $8.79\mu\text{m}$  (anexo 15), la variedad Kancolla tiene un promedio de eje mayor  $55.82\mu\text{m}$  y un eje menor de  $5.41\mu\text{m}$  (anexo 15) y por último la variedad Ayara tiene en promedio un eje mayor de  $28.11\mu\text{m}$  y eje menor de  $6.05\mu\text{m}$  (anexo 15), el tamaño del granulo depende mucho de la fuente botánica de la cual se obtuvieron. Hablando específicamente el almidón de quinua depende mucho de la variedad de quinua empleada. Cortes (2008).

Se han reportado gránulos de almidón de maíz con un tamaño que va de 8 a  $20\mu\text{m}$  (Hernandez et al., 2004), almidones de maíz normal con tamaños de 2 a  $30\mu\text{m}$  (Sandhu, Singh & Kaur, 2004). En una muestra de almidón comercial de quinua se encontró un tamaño de granulo entre 8 y  $10\mu\text{m}$ , usando microscopía electrónica de barrido, (Singh et al., 2003).

Los gránulos de almidón para las tres variedades mostraron una superficie suave, esto es similar a lo reportado por Camilo (2008), esto indica que hubo poca presencia de poros y grietas ligeramente visibles. Sin embargo Sandhu, Singh & Kaur (2004), reportan que la presencia de estas características en la superficie del granulo se presenta en ocasiones de manera natural.

**Tabla 8. Medidas estadísticas de los gránulos de almidón de las tres variedades de quinua insuflada**

	Tamaño de gránulos de almidón			Forma
	Pasankalla	Kancolla	Ayara	
<b>Eje mayor</b>	$18.002\pm 8.10$	$21.92\pm 12.16$	$16.67\pm 5.58$	Poliédrico
<b>Eje menor</b>	$17.64\pm 8.03$	$21.18\pm 12.14$	$16.14 \pm 5.64$	

FUENTE: Elaboración propia (2015), n=9

En la tabla 8, se muestra las medidas estadísticas de los gránulos de almidón de tres variedades de quinua insuflada, donde la media del almidón de quinua en forma general se considera con un eje mayor de  $16.14\mu\text{m}$  y  $21.92\mu\text{m}$ , la forma del granulo se considera poliédrica para todos.

## 4.2. EFECTO DE LA PRESIÓN SOBRE EL ÍNDICE DE EXPANSIÓN

### 4.2.1. CAPACIDAD DEL INSUFLADO

El proceso radicó en acondicionar la materia prima de cada variedad, haciendo la limpieza, selección para de ser llevado al cañón expandidor que es pre-calentado durante 30 minutos aproximadamente con un movimiento constante, luego se alimentó a la cámara, mediante un embudo metálico por la boca de la cámara, cerrando herméticamente la tapa del cañón. Se calentó bajo presión, hasta alcanzar el nivel necesario de presión (120, 140 y 160 lb/pulg<sup>2</sup>), para luego abrir la tapa del cañón que es cuando se produce una caída de presión haciendo que los granos salgan de manera explosiva, entonces es cuando se procedió a tomar muestras del producto para su análisis.

El rendimiento evaluado se muestra en la tabla 9, donde se observa la capacidad del insuflado obtenido a diferentes presiones y variedades, dando el valor más alto con 94.50% de la variedad Pasankalla, a presión 160lb/pulg<sup>2</sup> y la variedad con menor rendimiento fue de 76.62% de la variedad Ayara, a presión 120 lb/pulg<sup>2</sup>, Tacora (2010), menciona que el rendimiento encontrado en la cañihua son ligeramente mayores al rendimiento máximo 84.2% a una presión 160lb/pulg<sup>2</sup>, esto debido a que se trabajó con otro tipo de cereal. (Egas et al., 2010).

**Tabla 9. Efecto de presiones sobre la capacidad del insuflado (rendimiento)**

Variedad	Capacidad del insuflado		
	120 lb/pulg <sup>2</sup>	140 lb/pulg <sup>2</sup>	160 lb/pulg <sup>2</sup>
<b>Pasankalla</b>	80.08±0.06	85.58±0.04	94.50±0.02
<b>Kancolla</b>	87.78±0.01	74.94±0.01	93.52±0.04
<b>Ayara</b>	76.62±0.02	81.03±0.01	60.43±0.16

FUENTE: Elaboración propia (2015). n=3

Los valores mostrados en la figura 8, en la variedad Pasankalla y Kancolla, se muestra que existe un incremento en el rendimiento o capacidad de insuflado a medida que aumenta la presión esto debido a que durante el proceso se incrementa la relación área superficial/volumen de fase sólida y hay una modificación de la cristalinidad del almidón y eso hace que mejore el rendimiento de esta variedad. (Mataix, 2002).

En el caso de la variedad Ayara se muestra que hay un intermedio donde su máximo rendimiento que se obtuvo es a presión 140lb/pulg<sup>2</sup> con 81.03% y que un incremento de presión

de 20lb/pulg<sup>2</sup> produce cambios en la capacidad de insuflado que afectan el rendimiento de esta variedad. (Ruales et al., 2000).

Además en la figura 8, se muestra el efecto de la presión en tres variedades de quinua sobre la desviación estándar de cada una. Los valores alcanzados por la variedad Pasankalla indican que puede ser considerado la variedad más rentable con respecto a las tres variedades pues alcanza un valor máximo de 94.50% a 160 lb/pulg<sup>2</sup>, indicando que esta variedad posee mejores cualidades para el proceso en cuanto a tamaño de grano, temperatura y presión.

Los resultados del rendimiento denotan que la variedad Pasankalla supera los valores de otros tratamientos esto debido a los valores altos de presión utilizados, efecto que contribuyeron su mayor contenido de amilosa y posiblemente su mayor tamaño de granos. (Shewry & Halford, 2002). También es posible que debido a que a menor presión 120lb/pulg<sup>2</sup> el grano no se expande radialmente. (Prakash & Pal, 1998).

Entre el análisis de varianza (anexo 5), se presenta el análisis de varianza (ANVA) para la determinación de capacidad del insuflado o rendimiento de quinua insuflada, el cual nos indica que existe una diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de la presión y variedades, además la interacción de ambos, implica que el efecto presión y variedad son dependientes.

En la figura 8, se muestra la prueba múltiple de comparación Duncan (a, b y c), el cual indica las comparaciones múltiples entre dos medias variedad y presión, existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que sean diferentes a, b y c. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que los tres pares son significativamente diferentes.

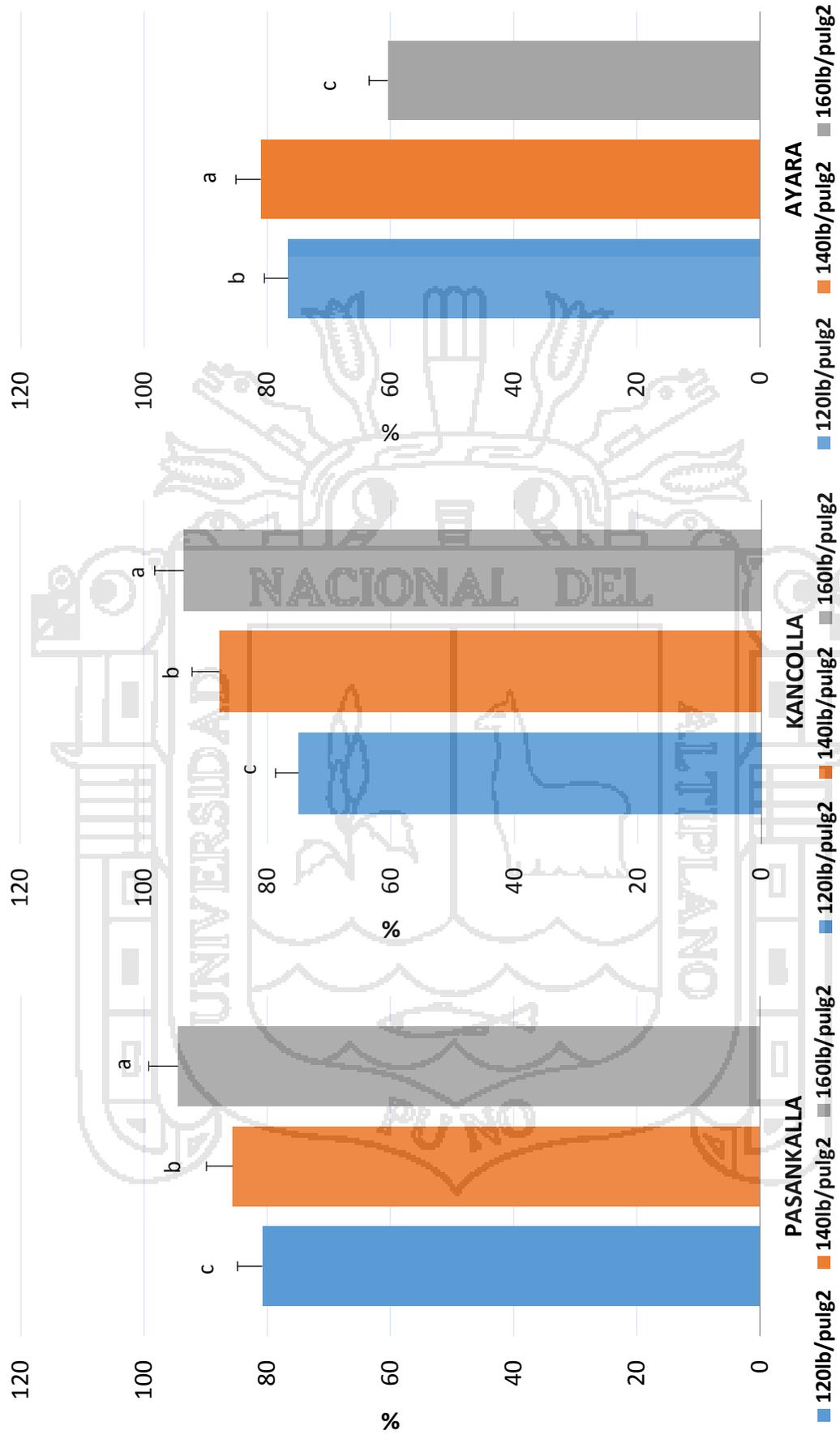


Fig. 8. Efecto de presión en 3 variedades de quinua insuflada sobre la capacidad del insuflado

#### 4.2.2. ÍNDICE DE EXPANSIÓN O VOLUMEN DE EXPANSIÓN

El índice de expansión es un parámetro que permite observar el incremento del tamaño de grano por efecto de la expansión. (Tester, Karkalas & Qi 2004). El mayor índice de expansión fue de 5.54%, y se alcanzó con la presión 160lb/pulg<sup>2</sup> de la variedad Pasankalla, mientras que con la variedad Ayara con presión 160lb/pulg<sup>2</sup> solo se alcanzó un valor de 2.28%.

Se determinó que los factores en estudio variedad Pasankalla y presión 160lb/pulg<sup>2</sup> ejercen un efecto notable sobre este parámetros mientras estos son ligeramente menores a los encontrados por Talavera (2003), menciona que los resultados del análisis del índice de expansión de quinua expandida muestra que la quinua alcanzo un índice de expansión de 6.20%, además esta variedad es una de las que presenta mejores cualidades nutritivas, esto puede deberse a que se trabajó con diferente variedad.

Mientras que la variable Ayara 160lb/pulg<sup>2</sup> no influyó en el índice de expansión del grano. En base al análisis estadístico de los resultados se determinó que la variedad Pasankalla, y 160lb/pulg<sup>2</sup> (presión de descarga) permite obtener granos con mayor índice de expansión.

La variedad Ayara no logró expandirse bajo ninguno de los tratamientos ensayados, concluyéndose que ésta variedad no presenta aptitud para el proceso, posiblemente debido a su diferente proporción de amilosa: amilopectina y su menor tamaño de grano, con respecto a la variedad Pasankalla, mientras que la variedad Kancolla presenta un índice de expansión paralela en las tres presiones por lo tanto no es tan significativo el cambio de presión. Astuhuaman, (2007).

El índice de expansión puede ser explicada por el menor contenido de almidón y un contenido proteico significativo del producto insuflado. (Delcour, 2010).

**Tabla 10. Efecto de presión sobre el índice de expansión**

Variedad	Índice de expansión		
	120 lb/pulg <sup>2</sup>	140 lb/pulg <sup>2</sup>	160 lb/pulg <sup>2</sup>
<b>Pasankalla</b>	2.35±0.06	3.87±0.60	5.54±0.16
<b>Kancolla</b>	3.16±0.19	3.17± 0.13	3.51±0.18
<b>Ayara</b>	2.33±0.16	2.58±0.13	2.28±0.17

FUENTE: Elaboración propia (2015), n=3

Para determinar la expansividad o aumento de volumen de una muestra, el hinchamiento que experimentan al humedecerse, depende enormemente de las condiciones del granulo de almidón. Cuanto más seco esté, mayor es la posibilidad de que se hinche, ocurrirá uno u otro según el acondicionamiento que se aplique, sea esta inferior o superior a la presión de hinchamiento. El fenómeno de cambio de volumen de un granulo de almidón es resultado directo de la disponibilidad y variación de la cantidad de agua que él posea. (Talavera, 2003).

Aguirre (2003). Menciona que se usó el índice de expansión como un requisito para determinar los parámetros de extrusión óptimos para la quinua, siendo considerados los valores mayores a 2,40% como aceptables; en la presente investigación se obtuvo un índice de expansión máximo 5.54%.

Los valores mostrados en la figura 9, muestra que existe un incremento en el índice de expansión a medida que aumenta la presión y también existe una similitud en el comportamiento de dos variedades Pasankalla y Kancolla. Esto implica que el factor es independiente con respecto a la presión con un 95.0% de nivel de significancia.

El efecto de la presión en el índice de expansión es significativo indicando que existe diferencia entre sus medias de los tratamientos, lo que exterioriza que sus unidades experimentales no fueron homogéneas, se observa que el incremento de la presión permite obtener un mayor índice de expansión esto concuerda con los citados por Shewry & Halford, (2002).

Por otro lado, Astuhuaman, (2007), reporta que una máxima expansión se da en una temperatura de 170 a 230°C. (Villacrés, 2010), indica que el índice de expansión es una característica de los alimentos amiláceos, así por ejemplo el maíz presenta un índice de expansión de 3.0 a 5.0% mientras que la variedad Pasankalla es la única que se iguala a estos valores sin embargo la variedad Kancolla y Ayara tienen un rango de 2.28% a 3.51%.

La expansión de la muestra puede ser explicada por el menor contenido de almidón y un contenido proteico significativo de la quinua insuflada la cual concuerda con lo mencionado por Vania (2003).

El análisis de varianza (ANVA) (Anexo 6), se muestra la determinación del índice de expansión, el cual nos indica que existe una diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de la presión y variedades además la interacción de ambos, implica que el efecto presión y variedad son dependientes, esto es debido a la presión que pueden variar considerablemente dentro de la misma variedad.

En la figura 9, se muestra la prueba múltiple de comparación Duncan (a, b y c), el cual indica las comparaciones múltiples entre dos medias variedad y presión, existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que sean diferentes a, b y c. Con este método hay un riesgo del 5.0%, es decir se distingue un grupo de tratamientos con resultados similares Kancolla y Ayara por lo cual indica que existe diferencia estadísticamente significativa.

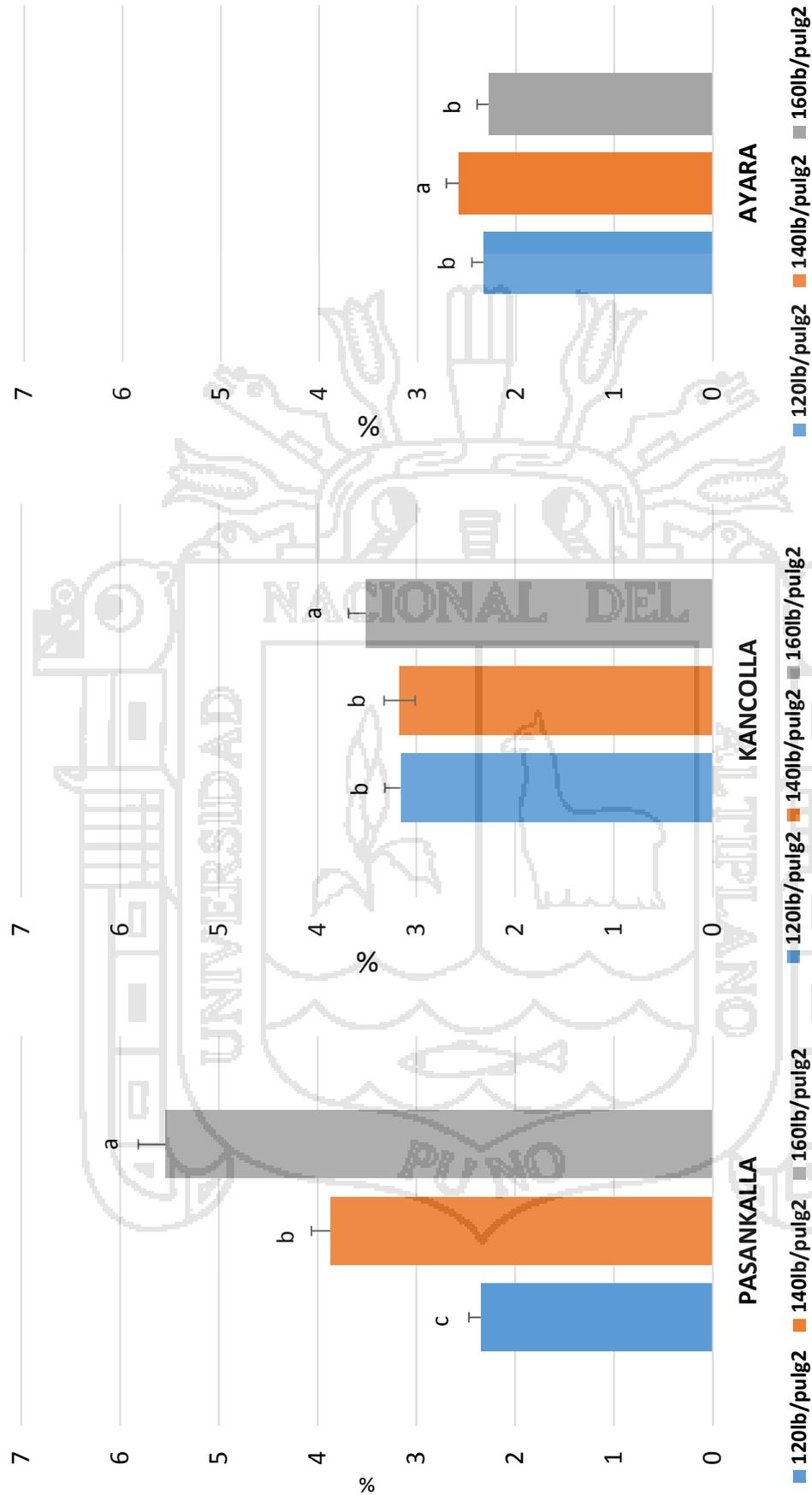


Figura 9. Efecto de la presión (lb/pulg<sup>2</sup>) en el índice de expansión en 3 variedades de quinua insuflada

### 4.3. EFECTO DE LA PRESIÓN SOBRE EL ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA

La actividad de agua ( $A_w$ ) de la quinua insuflada sometida a diferentes tratamientos con el fin de expandir el grano, varió entre 4.10% a 5.26%. Estos valores garantizan la estabilidad del producto en el almacenamiento, ya que a dichos niveles no pueden desarrollarse bacterias, levaduras ni hongos. (Egas, 2010).

Obteniéndose el menor valor 4,10% con el tratamiento de la Variedad Kancolla 120 lb/pulg<sup>2</sup>. Mientras que el mayor valor de actividad de agua 5.26% correspondió a la variedad Pasankalla 120lb/pulg<sup>2</sup>, lo cual pone de manifiesto que el valor de este parámetro al final del proceso no depende del contenido de agua con el cual el grano ingresa al equipo de expansión, sino del cuidado al final del proceso, impidiendo su exposición al ambiente, para impedir la absorción de humedad ambiental y el incremento de la actividad de agua. (Ruales et al., 2000).

Los resultados del índice de absorción de agua se muestran en la Tabla 11 donde las tres variedades perciben un disminución a medida que la presión aumenta con un similar comportamiento a grado de gelatinización, al respecto Poton & Pratt, (1981) citado por Aguirre (2003), propone al índice de absorción de agua como un método válido para medir la conversión de almidón, ya que afirma que una verdadera conversión se logra cuando se tiene un hinchamiento irreversible de este, lo cual es cuantificado por el índice de absorción.

Generalmente, sus valores tienden a disminuir con el aumento de la actividad del agua y viceversa; ellas están asociadas a la transferencia de masa (Turhan, Sayar y Gunasekaran, 2002).

Cuanto menores son los valores de la actividad de agua mayor es la tasa inicial y la capacidad de adsorción de agua de quinua insuflada, respectivamente con excepciones, la variedad Pasankalla que experimenta un aumento con valores de absorción de agua > 0.8, significando que la actividad de agua para la variedad Pasankalla presenta una menor tasa inicial de adsorción de agua, debido a una lenta transferencia de masa a actividades de agua elevadas. (Sandhu, Singh & Kaur, 2004.).

**Tabla 11. Efecto de la presión sobre el índice de absorción de agua**

Variedad	Índice de absorción		
	120 lb/pulg <sup>2</sup>	140 lb/pulg <sup>2</sup>	160 lb/pulg <sup>2</sup>
<b>Pasankalla</b>	5.26±0.05	5.14±0.01	4.5±0.17
<b>Kancolla</b>	4.10±0.10	4.52±0.28	4.32±0.07
<b>Ayara</b>	5.13±0.03	5.14±0.02	4.75±0.04

FUENTE: Elaboración propia (2015), n=3

Los almidones obtenidos presentaron valores aceptables para el índice de absorción de agua, con una fácil dispersión en agua fría, comparados con los obtenidos por insuflado Sun *et al.* (2010). reportaron que en almidones pre-gelatinizados donde no se aplica ninguna fuerza de corte a los gránulos hinchados, ocurre apenas una lixiviación parcial de la amilosa, los componentes del almidón se degradan levemente y probablemente siguen enlazados dentro de una matriz continua.

Así, estos productos presentan una alta accesibilidad al agua (debido a su estructura suave) y solamente una limitada solubilidad en agua fría. Estos productos se dispersan fácilmente en agua fría para formar suspensiones moderadamente estables y pueden ser utilizados principalmente en purés de frutas y papas, alimentos infantiles, (Codinã, 2008).

Quispe (2015), indica que la evaluación de índice de absorción de agua, presentan valores mínimos, debido al reducido tamaño de partícula característico del almidón de quinua con un rango aproximado de 4.33 – 4.82%. El almidón de las variedades de quinua Collana es menos estable comparada a almidón de la variedad Junín y Pasankalla que tienen mayor estabilidad al procesos obtención de almidón.

En el anexo 7, se presenta el análisis de varianza (ANVA) para la determinación del índice de absorción de agua, el cual nos indica que existe una diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de la presión y variedades además la interacción de ambos, implica que el efecto presión influye sobre el índice de absorción de agua, esto es debido características físico-químicas del almidón del grano de quinua insuflada molida.

En la figura 10, se muestra la prueba múltiple de comparación Duncan (a, b y c), el cual indica las comparaciones múltiples entre dos medias variedad y presión, existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que sean diferentes a, b y c. Con este método hay un riesgo del 5.0%, es decir se distingue un grupo de tratamientos con resultados similares Pasankalla y Ayara por lo cual no existe diferencia estadísticamente significativa.

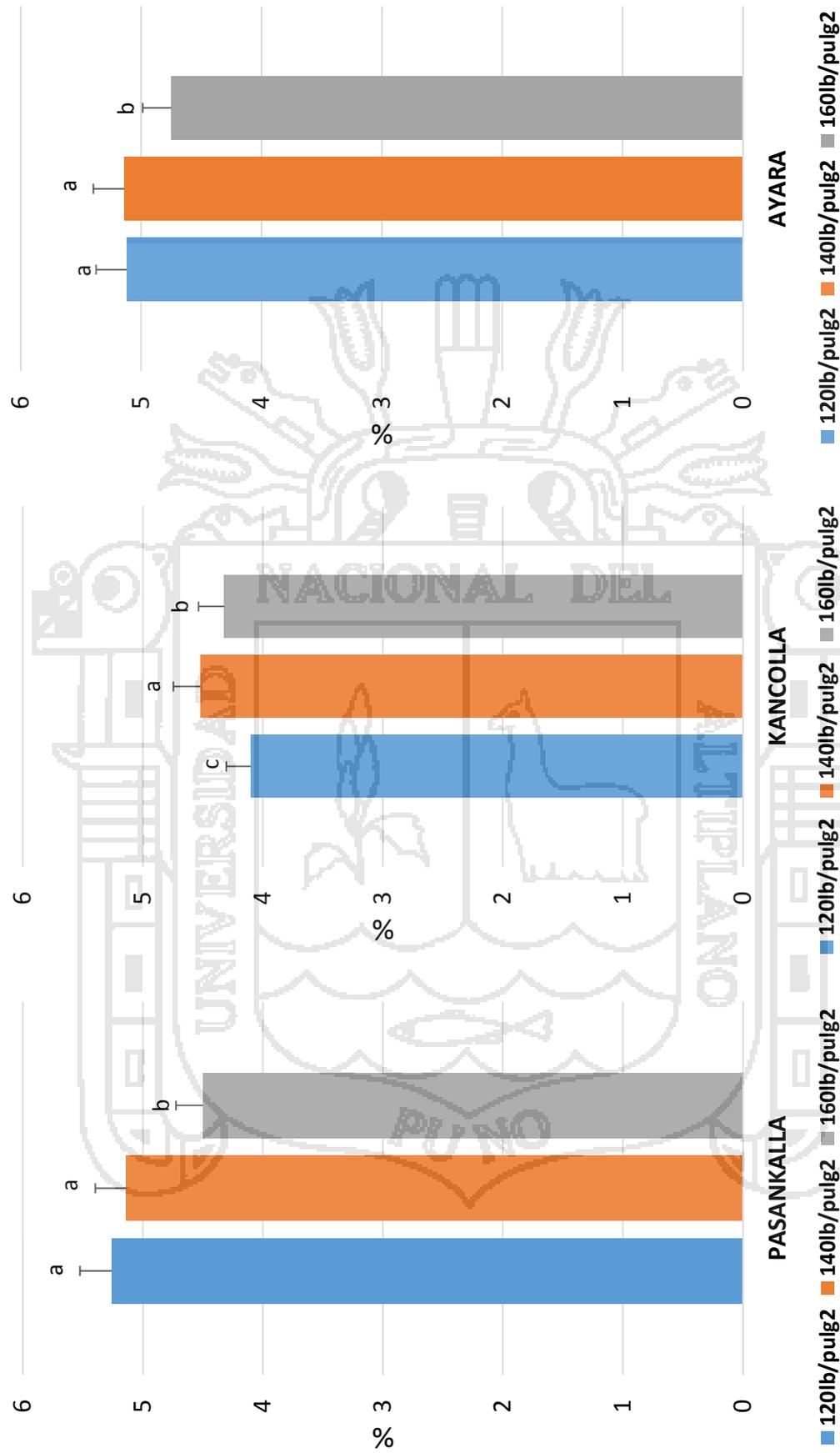


Figura 10. Efecto de la presión (lb/pulg<sup>2</sup>) en el índice de absorción en 3 variedades de quinua insuflada

#### 4.4. EFECTO DE LA PRESIÓN SOBRE EL ÍNDICE DE SOLUBILIDAD

El insuflado es un proceso industrial que induce significantes cambios ultra estructurales y cambios en las características de solubilidad en agua fría las cuales son incrementadas. (Taylor & Parker, 2002).

Se observa en la tabla 12, que la solubilidad en agua presenta una variación, la presión y la variedad de quinua insuflada, es decir la solubilidad decrece a medida que aumenta la presión en el caso de la variedad Kancolla con 27.30 a 120 lb/pulg<sup>2</sup> a 21.96% a 160 lb/pulg<sup>2</sup>, concuerda con lo que señala Reyes, (2007).

Para la variedad Ayara se observa que han un incremento en sus valores 19.41% a 120 lb/pulg<sup>2</sup> a 22.67% a 140 lb/pulg<sup>2</sup>, a diferencia de la variedad Pasankalla existe un intermedio que varía entre 20.94% a 140 lb/pulg<sup>2</sup>.

**Tabla 12. Efecto de la presión sobre el índice solubilidad de agua**

Variedad	Índice de solubilidad		
	120 lb/pulg <sup>2</sup>	140 lb/pulg <sup>2</sup>	160 lb/pulg <sup>2</sup>
<b>Pasankalla</b>	23.14±2.73	20.94±1.81	24.73±1.44
<b>Kancolla</b>	27.30±0.73	23.43±1.52	21.96±1.70
<b>Ayara</b>	19.41±1.53	20.27±1.31	22.67±2.31

FUENTE: Elaboración propia (2015), n=3

Los efectos del insuflado sobre la solubilidad del agua que a bajos contenidos de humedad y altas temperaturas se incrementa la solubilidad de los materiales y disminuye la viscosidad con respecto a las materias sin procesar debido a que la hidrólisis y en su posterior insuflado se produjo más cantidad de dextrinas que son productos más solubles en agua que los gránulos de almidón. (Codinã, 2008).

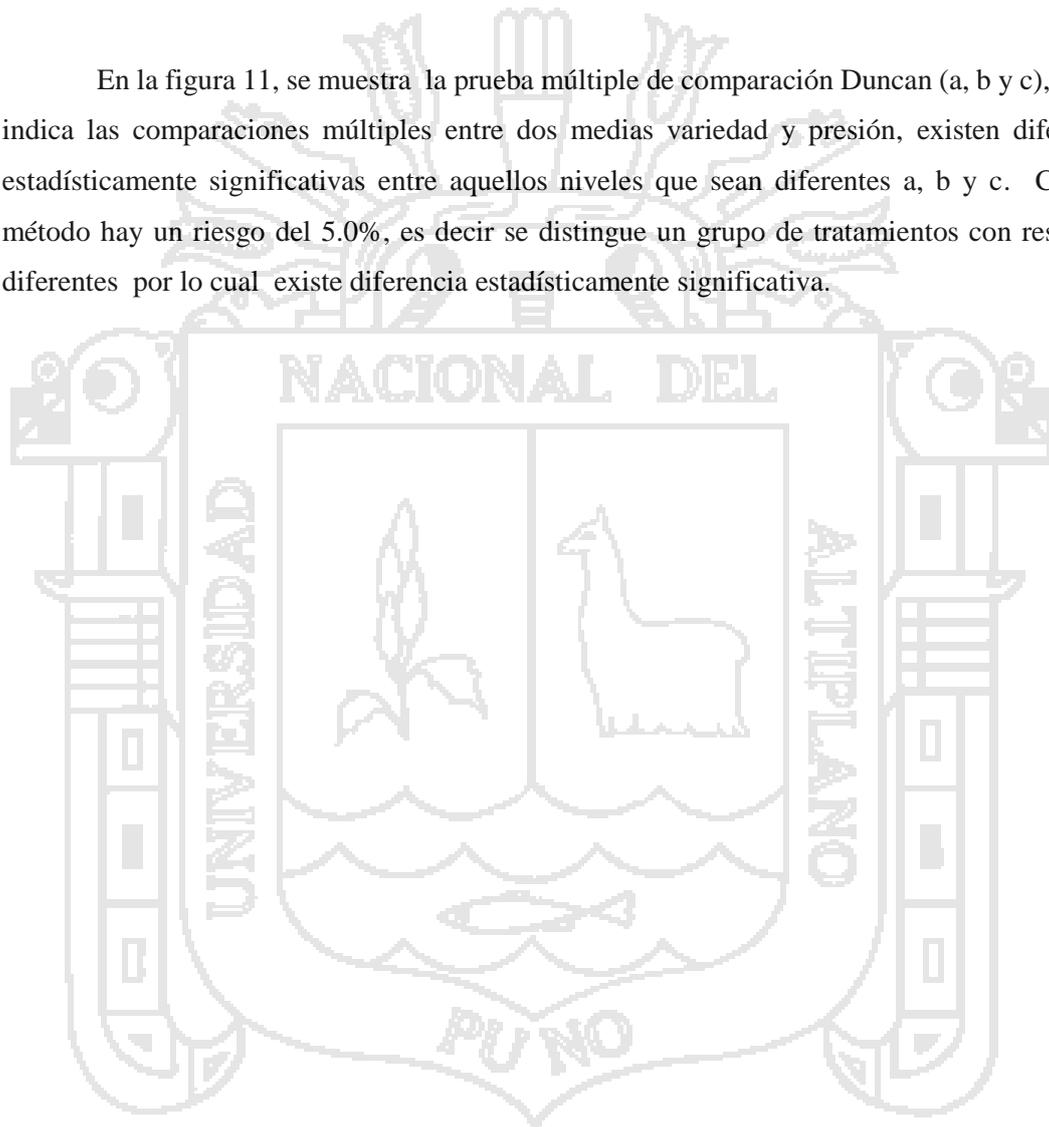
El índice de solubilidad de agua (ISA) es afectado por la temperatura del insuflado ya que a mayor temperatura el ISA se incrementa, este comportamiento se atribuye a los rompimientos de los enlaces que se producen en la estructura y al incremento del área de superficie del grano insuflado se observan las diferencias entre estos, como resultado de las diferentes condiciones de presión de cada uno. (Lee, Ryu & Kim, 1999).

Las comparaciones múltiples entre variedades y condiciones, permitieron determinar las diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) encontradas entre cada variedad evaluados para índice de solubilidad de agua; de igual manera se determinó que existían diferencias significativas con respecto a la solubilidad.

En la figura 11, se muestra el gráfico de superficie de respuesta para el índice de solubilidad de agua en función a la presión y la variedad donde se obtiene el mayor ISA con un 27.30%, con las siguientes condiciones: presión a 120 lb/pulg<sup>2</sup>, variedad Kancolla.

En el anexo 8, se presenta el análisis de varianza (ANVA), para la determinación del índice de solubilidad de agua, el cual nos indica que existe una diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de la presión y variedades, además la interacción de ambos, esto debido a la temperatura, amilosa, amilopectina de cada variedad.

En la figura 11, se muestra la prueba múltiple de comparación Duncan (a, b y c), el cual indica las comparaciones múltiples entre dos medias variedad y presión, existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que sean diferentes a, b y c. Con este método hay un riesgo del 5.0%, es decir se distingue un grupo de tratamientos con resultados diferentes por lo cual existe diferencia estadísticamente significativa.



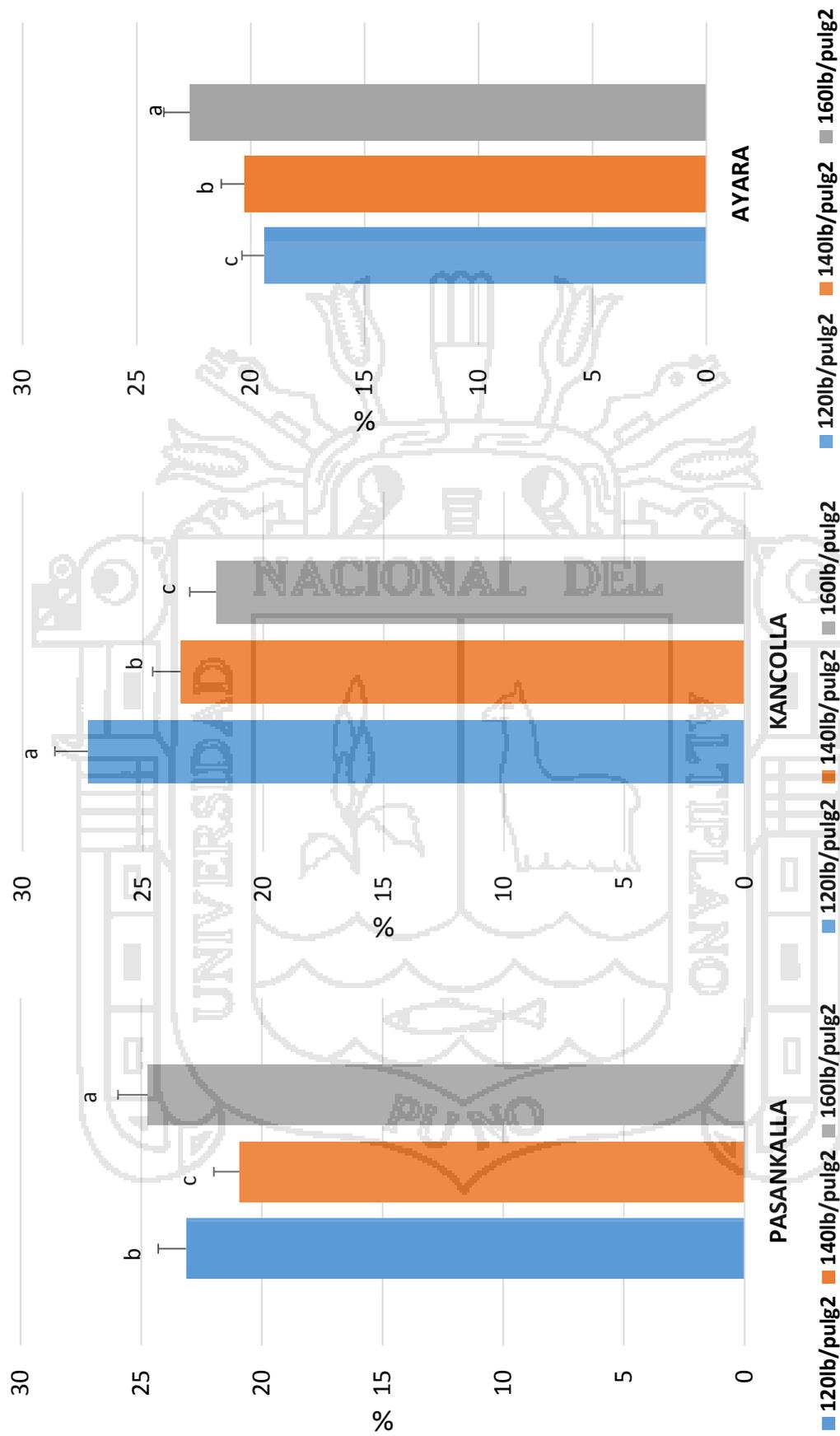


Figura 11. Efecto de la presión (lb/pulg<sup>2</sup>) en el índice de solubilidad en 3 variedades de quinua insuflada

#### 4.5. EFECTO DE PRESIÓN SOBRE EL ÍNDICE DE GELATINIZACIÓN

Los datos obtenidos muestran un grado de gelatinización de un rango de 55.71% – 69.75% para la variedad Pasankalla, 43.42% – 52.95% para la variedad Kancolla y 48.62% – 51.08%, para la variedad Ayara, las cuales son menores a los reportados por Luna (2005), que obtuvo un promedio de 84% pero esto al ser sometido al proceso de extrusión, esta diferencia se da debido a una ventaja de la extrusión ya que es más completa el proceso de gelatinización del almidón (Akdogan, 2000).

Los bajos valores de grado de gelatinización se deben probablemente a que en diferentes alimentos procesados el almidón es gelatinizado solo en parte a causa del limitado contenido de agua durante el procesamiento, los gránulos de almidón son insuflados ligeramente y la estructura interna está en parte intacta. (Talavera, 2003).

**Tabla 13. Efecto de presión sobre el índice de gelatinización**

Variedad	Índice de gelatinización		
	120 lb/pulg <sup>2</sup>	140 lb/pulg <sup>2</sup>	160 lb/pulg <sup>2</sup>
<b>Pasankalla</b>	55.71±3.24	66.89±2.59	69.75±1.55
<b>Kancolla</b>	43.42±1.23	49.50±1.41	52.95±0.48
<b>Ayara</b>	48.62±0.98	50.29±0.85	51.08±0.80

FUENTE: Elaboración propia (2015), n=3

A su vez Villacrés, (2010), indica que cuando los gránulos de almidón se someten a un calentamiento en exceso de agua, la estructura del almidón se modifica. Cuando se hidratan los granos de almidón se hinchan progresivamente y una fracción de amilopectina se desprende en el agua pero si posteriormente el calentamiento se prolonga, una fracción de amilosa también se libera en el agua, el resultado es una mayor o menor viscosidad en la suspensión. Es el fenómeno de gelatinización del almidón.

Sin embargo, cuanto menor es la proporción de amilosa, mayor es la gelatinización y viceversa. Se ha podido demostrar que cuanto más se gelatiniza un almidón (por su bajo contenido en amilosa), más fácilmente lo absorben las alfa-amilasas (enzimas digestivas del almidón). (Shewry & Halford, 2002).

En este trabajo se observó un comportamiento creciente del grado de gelatinización como se puede observar en la figura 12, presentando un mayor índice de gelatinización el sometido a 160lb/pulg<sup>2</sup> y el menor fue a una presión de 120lb/pulg<sup>2</sup>, también se observa que

existe un incremento casi constante en la variedad Ayara llegando a un grado de gelatinización 51.08%, mientras que la variedad Pasankalla presento un índice de gelatinización mayor, esto indica cuenta con una menor proporción de amilosa.

Se puede notar que existe una alta diferencia entre los valores reportados por cada una de las presiones dando a entender que el aumento de presión en 20lb/pulg<sup>2</sup>, produce un cambio significativo en el grado de gelatinización, por ende que en el almidón dado en los procesos de insuflado producen alteraciones del tamaño de la partícula y aumentos de temperatura, durante los procesos de acondicionamiento, procesado y secado final que afectan a la estructura de la proteína y almidón. (Turhan, Sayar y Gunasekaran, 2002).

El análisis de interacción de las variedades en las presiones del proceso de insuflado, muestran que el efecto simple de la variedad dentro de las presiones 120, 140 y 160 lb/pulg<sup>2</sup> es significativo dando a entender que la variedad ejerce influencia a ser sometida a diferentes presiones de insuflado.

En el anexo 9, se presenta el análisis de varianza (ANVA) para la determinación del índice de gelatinización, el cual nos indica que existe una diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de la presión y variedades además la interacción de ambos, esto implica que hay factores que influyen como la temperatura, poder de hinchamiento.

En la figura 12, se muestra la prueba múltiple de comparación Duncan (a, b y c), el cual indica las comparaciones múltiples entre dos medias variedad y presión, existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que sean diferentes a, b y c. Con este método hay un riesgo del 5.0%, es decir se distingue un grupo de tratamientos con resultados similares para la variedad Ayara por lo cual no existe diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la presión.

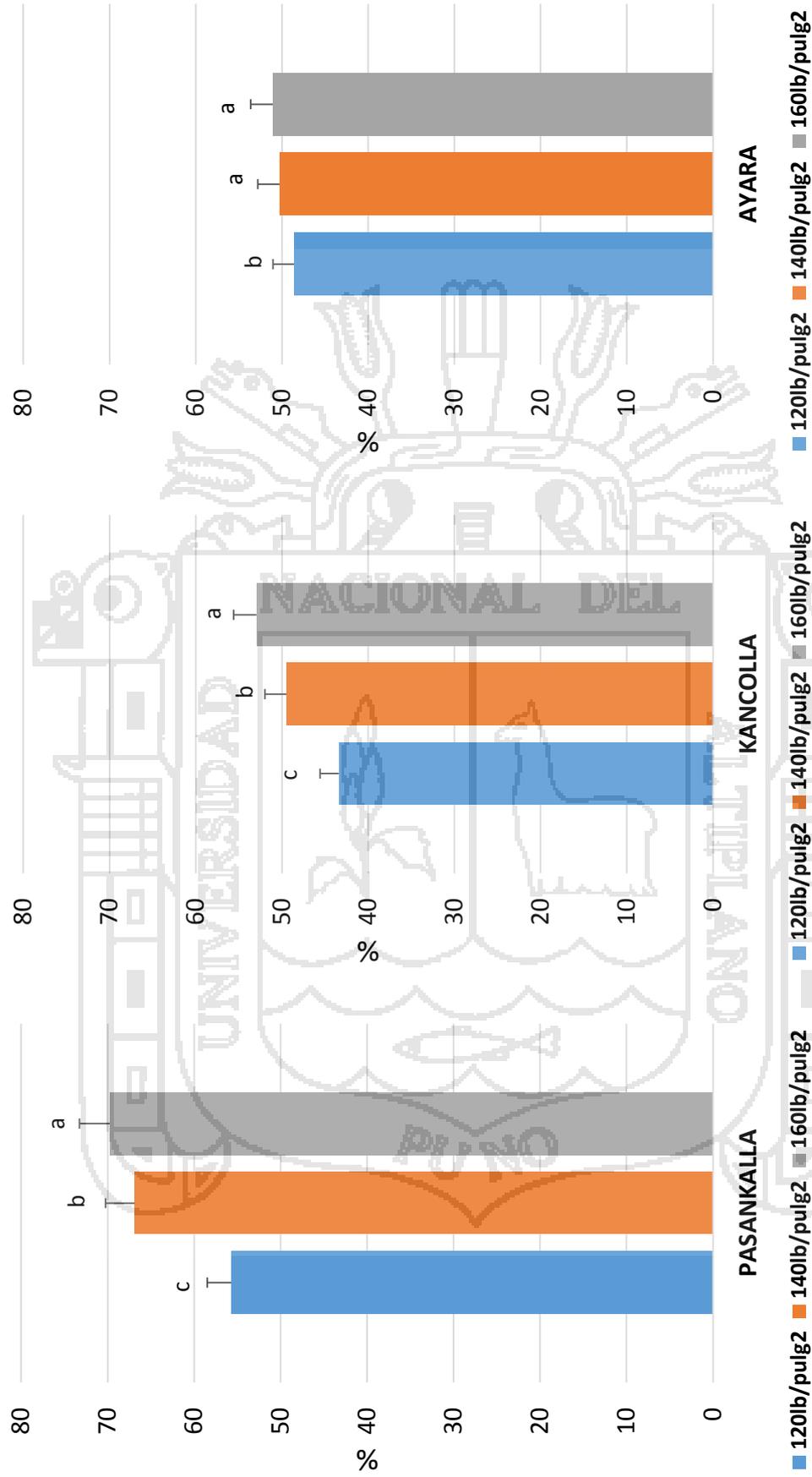


Figura 12. Efecto de la presión (lb/pulg<sup>2</sup>) en el índice de gelatinización en 3 variedades de quinua insuflada

#### 4.6. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE LA DIGESTIBILIDAD PROTEICA *IN VITRO*

##### 4.6.1. PROTEÍNA

El porcentaje de proteína de quinua insuflada en tres variedades se muestra en la tabla 14 y figura 13, donde se puede observar que se en algunos casos hay un incremento y disminución de los porcentajes como es el caso de la variedad Pasankalla que tuvo un porcentaje inicial de 12.21% con presión 120lb/pulg<sup>2</sup> y se incrementó a 13.73% a presión 140lb/pulg<sup>2</sup>, para la variedad Kancolla que tuvo niveles bajos de contenido de proteína teniendo un rango de 9.56% - 10.46%.

Sin embargo para la variedad Ayara tuvo un incremento en el primer tratamiento de 13.44% a 120lb/pulg<sup>2</sup>, pero posteriormente fue disminuyendo hasta llegar a 10.21% a 160lb/pulg<sup>2</sup>, esto debido a que probablemente los granos no se insuflaron y mantuvieron su forma inicial y no hubo cambio durante el proceso y hace que el producto no se incremente adecuadamente, para la variedad Ayara que tuvo un descenso en el porcentaje de proteína debido a que la presión con la que se trabajo fue muy elevada produciéndose perdidas en la superficie del grano trayendo como consecuencia la pérdida del embrión del grano de la quinua en el cual se concentra una importante cantidad de proteínas. (Taylor & Parker, 2002).

Mientras que Tacora, (2010), obtuvo un promedio de 6.72-12.49% de porcentaje de proteína, esto debido a que se trabajó con cañihua, sabiendo que la proteína tiene un comportamiento diferente para cada producto.

A su vez Sucari (2003), obtuvo un contenido de proteína un poco mayor a lo encontrado con un aproximado de 14.63-16.60%, esto debido a que se trabajó con diferentes variedades a las estudiadas pero sin embargo se encuentran cercanas.

**Tabla 14. Determinación del porcentaje de proteína de quinua insuflada**

Variedad	Porcentaje de proteína		
	120 lb/pulg <sup>2</sup>	140 lb/pulg <sup>2</sup>	160 lb/pulg <sup>2</sup>
<b>Pasankalla</b>	12.21±0.07	13.73±0.05	11.70±0.02
<b>Kancolla</b>	10.46±0.28	9.56±0.07	9.92±0.03
<b>Ayara</b>	13.44±0.08	11.75±0.06	10.21±0.01

FUENTE: Elaboración propia (2015), n=3

Por otro lado, Guevara (2004), indica el grano de quinua no se obtuvo un alto valor en proteínas, pero supera en este nutriente a los cereales más importantes. El verdadero valor de la quinua está en la calidad de su proteína, es decir, en la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación.

Realizando el análisis estadístico muestran que la variedad así como la presión afectan el contenido de proteínas en la quinua y que las tres variedades tienen influencia entre ellas. Estadísticamente el coeficiente de varianza resulta significativo al 95% de confiabilidad.

Quispe (2015), encontró que con respecto a la proteína, existe diferencia significativa en su investigación, reporta que el almidón de quinua de las variedades Kancolla y Chullpi contiene 0,45 y 0,30 % de proteína total, respectivamente. En su investigación la proteína está en un rango de 0,20 – 0,28%, pero este análisis se realiza con almidón crudo a diferencia del trabajo realizado en quinua insuflada.

En el anexo 10, se presenta el análisis de varianza (ANVA) para la determinación del porcentaje de proteína, el cual nos indica que existe una diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ) para el efecto de la presión y variedades además la interacción de ambos, implica que el efecto presión y variedad son dependientes.

En la figura 13, se muestra la prueba múltiple de comparación Duncan (a, b y c), el cual indica las comparaciones múltiples entre dos medias variedad y presión, existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que sean diferentes a, b y c. Con este método hay un riesgo del 5.0%, es decir se distingue un grupo de tratamientos con resultados diferentes por lo cual existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

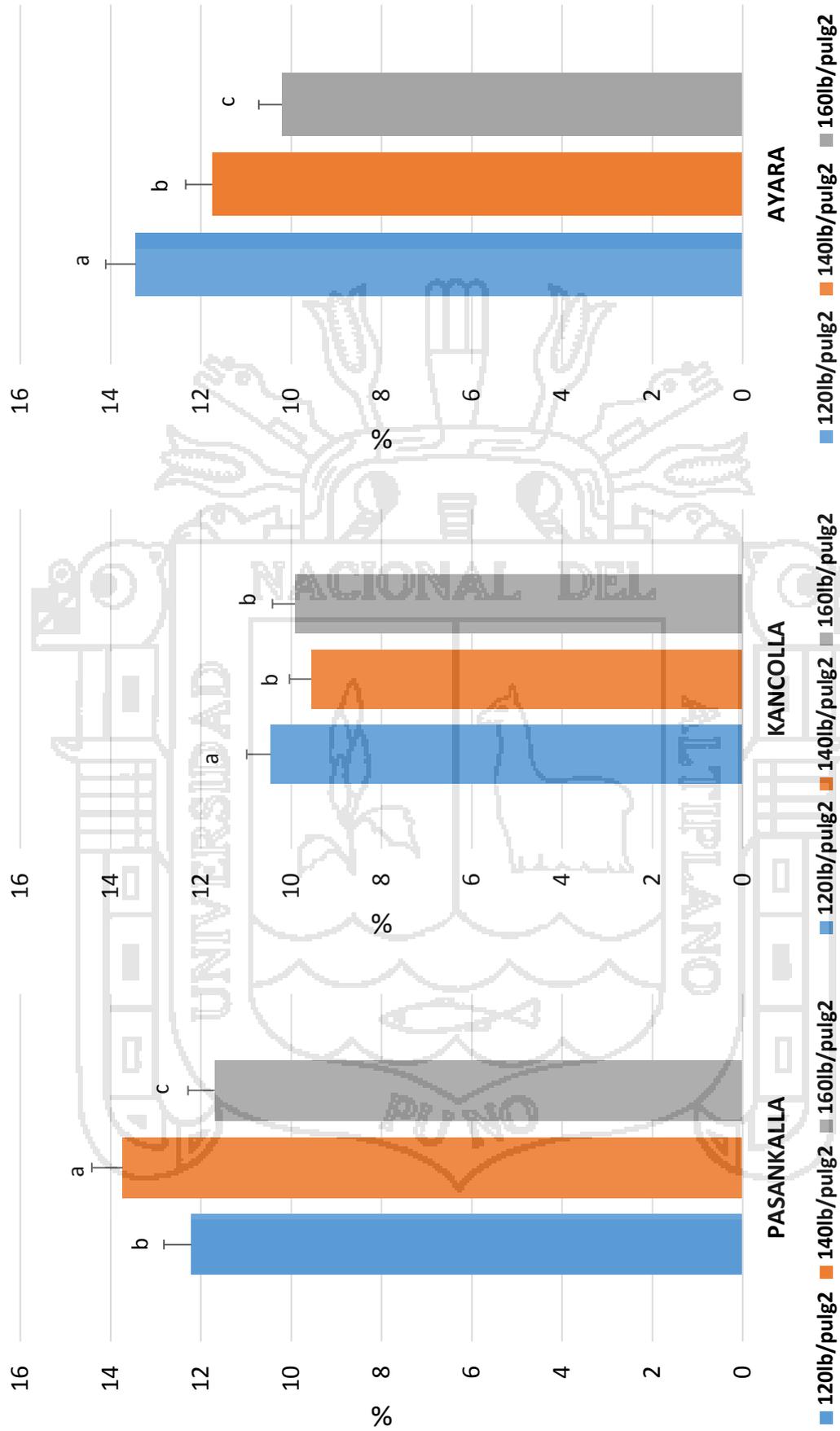


Figura 13. Efecto de la presión (lb/pulg<sup>2</sup>) en el porcentaje de proteína en 3 variedades de quinua insuflada.

#### 4.6.2. DIGESTIBILIDAD PROTEICA *IN VITRO*

El porcentaje de la digestibilidad *in vitro* para tres variedades de quinua fue 72.8 - 90.15%, pero la variedad que más destaco fue Ayara con un porcentaje de 90.15% a 120lb/pulg<sup>2</sup> pero a medida que la presión aumento la digestibilidad proteica iba disminuyendo debido a que los granos no tienen la capacidad de expansión correctas, pero quien si mantuvo un margen correcto en las tres tratamientos fue la variedad Pasankalla, quien tuvo un rango casi cercano entre sí a 81.83 – 84.12%.

La digestibilidad proteica *in vitro* encontrada por Shewry & Halford (2002), fue de 71,74 ± 0,30% para el maíz, No obstante, los valores de digestibilidad son todavía inferiores a los de las proteínas animales. Esta diferencia puede ser atribuida a varios factores, tales como la estructura proteica más compacta en las leguminosas, la presencia de otros componentes (minerales, la formación de complejos de proteína y almidón (Calderon, 2006).

**Tabla 15. Efecto de presión para la digestibilidad proteica *in vitro***

Variedad	Digestibilidad proteica		
	120 lb/pulg <sup>2</sup>	140 lb/pulg <sup>2</sup>	160 lb/pulg <sup>2</sup>
<b>Pasankalla</b>	84.12±0.12	80.36±0.14	81.83±0.02
<b>Kancolla</b>	86.13±0.21	83.68±0.02	80.8±0.02
<b>Ayara</b>	90.15±0.05	79.39±0.03	72.88±0.01

FUENTE: Elaboración propia (2015), n=3

La digestibilidad de la proteína o biodisponibilidad (digestibilidad verdadera) de los aminoácidos de la quinua varía según la variedad y el tratamiento a que son sometidas. Estudios comparativos usando el método de balance en ratas, clasificaron los valores de la digestibilidad verdadera de la proteína en tres rangos: digestibilidad alta de 93 a 100 % para los alimentos de origen animal y la proteína aislada de soya; digestibilidad intermedia con valores de 86 a 92 % para el arroz pulido, trigo entero, harina de avena y harina de soya; y digestibilidad baja de 70 a 85 % para diferentes tipos de leguminosas incluyendo frijoles, maíz y lentejas. (Hernandez, De la Vega & Sotelo, 1998).

De acuerdo a esta clasificación, el grano de la quinua cruda se encuentra en la tercera posición, es decir con baja digestibilidad (Valdez, 2009).

La digestibilidad *in vitro* de las diferentes fracciones de proteína fue evaluada obteniendo como resultado un porcentaje total de 90.15 % de digestibilidad. Este porcentaje es menor a los

reportados por Bertsch et al., (2010), quienes señalan que la digestibilidad *in vitro* es de un 98.37 %, 92.22 % y del 94 % respectivamente.

Sin embargo Escobedo (2006), indica que obtuvo la digestibilidad *in vitro* de la proteína que fue de 83.76 %, con lo cual se concluye que la proteína tiene un porcentaje de digestibilidad significativamente alto, debido a su alto contenido de aminoácidos esenciales.

En el anexo 11, se presenta el análisis de varianza (ANVA) para la determinación de digestibilidad proteica *in vitro*, el cual nos indica que existe una diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ) El análisis de interacción de las variedades en las presiones del proceso de insuflado, muestran que el efecto simple de la variedad dentro de los presiones 120, 140 y 160 lb/pulg<sup>2</sup> es significativo dando a entender que la presión ejerce influencia al ser trabajada a diferentes variedades de quinua insuflada. Realizando el análisis estadístico muestran que la variedad así como la presión afectan el porcentaje de digestibilidad proteica de la quinua.

En la figura 14, se muestra la prueba múltiple de comparación Duncan (a, b y c), el cual indica las comparaciones múltiples entre dos medias variedad y presión, existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que sean diferentes a, b y c. Con este método hay un riesgo del 5.0%, es decir se distingue un grupo de tratamientos con resultados diferentes por lo cual existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

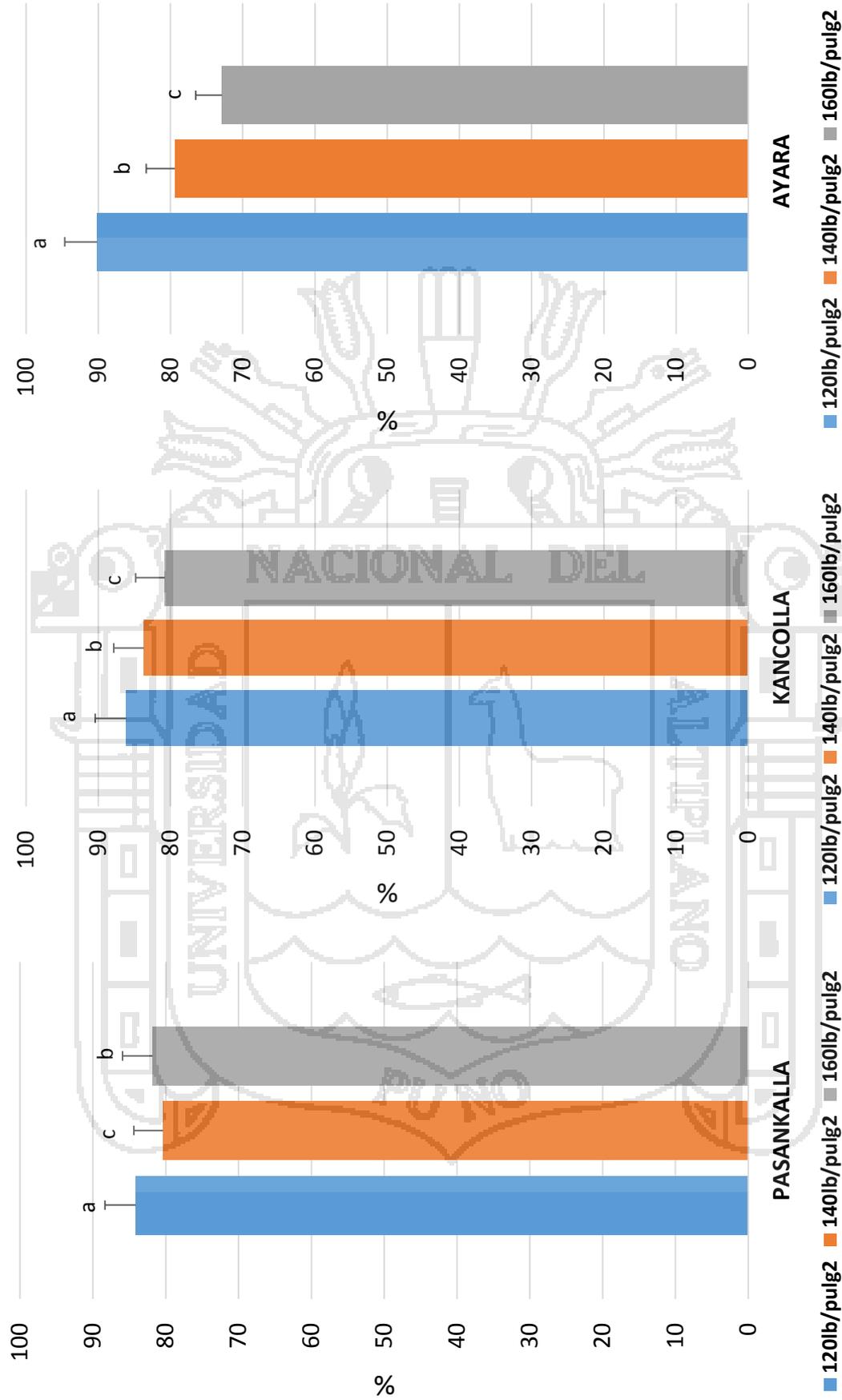


Figura 14. Efecto de la presión (lb/pulg<sup>2</sup>) en la digestibilidad proteica *in vitro* en 3 variedades de quinua insuflada

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el microscopio electrónico de barrido (SEM) se observaron gránulos de almidón en forma poliédrica o ligeramente lenticulares y con superficie ligeramente uniforme con presencia de algunas grietas y fisuras ligeramente visibles. De igual manera se observó que el tamaño de granulo de almidón de la quinua varían en un promedio de 16 a 22  $\mu\text{m}$ .

El índice de gelatinización tuvo mejores resultados para la variedad Pasankalla a presión 160lb/pulg<sup>2</sup> con un 69.7%, indicando que cuanto más se gelatiniza el almidón más fácilmente lo absorben las enzimas digestivas del almidón. La digestibilidad proteica in vitro de la quinua insuflada varía según la variedad, en este caso la que obtuvo mayor porcentaje fue la variedad Ayara con un 90.15% a presión 120lb/pulg<sup>2</sup>, por lo cual se sitúa a este insumo como una potencial fuente proteica para la alimentación.



## VI. RECOMENDACIONES

Utilizar los resultados del presente trabajo como antecedente para trabajos posteriores con distintas variedades.

Aumentar la calidad nutricional de estas variedades recurriendo a procedimientos o complementarlo con otros alimentos con el fin de proporcionarle a la población un alimento de calidad proteica y bajo costo.

Incluir la digestibilidad en la evaluación de la calidad de los insumos y/o alimentos comerciales, ya que un porcentaje alto o bajo en proteína no es suficiente para determinar su calidad nutritiva.



## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar C. (2002). Caracterización fisicoquímica de fibra y mezclas de fibra dietaría obtenidas a partir de residuos de naranja (*Citrus sinensis*), salvado de cebada (*Hordeumvulgare*) y cáscara de camote (*Ipomoea batatas* L.). Tesis para optar el título de Ingeniero de Industrias Alimentarias Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. Perú.
- Aguirre, J. (2003). Utilization of the technology of extrusion cooking of low cost in Quinoa processing (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of Cereal Science*. 54: 203-215.
- Akdogan, H., (2000). High moisture food extrusion. *Journal of food Science and Tecnology*. 34: 195-2007
- Alvarez L., Arendt E. K, & Gallagher E. (2009). Valor nutritivo y la composición química de pseudocereales como ingredientes sin gluten Revista Internacional de Ciencias de la Alimentación y Nutrición, 60 (s4), pp. 240-250
- Anderson, R., Conway, H.F., Pheiser, V.F. & Griffin, E.L. (1999). Método para determinar poder de hinchamiento, índice de absorción de agua e índice de solubilidad. *Cereal Science Today*, 1999; 14: 4-1.
- AOAC (2000). International: Official methods of analysis. Gaithersburg, USA. 17ªed.
- Astuhuaman, L. (2007). Efecto de la cocción-extrusión en la fibra dietaría y en algunas propiedades funcionales de 4 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis para optar el título de Ingeniero. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima
- Bertsch, A., Díaz, I. & Coello, N. (2010). Optimization of shrimp waste fermentation by kocuriarosea to obtain a protein hydrolysate. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería de Universidad de Zulia 33: 130-137.
- Brennan, C.S. & Tudorica, C.M., (2008). Evaluation of potential mechanisms by which dietary fibre additions reduce the predicted glycaemic index of fresh pastas. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43, 2151-2162.
- Calderón A. J. (2006). Determinación de la digestibilidad in vitro de la proteína, en contenido de fitatos lisina disponible en variedades criollas de maíz del estado de hidalgo. Tesis para optar el título de Ingeniero. Pachuca- Hidalgo.
- Callejo, M. (2002). Industria de cereales y derivados. Eds AMV, Mundi-Prensa. Madrid, España.

- Camilo, J. (2008). Caracterización morfológica del granulo de almidón nativo: apariencia, forma, tamaño y su distribución. Colombia, Bogotá D.C.
- Capriles, V. D. & Areas, J. A. G., (2013). Effects of prebiotic inulin-type fructans on structure, quality, sensory acceptance and glycemic response of gluten-free breads. *Food Funct.* 4, 104-110.
- Carrera, P. (1995). Sustitución de la harina de trigo por quinua (*Chenopodium quinoa*) precocida en la elaboración de pan. Tesis para optar el título de Ingeniero. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú.
- Carrillo, A. (1992). Anatomía de la semilla de *Chenopodium berlandieri ssp. nuttalliae* (*Chenopodiaceae*) Huauzontle. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Centro de Botánica. Montecillo, México. p.87
- Cheng-Yi, L. & Shuh, M. (1992). Invertigation of the phycal and chemical properties of banana starches, *Journal of Science* (47):493-497
- Chinma C. & Igyor M. (2008). Starch gelatinization, total bacterial counts and sensory evaluation of deep fried cassavaballs (Akara-Akpu). *Am. J. Food Technol.* 3 (4): 257-263.
- Codină, G. G. (2008). Influence of flour quality with different extraction ratio on the rheological properties of uniaxial extension induced by the mixolab. *J. Agroalim. Proces. Techn.*14:119-122.
- Collazos, C. (1996). La composición de los alimentos peruanos. Lima: Ministerio de Salud (7ª ed.), INS.
- Cortes, M. C. (2008). Obtención y caracterización de almidón de plátano morado y su hidrolisis enzimática en la producción de maltodextrinas. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México.
- Davila, J., Polit, P. & Acuña, O. (2001). Memorias del seminario taller sobre extrusión de alimentos. Escuela Politécnica Nacional. Instituto de Investigación Tecnológica Área de Alimentos Quito – Ecuador
- Delcour, J. A., (2010). Starch. In: Principles of Cereal Science and Technology. AACC International, Inc., St. Paul, Minnesota, USA, pp. 23e51.
- Delgado C. N. & Albarracín H. W. (2012). Microestructura y propiedades funcionales de harinas de quinua (*Chenopodioum quinoa* W.) y plátano (*Erythrina edulis*): potenciales extensores cárnicos, vol. 19. Medellín, Colombia

- Desrosier, N. W. (2007). Elementos de tecnología de alimentos, 1° edición, 13° reimpresión, compañía Editorial continental, S. A. 1998 – México. Páginas 188 -189.
- Dhital, S., Shrestha, A.K., Hasjim, J. & Gidley, M.J., (2011). Physicochemical and structural properties of maize and potato starches as a function of granule size. *J. Agric. Food Chem.* 59, 10151-10161.
- Egas L., Villacrés, E., Salazar D., Peralta E. & Ruilova M. (2010). Elaboración de un cereal para desayuno con base a quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) expandida. *Revista Tecnológica*. Vol. 23, N. 2, 9-15,
- Escobedo A. Y. (2006). Extracción, caracterización parcial y evaluación de la digestibilidad in vitro de la proteína asociada al exoesqueleto del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Sinaloa., México.
- Espin, S. B., Brito, E., Villacres, A., Rubio, C., Nieto, L. & Grijalva, J. (1999). Composición química, valor nutricional y usos potenciales de siete especies de raíces y tubérculos andinos. Ambato – Ecuador
- Espinosa, M. (2007). Evaluación sensorial de los alimentos. Editorial Universitaria. Cuba. p116
- Fries, A. M. & Tapia, M. (1985). Los cultivos andinos en el Perú. Boletín No 1. Lima: Programa Nacional de Sistemas Agropecuarios Andinos, INIPA.
- Gómez C. A. (2010). Efecto del solvente acidificado sobre las propiedades funcionales del almidón presente en el maíz azul. Mineral de la Reforma, Hidalgo
- Guevara, M. (2004). Desarrollo y caracterización de alimentos expandidos a base de maíz y soya. Tesis de Doctorado. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias e Ingeniería de Alimentos. Ambato – Ecuador p. 42
- Hagenimana, A., Ding, X. & Fang, T., (2006). Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science* 43, 38-46.
- Hanjung T., Katsumi W., & Toshio M. (2002). Characterization of storage srarches fron quinoa, barley and adzuki seeds. *Carbohydrate polymers* 49:13-22
- Hermosa, G. (2013). Caracterización de almidones de dos tubérculos andinos: Isaño (*Tropaeolum Tuberosum* R&P) y Oca (*Oxalis tuberosa* Mol). Universidad Nacional del Altiplano. Puno.

- Hernandez A. N., Mendez M. G., Velasquez del Valle M. G., Solorza J. & Bello L. A. (2004). Isolation and partial characterization of Mexican Oxalis tuberosa starch. 56. 357-363
- Hernández, M., De la Vega, A. & Sotelo. A. (1998). Determinación de la digestibilidad proteínica *in vitro* e *in vivo* en cereales y leguminosas crudos y cocidos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. p 24(3):515-522.
- Hevia, H., Wilckens, E. & Berti, D. (2001). Características del almidón y contenido de proteínas de quinua cultivada bajo diferentes niveles de nitrógeno en Chillan. Agro Sur. Vol. 29. pp. 40-51.
- Hoseney, R. C. (1991). Principios de ciencia y tecnología de los cereales. (1ª ed.). Zaragoza: Acribia, S.A.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2005). Cultivo de quinua en la región Cusco. Boletín informativo: Ministerio de Agricultura. Cusco
- James, L. E. (2009). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composición, química, nutricional y propiedades funcionales. Avances en la investigación alimentaria y nutrición (Vol. 58, pp. 1-31). Academic Press.
- James, M. (2002). Microbiología moderna de los alimentos. 4ta edición. Ed. Acribia, S.A., Zaragoza. España. 33-49.
- Kirk, R.S., Sawyer, R. & Egan, H. (1996). Composición y análisis de alimentos de Pearson. (2ª ed.). México: CECOSA.
- Kokini J., Chi-Tang H., Mukund Y. & Karwe. T, (1992). Food extrusion science and technology. Marcel Dekker Inc. New York.
- Koziol, M. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), *J. Food Compos.* p: 35-68.
- Lara, N. (2003). Estudio de efectos de expansión por aire caliente en las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de la semilla de amaranto. Tesis para optar el Título de Ingeniero. Quito – Ecuador Pp. 100
- Lee, M. H., Ryu, K. H. & Kim, C. J. (1999). Comparison of physicochemical properties of starch phosphates prepared by dry heating and extrusión process. *Korean J. food Sci. Technology.* 22: 65-68

- León J. M. (2003). Cultivo de la quinua en Puno-Perú descripción, manejo y producción. Universidad Nacional del Altiplano. Puno
- Luna, G. (2005). Efecto del proceso de cocción extrusión en la fracción indigerible, capacidad antioxidante, polifenoles totales, fitatos y algunas propiedades funcionales en tres variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis de Maestría. Universidad Agraria la Molina. Lima - Perú
- Mataix, J. (2002). Nutrientes y alimentos. Nutrición y alimentación humana. Vol.1. ediciones Ergon S. Madrid-España. p: 121-250.
- Matos, A. & Sánchez, F. (2011). Determinación del rendimiento de almidón a partir en tres accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), Pasankalla, Salcedo INIA y Kancolla". Universidad Peruana Unión, Tercer encuentro de Investigación Universitaria, Lima-Perú.
- Medina, M. Aburra, R. & Guzman C. (2009). Estudio del fruto de y harina de *Chenopodium quinoa* Willd, variedad Cica. Investigación básica, Cordoba-Argentina.
- Morón, C. (1999). Importancia de los cultivos andinos en la seguridad alimentaria y nutrición. En: Memorias de la Reunión Técnica y Taller de Formulación de Proyecto Regional sobre Producción y Nutrición Humana en base a Cultivos Andinos. FAO-CIP-Universidad San Agustín. Lima, Perú.
- Nielsen, S. (2003). Food analysis, Ed. Kluwer Academic/Plenum Publ, pág. 131- 142.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2002). Food energy - methods of analysis and conversion factors. Report of Technical Workshop, *Food and Nutrition Paper* N° 77. Rome: FAO.
- Pérez, A. M., Archondo, J., Pérez, C. M. & Medeiros, C. (1997). Mezclas alimenticias con cultivos andinos. La Paz: UMSA.
- Prakash, D. & Pal, M. (1998). *Chenopodium*: seed protein, fractionation and amino acid composition. *International J. Food Sciences and Nutrition*. 82: 481-488.24.
- Quispe, M. A. (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca Junín. *Rev. Soc. Quím.* Perú vol.81 no.1. Lima. Perú.

- Rangel, A., Domont, G. B., Pedrosa, C. & Ferreira, S. T. (2003). Functional properties of purified vicilins from cowpea (*Vigna unguiculata*) and pea (*Pisum sativum*) and cowpea protein isolate. *J. Agric. Food Chem.* 51: 5792-5797
- Raygada, M. (2001). Caracterización del almidón de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd): Kancolla y Chullpi. Tesis para obtener el grado de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 93pp.
- Reyes, P. (2007). Aislado y caracterización fisicoquímica del almidón de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). UNALM. Lima - Perú
- Rojas, W., M. Pinto, J. L. Soto & E. (2010). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Biodiversity International, Roma-Italia.
- Ruales, J.; Carpio, C.; Santacruz, S. & Bravo, J. (2000). Métodos de caracterización de Carbohidratos. Proyecto de Investigación Precompetitiva XI.8. Edit. Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. pp. 113-115.
- Sandhu K. S, Singh N. & Kaur M. (2004). Characteristics of the different corn types and their grain fractions physicochemical, thermal, morphological and rheological properties of starches. *Journal of Food Engineering* 64: 119-127
- Shewry, P. R. & Halford, N. G. (2002). Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. *Journal of experimental botany, inorganic nitrogen assimilation special issue.* 53(370): 947-958.
- Singh, S., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, S. & Gill, S. (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources.. *Food Chemistry*; 81: 219–231.
- Sucari A. L. (2003). Determinación de humedad y presión en el proceso de expansión por explosión de dos variedades de cañihua. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.
- Sun, H., Yan, S., Jiang, W., LI, G. & Macritchie, F. (2010). Contribution of lipid to physicochemical properties and Mantou-making quality of wheat flour. *Food Chem.* 121:332-337.
- Tacora, R. L. (2010). Efecto de la presión de expansión por explosión y temperatura de tostado en algunas características funcionales y fisicoquímicas de dos variedades de cañihua

- (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú.
- Talavera R. E. (2003). Determinación de la variedad de quinua expandida para elaboración de bombones. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.
- Tapia, M. (1990). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la Alimentación. Santiago: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- Taylor, J. R. N. & Parker, M. L. (2002). Quinoa en pseudocereales y cereales propiedades menos comunes de granos y el potencial de utilización. Berlin: Springer Verlag. pp. 93-122.
- Tester, R.F., Karkalas, J. & Qi, X., (2004). Starch structure and digestibility enzymesubstrate relationship. *Worlds Poult. Journal Cereal Sci.* 60, 186-195.
- Turhan, M., Sayar S. & Gunasekaran, S. (2002). Application of Peleg model to study water absorption in chickpea during soaking. *Journal of Food Engineering*, 53:153-159.
- Ureña, M.; D'arrigo, M. & Girón, O. (1999). Evaluación sensorial de los alimentos. 1era edición. Ed. Agraria. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- Valdez, G. F. (2009). Digestibilidad de harina de cabeza de camarón libre de quitina y afrecho de maíz, en dietas para tilapia roja *Oreochromis* ssp. Tesis para optar el título de Ingeniero. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Sinaloa, México
- Vania P. G. (2003). Adecuación de una maquina expansora de cereales tipo cañón para prácticas de laboratorio en la universidad tecnológica equinoccial. Estudio de caso: arroz (*Oryzasativa* L.), maíz (*Zea mays* L.), quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y trigo (*Triticum vulgare* L.). Tesis para optar el título de Ingeniero. Quito. Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Ciencias de Ingenierías.
- Villacrés, E. (2010). Elaboración de un Cereal para Desayuno con Base a Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Expandida. Quito - Ecuador, Vol. 23, p. 9-15,
- Wolter A., Hager A., Zannini E. & Arendt E. (2013). In vitro starch digestibility and predicted glycaemic indexes of buckwheat, oat, quinoa, sorghum, teff and commercial gluten-free bread. *Journal of Cereal Science.* 58. 431-436
- Yeung, V. R. (1991). Soy protein in relation to human protein and amino acid nutrition. *Journal of American Diet Association.* 91(7):828-835.



## ANEXO 1

**MÉTODO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE EXPANSIÓN****DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO**

Se expresa entre la relación entre el área de la sección transversal del producto moldeado y el área del producto final o simplemente por el diámetro del producto.

Se determina de acuerdo al método descrito por Tacora (2010), por lo cual se tomaron partes del producto inicial y final, el cual consiste en medir las unidades de volumen que ocupan los granos sin insuflar y el lugar que ocupan los mismos luego de reventar, para determinar este índice de expansión se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de expansión} = \frac{\text{Volumen final}}{\text{Volumen inicial}}$$

Fuente: Tacora (2010)



## ANEXO 2

**MÉTODO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA I.S.A****DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO**

Se determina por el método reportado por Dogan y Karwe (2003). Que consiste en:

- Pesar 2.5g de muestra insuflada con tamaño menor de partícula previamente molida con un mortero (utilizar malla #80)
- Luego el sobrenadante se retira en un vaso previamente tarado para posteriormente tomar el peso del gel.

Calculo:

El índice de absorción de agua se calculó mediante la siguiente ecuación

$$\text{Índice de absorción de agua} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

## ANEXO 3

**MÉTODO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE SOLUBILIDAD DE AGUA I.S.A.**

Los sólidos de agua constituyen la cantidad de solidos solubles en una muestra seca y empleada como una medida de dextrinizacion. Se determinó por el método reportado por Astuhuaman (2007).

**DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO**

- Pesar 2.5g de muestra insuflada con tamaño de partícula menor en un tubo de centrifuga luego se agrega 30ml de agua destilada a 30°C.
- Someter a una agitación intermitente el tubo por 30 minutos, seguidamente colocar en una centrifuga de 300 RPM por 10 minutos.
- Luego el sobrenadante se pasa a un vaso previamente tarado
- Posteriormente se coloca a la estufa a 90°C. por el lapso de 12 horas.

Calculo:

La solubilidad se determinó expresando el peso de solidos solubles en porcentajes respecto a los 2.5g

$$\text{Índice de solubilidad de agua} = \frac{\text{Peso sobrenadante seco}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

## ANEXO 4

**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE GELATINIZACIÓN**

Se determinó por el método citado por Anderson (1999), que consiste en la razón entre el almidón gelatinizado y el almidón total, calculados por medio de mediciones espectrofotométricas del complejo almidón – Yodo formando una suspensión acuosa de muestra antes y después de una solubilización.

**DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO**

- Se maceran 2g de muestra con 100ml de agua destilada en un recipiente, la suspensión se centrifuga a 500 RPM por 10 minutos.
- Se toman alícuotas duplicadas (1ml), se diluyen con 10ml de agua destilada y se añade 0.1ml de solución de Yodo.
- La absorbancia de las muestras se lee a 600nm con el espectrofotómetro en contra de un blanco.
- Se prepara la solución del producto (2g) en 95ml de agua destilada, a esta suspensión se le agrega 5ml de una solución de hidróxido de potasio reposando por 5 minutos con una suave agitación.
- Se toman alícuotas duplicadas de 1ml y se tratan con 1ml de ácido clorhídrico a 0.5N y diluido con agua a una solución de Yodo (0.1ml) y se miden sus absorbancias.

Calculo:

El índice de gelatinización se calcula con la siguiente formula

$$\text{Grado de gelatinización (\%)} = \frac{A1}{A2} \times 100$$

Dónde:

A1= Absorbancia de muestra ante la solución con álcali

A2=Absorbancia de muestra después de la solución con álcali

**ANEXO 5**

**Análisis multifactorial para el rendimiento de tres variedades de quinua insuflada**

**a) Análisis de Varianza ANOVA para RENDIMIENTO**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Fc	Sig.
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PRESION	278.69	2	139.345	34421.86	*
B:VARIEDADES DE QUINUA	1080.81	2	540.405	133494.31	*
INTERACCIONES					
AB	1288.77	4	322.193	79590.18	*
RESIDUOS	0.0728667	18	0.00404815		
TOTAL (CORREGIDO)	2648.34	26			

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

**b) Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para RENDIMIENTO con intervalos de confianza del 95.0%**

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
MEDIA GLOBAL	27	81.6126			
PRESIÓN					
120	9	77.2156	0.0212084	77.171	77.2601
140	9	84.8022	0.0212084	84.7577	84.8468
160	9	82.82	0.0212084	82.7754	82.8646
VARIEDADES DE QUINUA					
AYARA	9	72.6967	0.0212084	72.6521	72.7412
KANCOLLA	9	85.4189	0.0212084	85.3743	85.4634
PASANKALLA	9	86.7222	0.0212084	86.6777	86.7668
PRESIÓN por VARIEDADES DE QUINUA					
120,AYARA	3	76.6233	0.0367339	76.5462	76.7005
120,KANCOLLA	3	74.9433	0.0367339	74.8662	75.0205
120,PASANKALLA	3	80.08	0.0367339	80.0028	80.1572
140,AYARA	3	81.0367	0.0367339	80.9595	81.1138
140,KANCOLLA	3	87.7867	0.0367339	87.7095	87.8638
140,PASANKALLA	3	85.5833	0.0367339	85.5062	85.6605
160,AYARA	3	60.43	0.0367339	60.3528	60.5072
160,KANCOLLA	3	93.5267	0.0367339	93.4495	93.6038
160,PASANKALLA	3	94.5033	0.0367339	94.4262	94.5805

**c) Pruebas de Múltiple Rangos para RENDIMIENTO por VARIEDADES DE QUINUA**  
Método: 95.0 porcentaje Duncan

VARIEDADES DE QUINUA	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
PASANKALLA	9	86.7222	a
KANCOLLA	9	85.4189	b
AYARA	9	72.6967	c

**d) Pruebas de Múltiple Rangos para RENDIMIENTO por PRESIÓN**  
Método: 95.0 porcentaje Duncan

PRESIÓN	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
140	9	84.8022	a
160	9	82.82	b
120	9	77.2156	c

**ANEXO 6**

**Análisis multifactorial para el índice de expansión en tres variedades de quinua insuflada**

**a) Análisis de Varianza ANOVA para ÍNDICE DE EXPANSIÓN**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Fc	Sig.
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PRESION	6.04442	2	3.02221	47.89	*
B:VARIEDAD DE QUINUA	10.5923	2	5.29614	83.92	*
INTERACCIONES					
AB	9.58356	4	2.39589	37.96	*
RESIDUOS	1.136	18	0.0631111		
TOTAL (CORREGIDO)	27.3563	26			

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

**b) Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para ÍNDICE DE EXPANSIÓN con intervalos de confianza del 95.0%**

	Casos	Media	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
MEDIA GLOBAL	27	3.20222			
PRESIÓN					
120	9	2.61889	0.0837397	2.44296	2.79482
140	9	3.21	0.0837397	3.03407	3.38593
160	9	3.77778	0.0837397	3.60185	3.95371
VARIEDAD DE QUINUA					
AYARA	9	2.39778	0.0837397	2.22185	2.57371
KANCOLLA	9	3.28333	0.0837397	3.1074	3.45926
PASANKALLA	9	3.92556	0.0837397	3.74962	4.10149
PRESIÓN por VARIEDAD DE QUINUA					
120,AYARA	3	2.33333	0.145042	2.02861	2.63805
120,KANCOLLA	3	3.16667	0.145042	2.86195	3.47139
120,PASANKALLA	3	2.35667	0.145042	2.05195	2.66139
140,AYARA	3	2.58	0.145042	2.27528	2.88472
140,KANCOLLA	3	3.17333	0.145042	2.86861	3.47805
140,PASANKALLA	3	3.87667	0.145042	3.57195	4.18139
160,AYARA	3	2.28	0.145042	1.97528	2.58472
160,KANCOLLA	3	3.51	0.145042	3.20528	3.81472
160,PASANKALLA	3	5.54333	0.145042	5.23861	5.84805

**c) Pruebas de Múltiple Rangos para ÍNDICE DE EXPANSIÓN por PRESIÓN**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

PRESIÓN	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
160	9	3.77778	a
140	9	3.21	b
120	9	2.61889	c

**d) Pruebas de Múltiple Rangos para ÍNDICE DE EXPANSIÓN por VARIEDAD DE QUINUA**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

VARIEDAD DE QUINUA	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
PASANKALLA	9	3.92556	a
KANCOLLA	9	3.28333	b
AYARA	9	2.39778	c

**ANEXO 7**

**Análisis multifactorial para el índice de absorción de agua para tres variedades de quinua  
insuflada**

**a) Análisis de Varianza ANOVA para ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Fc	Sig.
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PRESION	0.814992	2	0.407496	28.12	*
B:VARIEDAD DE QUINUA	2.69703	2	1.34851	93.05	*
INTERACCIONES					
AB	0.745096	4	0.186274	12.85	*
RESIDUOS	0.260851	18	0.0144917		
TOTAL (CORREGIDO)	4.51797	26			

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

**b) Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA con intervalos de confianza del 95.0%**

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
MEDIA GLOBAL	27	4.76459			
PRESIÓN					
120	9	4.83044	0.0401272	4.74614	4.91475
140	9	4.93667	0.0401272	4.85236	5.02097
160	9	4.52667	0.0401272	4.44236	4.61097
VARIEDAD DE QUINUA					
AYARA	9	5.00778	0.0401272	4.92347	5.09208
KANCOLLA	9	4.31822	0.0401272	4.23392	4.40253
PASANKALLA	9	4.96778	0.0401272	4.88347	5.05208
PRESIÓN por VARIEDAD DE QUINUA					
120,AYARA	3	5.12667	0.0695023	4.98065	5.27269
120,KANCOLLA	3	4.10467	0.0695023	3.95865	4.25069
120,PASANKALLA	3	5.26	0.0695023	5.11398	5.40602
140,AYARA	3	5.14333	0.0695023	4.99731	5.28935
140,KANCOLLA	3	4.52333	0.0695023	4.37731	4.66935
140,PASANKALLA	3	5.14333	0.0695023	4.99731	5.28935
160,AYARA	3	4.75333	0.0695023	4.60731	4.89935
160,KANCOLLA	3	4.32667	0.0695023	4.18065	4.47269
160,PASANKALLA	3	4.5	0.0695023	4.35398	4.64602

**c) Pruebas de Múltiple Rangos para ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA por PRESIÓN**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

PRESIÓN	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
140	9	4.93667	a
120	9	4.83044	a
160	9	4.52667	b

**d) Pruebas de Múltiple Rangos para ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA por VARIEDAD DE QUINUA**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

VARIEDAD DE QUINUA	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
AYARA	9	5.00778	a
PASANKALLA	9	4.96778	a
KANCOLLA	9	4.31822	b

**ANEXO 8**

**Análisis multifactorial para el índice de solubilidad de agua**

**a) Análisis de Varianza para ANOVA ÍNDICE DE SOLUBILIDAD DE AGUA**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Fc	Sig.
vEFECTOS PRINCIPALES					
A:PRESION	16.5575	2	8.27874	2.66	*
B:VARIEDAD DE QUINUA	54.5242	2	27.2621	8.75	*
INTERACCIONES					
AB	68.0383	4	17.0096	5.46	*
RESIDUOS	56.1099	18	3.11722		
TOTAL (CORREGIDO)	195.23	26			

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

**b) Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para ÍNDICE DE SOLUBILIDAD DE AGUA con intervalos de confianza del 95.0%**

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
MEDIA GLOBAL	27	22.6522			
PRESIÓN					
120	9	23.2867	0.588522	22.0502	24.5231
140	9	21.5489	0.588522	20.3124	22.7853
160	9	23.1211	0.588522	21.8847	24.3576
VARIEDAD DE QUINUA					
AYARA	9	20.7867	0.588522	19.5502	22.0231
KANCOLLA	9	24.2322	0.588522	22.9958	25.4687
PASANKALLA	9	22.9378	0.588522	21.7013	24.1742
PRESIÓN por VARIEDAD DE QUINUA					
120,AYARA	3	19.4133	1.01935	17.2718	21.5549
120,KANCOLLA	3	27.3067	1.01935	25.1651	29.4482
120,PASANKALLA	3	23.14	1.01935	20.9984	25.2816
140,AYARA	3	20.2733	1.01935	18.1318	22.4149
140,KANCOLLA	3	23.43	1.01935	21.2884	25.5716
140,PASANKALLA	3	20.9433	1.01935	18.8018	23.0849
160,AYARA	3	22.6733	1.01935	20.5318	24.8149
160,KANCOLLA	3	21.96	1.01935	19.8184	24.1016
160,PASANKALLA	3	24.73	1.01935	22.5884	26.8716

**c) Pruebas de Múltiple Rangos para ÍNDICE DE SOLUBILIDAD DE AGUA por PRESIÓN**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

PRESIÓN	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
120	9	23.2867	a
160	9	23.1211	a
140	9	21.5489	b

**d) Pruebas de Múltiple Rangos para ÍNDICE DE SOLUBILIDAD DE AGUA por VARIEDAD DE QUINUA**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

VARIEDAD DE QUINUA	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
KANCOLLA	9	24.2322	a
PASANKALLA	9	22.9378	b
AYARA	9	20.7867	c

**ANEXO 9**

**Análisis multifactorial para el índice de gelatinización para tres variedades de quinua insuflada**

**a) Análisis de Varianza ANOVA para ÍNDICE DE GELATINIZACIÓN**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Fc	Sig.
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PRESION	362.305	2	181.153	63.44	*
B:VARIEDAD DE QUINUA	1324.42	2	662.209	231.90	*
INTERACCIONES					
AB	117.505	4	29.3764	10.29	*
RESIDUOS	51.4012	18	2.85562		
TOTAL (CORREGIDO)	1855.63	26			

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

**b) Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para ÍNDICE DE GELATINIZACIÓN con intervalos de confianza del 95.0%**

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
MEDIA GLOBAL	27	54.2493			
PRESIÓN					
120	9	49.2522	0.563286	48.0688	50.4356
140	9	55.5644	0.563286	54.381	56.7479
160	9	57.9311	0.563286	56.7477	59.1145
VARIEDAD DE QUINUA					
AYARA	9	50.0	0.563286	48.8166	51.1834
KANCOLLA	9	48.6256	0.563286	47.4421	49.809
PASANKALLA	9	64.1222	0.563286	62.9388	65.3056
PRESIÓN por VARIEDAD DE QUINUA					
120,AYARA	3	48.6233	0.97564	46.5736	50.6731
120,KANCOLLA	3	43.4233	0.97564	41.3736	45.4731
120,PASANKALLA	3	55.71	0.97564	53.6603	57.7597
140,AYARA	3	50.2933	0.97564	48.2436	52.3431
140,KANCOLLA	3	49.5033	0.97564	47.4536	51.5531
140,PASANKALLA	3	66.8967	0.97564	64.8469	68.9464
160,AYARA	3	51.0833	0.97564	49.0336	53.1331
160,KANCOLLA	3	52.95	0.97564	50.9003	54.9997
160,PASANKALLA	3	69.76	0.97564	67.7103	71.8097

**c) Pruebas de Múltiple Rangos para ÍNDICE DE GELATINIZACIÓN por PRESIÓN**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

PRESIÓN	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
160	9	57.9311	a
140	9	55.5644	a
120	9	49.2522	b

**d) Pruebas de Múltiple Rangos para ÍNDICE DE GELATINIZACIÓN por VARIEDAD DE QUINUA**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

VARIEDAD DE QUINUA	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
PASANKALLA	9	64.1222	a
AYARA	9	50.0	b
KANCOLLA	9	48.6256	b

**ANEXO 10**

**Análisis multifactorial para el porcentaje de proteína**

**a) Análisis de Varianza ANOVA para PORCENTAJE DE PROTEÍNA**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Fc	Sig.
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PRESION	9.94389	2	4.97194	413.18	*
B:VARIEDAD DE QUINUA	31.3367	2	15.6683	1302.08	*
INTERACCIONES					
AB	13.6553	4	3.41382	283.70	*
RESIDUOS	0.2166	18	0.0120333		
TOTAL (CORREGIDO)	55.1525	26			

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

**b) Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para PORCENTAJE DE PROTEÍNA con intervalos de confianza del 95.0%**

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
MEDIA GLOBAL	27	11.4478			
PRESIÓN					
120	9	12.0422	0.0365655	11.9654	12.119
140	9	11.6867	0.0365655	11.6098	11.7635
160	9	10.6144	0.0365655	10.5376	10.6913
VARIEDAD DE QUINUA					
AYARA	9	11.8044	0.0365655	11.7276	11.8813
KANCOLLA	9	9.98667	0.0365655	9.90985	10.0635
PASANKALLA	9	12.5522	0.0365655	12.4754	12.629
PRESIÓN por VARIEDAD DE QUINUA					
120,AYARA	3	13.4433	0.0633333	13.3103	13.5764
120,KANCOLLA	3	10.4667	0.0633333	10.3336	10.5997
120,PASANKALLA	3	12.2167	0.0633333	12.0836	12.3497
140,AYARA	3	11.7567	0.0633333	11.6236	11.8897
140,KANCOLLA	3	9.56667	0.0633333	9.43361	9.69973
140,PASANKALLA	3	13.7367	0.0633333	13.6036	13.8697
160,AYARA	3	10.2133	0.0633333	10.0803	10.3464
160,KANCOLLA	3	9.92667	0.0633333	9.79361	10.0597
160,PASANKALLA	3	11.7033	0.0633333	11.5703	11.8364

**c) Pruebas de Múltiple Rangos para PORCENTAJE DE PROTEÍNA por PRESIÓN**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

PRESIÓN	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
120	9	12.0422	a
140	9	11.6867	b
160	9	10.6144	c

**d) Pruebas de Múltiple Rangos para PORCENTAJE DE PROTEÍNA por VARIEDAD DE QUINUA**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

VARIEDAD DE QUINUA	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
PASANKALLA	9	12.5522	a
AYARA	9	11.8044	b
KANCOLLA	9	9.98667	c

**ANEXO 11**

**Análisis multifactorial para la digestibilidad proteica *IN VITRO* en tres variedades de quinua insuflada**

**a) Análisis de Varianza ANOVA para DIGESTIBILIDAD PROTEICA *IN VITRO***

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Sig.
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PRESION	347.44	2	173.72	23906.44	*
B:VARIEDAD DE QUINUA	63.7778	2	31.8889	4388.38	*
INTERACCIONES					
AB	216.421	4	54.1053	7445.68	*
RESIDUOS	0.1308	18	0.00726667		
TOTAL (CORREGIDO)	627.77	26			

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

**b) Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para DIGESTIBILIDAD PROTEICA *IN VITRO* con intervalos de confianza del 95.0%**

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
MEDIA GLOBAL	27	81.8159			
PRESIÓN					
120	9	86.8	0.0284149	86.7403	86.8597
140	9	80.1433	0.0284149	80.0836	80.203
160	9	78.5044	0.0284149	78.4447	78.5641
VARIEDAD DE QUINUA					
AYARA	9	79.8056	0.0284149	79.7459	79.8653
KANCOLLA	9	83.5367	0.0284149	83.477	83.5964
PASANKALLA	9	82.1056	0.0284149	82.0459	82.1653
PRESIÓN por VARIEDAD DE QUINUA					
120,AYARA	3	90.1467	0.0492161	90.0433	90.2501
120,KANCOLLA	3	86.1333	0.0492161	86.0299	86.2367
120,PASANKALLA	3	84.12	0.0492161	84.0166	84.2234
140,AYARA	3	76.3867	0.0492161	76.2833	76.4901
140,KANCOLLA	3	83.6767	0.0492161	83.5733	83.7801
140,PASANKALLA	3	80.3667	0.0492161	80.2633	80.4701
160,AYARA	3	72.8833	0.0492161	72.7799	72.9867
160,KANCOLLA	3	80.8	0.0492161	80.6966	80.9034
160,PASANKALLA	3	81.83	0.0492161	81.7266	81.9334

**c) Pruebas de Múltiple Rangos para DIGESTIBILIDAD PROTEICA *IN VITRO* por PRESIÓN**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

PRESION	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
120	9	86.8	a
140	9	80.1433	b
160	9	78.5044	c

**d) Pruebas de Múltiple Rangos para DIGESTIBILIDAD PROTEICA *IN VITRO* por VARIEDAD DE QUINUA**

Método: 95.0 porcentaje Duncan

VARIEDAD DE QUINUA	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
KANCOLLA	9	83.5367	a
PASANKALLA	9	82.1056	b
AYARA	9	79.8056	c

ANEXO 12

Resultados de las propiedades funcionales del grano de quinua insuflada

	PASANKALLA								
	P-120			P-140			P-160		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Presión lb/pulg <sup>2</sup>									
Repeticiones									
% Rendimiento	80.15	80.05	80.04	85.63	85.54	85.58	94.5	94.52	94.49
Índice de expansión	2.37	2.41	2.29	3.54	4.58	3.51	5.64	5.64	5.35
I. A. A.	4.8	4.71	4.75	4.8	4.71	4.75	4.8	4.71	4.75
I. S. A.	20	25.02	24.4	19.79	20	23.04	23.48	24.4	26.31
Índice de gelatinización	58.09	57.02	52.02	69.07	64.02	67.6	71.09	68.06	70.13
% proteína	12.3	12.15	12.2	13.8	13.71	13.7	11.7	11.68	11.73
Digestibilidad proteica <i>IN VITRO</i>	84.2	83.98	84.18	80.4	80.32	80.38	81.8	81.85	81.84

ANEXO 13

Resultados de las propiedades funcionales del grano de quinua insuflada

	KANCOLLA								
	P-120			P-140			P-160		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Presión lb/pulg <sup>2</sup>									
Repeticiones	74.95	74.93	74.95	74.95	74.93	74.95	93.55	93.55	93.48
% Rendimiento	3	3.38	3.12	3.08	3.33	3.11	3.33	3.5	3.7
Índice de expansión	4.004	4.21	4.1	4.7	4.67	4.2	4.4	4.31	4.27
I. A. A.	26.72	28.13	27.07	22.16	25.12	23.01	22.72	23.15	20.01
I. S. A.	44.42	42.05	43.8	49.28	48.22	51.01	52.98	53.42	52.45
% proteína	10.7	10.55	10.15	9.5	9.65	9.55	9.9	9.96	9.92
Digestibilidad proteica									
<i>IN VITRO</i>	86.3	85.9	86.2	83.7	83.68	83.65	80.8	80.82	80.78

ANEXO 14

Resultados de las propiedades funcionales del grano de quinua insuflada

	AYARA								
	P-120			P-140			P-160		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Presión lb/pulg <sup>2</sup>									
Repeticiones	76.65	76.62	76.6	81.05	81.02	81.04	60.55	60.5	60.24
% Rendimiento	2.27	2.52	2.21	2.45	2.58	2.71	2.2	2.48	2.16
Índice de expansión	5.12	5.16	5.1	5.16	5.15	5.12	4.8	4.71	4.75
I. A. A.	19.24	21.02	17.98	18.76	21.06	21	20	24.04	23.98
I. S. A.	48.71	49.56	47.6	50.5	51.02	49.36	51.05	50.3	51.9
% proteína	13.5	13.35	13.48	11.8	11.68	11.79	10.2	10.22	10.22
Digestibilidad proteica									
<i>IN VITRO</i>	90.1	90.2	90.14	76.4	76.35	76.41	72.9	72.88	72.87

**ANEXO 15**  
**Tamaño de gránulos de almidón**

Muestras	Pasankalla		Kancolla		Ayara	
	Eje mayor (µm)	Eje menor (µm)	Eje mayor (µm)	Eje menor (µm)	Eje mayor (µm)	Eje menor (µm)
1	8.81	8.79	5.45	5.41	6.85	6.05
2	9.15	9.81	7.54	7.5	10.8	10
3	10.01	12	9.74	9.63	12.81	12.98
4	11.13	13.79	12.27	12.21	14.88	15
5	13.08	14.81	21.79	17.49	15.87	15.09
6	14.34	16.15	25.85	21.82	17.85	17.11
7	21.19	21.83	28.45	28.61	18.89	18.95
8	23.32	29.83	30.42	36.21	21.41	21.95
9	51.11	31.82	55.82	51.81	30.83	28.11
Promedio	18.0155556	17.6477778	21.9255556	21.1877778	16.6877778	16.1377778

ANEXO 16

Certificados de análisis



**LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS**

*Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos*

**INFORME DE ENSAYOS**

N° 002965 - 2015

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 DIRECCIÓN LEGAL : Av. Sesquicentenario N° 1150 - Puno  
 RUC: --- Teléfono: 950784723-  
 PRODUCTO : QUINUA INSUFLADA - VARIEDAD PASANKALLA  
 NÚMERO DE MUESTRAS : Uno  
 IDENTIFICACIÓN/MTRA. : PRESION 160 LB/PULG<sup>2</sup>  
 CANTIDAD RECIBIDA : 272,6 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.  
 MARCA(S) : S.M.  
 FORMA DE PRESENTACIÓN : A granel, la muestra ingresa en bolsa transparente cerrada  
 SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-001805 -2015  
 REFERENCIA : ACEPTACION TELEFONICA  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 07/05/2015  
 ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO  
 PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

**RESULTADOS :**

**ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :**

ENSAYO	RESULTADO
1.- Digestibilidad de la Proteína in Vitro (g / 100 g de muestra original)	81,8
2.- Proteína (g / 100 g de muestra original) (Factor: 6,25)	11,7

**MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :**

- 1.- Análisis y Valoración Piensos y Forrajes - Max Becker -1961 AOAC 7.060 1984
- 2.- NTP 205.005 (Revisada el 2011) 1979

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 07/05/2015 Al 22/05/2015.

**ADVERTENCIA :**

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-SNA

La Molina, 22 de Mayo de 2015



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS  
 M. Sc. Jorge Chávez Pérez  
 DIRECTOR TÉCNICO  
 CBP N° 2503

Pág 1/1



Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú  
 Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191  
 E-mail: calitot@infonegocio.net.pe / mktg@lamolina.edu.pe  
 Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal



## LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

*Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos*

### INFORME DE ENSAYOS

N° 002966 - 2015

**SOLICITANTE** : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
**DIRECCIÓN LEGAL** : Av. Sesquicentenario N° 1150 - Puno  
 RUC: --- Teléfono: 950784723-  
**PRODUCTO** : QUINUA INSUFLADA - VARIEDAD AYARA  
**NÚMERO DE MUESTRAS** : Uno  
**IDENTIFICACIÓN/MTRA.** : PRESION 160 LB/PULG<sup>2</sup>  
**CANTIDAD RECIBIDA** : 144 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.  
**MARCA(S)** : S.M.  
**FORMA DE PRESENTACIÓN** : A granel, la muestra ingresa en bolsa transparente cerrada  
**SOLICITUD DE SERVICIO** : S/S N°EN-001805 -2015  
**REFERENCIA** : ACEPTACION TELEFONICA  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 07/05/2015  
**ENSAYOS SOLICITADOS** : FÍSICO/QUÍMICO  
**PERÍODO DE CUSTODIA** : No aplica

**RESULTADOS :**

**ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :**

ENSAYO	RESULTADO
1.- Digestibilidad de la Proteína in Vitro (g / 100 g de muestra original)	72,9
2.- Proteína (g / 100 g de muestra original) (Factor: 6,25)	10,2

**MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :**

- 1.- Análisis y Valoración Plensos y Forrajes - Max Becker -1961 AOAC 7.060 1984
- 2.- NTP 205.005 (Revisada el 2011) 1979

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 07/05/2015 Al 22/05/2015.

**ADVERTENCIA :**

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-SNA

La Molina, 22 de Mayo de 2015



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

M. Sr. Jorge Chávez Pérez  
DIRECTOR TÉCNICO  
CBP N° 2503

Pág 1/1



Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú  
 Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191  
 E-mail: calitot@infonegocio.net.pe / mktg@lamolina.edu.pe  
 Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal



## LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

*Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos*

### INFORME DE ENSAYOS

N° 002964 - 2015

**SOLICITANTE** : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
**DIRECCIÓN LEGAL** : Av. Sesquicentenario N° 1150 - Puno  
 RUC: --- Teléfono: 950784723-  
**PRODUCTO** : QUINUA INSUFLADA - VARIEDAD KANCOLLA  
**NÚMERO DE MUESTRAS** : Uno  
**IDENTIFICACIÓN/MTRA.** : PRESION 160  
 LB/PULG<sup>3</sup>  
**CANTIDAD RECIBIDA** : 273,5 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.  
**MARCA(S)** : S.M.  
**FORMA DE PRESENTACIÓN** : A granel, la muestra ingresa en bolsa transparente cerrada  
**SOLICITUD DE SERVICIO** : S/S N°EN-001805 -2015  
**REFERENCIA** : ACEPTACION TELEFONICA  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 07/05/2015  
**ENSAYOS SOLICITADOS** : FÍSICO/QUÍMICO  
**PERIODO DE CUSTODIA** : No aplica

**RESULTADOS :**

**ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :**

ENSAYO	RESULTADO
1.- Digestibilidad de la Proteína in Vitro (g / 100 g de muestra original)	80,8
2.- Proteína (g / 100 g de muestra original) (Factor: 6,25)	9,9

**MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :**

- 1.- Análisis y Valoración Piensos y Forrajes - Max Becker -1961 AOAC 7.060 1984
- 2.- NTP 205.005 (Revisada el 2011) 1979

**FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS:** Del 07/05/2015 Al 22/05/2015.

**ADVERTENCIA :**

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-SNA

La Molina, 22 de Mayo de 2015



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS  
 M. Sc. Jorge Chávez Pérez  
 DIRECTOR TÉCNICO  
 CBP N° 2503

Pág 1/1



Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú  
 Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191  
 E-mail: calitot@infonegocio.net.pe / mktg@lamolina.edu.pe  
 Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal



## LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

*Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos*

### DUPLICADO INFORME DE ENSAYOS

N° 002961 - 2015

**SOLICITANTE** : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
**DIRECCIÓN LEGAL** : Av. Sesquicentenario N° 1150 - Puno  
 : RUC: --- Teléfono: 950784723-  
**PRODUCTO** : QUINUA INSUFLADA - VARIEDAD KANCOLLA  
**NÚMERO DE MUESTRAS** : Uno  
**IDENTIFICACIÓN/MTRA.** : PRESION 140  
 : LB/PULG<sup>2</sup>  
**CANTIDAD RECIBIDA** : 219,9 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.  
**MARCA(S)** : S.M.  
**FORMA DE PRESENTACIÓN** : A granel, la muestra ingresa en bolsa transparente cerrada  
**SOLICITUD DE SERVICIO** : S/S N°EN-001805 -2015  
**REFERENCIA** : ACEPTACION TELEFONICA  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 07/05/2015  
**ENSAYOS SOLICITADOS** : FÍSICO/QUÍMICO  
**PERÍODO DE CUSTODIA** : No aplica

**RESULTADOS :**

**ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :**

ENSAYO	RESULTADO
1.- Digestibilidad de la Proteína in Vitro (g / 100 g de muestra original)	83,7
2.- Proteína (g / 100 g de muestra original) (Factor: 6,25)	9,5

**MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :**

- 1.- Análisis y Valoración Piensos y Forrajes - Max Becker -1961 AOAC 7.060 1984
- 2.- NTP 205.005 (Revisada el 2011) 1979

Observaciones : El presente duplicado ha sido emitido con la S/S EN-003625-2015 de fecha 21 de agosto del 2015. (Primer duplicado)

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 07/05/2015 Al 22/05/2015.

**ADVERTENCIA :**

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-SNA

La Molina, 22 de Mayo de 2015



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS  
 M. Sr. Jorge Chávez Pérez  
 DIRECTOR TÉCNICO  
 CBP N° 2503

Pág 1/1



Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú  
 Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191  
 E-mail: calitot@infonegocio.net.pe / mktg@lamolina.edu.pe  
 Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal



## LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

*Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos*

### DUPLICADO INFORME DE ENSAYOS N° 002958 - 2015

**SOLICITANTE** : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
**DIRECCIÓN LEGAL** : Av. Sesquicentenario N° 1150 - Puno  
 : RUC: --- Teléfono: 950784723-  
**PRODUCTO** : QUINUA INSUFLADA VARIEDAD KANCOLLA  
**NÚMERO DE MUESTRAS** : Uno  
**IDENTIFICACIÓN/MTRA.** : PRESION 120  
 : LB/PULG<sup>3</sup>  
**CANTIDAD RECIBIDA** : 253,6 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.  
**MARCA(S)** : S.M.  
**FORMA DE PRESENTACIÓN** : A granel, la muestra ingresa en bolsa transparente cerrada  
**SOLICITUD DE SERVICIO** : S/S N°EN-001805 -2015  
**REFERENCIA** : ACEPTACION TELEFONICA  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 07/05/2015  
**ENSAYOS SOLICITADOS** : FÍSICO/QUÍMICO  
**PERÍODO DE CUSTODIA** : No aplica

**RESULTADOS :**

**ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :**

ENSAYO	RESULTADO
1.- Digestibilidad de la Proteína in Vitro (g / 100 g de muestra original)	86,3
2.- Proteína (g / 100 g de muestra original) (Factor: 6,25)	10,7

**MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :**

- 1.- Análisis y Valoración Piensos y Forrajes - Max Becker -1961 AOAC 7.060 1984
- 2.- NTP 205.005 (Revisada el 2011) 1979

Observaciones : El presente duplicado ha sido emitido con la S/S EN-003625-2015 de fecha 21 de agosto del 2015. (Primer duplicado)

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 07/05/2015 Al 22/05/2015.

**ADVERTENCIA :**

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-SNA

La Molina, 22 de Mayo de 2015



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

M. Sc. Jorge Chávez Pérez  
DIRECTOR TÉCNICO  
CBP N° 2503

Pág 1/1



Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú  
 Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191  
 E-mail: calitot@infonegocio.net.pe / mktg@lamolina.edu.pe  
 Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal



## LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

*Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos*

### DUPLICADO INFORME DE ENSAYOS

N° 002960 - 2015

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 DIRECCIÓN LEGAL : Av. Sesquicentenario N° 1150 - Puno  
 : RUC: --- Teléfono: 950784723-  
 PRODUCTO : QUINUA INSUFLADA - VARIEDAD AYARA  
 NÚMERO DE MUESTRAS : Uno  
 IDENTIFICACIÓN/MTRA. : PRESION 120  
 : LB/PULG<sup>2</sup>  
 CANTIDAD RECIBIDA : 206, 4 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.  
 MARCA(S) : S.M.  
 FORMA DE PRESENTACIÓN : A granel, la muestra ingresa en bolsa transparente cerrada  
 SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-001805 -2015  
 REFERENCIA : ACEPTACION TELEFONICA

FECHA DE RECEPCIÓN : 07/05/2015  
 ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO  
 PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

**RESULTADOS :**

**ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :**

ENSAYO	RESULTADO
1.- Digestibilidad de la Proteína in Vitro (g / 100 g de muestra original)	90,1
2.- Proteína (g / 100 g de muestra original) (Factor: 6,25)	13,5

**MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :**

- 1.- Análisis y Valoración Piensos y Forrajes - Max Becker -1961 AOAC 7.060 1984
- 2.- NTP 205.005 (Revisada el 2011) 1979

Observaciones : El presente duplicado ha sido emitido con la S/S EN-003625-2015 de fecha 21 de agosto del 2015. (Primer duplicado)

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 07/05/2015 Al 22/05/2015.

**ADVERTENCIA :**

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-SNA

La Molina, 22 de Mayo de 2015



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS  
 M. Sc. Jorge Chávez Pérez  
 DIRECTOR TÉCNICO  
 C.B.P. N° 2603

Pág 1/1



Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú  
 Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191  
 E-mail: calitot@infonegocio.net.pe / mktg@lamolina.edu.pe  
 Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal



## LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

*Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos*

### DUPLICADO INFORME DE ENSAYOS

N° 002963 - 2015

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 DIRECCIÓN LEGAL : Av. Sesquicentenario N° 1150 - Puno  
 : RUC: --- Teléfono: 950784723-  
 PRODUCTO : QUINUA INSUFLADA - VARIEDAD AYARA  
 NÚMERO DE MUESTRAS : Uno  
 IDENTIFICACIÓN/MTRA. : PRESION 140  
 : LB/PULG<sup>2</sup>  
 CANTIDAD RECIBIDA : 206,7 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.  
 MARCA(S) : S.M.  
 FORMA DE PRESENTACIÓN : A granel, la muestra ingresa en bolsa transparente cerrada  
 SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-001805 -2015  
 REFERENCIA : ACEPTACION TELEFONICA

FECHA DE RECEPCIÓN : 07/05/2015  
 ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO  
 PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

**RESULTADOS :**

**ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :**

ENSAYO	RESULTADO
1.- Digestibilidad de la Proteína in Vitro (g / 100 g de muestra original)	76,4
2.- Proteína (g / 100 g de muestra original) (Factor: 6,25)	11,8

**MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :**

- 1.- Análisis y Valoración Piensos y Forrajes - Max Becker -1981 AOC 7.060 1984
- 2.- NTP 205.005 (Revisada el 2011) 1979

Observaciones : El presente duplicado ha sido emitido con la S/S EN-003625-2015 de fecha 21 de agosto del 2015. (Primer duplicado)

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 07/05/2015 Al 22/05/2015.

**ADVERTENCIA :**

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-SNA

La Molina, 22 de Mayo de 2015



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS  
 M. Sc. Jorge Chávez Pérez  
 DIRECTOR TÉCNICO  
 CBP N° 2963

Pág 1/1



Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú  
 Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191  
 E-mail: calitot@infonegocio.net.pe / mktg@lamolina.edu.pe  
 Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal



## LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

*Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos*

### DUPLICADO INFORME DE ENSAYOS

N° 002962 - 2015

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 DIRECCIÓN LEGAL : Av. Sesquicentenario N° 1150 - Puno  
 : RUC: --- Teléfono: 950784723-  
 PRODUCTO : QUINUA INSUFLADA - VARIEDAD PASANKALLA  
 NÚMERO DE MUESTRAS : Uno  
 IDENTIFICACIÓN/MTRA. : PRESION 140  
 : LB/PULG<sup>3</sup>  
 CANTIDAD RECIBIDA : 276,3 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.  
 MARCA(S) : S.M.  
 FORMA DE PRESENTACIÓN : A granel, la muestra ingresa en bolsa transparente cerrada  
 SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-001805 -2015  
 REFERENCIA : ACEPTACION TELEFONICA

FECHA DE RECEPCIÓN : 07/05/2015  
 ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO  
 PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

**RESULTADOS :**

**ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :**

ENSAYO	RESULTADO
1.- Digestibilidad de la Proteína in Vitro (g / 100 g de muestra original)	80,4
2.- Proteína (g / 100 g de muestra original) (Factor: 6,25)	13,8

**MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :**

- 1.- Análisis y Valoración Piensos y Forrajes - Max Becker -1961 AOAC 7.060 1984
- 2.- NTP 205.005 (Revisada el 2011) 1979

Observaciones : El presente duplicado ha sido emitido con la S/S EN-003625-2015 de fecha 21 de agosto del 2015. (Primer duplicado)

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 07/05/2015 Al 22/05/2015.

**ADVERTENCIA :**

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-SNA

La Molina, 22 de Mayo de 2015



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

M. Sc Jorge Chávez Pérez  
 DIRECTOR TÉCNICO  
 CBP N° 2503

Pág 1/1



Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú  
 Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191  
 E-mail: calltot@infonegocio.net.pe / mktg@lamolina.edu.pe  
 Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal



## LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

*Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos*

### DUPLICADO INFORME DE ENSAYOS N° 002959 - 2015

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 DIRECCIÓN LEGAL : Av. Sesquicentenario N° 1150 - Puno  
 : RUC: --- Teléfono: 950784723-  
 PRODUCTO : QUINUA INSUFLADA - VARIEDAD PASANKALLA  
 NÚMERO DE MUESTRAS : Uno  
 IDENTIFICACIÓN/MTRA. : PRESION 120  
 LB/PULG<sup>2</sup>  
 CANTIDAD RECIBIDA : 178,3 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.  
 MARCA(S) : S.M.  
 FORMA DE PRESENTACIÓN : A granel, la muestra ingresa en bolsa transparente cerrada  
 SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-001805 -2015  
 REFERENCIA : ACEPTACION TELEFONICA

FECHA DE RECEPCIÓN : 07/05/2015  
 ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO  
 PERIODO DE CUSTODIA : No aplica

**RESULTADOS :**

**ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :**

ENSAYO	RESULTADO
1.- Digestibilidad de la Proteína in Vitro (g / 100 g de muestra original)	84,2
2.- Proteína (g / 100 g de muestra original) (Factor: 6,25)	12,3

**MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :**

- 1.- Análisis y Valoración Piensos y Forrajes - Max Becker -1961 AOAC 7.060 1984
- 2.- NTP 205.005 (Revisada el 2011) 1979

Observaciones: El presente duplicado ha sido emitido con la S/S EN-003625-2015 de fecha 21 de agosto del 2015. (Primer duplicado)

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 07/05/2015 Al 22/05/2015.

**ADVERTENCIA :**

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-SNA

La Molina, 22 de Mayo de 2015



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

M. Sc. Jorge Chávez Pérez  
 DIRECTOR TÉCNICO  
 CBP N° 2563

Pág 1/1



Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú  
 Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191  
 E-mail: calitot@infonegocio.net.pe / mktg@lamolina.edu.pe  
 Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

*Universidad Nacional del Altiplano*

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CENTRO DE INVESTIGACION Y PRODUCCION CAMACANI  
Pleteria - Puno - Perú

**CENTRO DE INVESTIGACION Y PRODUCCION CAMACANI**

## Dirección del CIP Camacani:

Hace constar que se proporcionó materia prima de quinua correspondiente a las variedades: Pasankolla; Ayara y Kancolla, las mismas que están caracterizadas y registradas genéticamente en este Centro de Investigación y Producción.

Se expide la presente certificación a solicitud de la Bach: Sara Yara Quispe;

Con la finalidad de la ejecución de la tesis titulado: "Caracterización y determinación de la digestibilidad proteica de quinua insuflada en 3 variedades (*Chenopodium quinoa* Willd)", en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano.

Camacani, 20 de Julio del 2015



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

*Francisco*  
Ing. M. Sc. *Francisco Alvarado Choque*  
DIRECTOR CIP CAMACANI



Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA  
LABORATORIO DE MICROSCOPIA



## CONSTANCIA

El que suscribe **Ing. Julián Nieto Quispe**, responsable del Laboratorio de Microscopía, de la Escuela académico Profesional de Ingeniería Metalúrgica, manifiesto haber analizado muestras de quinua expandida, variedades Pasankalla, Kancolla, Ayara, para la Srta. **Sara Yana Quispe**, de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA), Puno.

Dicho análisis consta de imágenes y mediciones obtenidas mediante un microscopio electrónico de barrido (SEM), marca TESCAN, modelo VEGA II LM.

Tacna, 30 de Julio del 2015



  
ING. JULIAN NIETO QUISPE  
CIP. 97 109  
Responsable  
Laboratorio de Microscopía