

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**



**“CARACTERIZACIÓN DE ALMIDONES DE DOS TUBÉRCULOS  
ANDINOS: ISAÑO (*Tropaeolum tuberosum* R&P) Y OCA (*Oxalis  
tuberosa* Mol)”**

**TESIS**

PRESENTADO POR

**Bach. GISELA DEL CARMEN HERMOSA MENDOZA**

PARA OPTAR EL TITULO DE:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

PUNO – PERÚ

**2013**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

"CARACTERIZACIÓN DE ALMIDONES DE DOS TUBÉRCULOS ANDINOS: ISAÑO  
(*Tropaeolum tuberosum* R&P) Y OCA (*Oxalis tuberosa* Mol)"

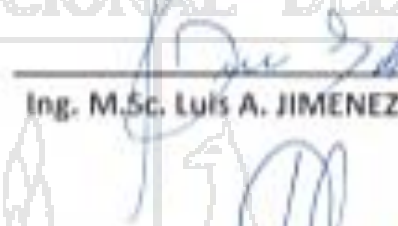
TESIS PRESENTADO POR

Bach. GISELA DEL CARMEN HERMOSA MENDOZA

PARA OPTAR EL TÍTULO DE: INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

  
Ing. M.Sc. Luis A. JIMENEZ MONRROY


PRIMER MIEMBRO :

  
Ing. M.Sc. Víctor F. CHOQUEHUANCA CÁCERES

SEGUNDO MIEMBRO:

  
Ing. Whany QUISPE CHAMBI

DIRECTOR :

  
Ing. M.Sc. Roger SEGURA PEÑA

PUNO - PERÚ

2013

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

## DEDICATORIA

*Con infinito amor y eterna gratitud  
a mis padres a los cuales debo mucho...  
ahora me toca corresponder.*

*A mi Padre: Con mucho respeto,  
gracias por quererme tal como soy...  
espero ser un orgullo para ti.*

*A mi Madre: Gracias por la paciencia  
que has tenido, por el amor que me  
das, por todos tus cuidados, por los  
regaños que merecía, gracias mamá  
por estar al pendiente durante esta etapa.*

*A mi hermana María del Pilar por ser la amiga  
y compañera, que con la sabiduría de Dios me  
ayudado a crecer, gracias por confiar en mi,  
por tu paciencia, tus consejos, tu apoyo  
incondicional en mi vida, gracias por llevarme  
en tus oraciones porque estoy segura que  
siempre lo haces A mis hermanos Giovani  
y Miguel que son un ejemplo de dedicación  
y constancia para mí.*

## AGRADECIMIENTO

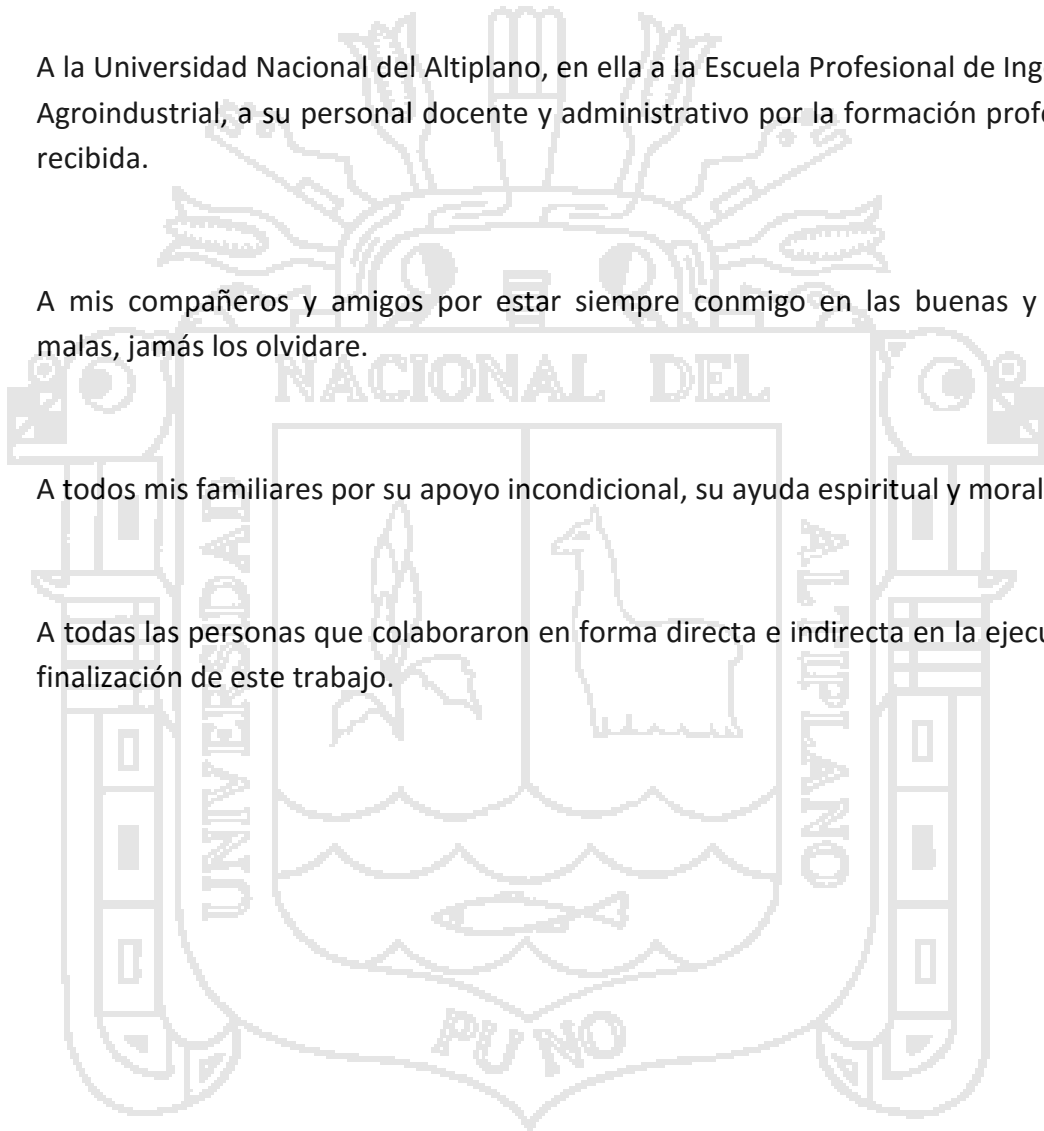
El agradecimiento de mi tesis es para ti Dios mío, por no abandonarme, por demostrarme que soy tu hija, gracias por ayudarme a levantarme en mis fracasos por guiarme y darme fortaleza para seguir adelante

A la Universidad Nacional del Altiplano, en ella a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, a su personal docente y administrativo por la formación profesional recibida.

A mis compañeros y amigos por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas, jamás los olvidare.

A todos mis familiares por su apoyo incondicional, su ayuda espiritual y moral.

A todas las personas que colaboraron en forma directa e indirecta en la ejecución y finalización de este trabajo.



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	1
<b>I. INTRODUCCION</b>	2
<b>II. REVISION BIBLIOGRAFICA</b>	4
2.1. GENERALIDADES	4
2.1.1 TUBÉRCULOS ANDINOS	4
2.1.2 SITUACIÓN Y PERSPECTIVA DE LA PRODUCCIÓN Y CONSUMO	4
2.1.3 IMPORTANCIA DEL LOS CULTIVOS DENTRO DE LA ECONOMÍA	6
2.1.4 CARACTERÍSTICAS	8
2.1.4.1 OCA ( <i>Oxalis tuberosa</i> Mol)	8
2.1.4.2 ISAÑO ( <i>Tropaeolum tuberosum</i> R &P)	10
2.1.5 LOS NUTRIENTES Y SU PRESENCIA EN LOS CULTIVOS ANDINOS	11
2.2 ALMIDÓN	12
2.2.1 EL GRÁNULO DE ALMIDÓN	13
2.2.2 FUENTES Y COMPOSICIÓN	13
2.2.2.1 CONTENIDO DE HUMEDAD	14
2.2.2.2 LÍPIDOS PRESENTES EN LO GRÁNULOS DE ALMIDÓN	15
2.2.2.3 PROTEÍNAS PRESENTES EN EL GRANULO DE ALMIDÓN	15
2.2.2.4 CENIZAS TOTALES (MINERALES) PRESENTES EN EL GRANULO DE ALMIDÓN	15
2.2.2.5 CONTENIDO DE FIBRA CRUDA	16

2.2.3	ASPECTO MICROSCÓPICO Y TAMAÑO DEL GRANULO DE ALMIDÓN	16
2.2.3.1	TAMAÑO DEL GRANULO DE ALMIDÓN	17
2.2.3.2	MORFOLOGÍA DEL GRANULO DE ALMIDÓN	17
2.2.4	AISLADO DE ALMIDÓN	21
2.2.4.1	RENDIMIENTO	22
2.2.5	PROPIEDADES DE LA PASTA DE ALMIDÓN	22
2.2.5.1	VISCOSIDAD	22
2.2.5.2	SOLUBILIDAD Y PODER DE HINCHAMIENTO	23
2.2.6	FUENTES INDUSTRIALES DE ALMIDÓN	25
2.2.7	USOS DEL ALMIDÓN	25
2.2.8	IMPORTANCIA DEL ALMIDÓN	27
2.3	MARCO CONCEPTUAL	28
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>30</b>
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN	30
3.2	MATERIALES	30
3.2.1	MATERIA PRIMA	30
3.2.2	EQUIPOS	30
3.2.3	INSTRUMENTOS DE LABORATORIO	31
3.2.4	REACTIVOS	31
3.3	MÉTODOLOGIA EXPERIMENTAL	32
3.3.1	OBTENCIÓN DE ALMIDONES	32
3.3.2	DESCRIPCION DEL PROCESO DE OBTENCION DE ALMIDON	34
3.4	METODOS DE ANALISIS	35
3.4.1	RENDIMIENTO	35
3.4.2	COMPOSICION PROXIMAL	35
3.4.2.1	MATERIA PRIMA	35
3.4.2.2	PRODUCTO OBTENIDO (almidón)	36

a)	COMPOSICIÓN PROXIMAL	36
b)	MORFOLOGÍA Y TAMAÑO	36
c)	VISCOSIDAD	36
d)	DETERMINACIÓN DEL PODER DE HINCHAMIENTO SOLUBILIDAD	37
<b>3.5</b>	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	<b>38</b>
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>39</b>
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	39
4.2.	RENDIMIENTO	41
4.3.	CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN EXTRAÍDO	43
4.3.1.	ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL	43
4.3.1.1.	HUMEDAD	44
4.3.1.2.	CENIZAS	46
4.3.1.3.	PROTEINAS	47
4.3.1.4.	GRASA	49
4.3.1.5.	CARBOHIDRATOS	51
4.3.1.6.	FIBRA	53
4.3.2.	FORMA Y TAMAÑO DE LOS GRÁNULOS	53
4.3.2.1.	FORMA	53
4.3.2.2.	TAMAÑO	56
4.3.3.	VISCOSIDAD	58
4.3.4.	PODER DE HINCHAMIENTO Y SOLUBILIDAD	61
a)	PODER DE HINCHAMIENTO	61
b)	SOLUBILIDAD	66
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>72</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>73</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>74</b>
7.1.	WEBGRAFIA	78
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Nº	TITULO	Pág.
1.	Zonas agroecológicas de la Región de Puno.	5
2.	Datos de producción superficie sembrada 2003–2011(hectáreas).	7
3.	Datos de producción agropecuaria 2005 - 2011 (toneladas).	7
4.	Aspectos ecológicos y fitogeograficos de la oca y el isaño.	11
5.	Valor nutritivo de los tubérculos.	12
6.	Características de algunos almidones comunes.	14
7.	Análisis químico proximal de los almidones de los tubérculos andinos.	16
8.	Tamaño y forma de los gránulos de almidones de RTAs.	17
9.	Tamaño y forma de los gránulos de almidón de diferentes fuentes.	18
10.	Rendimiento de almidón de diferentes RTAs.	22
11.	Hinchamiento y solubilidad de algunos almidones a 60 °C y 90 °C.	25
12.	Funciones de los almidones en diversos productos alimenticios	26
13.	Análisis proximal de isaño y oca.	39
14.	Análisis de varianza para rendimiento de almidón de isaño y oca.	41
15.	Prueba de Tukey de los tratamientos sobre porcentaje de almidón	42
16.	Análisis proximal de los almidones de isaño y oca.	44
17.	Análisis de varianza para porcentaje de humedad de almidón de isaño y oca.	44
18.	Prueba de Tukey de los tratamientos sobre porcentaje de humedad.	45
19.	Análisis de varianza para porcentaje de ceniza de almidón de isaño y oca.	47
20.	Análisis de varianza para porcentaje de proteína de almidón de isaño y oca.	48
21.	Análisis de varianza para porcentaje de grasa de almidón de oca e isaño.	49
22.	Prueba de Tukey de los tratamientos sobre porcentaje de grasa.	49
23.	Análisis de varianza para porcentaje de carbohidratos en almidón de isaño y oca.	51
24.	Prueba de Tukey de los tratamientos sobre porcentaje de carbohidratos.	51
25.	Medidas estadísticas de los gránulos de almidón de oca.	56
26.	Medidas estadísticas y forma de los tubérculos isaño.	57
27.	Análisis de varianza para el poder de hinchamiento de almidón de isaño y de oca.	61



28. Prueba de Tukey para factor tubérculos sobre porcentaje de poder de Hinchamiento.	62
29. Prueba de Tukey para factor temperaturas sobre poder de hinchamiento. sobre poder de hinchamiento.	63
30. Prueba de Tukey para factor interacción tubérculos*temperaturas sobre porcentaje de poder de hinchamiento.	64
31. Análisis de varianza para porcentaje de solubilidad de almidón de isaño y de oca.	67
32. Prueba de Tukey para factor tubérculos sobre porcentaje de solubilidad.	67
33. Prueba de Tukey para factor temperaturas sobre porcentaje de solubilidad.	68
34. Prueba de Tukey para factor interacción tubérculos*temperaturas sobre porcentaje de solubilidad.	68



## ÍNDICE DE FIGURAS

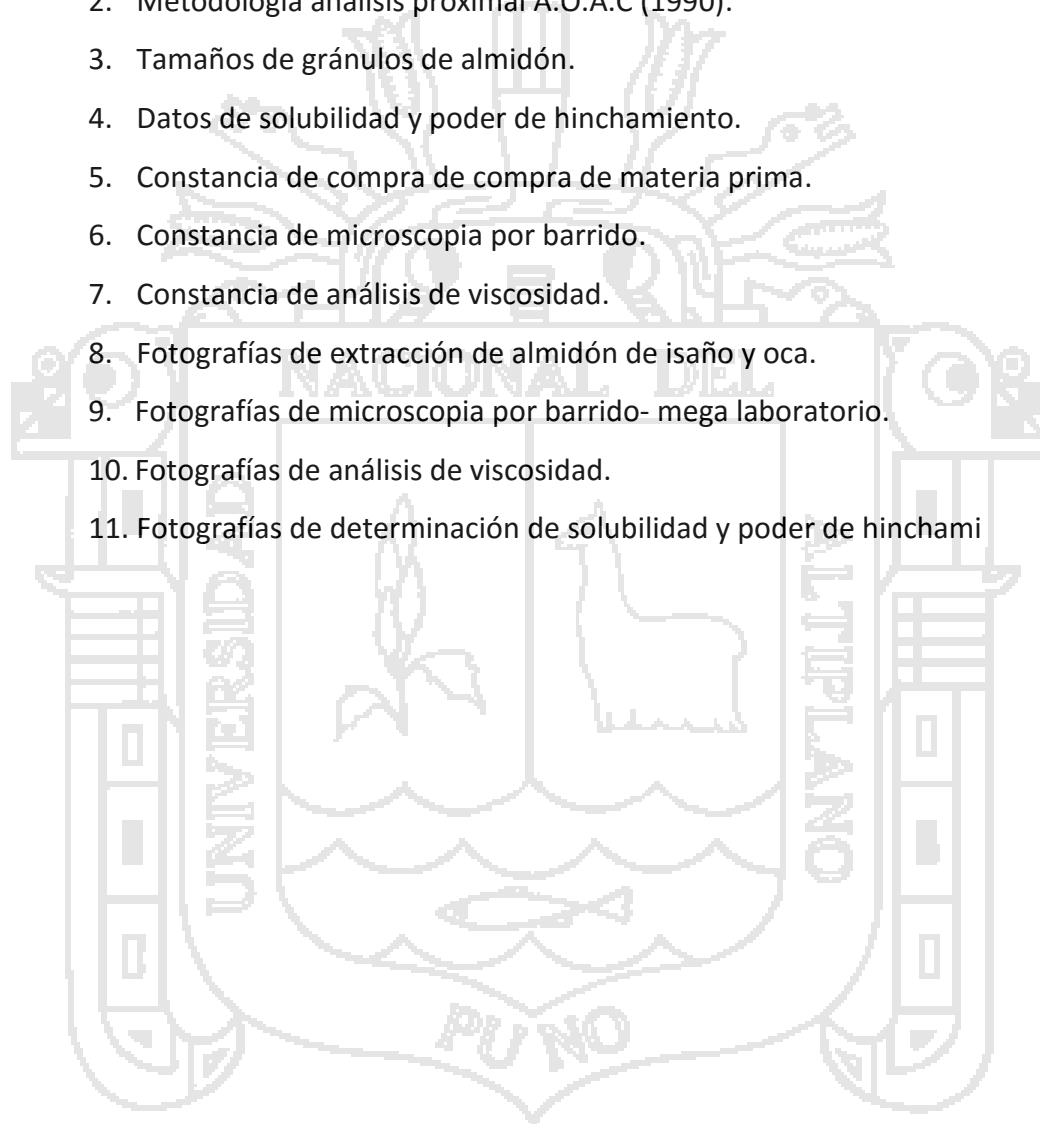
Nº	TITULO	Pág.
1.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de plátano morado 1000x.	19
2.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de plátano morado 2000x.	19
3.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de maíz 1000x.	19
4.	Microscopía electrónica barrido, almidón de maíz 3500x.	19
5.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de lenteja 1000x.	20
6.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de lenteja 3500x.	20
7.	Microscopía electrónica barrido, almidón de haba 1000x.	20
8.	Microscopía electrónica de, almidón de haba 3500x.	20
9.	Microscopía electrónica de almidón de trigo a 1000x.	21
10.	Microscopía electrónica de almidón de plátano de seda 3000x.	21
11.	Diagrama de flujo para la obtención del almidón a nivel de laboratorio.	33
12.	Porcentaje de almidón en oca e isaño.	42
13.	Porcentaje de humedad almidón de isaño y oca.	45
14.	Porcentaje de proteína en almidón de isaño y oca.	48
15.	Porcentaje de grasa en almidón de isaño y oca.	50
16.	Porcentaje de carbohidratos en almidón de oca e isaño.	52
17.	Microscopía electrónica por barrido almidón de isaño.	53
18.	Microscopía electrónica por barrido almidón de oca.	55
19.	Variación de la viscosidad del almidón de oca a diferentes temperaturas.	59
20.	Variación de la viscosidad del almidón de isaño a diferentes temperaturas.	60
21.	Promedio de Poder de hinchamiento para factor tubérculos en almidón de isaño y oca.	62
22.	Poder de hinchamiento para factor temperaturas en almidón de isaño y oca.	63

- 23.** Poder de hinchamiento para factor tubérculos\* temperatura en almidón de isaño y oca. 64
- 24.** Promedio de Porcentaje de solubilidad para factor tubérculos en almidón de isaño y oca. 68
- 25.** Porcentaje de solubilidad para factor temperaturas en almidón de isaño y oca. 69
- 26.** Porcentaje de solubilidad para factor tubérculos\*temperaturas sobre porcentaje de solubilidad. 70



## ÍNDICE DE ANEXOS

Nº	TITULO	Pág.
1.	Especificaciones analíticas del almidón no modificado.	80
2.	Metodología análisis proximal A.O.A.C (1990).	81
3.	Tamaños de gránulos de almidón.	85
4.	Datos de solubilidad y poder de hinchamiento.	86
5.	Constancia de compra de compra de materia prima.	87
6.	Constancia de microscopia por barrido.	88
7.	Constancia de análisis de viscosidad.	89
8.	Fotografías de extracción de almidón de isaño y oca.	90
9.	Fotografías de microscopia por barrido- mega laboratorio.	93
10.	Fotografías de análisis de viscosidad.	94
11.	Fotografías de determinación de solubilidad y poder de hinchami	



## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se desarrolló la “Caracterización de almidones de dos tubérculos andinos: isaño (*Tropaeolum tuberosum* R&P) y oca (*Oxalis tuberosa* Mol)” en la UNA Puno, con el objetivo de determinar el rendimiento, evaluar las características fisicoquímicas, la forma y tamaño, viscosidad, solubilidad y poder de hinchamiento de los almidones aislados de isaño variedad amarillo y oca variedad Keny obtenidos del campo experimental Tahuaco (INIA) Distrito de Yunguyo de la Región Puno. Se obtuvieron almidón de isaño y oca cuyos resultados obtenidos se analizaron mediante el diseño estadístico DCA y los mismos fueron sometidos a temperaturas de 60, 70 y 80 °C para evaluar la solubilidad y el poder de hinchamiento y estos fueron analizados con un DCA con arreglo factorial de 2x3. El rendimiento en almidón para la oca fue de 13.04 % y para el isaño 3.65%; los resultados del análisis proximal encontrado para el almidón de oca fue (humedad 11.24%, proteína 0.34%, grasa 1.04%, carbohidratos 87.3%) y para el almidón de isaño (humedad 10.79%, proteína 0.54%, grasa 1.91%, carbohidratos 86.68%), el %ceniza de ambos almidones fue 0.07% y para la fibra fue nulo. Los gránulos de almidón: de oca fueron ovoidales y el tamaño oscilo entre 23.61 y 38.50  $\mu$  (eje mayor) y 13.15 y 18.75  $\mu$  (eje menor) mientras que las de isaño fueron esféricas y su tamaño oscilo entre 5.60 y 26.32  $\mu$  (eje mayor) y 5.70 y 20.89 $\mu$  (eje menor). La viscosidad, solubilidad y poder de hinchamiento de los geles de almidón aumento a medida que se incrementó la temperatura, el almidón de oca presento un punto máximo de viscosidad 70.40 centipoises (73.15°C) y el de isaño a 14.02 centipoises (80.70°C) luego se mantuvieron constante, los mejores resultados para el almidón de oca fue el sometido a 80°C 27.12% y 38.63% para la solubilidad y poder de hinchamiento respectivamente y para el almidón de isaño también el sometido a 80°C 21.35% y 26.15%.

## I. INTRODUCCION

Los tubérculos andinos como el isaño y la oca son fuentes importantes de energía, debido principalmente a su contenido de almidón (Alfaro, 1995), un polisacárido muy complejo que se almacena en forma de gránulos en las células de membrana delgada. Los diferentes tipos de almidones se diferencian entre sí por el tamaño de los gránulos, su apariencia microscópica, sus características físicas y su constitución química. (Anderson *et al.*, 1969).

El almidón es materia prima para la fabricación de numerosos productos como dextrosa, alcohol, sorbitol, glucósidos metílicos, etílicos y ácido láctico, por lo mismo puede proporcionar a nuestra economía una fuente de abastecimiento casi ilimitada en la elaboración de sustancias orgánicas, en la industria alimenticia, textil, en la del papel y en la de los polímeros. Los productos alimenticios deben hoy en día presentar una correcta información nutricional, garantía higiénica sin fallos y otras características de importancia, para de esta manera hacer conocidos a los consumidores de las bondades del producto así satisfacer sus necesidades nutricionales, el sector de la industria agroalimentaria debemos de iniciar una profunda innovación para responder a las demandas cada vez más diversificadas y a las exigencias más precisas de los consumidores.

El presente trabajo pretende contribuir a la valoración de los productos andinos, es por eso que se tiene por objetivo determinar el rendimiento y evaluar las características fisicoquímicas (composición proximal, tamaño y morfología, viscosidad, solubilidad y poder de hinchamiento) de los almidones provenientes de dos tubérculos de nuestra Región como lo son el isaño y la oca, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el rendimiento de los almidones de isaño y oca.
- Comparar las características fisicoquímicas entre los almidones de isaño y oca.

- Evaluar el efecto de la temperatura en la solubilidad y poder de hinchamiento de los almidones de isaño y oca.



## X. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 10.1. GENERALIDADES

#### 2.3.1 TUBÉRCULOS ANDINOS

Por causa no establecida, los Andes han sido centro de origen de los cuatros únicos cultivos: la papa, la oca, el olluco, el isaño; todas ellas muy semejantes en su modalidad de producción, solamente la papa ha adquirido importancia mundial, hasta el punto de estar ahora entre los cuatro cultivos más importantes del mundo, por consiguiente, sólo ella ha sido objeto de especial dedicación por parte del mundo científico agronómico. Las otras, en cambio, a pesar de sus cualidades nutritivas y de producción, han quedado relegadas al cultivo empírico (Arbizu y Tapia, 1992).

#### 2.3.2 SITUACIÓN Y PERSPECTIVA DE LA PRODUCCIÓN Y CONSUMO

La región Puno está constituida por diversas zonas agroecológicas Suni, Puna, Janca o cordillera ,Rupa Rupa o selva alta y omagua o selva baja donde se producen y cosechan cultivos entre estos el isaño y la oca como se muestra en el cuadro N° 01. En ningún otro lugar del mundo se han domesticado tubérculos que se usan en la alimentación humana como en los Andes. Los autores proponen una serie de alternativas para conjurar el espectro del hambre, que se está viviendo en algunas zonas del mundo, esta contingencia podría ser atenuada, en buena medida, teniendo en cuenta el potencial que desde nuestros ancestros han venido siendo usado con fines alimenticios, considerando el aprovechamiento de diferentes especies, cuyo rescate y reivindicación se hace perentorio si queremos llegar a tiempo para contribuir a la solución del problema alimenticio de nuestra región (Alfaro, 1995).



**CUADRO Nº 01. ZONAS AGROECOLOGICAS DE LA REGION DE PUNO**

ZONAS AGROECOLOGICAS	ALTITUD m.s.n.m	PRECIPIT. PLUVIAL (mm)/Anual	TEMP. °C	PRINCIPALES CULTIVOS	LOCALIDADES
Circunlacustre	3,812 a 3,900	650 - 750	1 a 15	Papa dulce y amarga, quinua, habas, arvejas, tarwi, cereales, hortalizas, oca, olluco, isaño, trigo, gramíneas, forrajeras y pastos cultivados.	Yunguyo, Platería, Taraco, Huancané, Arapa, Orurillo.
Suni ( alta y baja)	3.830 a 4,000	600 - 850	1 a 16	Papa amarga, quinua, cañihua, cereales, habas, oca, olluco, isaño, hortalizas, gramíneas forrajeras y pastos cultivados	Juliaca, Illpa, Cabanillas, Asillo, Azángaro, Chuquibambilla, Lampa, Macari, Umachiri, Putina.
Puna ( húmeda y seca)	3,900 a 4,800	500 - 1000	16 a 14	Papa dulce, papa amarga, quinua, cañihua, gramíneas forrajeras y pastos cultivados.	Santa Rosa de Ayaviri, Ñuñoa, La Raya, Santa Rosa de Juli, Paratia, Palca y Santa Lucia.
Selva alta o Rupa Rupa	2,000 a 500	2500 - 2000	12 a 35	Naranja, mandarina, toronja, lima dulce, piña, plátano, papaya, arroz, café, coca, caña de azúcar, maíz duro, yuca, papa japonesa, yacon, frijol, zapallo, rocoto, camote, achiote, arracacha, papa dulce.	Sandía, San Juan del Oro, San Gabán, Oroya, Carmen, Lechemayo, Loromayo.
Selva Baja u omagua	Menor a 500	3000	Mayores a 35	Cultivos tropicales, caña de azúcar.	Nojhonunta.

**FUENTE: PLAN DE DESARROLLO REGIONAL CONCERTADO AL 2021.**

Los tubérculos Andinos: isaño (*Tropaeolum tuberosum* R&P) y oca (*Oxalis tuberosa* Mol), como patrimonio del agro alto andino juegan un papel importante en el campo alimentario del poblador rural principalmente.

Sobre el consumo de estos tubérculos de tierra fría, tenemos: En los mercados de Colombia estos tubérculos son abundantes y su consumo parece ser importante. En

los mercados de Perú y Bolivia son abundantes los isaños y las ocas. El uso alimenticio del isaño y la oca, sería más generalizado si su conservación no fuera tan precaria. Debido a su succulencia y cutícula no suberizada, se secan o pudren fácilmente. No hay en los mercados oca ni isaño sino por unos dos o tres meses. (Arbizu y Tapia, 1992).

### **2.3.3 IMPORTANCIA DE LOS CULTIVOS DENTRO DE LA ECONOMÍA**

Los cultivos que producen los campesinos en la sierra se pueden dividir entre cultivos preferenciales y cultivos de producción marginal. El campesino destina su producción en parte para el autoconsumo y en parte para el mercado, y es a partir de su integración con este último que puede diferenciar y priorizar cultivos. Entre aquellos que hemos denominado preferenciales encontramos los que le representan simultáneamente seguridad alimentaria, vía el autoconsumo, y posibilidades de monetización a través de las ventas en el mercado. Son cultivos como papa, cebada, y maíz.

Se puede inferir que los cultivos en estudio no son cultivos principales en la agricultura campesina pero su producción se incrementa con el paso de los años como podemos observar en los cuadros N° 02 y 03, estos cultivos que sustentan el autoconsumo campesino, constituyen su defensa y seguridad frente a las fluctuaciones del mercado (Repo-Carrasco, 1997).

En los cuadros N° 02 y 03 se observa la superficie sembrada y cosechada durante la campaña agrícola 2003 - 2011 en la Región de Puno.

**CUADRO Nº 02. DATOS DE PRODUCCIÓN SUPERFICIE SEMBRADA 2003–2011(Hectáreas)**

Año	Oca	Isaño
2003	4218	1135
2004	4376	1600
2005	4361	1221
2006	4323	1363
2007	4315	1495
2008	4575	1683
2009	4397	1663
2010	4302	1768
2011	4025	1734

FUENTE: Compendio Estadístico INEI - PUNO (2011)

**CUADRO Nº 03. DATOS DE PRODUCCION AGROPECUARIA 2005 - 2011 (toneladas):**

Año	Oca	Isaño
2005	34993	8 234
2006	34 790	9 104
2007	34 917	10 022
2008	34 627	10 627
2009	36 089	10 683
2010	34 031	10 546
2011	32 726	11 753

FUENTE: Compendio Estadístico INEI – PUNO (2011)

## 2.3.4 CARACTERÍSTICAS

### 2.3.4.1 OCA (*Oxalis tuberosa* Mol)

a) **Nombre botánico:** *Oxalis tuberosa* Molina

b) **Taxonomía:**

- **Reino:** Plantae
- **División:** Magnoliophyta
- **Clase:** Magnoliopsida
- **Orden:** Geraniales
- **Género:** *Oxalis*
- **Familia:** Oxalidáceas

c) **Nombres comunes:** Oca, oqa (Perú); apilla (aymara Bolivia, Perú); ibia (Colombia); cuiba (Venezuela).

d) **Distribución geográfica:** Es un cultivo importante en las tierras frías altas sobre los 3000 y 3800msnm de los Andes de Sudamérica (cuadro N° 04), después de la papa es la especie tuberosa más cultivada, se estima que en la región andina del Perú, Ecuador y Bolivia se cultivan 32,000 ha. Con rendimientos entre 6 a 12 T.M. /Ha. (Tapia, 1990).

La oca es un cultivo endémico de los Andes. Su domesticación y la de otros tubérculos andinos en la región central del Perú y el norte de Bolivia donde se encuentra la mayor diversidad, tanto de formas cultivadas como silvestres, habría dado origen junto con la papa a la actividad agrícola en las zonas agro-ecológicas más altas de los Andes. Su cultivo fue introducido en México hace unos 200 ó 300 años, la introducción de la oca en Europa se hizo en el siglo pasado. La existencia de oca en Nueva Zelanda es conocida desde 1860, y su cultivo parece haber ganado popularidad durante los últimos 20 años (Arbizu y Robles 1986).

**e) Descripción botánica:** Es una especie anual, erecta, de 20 a 70 cm, de tallos cilíndricos y suculentos con ligera pubescencia en el tallo. Las hojas son alternas y trifoliadas como las del trébol; la inflorescencia es muy variable, en todos los casos se produce una sola flor.

La oca no produce frutos pues las flores se desprenden poco después de abrirse. Su tiempo de crecimiento es de 220 días para las más precoces y de 269 para las más tardías. La tuberización comienza más o menos a los 110 días después de la germinación y el máximo crecimiento del tubérculo ocurre entre los 170 y 230 días (Tapia y Frías 2007).

Cárdenas (1985) manifiesta “no puede establecerse variedades en el sentido taxonómico, porque los caracteres morfológicos de las plantas que se han visto no lo permiten. Las diferencias más marcadas entre las numerosas colecciones pueden establecerse basadas en el color de los tubérculos y siguiendo este carácter, propondríamos la agrupación de lasocas en tres formas: alba, flava y roseo-violácea”. La forma de los tubérculos varía menos que su pigmentación y tal vez podríamos reducir todas las formas a tres tipos: ovoide, claviforme y cilíndricos. En los tubérculos de tipo ovoide y cilíndrico el extremo del estolón es curvado.

Los tratamientos que se dan al cultivo son bastantes similares que los que se dan a la papa; se siembra asociada con ulluco, mashwa y papa nativas en parcelas de hasta aproximadamente 1000m<sup>2</sup>.

**f) Cultivares en Puno:** Según Tapia y Frías(2007) en Puno se tienen los siguientes cultivares.

- Keny blanca
- Keny roja o rosada
- Amarilla (kello)
- Solterito
- Huaricuyo
- Lampaya
- Luki

- Chiguanco
- Wila

#### 2.3.4.2 ISAÑO (*Tropaeolum tuberosum* R&P)

a) **Nombre botánico:** *Tropaeolum tuberosum* R. y P.

b) **Taxonomía:**

- **Reino:** Plantae
- **División:** Espermatofita
- **Clase:** Dicotiledóneas
- **Orden:** Geraniales
- **Género:** *Tropaeolum*
- **Familia:** Tropeoláceas.

c) **Nombres comunes:** Mashwa (Perú, Ecuador), isaño, aña (Perú, Bolivia), maswallo, mazuko, mascho (Perú), cubio, navo, navíos (Colombia).

d) **Distribución Geográfica:** El isaño es al parecer originaria de los Andes centrales; su cultivo se habría extendido hasta y el norte de Argentina y Chile. A pesar de su rusticidad no existen referencias de su introducción en otros países, posiblemente porque el sabor del tubérculo resulta poco agradable para quien lo prueba por primera vez. (Cuadro N° 04).

e) **Descripción botánica:** La mashua es una planta herbácea, semierecta de 20 a 80 cm, aunque a la madurez es semipostrada la forma de la hoja es ovalada; la cara superior es verde mate y la cara inferior de un verde claro, puede ser de tres, cuatro o cinco lóbulos. Las flores solitarias nacen en las axilas de las hojas estos tubérculos tienen yemas alargadas y profundas, son de forma cónica o elipsoidal (Tapia y Frías 2007). En Colombia, Perú y Bolivia hay colores de tubérculos, muy llamativos y hermosos. En el sur de Perú y en Bolivia hay también isaños de tubérculos violáceos oscuros. Desde el punto de vista agronómico la mashua es muy rústica porque se cultiva en suelos pobres, sin uso de fertilizantes y pesticidas; aún en estas condiciones, su rendimiento puede duplicar el de la papa. La asociación con olluco, oca y

papa nativas se explicaría por los principios de control nematocida e insecticida que posee la planta (Tapia, 1990).

**f) Cultivares en Puno:**

- Amarilla
- Zapallo
- Chiara
- Thayacha
- Negra

**CUADRO Nº 04. ASPECTOS ECOLÓGICOS Y FITOGEOGRÁFICOS DE LA OCA Y EL ISAÑO**

ASPECTOS	ISAÑO	OCA
Altitud	3000 – 4000 m	2000 - -4000 m
Clima	Semihúmedo hasta temperaturas extremas	Semi-húmedo
Suelo	Pobre	Laderas andinas
Conservación	Thayacha	Khaya o okhaya y chuño
Plagas importantes	Ninguna predominante	Crisomélidos y nematodos

**FUENTE: Espín *et al.*, (1999)**

### 2.3.5 LOS NUTRIENTES Y SU PRESENCIA EN LOS CULTIVOS ANDINOS

El valor de los cultivos andinos constituye un complemento muy apreciado en la dieta andina, las investigaciones han generado conocimiento sobre sus principales componentes químicos y de las características físicas, nutricionales y funcionales que se les atribuyen, para orientar sus posibles usos y aplicaciones. Los isaños y ocas son otras de las tantas especies valiosas que nos heredaron nuestros antepasados. Constituyendo la base alimenticia del poblador andino y sustituyen en muchos casos a la papa. Su importancia, valor nutricional y composición química

(cuadro N° 05) su valor económico como fuente de ingresos para las familias pobres, resulta de vital importancia para las comunidades preocupadas por conseguir su seguridad alimentaria. Por ello, en la población existe un creciente interés por la conservación de las variedades tradicionales de estos cultivos. Es necesario seguir aunando esfuerzos para la conservación de estos productos que se encuentran en vías de extinción (FAO, 2010).

**CUADRO N° 05. VALOR NUTRITIVO DE LOS TUBÉRCULOS**

COMPOSICION (%)	OCA	ISAÑO
Proteína	4.60	19.17
Grasa	1.66	4.61
Cenizas	3.39	4.81
Humedad	77.73	88.70
Fibra	0.8	0.8
Carbohidratos	88.19	75.40

FUENTE: Espín *et al.*, (1999)

#### 2.4 ALMIDÓN

El almidón es un compuesto de almacenamiento que se localiza en raíces, tubérculos, frutas y semillas de las plantas. Es un polisacárido a partir del dióxido de carbono que toman las plantas de la atmósfera y agua que toman del suelos tiene como unidad estructural moléculas de glucosa se presenta en forma de gránulos que habitualmente ofrecen una forma redondeada, irregular, con tamaños que oscilan entre  $2\mu$  y  $100\mu$ , tanto la forma como el tamaño de los gránulos son característicos de la especie vegetal; formado por una mezcla de dos sustancias amilosa y amilopectina, las que solo difieren en su estructura. Contribuye a la dieta normal de los seres humanos con más calorías que cualquier otra sustancia (Méndez, 2010).



#### 2.4.1 EL GRÁNULO DE ALMIDÓN

El almidón está organizado en partículas conocidas como gránulos cuya morfología, composición química y estructura molecular son características de cada especie. Cuando se extraen y se secan los gránulos de almidón tienen la apariencia de polvo blanco.

El gránulo de almidón consiste generalmente en varias capas, colocadas alrededor de una región central llamada núcleo, el gránulo de almidón puede soportar cierto esfuerzo mecánico y es prácticamente insoluble en agua fría (Whistler, 1984).

Tester y Debon. (2000) Los gránulos de almidón están compuestos por dos polímeros (amilosa y amilopectina) los cuales representan, aproximadamente 98-99% del peso seco.

#### 2.4.2 FUENTES Y COMPOSICIÓN

El almidón es un polímero de glucosa parcialmente cristalino y parcialmente amorfo (Perdón *et al.*, 1999). Como hidrato de carbono de reserva, el almidón se encuentra en especial abundancia en determinados tejidos vegetales, como los tubérculos y en el endospermo de las semillas. Sus propiedades funcionales son de importancia en muchos alimentos. El almidón se encuentra en las células vegetales bajo la forma de partículas insolubles o gránulos. El almidón consta de dos tipos de polímeros de la glucosa distintos: la amilosa y la amilopectina los cuales se encuentran en diferentes proporciones (cuadro N° 06).

La amilosa, que es esencialmente un polímero lineal; porque forma cadenas largas lineales donde los monosacáridos se unen a través de enlaces glucosídicos  $\alpha$ -D-(1,4) en los gránulos de almidón este polímero está presente en forma cristalina (por lo que solamente se hincha a temperaturas elevadas), debido principalmente al gran número de enlaces hidrogeno existentes entre los grupos hidroxilos.

La amilopectina, que es un polímero muy ramificado por eso es que se diferencia de la amilosa estas ramificaciones están unidas a la cadena central por enlaces  $\alpha$ -D-(1,6).

La proporción relativa de amilosa y amilopectina varía de un almidón a otro. En general, los almidones contienen más amilopectina que amilosa, la mayor parte de los almidones contienen entre 20 y 25% de amilosa, para el isaño y la oca está entre 26 y 29% (Coultrate, 1998).

**CUADRO Nº 06. CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS ALMIDONES COMUNES**

TIPO	AMILOPECTINA%	AMILOSA%	TAMAÑO (micras)
Maíz	73	23	5 – 25
Maíz amiláceo	20 – 45	55 – 80	5 – 25
Papa	78	22	5 – 100
Arroz	83	17	2 – 55
Yuca	82	18	5 – 35
Maíz céreo	99 – 100	0 – 1	5 – 25
Sorgo	99 – 100	0 – 1	5 – 45
Trigo	76	24	11 – 41
Oca	71	29	20 – 29
Mashua	73	27	5 – 10

**FUENTE: Badui (1995)**

#### 2.4.2.1 CONTENIDO DE HUMEDAD

Moorthy (2002) encontró que el contenido en el almidón seco varía de 6 a 16%, dependiendo del proceso usado para el secado del almidón. Altos niveles de humedad pueden permitir daño microbiológico y subsecuentemente deterioro en

la calidad. El máximo contenido de humedad permitido para el almacenamiento seguro para la mayoría de países productores de almidón es 13%.

#### **2.4.2.2 LÍPIDOS PRESENTES EN LO GRÁNULOS DE ALMIDÓN**

Los lípidos forman otro importante componente que tiene un fuerte efecto en las propiedades del almidón. Los gránulos de almidón presentan lípidos absorbidos en su superficie, estos son triglicéridos, glicolípidos, fosfolípidos y ácidos grasos libres que provienen de membranas de amiloplastos y fuentes distintas de almidón (Tester y Debon, 2000).

Los almidones provenientes de tubérculos contienen una menor cantidad de lípidos y sus efectos no son trascendentales por ejemplo el almidón de yuca varía de 0.11 a 0.22% (Moorthy, 2002).

#### **2.4.2.3 PROTEÍNAS PRESENTES EN EL GRANULO DE ALMIDÓN**

Baldwin (2001) menciona que una pequeña cantidad de proteína está estrechamente asociada a los gránulos de almidón provenientes de diferentes fuentes botánicas, generalmente son de dos tipos *a) proteínas almacenadas* (por ejemplo: gliadina y gluteína) las cuales son remanentes adsorbidos por la superficie del almidón después del proceso de extracción y *b) Proteínas asociadas al granulo de almidón (PAGA)* las cuales provienen de distintas fuentes biológicas en razón a las proteínas almacenadas en las plantas.

#### **2.4.2.4 CENIZAS TOTALES (MINERALES) PRESENTES EN EL GRANULO DE ALMIDÓN**

Tester y Debon, (2000) encontraron que los almidones también contienen pequeñas cantidades (<0,4%). El contenido de cenizas presente en el almidón está influenciado por la variedad, prácticas culturales de abonamiento. Además García y Walter (1998) al caracterizar fisicoquímicamente almidones provenientes de selecciones de camotes peruanos que crecieron en la Molina y Cañete determinaron que el contenido de cenizas fue afectado por la localización, siendo

alto en las muestras provenientes de la Molina (0.59%) en comparación a las provenientes de Cañete.

#### 2.4.2.5 CONTENIDO DE FIBRA CRUDA

El contenido de fibra cruda en el almidón depende del tamiz usado para remover el material fibroso, variedad y edad de la cosecha especialmente para yuca y camote, donde el contenido de fibra se incrementa con la madurez. Los almidones generalmente contienen 0,1 – 0,15% de fibra cruda (Reyes, 2007).

**CUADRO Nº 07. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LOS ALMIDONES DE LOS TUBÉRCULOS ANDINOS**

Determinación	Oca	Mashua
Humedad (%)	11.08	11.80
Proteína (g/100g)	0.3	0.5
Grasa (g/100g)	0.0	0.0
Cenizas (g/100g)	0.55	0.60
Fibra (g/100g)	-	-
Carbohidratos(g/100g)	88.67	87.1

FUENTE: Surco (2004).

#### 2.4.3 ASPECTO MICROSCÓPICO Y TAMAÑO DEL GRANULO DE ALMIDÓN

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

**CUADRO N° 08. TAMAÑO Y FORMA DE LOS GRÁNULOS DE ALMIDONES DE RTas**

Tubérculo/raíz	Eje mayor (micras)	Eje menor (micras)	Forma
Oca	30,94	19,13	Ovoidal
Melloco	24,06	16,45	Ovoidal
Mashua	15	13,07	Esférica
Miso	13,88	9,96	Esférica
Zanahoria blanca	9,57	5,86	Esférica
Papa	30,90	19,72	Ovoidal

FUENTE: Espín *et al.*, 1999

#### 2.4.3.1 TAMAÑO DEL GRANULO DE ALMIDÓN

En general, el tamaño fluctúa entre menos de 1  $\mu$  a más de 100 $\mu$  (Cuadro N° 08) generalmente, el tamaño del granulo está referido al diámetro promedio del granulo de almidón. Para esto se asume la esfericidad del granulo. El tamaño del granulo muchas veces es expresado como el promedio de la mayor y menor longitud de corte o promedio de los diámetros máximos (Reyes, 2007). Lindeboom *et al.*, (2004) proponen que los tamaños de los gránulos de almidón están comprendidos dentro de la siguiente clasificación: grandes (>25 $\mu$ ), mediano (10 – 25  $\mu$ ), pequeño (5 - 10 $\mu$ ) y muy pequeño (<5 $\mu$ ).

#### 2.4.3.2 MORFOLOGÍA DEL GRANULO DE ALMIDÓN

El almidón aparece al microscopio compuesto de diminutas estructuras individuales llamadas gránulos cuyo tamaño y forma son característicos de cada especie los almidones de oca y melloco poseen gránulos ovoidales mientras que la mashua el miso y la zanahoria blanca son esféricos (Cuadro N° 08). Espín *et al.*, (1999) Los gránulos de almidón proveniente de diversas especies botánicas difieren en su morfología. El gránulo de almidón de tubérculos y raíces son ovaes, redondeados, esféricos y poligonales. Los gránulos de almidón de 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 gránulo. 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 forma redondeada. Los gránulos de almidón de tamaño pequeño y muy pequeño son caracterizados por formas muy irregulares y poligonales (Reyes, 2007).

En el Cuadro Nº 09 los almidones de yuca muestran una forma esférica-truncada. El almidón de sagú presenta una forma poligonal, igual a la forma que presenta el almidón de maíz. El tamaño de los gránulos es homogéneo, con valores promedio de diámetro de 12,40  $\mu$  para el makal, 12,41  $\mu$  para el camote, 16,5  $\mu$  para la yuca y 10,64  $\mu$  para el sagú en diversas variedades, con un tamaño promedio de 9,34 a 14,63  $\mu$ . De igual forma, estos valores encontrados en los almidones en estudio están dentro de los intervalos de otros almidones como los de camote (2-72  $\mu$ ) y yuca (3-43  $\mu$ ).

**CUADRO Nº 09. TAMAÑO Y FORMA DE LOS GRÁNULOS DE ALMIDÓN DE DIFERENTES FUENTES.**

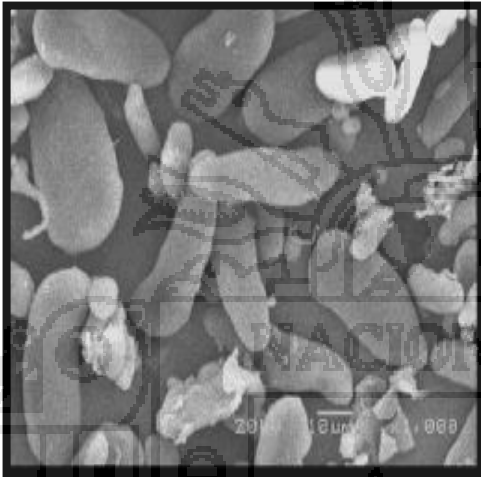
Almidones	Promedio ( $\mu$ )	Intervalo ( $\mu$ )	Forma
Makal	12.40	8-20	Esférica
Camote	12.41	8-28	Esférica
Yuca	16.50	8-22	Esférica, truncada
Sagú	10.64	4-20	Poligonal
Maíz	15	3-26	Poligonal
Papa	33	5-100	Oval esférica

FUENTE: Swinkels, (1985)

En las siguientes figuras se observan las formas que tienen determinados tipos de almidones y las medidas aproximadas de sus gránulos.

En la Figura N° 1 y 2 se muestra que los gránulos de almidón de plátano morado presentan un tamaño aproximado de  $14.16 \mu$  para el diámetro ecuatorial y  $42.5 \mu$  para el diámetro axial.

**Figura N° 1 Microscopía electrónica de barrido, almidón de plátano morado 1000x.**



FUENTE: Cortes (2008)

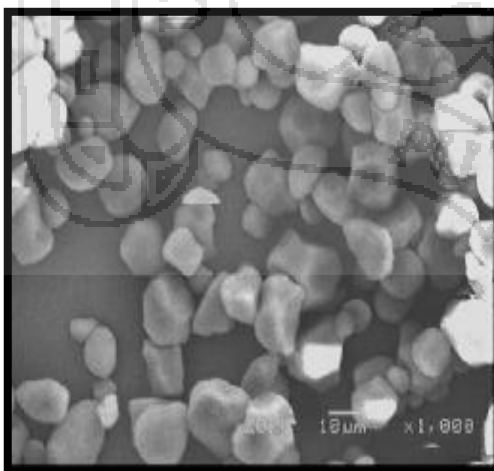
**Figura N° 2 Microscopía electrónica de barrido, almidón de plátano 2000x.**



FUENTE: Cortes (2008)

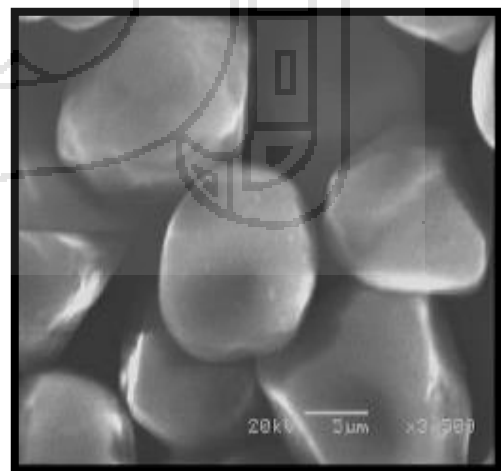
En la Figura N° 3 y 4 el granulo de almidón de maíz presentó un tamaño aproximado de  $13.2 \mu$  ecuatorial y  $16.6 \mu$  axial, describiendo formas poligonales.

**Figura N° 3 Microscopía electrónica de barrido, almidón de maíz 1000x.**



FUENTE: Cortes (2008)

**Figura N° 4 Microscopía electrónica de barrido, almidón de maíz 3500x.**



FUENTE: Cortes (2008)

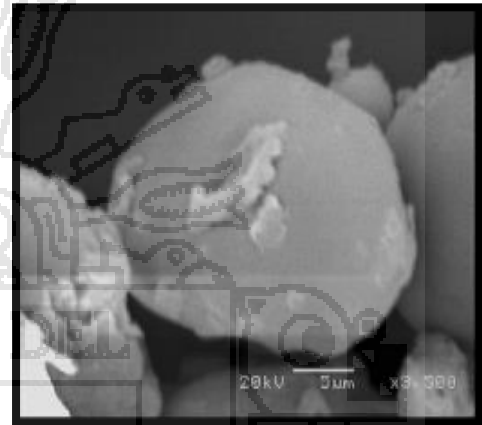
En la Figura N° 5 y 6 se presentan que el almidón de lenteja tuvo  $19.1\mu$  ecuatorial y  $29.1\mu$  axial aproximadamente.

**Figura N° 5 Microscopía electrónica de barrido, almidón de lenteja 1000x. 3500x**



FUENTE: Cortes (2008)

**Figura N° 6. Microscopía electrónica de barrido, almidón de lenteja**



FUENTE: Cortes (2008)

En la Figura N° 7 y 8 muestran que el almidón de haba tuvo  $23.8\mu$  ecuatorial y  $35.5\mu$  axial aproximadamente.

**Figura N° 7 Microscopía electrónica de barrido, almidón de haba 1000x. 3500x.**



FUENTE: Cortes (2008)

**Figura N° 8 Microscopía electrónica de barrido, almidón de haba**

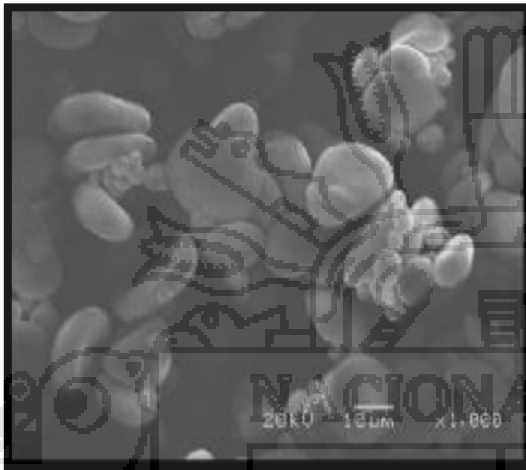


FUENTE: Cortes (2008)



En la figura N° 9 muestra los gránulos de almidón de trigo siendo ambos de formas ovoides  $17.5\mu$  ecuatorial y  $22.5\mu$  de axial aproximadamente, en la figura N° 10 observamos los gránulos de almidón de plátano de seda a  $3000x$ .

**Figura N° 9 Microscopía electrónica de almidón de trigo  $1000x$ .**



**FUENTE: Cortes (2008)**

**Figura N° 10 Microscopía electrónica de almidón de plátano de seda  $3000x$ .**



**FUENTE: Quiñones (2012)**

#### **2.4.4 AISLADO DE ALMIDÓN**

En el laboratorio se busca aislar el almidón en su forma nativa. El proceso de extracción tiene como objetivo obtener un almidón con alto grado de pureza, debiendo contener bajos contenidos de proteínas, lípidos, ceniza 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 gránulos.

Los equipos utilizados en la obtención a nivel de laboratorio, son las licuadoras molinos de martillo, molinos o morteros. Generalmente en este tipo de extracciones se utiliza la licuadora. El tamizado se hace con mallas de diverso calibre, tiene por objeto retener las partículas groseras y la fibra de la parte soluble o suspendida. La purificación se realiza por sedimentaciones y lavados sucesivos del 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 flujo forzado de aire a temperaturas por debajo de 50 grados centígrados (la temperatura depende de la temperatura de gelatinización). El almidón seco se pulveriza en un molino, mortero o un molino de rodillo (Cheng y Shu, 1982).

#### 2.4.4.1 RENDIMIENTO

Betancur-Ancona *et al.*, (2001) afirman que el rendimiento de la extracción del almidón se expresa como el cociente multiplicado por 100 para expresarlo en porcentaje (Cuadro N° 10). Asimismo el rendimiento está en función de la tecnología de extracción utilizada (Hurtado, 1997). Espín *et al.*, (1999) mencionan que la diferencia de rendimiento está determinada por el tamaño de tubérculo o raíz y el tamaño de los gránulos de almidón esta característica influyen notablemente en el rendimiento

**CUADRO N° 10. RENDIMIENTO DE ALMIDÓN DE DIFERENTES RAICES Y TUBÉRCULOS ANDINOS**

Tubérculo/ raíz	Rendimiento (%)
Oca	14
Melloco	7,17
Mashua	4,61
Miso	12,23
Zanahoria blanca	16.22
Papa	16,13

FUENTE: Espín *et al.*, 1999.

Surco (2004), menciona que al extraer almidón de oca de isaño, oca y olluco entre los tres tubérculos el mayor rendimiento lo obtuvo el almidón de oca con un 12.85% seguido del olluco con 5.05% y el que obtuvo menor rendimiento es el almidón de isaño con un mínimo de 2.20%.

#### 2.4.5 PROPIEDADES DE LA PASTA DE ALMIDÓN

##### 2.4.5.1 VISCOSIDAD

Cuando el almidón es calentado en presencia de agua sufre cambios reológicos sustanciales. El calentamiento da como resultado un fluido compuesto de poros, donde se encuentran gránulos hinchados y gelatinizados con amilopectina

suspendida en la solución caliente de amilosa (Morris, 1990 mencionado por Raygada (2001)).

Los equipos comúnmente usados para registrar los cambios de viscosidad de soluciones o pastas de almidón calentadas son el viscosímetro Scott, el viscosímetro Brookfield y el viscosímetro Brabender (amilografo) el cual es muy utilizado (Lewis, 1993).

#### **2.4.5.2 SOLUBILIDAD Y PODER DE HINCHAMIENTO**

La capacidad de productos alimenticios que contienen almidón para formar pastas o geles está determinada por la capacidad de retención de agua, el poder de hinchamiento, la solubilidad en agua y la viscosidad, propiedades funcionales que determinan la textura y la calidad de los mismos.

La capacidad de hinchamiento se ve afectada por las fuerzas de enlaces presentes en el interior del gránulo, por lo tanto, gránulos de almidón altamente asociados con una estructura micelar extensa y frecuentemente enlazada generalmente muestran una gran resistencia al hinchamiento. Aunado a esto, la presencia de lípidos puede inhibir el hinchamiento de los gránulos, debido a la formación de complejos insolubles con la fracción de amilosa (Tester y Morrison, 1990).

Los gránulos de almidón no dañados son insolubles en agua fría, debido a la fuerza colectiva de los puentes de hidrógeno, que mantienen unidas las cadenas pero, a medida que la temperatura se eleva comienzan a absorber (Whistler, 1984).

La solubilidad del almidón, se da a consecuencia del hinchamiento del gránulo y del incremento de la temperatura (Cuadro N° 11). Tanto el poder de hinchamiento como el índice de solubilidad indican el grado de asociación existente entre los polímeros del almidón (amilosa y amilopectina).

El incremento en la solubilidad se atribuye al contenido de amilosa, debido a que estas moléculas se solubilizan y salen al exterior del gránulo de almidón hinchado (Bou *et al.*, 2006).

El poder de hinchamiento se incrementa con el aumento de la temperatura, ya que a altas temperaturas se sucede una relajación progresiva de las fuerzas de enlace dentro del gránulo, y confirma mayor contenido en amilopectina (Araujo *et al.*, 2004).

El rompimiento de la estructura del granulo de almidón cuando se le somete a calor en solución acuosa, tiene lugar en tres fases diferentes: durante la primera fase, se absorbe lenta y reversiblemente el agua, se presenta un hinchamiento limitado, la viscosidad de la suspensión no se incrementa notablemente, el granulo retiene su apariencia, características y birrefringencia. Dentro de un pequeño rango de temperatura a aproximadamente 65 °C empieza la segunda fase del hinchamiento, el granulo se hincha y aumenta su volumen muchas veces, absorbe una gran cantidad de agua y pierde rápidamente su birrefringencia, la segunda fase del hinchamiento se ve marcada por un rápido incremento de la viscosidad de la suspensión de almidón y una vez enfriados los gránulos se alteran en apariencia y muchos de ellos pierden sus estructuras y birrefringencia, una pequeña cantidad de almidón se solubiliza.

Durante la tercera fase de hinchamiento, que tiene lugar cuando se aumenta la temperatura, los gránulos se vuelven como bolsas sin forma y la parte más soluble del almidón se lixivia, cuando se enfrían las suspensiones forman un gel. Si se deshidrata una pasta de almidón recién preparada, se obtiene un polvo amorfo, fácilmente dispersable en agua fría. Esta es base de la fabricación del “almidón soluble” y los productos de cereal precocido instantáneos.

**CUADRO Nº 11. HINCHAMIENTO Y SOLUBILIDAD DE ALGUNOS ALMIDONES A 60 °C Y 90 °C.**

TIPO	HINCHAMIENTO		SOLUBILIDAD	
	60°C	90°C	60°C	90°C
Maíz	2.46	9.23	0.31	1.65
Trigo	2.03	8.36	2.27	3.41
Haba	3.41	7.90	2.94	4.18
Camote	2.30	26.10	0.38	3.20
Papa	8.18	58.09	2.37	25.61
Banana	2.51	31.60	0.77	18.77

**FUENTE: Gonzáles (2002)**

#### 2.4.6 FUENTES INDUSTRIALES DE ALMIDÓN

Las principales fuentes industriales de almidón a nivel mundial lo constituye el maíz la papa y cereales. Aproximadamente se producen al año mil millones de toneladas. De los cuales más de la mitad se utiliza como alimento para personas después de un procesado mínimo, mientras que el resto sufre las transformaciones industriales (Vega y Bontoux, 2000).

La producción industrial de almidón proveniente del maíz ocupa el primer lugar con 20 millones de toneladas, 1.2 millones de toneladas proviene del trigo, 1.3 millones de toneladas proviene de las papas, 2000 toneladas de arroz, seguidos de yuca, camotes, sorgo (Nagahama y Troung, 1994 mencionado por Gonzales, 2002).

Según Beltiz (1997), el 77% de la producción mundial de almidón en el año 1980 fue a partir del maíz, el 10% de la papa, el 8% de la mandioca y el 4% a partir de trigo. Existen otros almidones como el de las leguminosas que están alcanzando un interés creciente, porque tienen características que los hacen útiles en una serie de productos como sustitutos de los almidones modificados químicamente.

### 2.4.7 USOS DEL ALMIDÓN

El aumento de las utilizaciones alimentarias de los productos amiláceos es bastante regular se basa en dos factores, a saber la progresión de la industria de los platos cocinados y la búsqueda por parte del consumidor de un mejor equilibrio En las preparaciones alimentarias, lo productos amiláceos se utilizan para actuar sobre ciertas características, tales como textura, apariencia, humedad, consistencia y estabilidad durante el almacenamiento.

Los almidones permiten reemplazar ingredientes más costosos y facilitar la fabricación de diferentes productos ,se les utiliza para espesar o fluidificar, para clarificar o volver opaco, para traer la humedad o repelerla para producir texturas cortas o largas lisas o pulposas , revestimiento blandos o crujientes, los almidones u sus productos derivados se utilizan en fabricaciones tan diversas como las conservas, los productos frescos o ultracongelados, las bebidas, los productos de panadería, los productos deshidratados o extruidos (Linden y Lorient, 1994) tal como lo muestra el cuadro N° 12.

**CUADRO N° 12. FUNCIONES DE LOS ALMIDONES EN DIVERSOS PRODUCTOS**

**ALIMENTICIOS**

Función	Alimento
Adhesión	Rebozados, revestimiento
Anti – adhesión	Pan, gomas
Ayuda a la fluidez	Materias grasas, polvo para fermentar
Anti – endurecimiento	Productos de panadería
Encofrado	Confitería
Encapsulado	Aceites esenciales y aromas
Espesante	Salsas, sopas
Confección	Carne, productos para animales
Gelificante	domésticos
Glaseado	Confitería
Ligante	Confitería, pastelería
Refuerzo de espumas	Albóndigas de carne, patatas, extruidos
Retención de agua	Marshmallows, bebida
Estabilizante	Carnes, productos de panadería
	Bebidas, salsas para ensaladas
	emulsificantes

**FUENTE: Linden y Loiret (1994)**

#### 2.4.8 IMPORTANCIA DEL ALMIDÓN

Los almidones son importantes porque forman parte de nuestra dieta. En una dieta sana, la mayor parte de la energía la conseguimos a partir del almidón y las unidades de glucosa en que se hidroliza.

El almidón es muy utilizado en la industria alimentaria, debido a la diversidad de propiedades funcionales específicas que posee, ningún otro ingrediente proporciona textura a gran variedad de alimentos como el almidón. Como fuente de almidón el banano verde es muy competitivo según estudios realizados; este contiene aproximadamente un 70%, cantidad que es comparable con la que presentan algunos cereales como maíz, arroz (30-80%) y tubérculos (60-90%) (Méndez, 2010).

#### 2.5 MARCO CONCEPTUAL

##### **AMILOPECTINA:**

Molécula del almidón que tiene ramificaciones y está constituida por muchos anillos de glucosa unidos entre sí para formar largas moléculas con numerosas ramificaciones laterales cortas. Las moléculas de amilopectina son significativamente más grandes que las moléculas de amilosa; algunas contienen entre 10000 y 20000 unidades de glucosa. La amilopectina es esencialmente insoluble en agua caliente (Charley, 1998).

**AMILOSA:** Polisacárido lineal compuesto por unidades de glucosa unidas mediante enlaces de tipo  $\alpha$ -1-4. Forma parte del almidón junto con la amilopectina (Charley, 1998).

**DISEÑO EXPERIMENTAL:** Es el conjunto de normas y reglas que nos permite obtener mejores resultados a través de una muestra, reducir el error experimental, es la distribución de los tratamientos en las unidades experimentales o viceversa, teniendo en cuenta ciertas restricciones en el azar, con fines específicos, que

tiendan a disminuir el error experimental. Se efectúa esta distribución con el propósito de obtener la información que sea pertinente al problema bajo investigación de modo que una vez realizado el análisis de los resultados, se obtenga conclusiones validas. (Ibáñez, 2009).

**GELATINIZACIÓN:** Es un proceso hidrotérmico de acción irreversible, es decir, el almidón absorbe agua para formar un líquido viscoso y al enfriarse se transforma en gel. Los gránulos de almidón en suspensión acuosa y expuesta a temperaturas mayores de 60 grados centígrados se hinchan o pierden su forma (gelatinización) (Lee *et al.*, 1999).

**HIDRATOS DE CARBONO:** Son aquellas moléculas orgánicas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno que resultan ser la forma biológica primaria de almacenamiento y consumo de energía.

**SOLUBILIDAD :** Es una medida de la capacidad de disolverse una determinada sustancia (solute) en un determinado medio (solvente); implícitamente se corresponde con la máxima cantidad de soluto disuelto en una dada cantidad de solvente a una temperatura fija y en dicho caso se establece que la solución está saturada. Su concentración puede expresarse en moles por litro, en gramos por litro, o también en porcentaje de soluto (m (g)/100 ml) (Alcázar, 2002).

**PODER DE HINCHAMIENTO:** El poder de hinchamiento de un almidón es el peso de gránulos dilatados por gramo de almidón seco (Charley, 1998).

**TEMPERATURA:** Es una medida del nivel energético de los cuerpos. Las escalas de temperatura se establecen asignando un valor a ciertas temperaturas que se pueden reproducir fácilmente como el punto de congelación y el punto de vaporización del agua. Se usan por lo general dos escalas Fahrenheit y la Celsius (Alcázar, 2002).

**TUBÉRCULO:** Porción muy engrosada de ciertos tallos subterráneos (estolones y rizomas) que se ha modificado para acumular sustancias de reserva. Tiene yemas



axilares a los lados y en el extremo, porción de tallo engrosado generalmente subterránea. Los tubérculos son ricos en sustancias de reserva. En su superficie suelen tener catafilos y yemas. También, por extensión, se dice de cualquier prominencia verrucosa más o menos redondeada de la superficie de un órgano. En las Cactáceas reciben esta denominación las protuberancias más o menos cónicas o en forma de mamila que cubren el tallo. Cada tubérculo es un podario (Alfaro, 1995).



## XI. MATERIALES Y METODOS

### 3.3 LUGAR DE EJECUCIÓN

La fase experimental de este trabajo se llevó a cabo en:

- Laboratorio de Ingeniería EPIA– UNAP.
- Laboratorio de evaluación nutricional EPIA– UNAP.
- Laboratorio de microbiología EPIA –UNAP.
- Mega laboratorio UNAP.

### 3.4 MATERIALES

#### 3.4.1 MATERIA PRIMA

Se trabajó con isaño (variedad: amarillo) y oca (variedad: Keny) los cuales fueron adquiridos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Salcedo -Puno.

#### 3.4.2 EQUIPOS

- Licuadora de marca *Oster* de capacidad de un litro.
- Baño María, marca MEMERT de acero inoxidable tipo 1.4301.
- Centrifuga T23-JANETZKI de 10000 rpm.
- Centrifuga NYTOTT fedellel centrifuga Initilosisis prohibited to centrifuge MADE IN HUNGARY.
- Balanza analítica METTLER TOLEDO AL204 max. 210g e=0.001g Min. 0.01g d=0.0001g. AR. 3130\*310.
- Mufla Thermo Scientific 2555 kerper boulevard, volta 220-240 AMPS: 6, 3 watts: 1520, maximo 1000°C.
- Campana de digestor de gases marca Ezermester ISZ KECSKEMETI.
- Microscopio Electrónico CARL ZEISS – EVO LS10 EDX WD=15mm magnificación de 1000000 veces.
- Aparato de destilación de Kjeldahi de vidrio marca pírex.
- Pera de decantación de 150ml de vidrio marca pírex.

- Cámara digital Lumix Panasonic DMC-S3 de 14 megapíxel.
- Estufa Hot air sterilizer model: YCO-010, 200V/60HZ, SERIAL N°711543.
- Destilador de agua destilada con tanque de modelo 2002 cap. 2Lt. /hora.
- Viscosímetro Brookfield DV – III ULTRA.

### 3.4.3 INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

- Cuchillo de acero marca tramontina.
- Recipientes de polipropileno de 15 Lt. Graduada marca REY.
- Mortero de porcelana de 250ml, tipo 55 con pistón tipo 56.
- Tamiz N°80 (0.17mm) y N°100 (0.14mm) de tipo U.S. STANDARD SIEVE SERIES U.S.A.
- Envases de plástico de 1000ml de material polietileno.
- Envases de plástico de 250ml de material polietileno.
- Espátula de acero inoxidable con hoja N°100 peso 40gr.
- Matraz Erlenmeyer de 100ml, marca pírex base de cuello 85mm/34mm.
- Matraz Erlenmeyer de 250ml marca pírex base de cuello 64mm/22mm.
- Bureta de 50ml de marca pírex.
- Pipeta de 5 y 10ml de marca pírex.
- Vaso precipitado de 250ml y 600ml y 5 de marca pírex.
- Placas Petri STERIPLAN en vidrio de tipo cal soda de 250ml.
- Crisoles de porcelana de tipo 109 N° 225ML.
- Cocina de digestión.

### 3.4.4 REACTIVOS

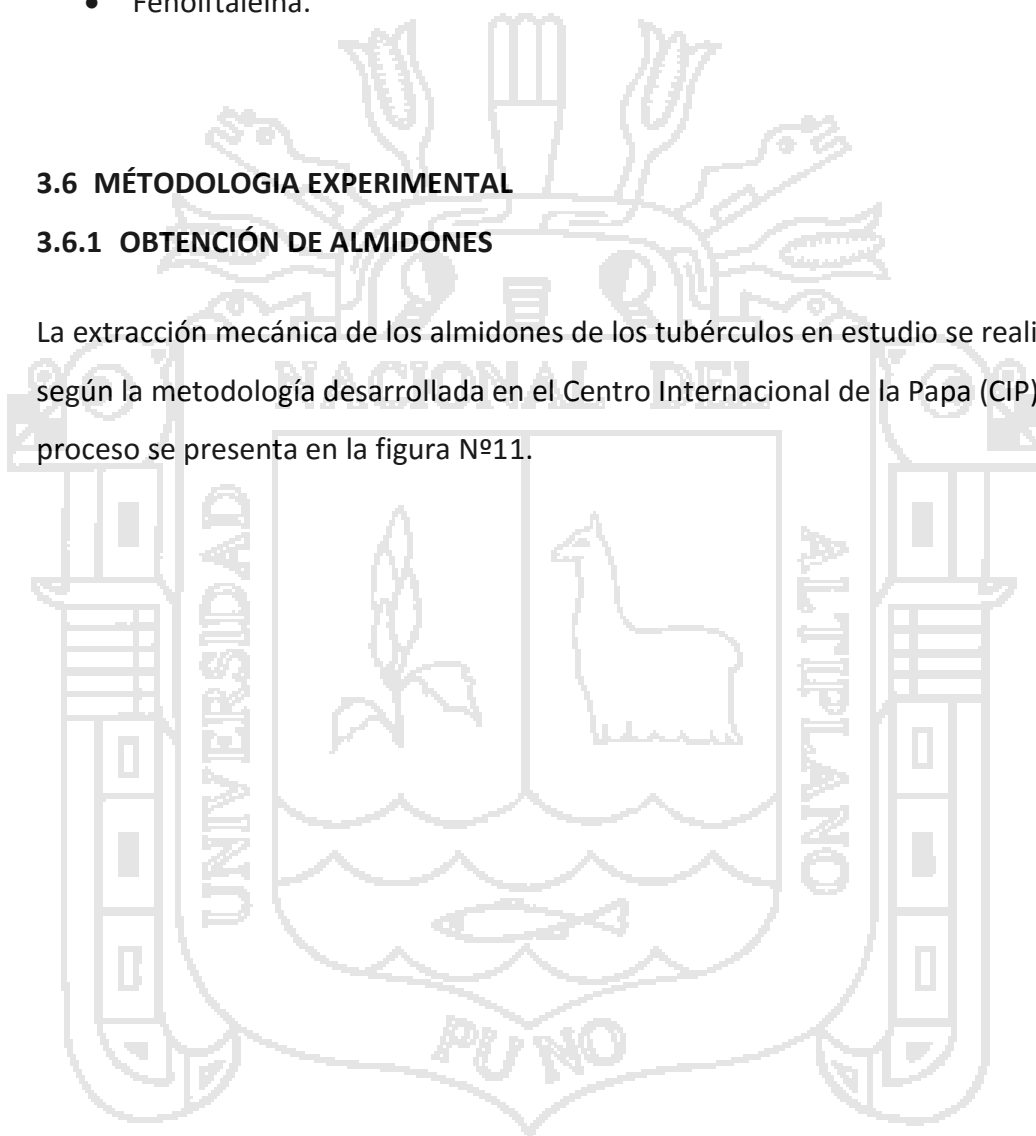
- Agua destilada.
- Solución de bisulfito de sodio al 0.1%.
- Ácido bórico + indicador de pH.
- Ácido clorhídrico (HCL) 6N.
- Metanol.
- Agua destilada.

- Hexano-eter.
- Ácido sulfúrico.
- Sulfato de potasio.
- Sulfato de cobre.
- Hidróxido de sodio.
- Fenolftaleína.

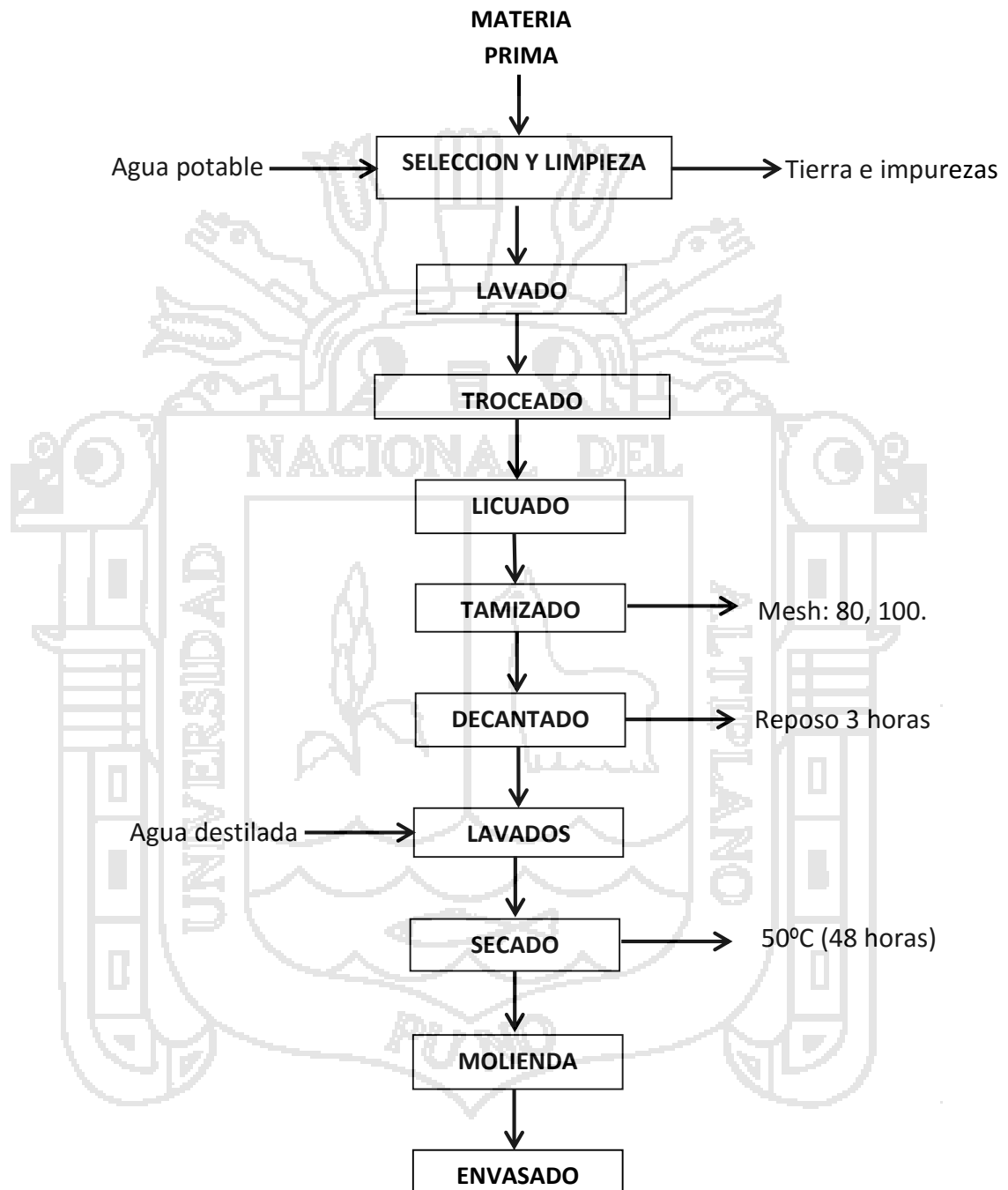
### 3.6 MÉTODOLÓGIA EXPERIMENTAL

#### 3.6.1 OBTENCIÓN DE ALMIDONES

La extracción mecánica de los almidones de los tubérculos en estudio se realizó según la metodología desarrollada en el Centro Internacional de la Papa (CIP). El proceso se presenta en la figura N°11.



**FIGURA Nº 11 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN A NIVEL DE LABORATORIO**



### 3.6.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ALMIDON

- **MATERIA PRIMA:** Se adquirió 20Kg de materia prima ( 10kgs oca cultivar Keny y 10 kg isaño cultivar amarillo) del INIA centro experimental de Tahuaco
- **SELECCIÓN Y LIMPIEZA:** Mediante una inspección visual se seleccionó la materia prima luego se eliminó todo tipo de contaminantes físicos luego, se extrajeron las partes dañadas de los tubérculos (si fuere el caso) así como las raicillas.
- **LAVADO:** El lavado se efectuó en forma manual con abundante agua potable se repitió 2 veces con la finalidad de eliminar tierra, piedras y otras impurezas de los tubérculos.
- **TROCEADO:** Se redujo el tamaño de los tubérculos de manera que esto facilitara el licuado.
- **LICUADO:** En una licuadora se colocó la materia prima troceada para así reducirlas a partículas más pequeñas con la finalidad de que los gránulos de almidón se liberen.
- **TAMIZADO:** Una vez obtenida la muestra en partículas pequeñas se tamizó mediante mallas mesh de 80 y 100 respectivamente, se añadió abundante agua destilada de esta manera el almidón pasara mediante las mallas donde quedara solamente la pulpa la cual será desechada.
- **DECANTADO:** Se sedimenta la suspensión obtenida por espacio de tres horas al cabo de las cuales se eliminó el sobrenadante.
- **LAVADOS:** Se efectuaron lavados sucesivos con agua destilada para de esta manera diluir el almidón, se dejo sedimentar nuevamente. Este procedimiento se repitió dos veces más, después de lo cual se deja en reposo 12 horas. Finalmente se eliminó 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 48 horas.
- **MOLIENDA:** Se molió y tamizó con el objetivo de homogeneizar el tamaño de los granos de almidón.
- **ENVASADO:** Se envaso el producto final en bolsas de polietileno con la finalidad de guardarlos y usarlos posteriormente en las diversas determinaciones analíticas.

### 3.7 METODOS DE ANÁLISIS

#### 3.7.1 RENDIMIENTO:

El rendimiento se calculó por la metodología utilizada por Hanco (2007) y mencionada por Betancur-Ancona *et al.*, (2001) donde el peso de la materia prima se relaciona con el peso del almidón extraído y se multiplicara por 100 para expresarlo en % como muestra la siguiente formula:

$$RENDIMIENTO = \frac{\text{Peso de almidon}}{\text{Peso de materia prima}} \times 100$$

#### 3.7.2 COMPOSICION PROXIMAL

##### 3.7.2.1 MATERIA PRIMA

La metodología que se uso para la determinación del análisis proximal se detalla en el anexo 2 a continuación se indica las determinaciones realizadas:

- Humedad (Método A.O.A.C, 1990)
- Proteína (Método A.O.A.C, 1990)
- Fibra (Método A.O.A.C, 1990)
- Grasa (Método A.O.A.C, 1990)
- Ceniza (Método A.O.A.C, 1990)
- Carbohidratos (Método A.O.A.C, 1990)

### 3.7.2.2 PRODUCTO OBTENIDO (almidón)

#### a) COMPOSICION PROXIMAL

- Humedad (Método A.O.A.C, 1990)
- Proteína (Método A.O.A.C, 1990)
- Fibra (Método A.O.A.C, 1990)
- Grasa(Método A.O.A.C, 1990)
- Ceniza (Método A.O.A.C, 1990)
- Carbohidratos (Método A.O.A.C, 1990)

#### b) MORFOLOGIA Y TAMAÑO

La forma y tamaño del granulo del almidón se observó con el Microscopio Electrónico por barrido ZEISS – EVO LS10 EDX WD= 15mm, 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 isaño y oca.

#### c) VISCOSIDAD

Se determinó la viscosidad con el viscosímetro Brookfield con la metodología del mismo nombre Brookfield:

- Se preparó 10ml de muestra.
- La aguja se introdujo en la muestra en forma inclinada para evitar que queden burbujas en la parte inferior. Una vez dentro se centra de modo que el oleaje que produzca al girar sea el mismo en todos los puntos alrededor de la aguja.
- Se encendió el viscosímetro para que funcione libremente entre un mínimo de 30 segundos a un máximo de 1 minuto.
- Al cabo de este tiempo, se oprime la palanca para detener la escala y anotar la lectura.
- El resultado se expresó en centipoises.



#### d) DETERMINACIÓN DEL PODER DE HINCHAMIENTO Y SOLUBILIDAD

Se determinó por el método reportado por Anderson, *et al.*, (1969), que consiste en:

- En un tubo de ensayo, seco y tarado se pesó 0.3g de almidón (base seca), se adiciona agua destilada para dar un volumen equivalente a 18ml.
- Se colocó en baño de agua por 30 minutos a 60 70 y80°C removiendo constantemente. Se retiró el tubo del baño de agua, se agregó agua para dar 20ml y se mezcló bien para luego centrifugar por 15 minutos a 2200 rpm.
- Se retiró el sobrenadante, de los cuales se midió 5 ml, se colocó en un vaso previamente tarado y se secó en una estufa a 45°C durante 16 horas. Se enfría en un desecador y luego se pesa.
- El peso del almidón soluble se considera la diferencia entre el peso final del vaso y el inicial, se lleva a porcentaje la siguiente formula.

**%Sol. Solb. (B.S)**

$$= \frac{\text{Peso almidon soluble x 20ml agua total}}{\text{Peso almidon base seca x 5ml alicota}} \times 100$$

- Se pesó el tubo con los gránulos hinchados para determinar el peso de la pasta luego se calculó el poder de absorción expresado en porcentaje.

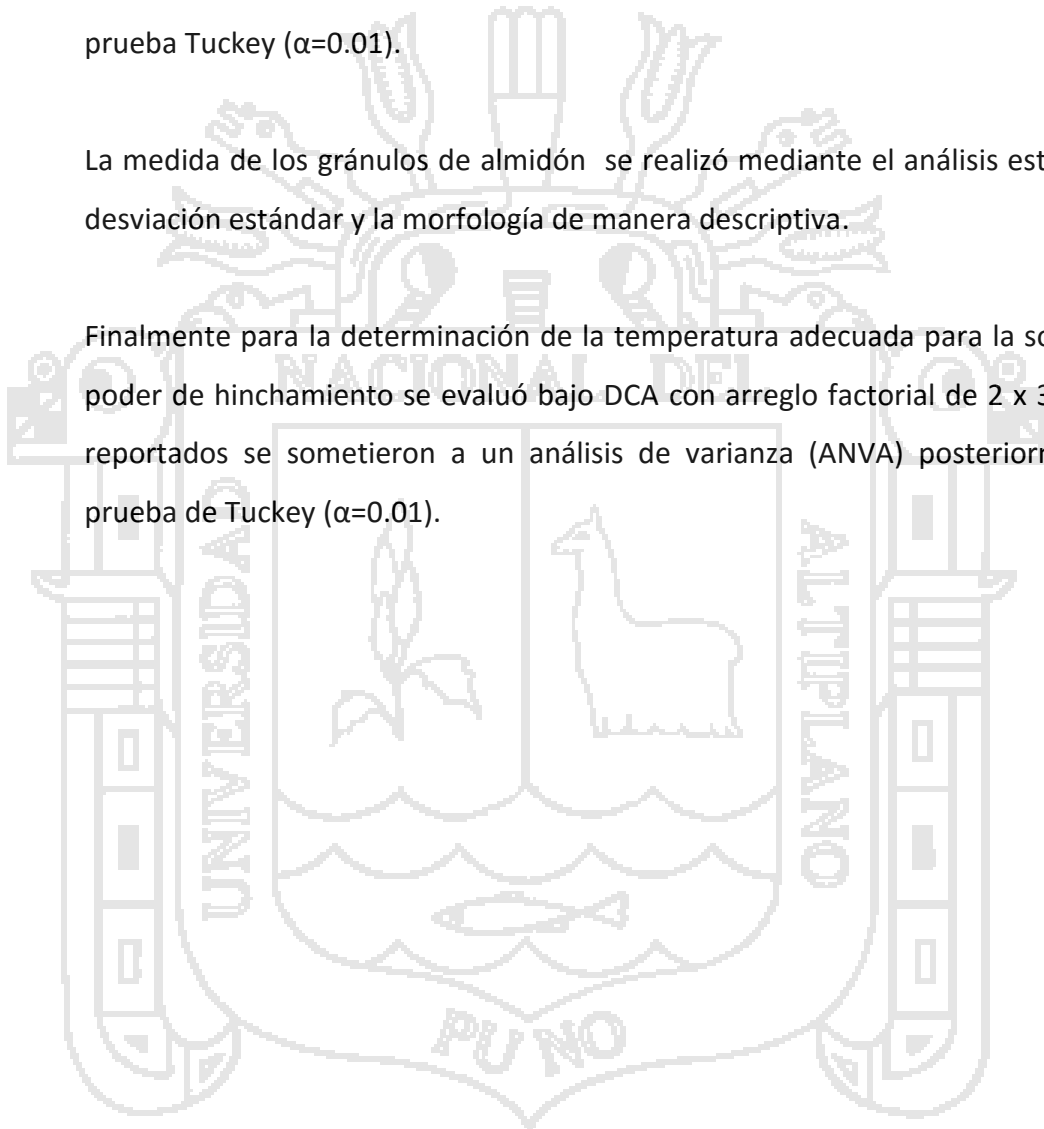
$$\% \text{ Poder de Absorción} = \frac{\text{Peso de pasta sedimentada}}{\text{Peso almidon b.s x (100 - Sol. Solub. b.s.)}} \times 100$$

### 3.8 ANALISIS ESTADÍSTICO

Con la finalidad de determinar cual de los tubérculos en estudio tiene mayor porcentaje en rendimiento se efectuó las comparaciones correspondientes para la cual se trabajo con un DCA con dos tratamientos y tres replicas, los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANVA) posteriormente a la prueba Tuckey ( $\alpha=0.01$ ).

La medida de los gránulos de almidón se realizó mediante el análisis estadístico de desviación estándar y la morfología de manera descriptiva.

Finalmente para la determinación de la temperatura adecuada para la solubilidad y poder de hinchamiento se evaluó bajo DCA con arreglo factorial de 2 x 3 los datos reportados se sometieron a un análisis de varianza (ANVA) posteriormente a la prueba de Tuckey ( $\alpha=0.01$ ).



## XII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

En el cuadro N° 13 se presentan los resultados del análisis químico proximal realizado a la materia prima isaño y oca.

**CUADRO N° 13. ANÁLISIS PROXIMAL DE ISAÑO Y OCA.**

CARACTERÍSTICA (%)	ISAÑO	OCA
HUMEDAD	88.41	77.24
CENIZA	7.20	5.69
PROTEINA	11.74	6.01
GRASA	4.42	2.72
FIBRA	0.99	1.20
CARBOHIDRATOS	75.77	84.37

Este análisis es el método más usado para expresar la calidad nutritiva global de un alimento puesto que mide la cantidad de nutrientes presentes, en cuanto a humedad la oca presenta menor contenido (77.24%) que el isaño (88.41%) pero menor a lo reportado por, Espín *et al.*, (1999) 77.73% y 88.73% respectivamente (cuadro N° 5), se reporta esta diferencia entre los dos tubérculos estudiados probablemente porque la variación de contenido de agua así como los otros constituyentes de las raíces se debe a diversos factores como el cultivar, la localidad, el clima, el tipo de suelo la incidencia de pestes y enfermedades y las prácticas de cultivo. En el contenido de cenizas el isaño muestra el mayor valor (7.20%) mientras que la oca tiene un contenido promedio de 5.69% de este material inorgánico en su composición estos resultados superan a los hallados por Espín *et al.*, (1999), la diferencia de porcentaje de cenizas existente entre el isaño y la oca se debe al contenido de minerales de cada uno de estos pues según estudios

realizados por Espín *et al.*,(1999), el isaño tiene presente en su composición diferentes minerales : K, P, Mg, Na Y Ca (macroelementos) y Zn, Fe, Cu y Manganeseo (microelementos) y todos estos se encuentran en mayor proporción que en la oca.

El mayor aporte de proteínas 11.41% pertenece al isaño este resultado es menor que el reportado por Espín *et al.*,(1999) (19.17%), la oca cuenta con un 6.01%, la característica común de las raíces tuberosas es su bajo contenido en proteínas, la cantidad y calidad de la proteína depende de factores como el genotipo y manejo del cultivo y del contenido de aminoácidos esenciales, la diferencia existente en lo que respecta a proteínas entre los dos tubérculos estudiados radica porque el isaño tiene mayor presencia en contenido de aminoácidos (histidina, metionina, isoleucina, valina, fenilalanina, treonina, leucina y lisina respectivamente) que la oca según estudios realizados por Espín *et al.*,(1999), este autor también comenta que en general las proteínas de las raíces y tubérculos andinos son biológicamente incompletas porque tienen una cantidad de aminoácidos esenciales inferior al patrón de referencia, sin embargo, es importante señalar que la dieta de la población representa la ingesta de varios alimentos lo que permite complementar las deficiencias que presenta cada uno de estos tubérculos.

El isaño tiene un contenido de fibra de 0.99% y la oca 1.20% valores que están por debajo de los hallados por Espín *et al.*, (1999), como vemos la cantidad de fibra en los tubérculos estudiados tiene un porcentaje poco considerable, el isaño a comparación de la oca tiene menor cantidad de fibra esto probablemente este relacionado con el contenido de agua de ambos tubérculos, ya que el porcentaje de humedad del isaño es mayor que el de la oca como observamos en el cuadro N° 12.

El tubérculo que obtuvo mayor porcentaje de grasa fue el isaño (4.42%) frente a un 2.72% de la oca en general los tubérculos presentan bajos valores de extracto etéreo Espín *et al.*, (1999) es por eso que estos pueden ser almacenados.

Los carbohidratos presentan una distribución característica para cada especie, los tubérculos son muy buenas fuentes de carbohidratos el tenor mas alto fue el de la oca con un 84.37% pero este valor es menor por el reportado por Espín *et al.*,

(1999) 88.199%, el isaño obtuvo 75.77 %, como se puede observar los tubérculos son una excelente fuente de carbohidratos dentro de los cuales el componente mayoritario es el almidón , la diferencia de % en carbohidratos entre ambos tubérculos puede estar ligado a muchos factores entre ellos el tiempo óptimo de cosecha. Es importante señalar que otros factores a parte de la variabilidad genética como son las prácticas culturales, el clima y el tipo de suelo pueden influir en todas las características analizadas.

#### 4.2 RENDIMIENTO

En el Análisis de Varianza (cuadro N° 14) que se realizó se halló que entre tratamientos existen diferencias altamente significativas en rendimiento de almidón debido a las características químicas de cada tratamiento. Por otro lado el coeficiente de variación 6.34% nos indica la confiabilidad de los datos evaluados.

**CUADRO N° 14. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE ALMIDÓN DE ISAÑO Y OCA.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Tratamientos	1	220.4302500	220.4302500	786.55	5.32	11.26	**
Error	8	2.2420000	0.2802500				
Total correcto	9	222.6722500					

CV=6.34%

Media general=8.35

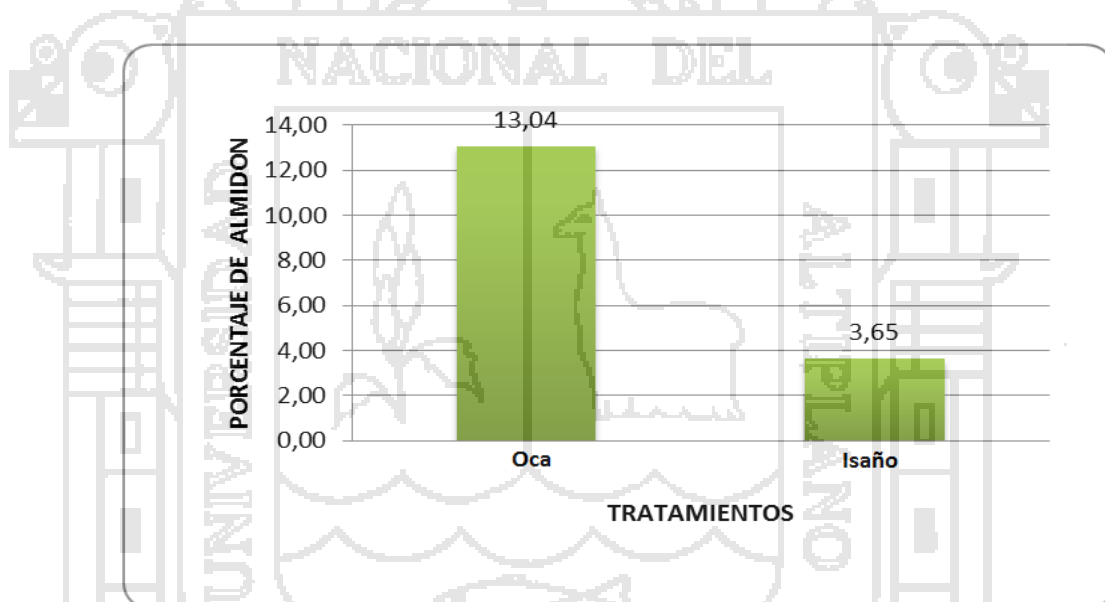
La comparación de medias evaluada con la prueba Tukey al 0.01 de probabilidad (cuadro N° 15) nos dice que la Oca obtuvo un promedio de 13.04% de almidón, el cual es estadísticamente superior al Isaño que obtuvo un promedio de 3.65% de almidón. Las diferencias se pueden apreciar en la figura N° 12.

El objetivo fue obtener los gránulos de almidón nativo, Betancur-Ancona *et al.*, (2001) afirman que el rendimiento de la extracción del almidón se expresa como el cociente multiplicado por 100 para expresarlo en porcentaje (cuadro N° 10).

**CUADRO N° 15. PRUEBA DE TUKEY DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE PORCENTAJE DE ALMIDÓN**

Orden de merito	Tratamiento	Porcentaje de almidón	Sig. $\leq 0.01$
1	Oca	13.04	a
2	Isaño	3.65	b

**FIGURA N° 12. PORCENTAJE DE ALMIDÓN EN OCA E ISAÑO.**



El rendimiento porcentual para el isaño (3.63%) es bajo comparado con el rendimiento de la oca que fue de 13.04%, existe una gran diferencia en el rendimiento de almidón entre estos dos tubérculos y es que tal como lo menciona Espín y Villacres (1999) esto puede ser a causa del tamaño de los gránulos de almidón ya que la oca posee gránulos de mayor tamaño con respecto al isaño.

El rendimiento obtenido para el almidón de oca está por debajo del obtenido por Villacres y Espín (1998) quienes obtuvieron 14% pero por encima del obtenido por

Surco (2004) quien obtuvo 12.85% .En el caso del almidón de isaño el rendimiento fue mayor al registrado por Surco (2004) (2.20%.) y al igual que en el almidón de oca el rendimiento fue menor al que obtuvieron Villacres y Espín (1998) ya que estos mencionan que su rendimiento en almidón de isaño fue de 4.61% , la diferencia en el rendimiento en la producción de almidón también puede depender de la variedad las condiciones de cultivo y de la edad que presente el tubérculo al momento de ser procesado.

Esta diferencia también podría radicar por el método de extracción aplicado en el laboratorio puesto que pudieron producirse pérdidas durante el tamizado y el lavado, en el tamizado debido a que una parte de almidón pudo quedarse junto con el bagazo obtenido luego del licuado y en el lavado ya que se hicieron más de dos lavados para la eliminación de impurezas desechando el agua sobrenadante en este proceso pudo existir perdidas de almidón.

A su vez estudios realizados por CORPOICA (1994) indican que el mayor beneficio se obtiene cuando el rizoma tiene de 6 a 8 meses de cultivo, con un rendimiento del 20% del peso del rizoma y humedad del 70% sin embargo, se afirma que después del noveno mes la disminución del contenido de almidón es significativa.

### **4.3 CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN EXTRAÍDO**

#### **4.3.1 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL**

La composición química proximal de los almidones de isaño y oca obtenidos en la fase experimental del presente trabajo se muestra en el cuadro N° 16:

CUADRO Nº 16. ANALISIS PROXIMAL DE LOS ALMIDONES DE ISAÑO Y OCA

	ALMIDÓN DE ISAÑO	ALMIDÓN DE OCA
<b>HUMEDAD</b>	10.79	11.24
<b>CENIZA</b>	0.07	0.07
<b>PROTEINA</b>	0.54	0.34
<b>GRASA</b>	1.91	1.04
<b>CARBOHIDRATOS</b>	86.68	87.3
<b>FIBRA</b>	0.00	0.00

#### 4.3.1.1 HUMEDAD

Analizando los resultados Mediante el Análisis de Varianza (cuadro Nº 17) que se realizó para los dos almidones en estudio existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que entre los almidones de isaño y de oca existen diferencias en contenido de humedad debido a las características de cada tubérculo, el coeficiente de variación igual a 0.05% nos indica la confiabilidad de los datos evaluados.

**CUADRO Nº 17. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE HUMEDAD DE ALMIDÓN DE ISAÑO Y OCA**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
<b>Tratamientos</b>	1	0.30375000	0.30375000	9112.50	7.71	21.20	**
<b>Error</b>	4	0.00013333	0.00003333				
<b>Total correcto</b>	5	0.30388333					

CV=0.05%

Media general=11.02

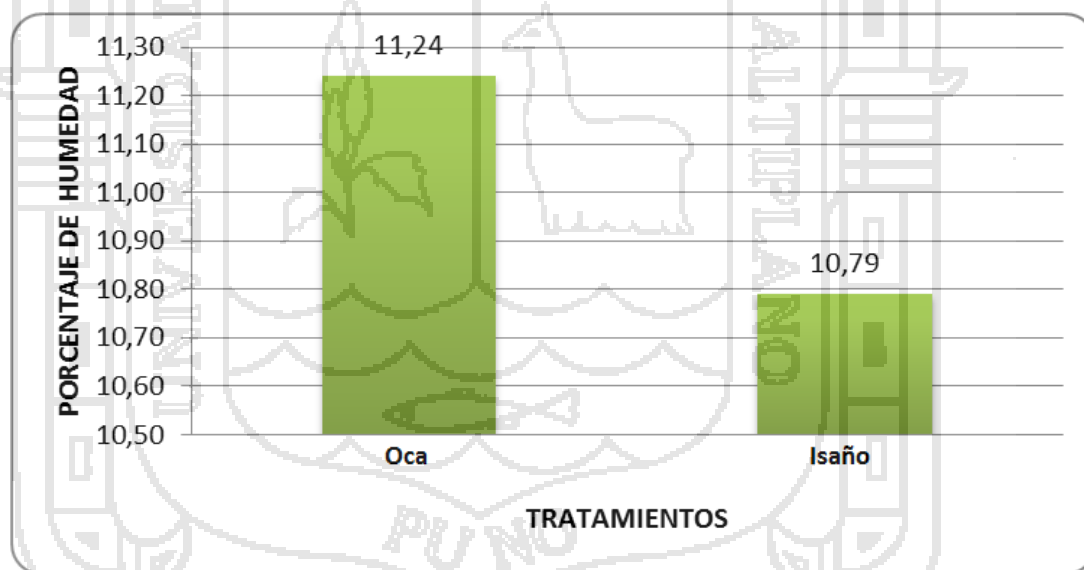


Al realizar la prueba de comparación de medias mediante Tukey al 0.01 de probabilidad (cuadro N° 18) , el almidón de oca obtuvo un promedio de 11.24% de humedad, el cual es estadísticamente superior al almidón de isaño que obtuvo un promedio de 10.79% de humedad. Las diferencias se pueden apreciar en la figura N°13.

**CUADRO N° 18. PRUEBA DE TUKEY DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE PORCENTAJE DE HUMEDAD**

Orden de merito	Tratamiento	Porcentaje de humedad	Sig. ≤ 0.01
1	Almidón de Oca	11.24	a
2	Almidón de Isaño	10.79	b

**FIGURA N°13. PORCENTAJE DE HUMEDAD ALMIDÓN DE ISAÑO Y OCA**



El porcentaje de humedad para ambos almidones se encuentra dentro de los límites requeridos por las normas INDECOPI (1974), para los almidones utilizados en la industria alimentaria y farmacéutica (Anexo 1).

El almidón de oca contiene mayor porcentaje de humedad (11.24%) que el almidón de isaño (10.79%) esto puede ser debido a que el almidón de oca tiene mayor índice de absorción de agua. La humedad obtenida por Surco (2004) para los almidones de isaño y oca son 11.80% y 11.08% respectivamente esto quiere decir que la humedad reportada por este autor es mayor que la investigada en este trabajo para el caso del almidón de isaño, en el almidón de oca por el contrario el valor reportado por Surco (2004) es menor al porcentaje hallado en el presente trabajo. El máximo contenido de humedad permitido para la comercialización y almacenamiento (mayor vida útil) es de 13% así lo menciona Morrthy (2002) tomando en cuenta esta cifra podemos decir que los almidones de isaño y oca están permitidos para un almacenamiento seguro en la mayoría de países productores de almidón. La diferencia de humedad entre almidones de ambos tubérculos estudiados probablemente varío por diferentes factores el tipo de secado, la humedad relativa del ambiente o parte de la humedad del almidón de oca no haya sido extraído completamente en las etapas anteriores al secado, en este análisis CORPOICA menciona incluso que es mejor hacer secar el almidón durante 3 o 4 días al sol así de esta manera se obtiene almidón de mejor calidad.

Hay que tener en cuenta que con un 20.5% de humedad final del almidón y un rendimiento aproximado del 15% el rendimiento real a 0% de humedad solo es del 12%. (CORPOICA, 1994).

#### **4.3.1.2 CENIZAS**

En lo que respecta a cenizas estudio no existe diferencia estadística significativa, esto es lo que nos indica el Análisis de Varianza (cuadro N° 19), lo cual nos indica que entre almidones no existen diferencias en contenido de ceniza. Por otro lado el coeficiente de variación igual a 5.97% nos indica la confiabilidad de los datos evaluados.

**CUADRO Nº 19. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE CENIZA DE  
ALMIDÓN DE ISAÑO Y OCA**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Tratamientos	1	0.00001667	0.00001667	1.00	7.71	21.20	n.s.
Error	4	0.00006667	0.00001667				
Total correcto	5	0.00008333					

CV=5.97%

Media general=0.07

El porcentaje de cenizas de los almidones de isaño y de oca fueron iguales (0.07%), este registro es mayor al reportado por (Surco, 2004) para los almidones de isaño (0.5%) y oca (0.3%) esto quizá se deba a las prácticas culturales de abonamiento como lo menciona Teste y Debon (2000) puesto que la materia prima usada por Surco (2004) tiene por lugar de siembra y cosecha el departamento de Ayacucho esto se puede sustentar con el estudio realizado por García y Walter (1998) que caracterizaron fisicoquímicamente almidones provenientes de selecciones de camotes peruanos que crecieron en la Molina y Cañete determinaron que el contenido de cenizas fue afectado por la localización, siendo alto en las muestras provenientes de la Molina (0.59%) en comparación a las provenientes de Cañete. Los valores hallados con respecto al porcentaje de cenizas se encuentran también dentro del porcentaje máximo (0.5% máximo) establecido en las normas INDECOPI (1974).

#### 4.3.1.3 PROTEÍNA

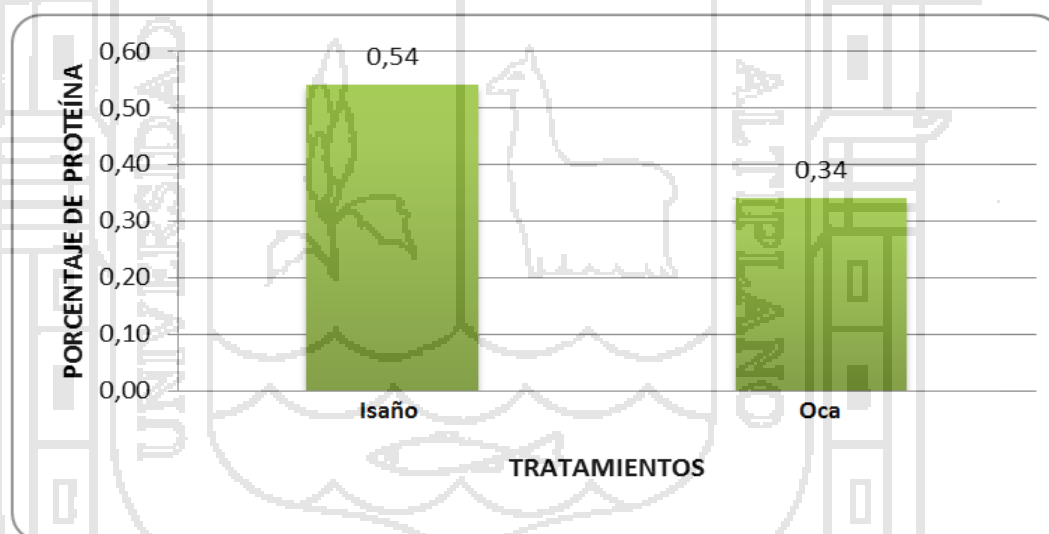
Mediante Análisis de Varianza (cuadro Nº 20), se observa que para los almidones en estudio no existe diferencia estadística significativa, lo cual nos indica que entre tratamientos no existen diferencias en contenido de proteína, coeficiente de variación igual a 3.47% nos indica la confiabilidad de los datos evaluados.

**CUADRO Nº 20. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE PROTEÍNA DE ALMIDÓN DE ISAÑO Y OCA**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Tratamientos	1	0.05606667	0.05606667	240.29	7.71	21.20	n.s.
Error	4	0.00093333	0.00023333				
Total correcto	5	0.05700000					

CV=3.47%      Media general=0.44

**FIGURA Nº 14. PORCENTAJE DE PROTEÍNA EN ALMIDÓN DE ISAÑO Y OCA**



El contenido de proteína fue 0.54% para el almidón de isaño y 0.34 para el almidón de oca este porcentaje no muestra una diferencia notable con respecto al estudio realizado con tubérculos del departamento de Ayacucho esta afirmación es sustentada con el estudio de Surco (2004) quien determino que el porcentaje de proteína para el isaño es de 0.5% y para el almidón de oca y 0.3%.

#### 4.3.1.4 GRASA

En el Análisis de Varianza (cuadro N° 21), se observa que entre los tratamientos en estudio existe diferencia estadística altamente significativa, esto nos indica que entre los almidones de isaño y oca existen diferencias en contenido de grasa debido a las características químicas de cada tubérculo, el coeficiente de variación igual a 3.27% nos indica la confiabilidad de los datos evaluados.

**CUADRO N° 21. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE GRASA DE ALMIDÓN DE OCA E ISAÑO.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Tratamientos	1	1.12666667	1.12666667	486.33	7.71	21.20	**
Error	4	0.00926667	0.00231667				
Total correcto	5	1.13593333					

CV=3.27%

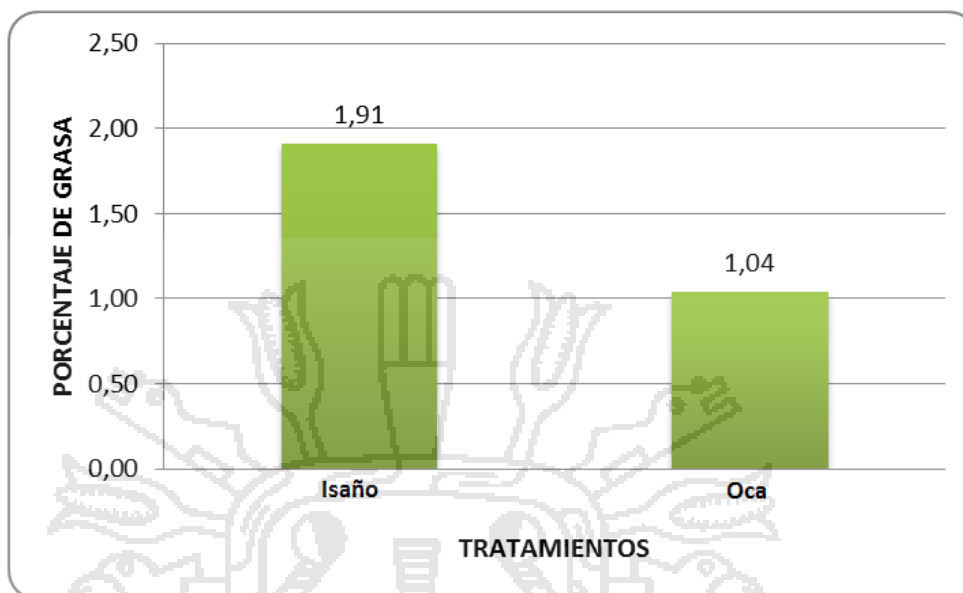
Media general=1.47

En el cuadro N° 22, se observa la prueba de comparación de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad, en donde se observa el tratamiento 1 (almidón de isaño) obtuvo un promedio de 1.91%, el cual es estadísticamente superior al almidón de oca con un promedio de 1.04%. Los resultados se aprecian en la figura N° 15.

**CUADRO N° 22. PRUEBA DE TUKEY DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE PORCENTAJE DE GRASA.**

Orden de merito	Tratamiento	Porcentaje de grasa	Sig. ≤ 0.01
1	Almidón de Isaño	1.91	A
2	Almidón de Oca	1.04	b

FIGURA Nº 15. PORCENTAJE DE GRASA EN ALMIDÓN DE ISAÑO Y OCA



La grasa cruda encontrada en las muestras en estudio fueron 1.91 y 1.04% y se encuentran dentro del rango establecido (0 – 0.10%) por la norma INDECOPI (1974) (anexo 1), estos valores son mínimos ya que el % de grasa proveniente de los tubérculos tiene valores no trascendentales así lo menciona (Moorthy 2002).

Comparando estos resultados con los reportados por Surco (2004) para los almidones de isaño y de oca observamos que el contenido de grasa hallada por este autor fue nulo (0%) por tanto los resultados obtenidos fueron mayores. Estas diferencias podrían atribuirse a que este parámetro es característico e inherente en las especies estudiadas.

Whistler (1984) y Thomas y Atwell (1999) mencionan que grasas y proteínas ambos constituyentes con frecuencia son designados como “contaminantes”, puesto que se encuentran en cantidades mínimas que incluso son consideradas trazas en la industria del almidón estos pueden provenir de membranas de amiloplastos y fuentes distintas al almidón.

#### 4.3.1.5 CARBOHIDRATOS

En el cuadro N° 23 se muestra el Análisis de Varianza, en donde los tratamientos en estudio tienen diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que entre almidones existen diferencias en contenido de carbohidratos debido a las características químicas de cada tubérculo. Por otro lado el coeficiente de variación igual a 0.11% nos indica la confiabilidad de los datos evaluados.

**CUADRO N° 23. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE CARBOHIDRATOS EN ALMIDÓN DE ISAÑO Y OCA**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Tratamientos	1	0.57041667	0.57041667	67.77	7.71	21.20	**
Error	4	0.03366667	0.00841667				
Total correcto	5	0.60408333					

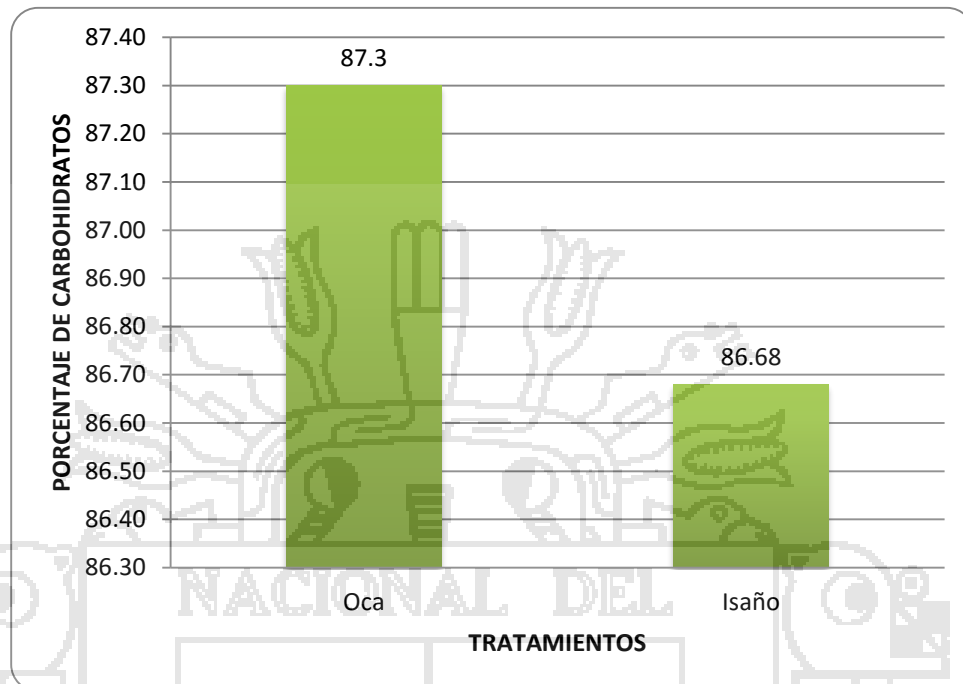
CV=0.11%

Media general=86.99

La prueba de comparación de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad (cuadro N° 24), en donde se observa que el almidón de Oca obtuvo un promedio de 87.30%, el cual es estadísticamente superior al almidón de isaño que obtuvo un promedio de 86.68%. Los resultados se aprecian en la figura N° 16.

**CUADRO N° 24. PRUEBA DE TUKEY DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE PORCENTAJE DE CARBOHIDRATOS.**

Orden de merito	Tratamiento	Porcentaje de carbohidratos	Sig. ≤ 0.01
1	Almidón de Oca	87.30	a
2	Almidón de Isaño	86.68	b

**FIGURA Nº 16. PORCENTAJE DE CARBOHIDRATOS EN ALMIDÓN DE OCA E ISAÑO.**

Con respecto al contenido de carbohidratos estos se convierten en el principal constituyente el almidón de oca representa el mayor valor obtenido (87.3%) entre los dos almidones ya que el almidón de isaño contiene 86.68%.

Los carbohidratos presentes en almidón de isaño (86.68%) este valor es menor que el valor registrado por Reyes (2007) (87.1%) de igual forma para el almidón de oca este autor registra 88.67% valor mayor al hallado en este trabajo 87.3%, el porcentaje alto de carbohidratos encontrados en el almidón de isaño y oca es un aspecto favorable para ser evaluado como alimento nutritivo la diferencia del porcentaje de carbohidratos del almidón de isaño y oca se debe a las características propias de la materia prima.



#### 4.3.1.6 FIBRA

Los almidones extraídos no presentaron fibra en su composición como en la mayoría de los almidones de diferentes especies de tubérculos y raíces el contenido de fibra cruda en el almidón depende del tamiz usado los almidones generalmente contienen 0,1 – 0,15% así lo menciona Reyes (2007), pero existen almidones provenientes de granos andinos que presentan determinado contenido de fibra como en la investigación realizada por Lizárraga (1981) que evaluó muestras de almidón de kiwicha en el Cusco y reporta contenidos promedios de 9,42% teniendo valores extremos de 16,72% y 4,58%.

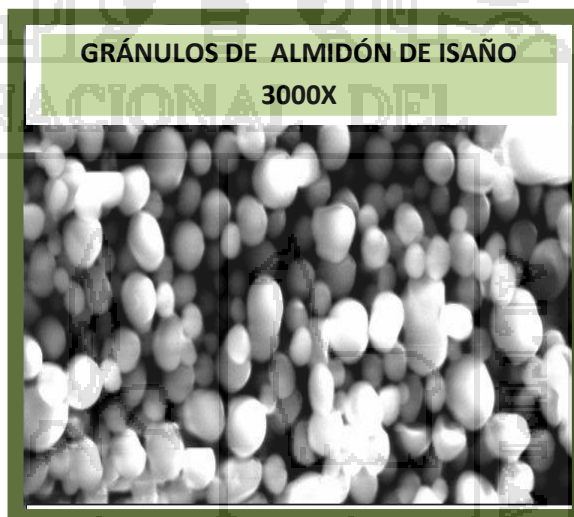
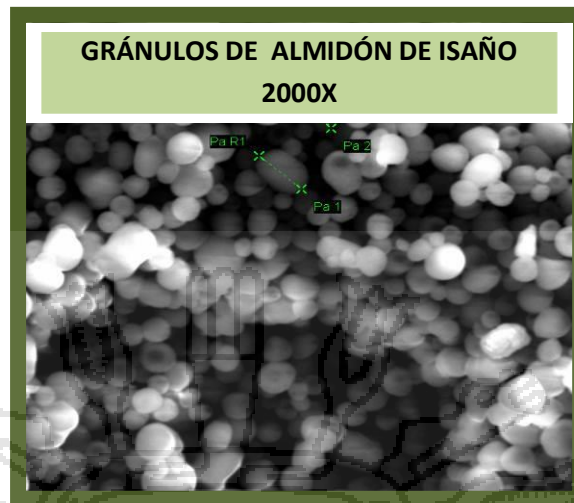
#### 4.3.2 FORMA Y TAMAÑO DE LOS GRÁNULOS

##### 4.3.2.1 FORMA

En la figura N° 17 observamos los aumentos de 1000x, 2000x y 3000x respectivamente, en su mayoría estos presentan forma esférica esto coincide con la forma descrita por dos autores que realizaron investigaciones similares Espín *et al.*, (1999) y Reyes (2007). Los gránulos de almidón de isaño se asemejan a la de los gránulos de almidón de camote y makal así lo observó Swinkels, (1985) y a los gránulos de miso y zanahoria blanca Espín *et al.*, (1999).

**FIGURA N° 17 MICROSCOPIA ELECTRÓNICA POR BARRIDO ALMIDÓN DE ISAÑO**

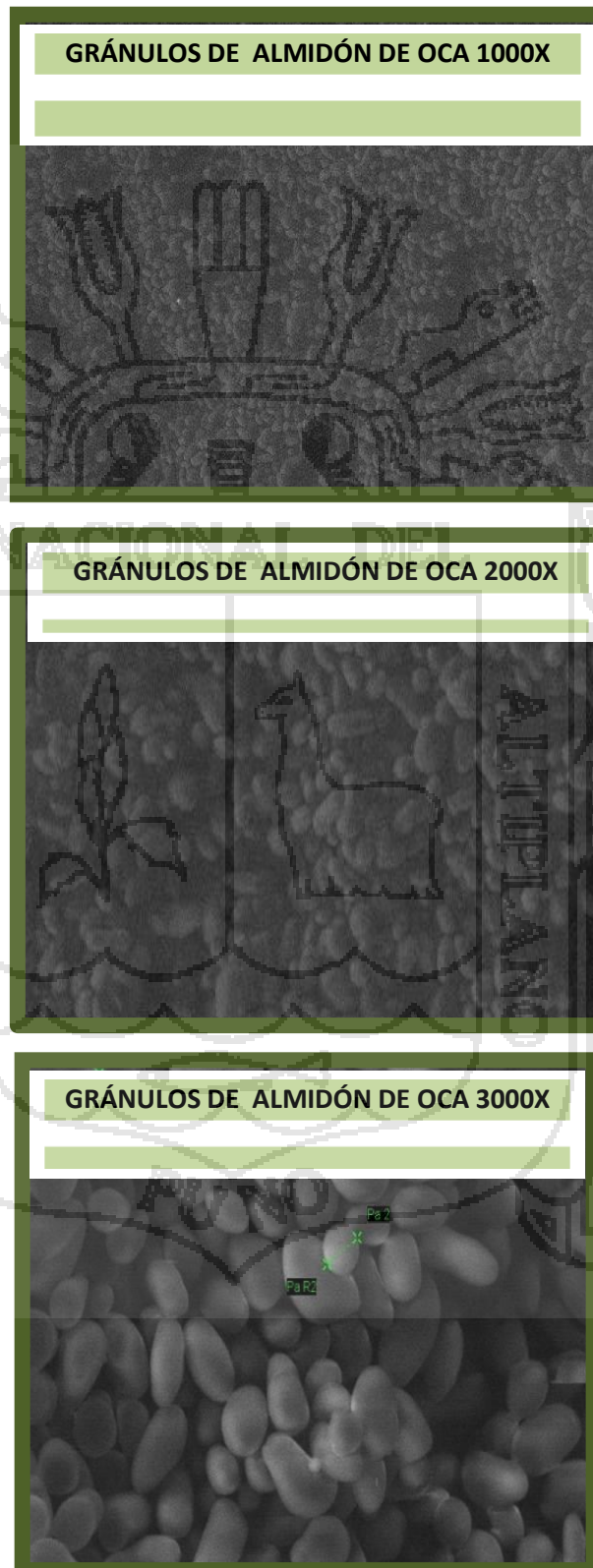




Se presenta la microfotografía de los gránulos de almidón de oca tomadas por el microscopio electrónico de barrido figura N° 18 observamos los aumentos de 1000x, 2000x y 3000x respectivamente, estos presentan forma ovoide esférica esto coincide con la forma descrita por dos autores que realizaron investigaciones similares Espín *et al.*, (1999) y Reyes (2007).

Los gránulos de almidón de oca tienen forma ovoidal esta es similar a los gránulos de almidón del trigo tal como lo observo Cortes (2008) y a los gránulos de la papa y del melloco que estudiaron Espín *et al.*, (1999).

FIGURA Nº 18. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA POR BARRIDO ALMIDÓN DE ISAÑO Y OCA



#### 4.3.2.2 TAMAÑO

Con respecto al tamaño los gránulos se realizaron 18 repeticiones de medidas en los gránulos de cada tipo de almidón (ANEXO 3).

En el cuadro N° 25, se observa las medidas estadísticas de los gránulos de almidón de oca donde la media del eje mayor es de 29.22 micras, con una mínima de 23.61 micras y una máxima de 38.50 micras; y la media del eje menor es de 16.45 micras, con una mínima de 13.15 micras y una máxima de 18.75 micras con forma ovoidal. Los valores encontrados respecto a la media se aproximan a lo encontrado por Espín *et al.*, (1999) en tubérculo de oca, quienes dan como resultado las medidas del eje mayor de  $30.94 \pm 2.40$  micras y la del eje menor  $19.13 \pm 1.08$  micras.

**CUADRO N° 25. MEDIDAS ESTADÍSTICAS DE LOS GRÁNULOS DE ALMIDÓN DE OCA**

Variable	Media	D.E.	Mín.	Máx.	Forma
Eje mayor	29.22	$\pm 4.62$	23.61	38.50	Ovoidal
Eje menor	16.45	$\pm 1.75$	13.15	18.75	

Por otro lado Fairlie *et al.*, (1999), encontraron que el eje mayor de los gránulos de almidón oca fueron de  $29.49 \pm 2.48$  micras y en el eje menor de  $20.13 \pm 2.08$  micras con una forma ovoidal; lo cual comparado con nuestros resultados se puede argumentar que con respecto al eje mayor se aproxima, pero con el eje menor es distante en  $4.32 \mu$  aproximadamente, la diferencia en los resultados se pueden atribuir a las variedades de ocas de la zona que difieren en su tamaño debido a la influencia de la tecnología de cultivo y a los factores climatológicos que influyeron directamente sobre la formación de los gránulos.

En el cuadro N° 26, se observa las medidas estadísticas de los gránulos de almidón de isaño donde la media del eje mayor es de  $16.17 \mu$ , con una mínima de  $5.60 \mu$  y una máxima de  $26.32 \mu$ ; y la media del eje menor es de  $15.67 \mu$ , con una mínima de  $5.70 \mu$  y una máxima de  $20.89 \mu$ . La forma del tubérculo mediante observación es

Esférica. Los valores encontrados respecto a la media se aproximan a lo encontrado por Espín *et al.*, (1999), quienes dan como resultado las medidas del eje mayor de  $15.00 \pm 1.96 \mu$  y la del eje menor  $13.07 \pm 1.70 \mu$  y con una forma de tubérculo esférica.

**CUADRO Nº 26 MEDIDAS ESTADÍSTICAS DE LOS GRÁNULOS DE ALMIDON DE  
ISAÑO**

Variable	Media	D.E.	Mín.	Máx.	Forma
Eje mayor	16.17	$\pm 5.10$	5.60	26.32	Esférica
Eje menor	15.67	$\pm 4.36$	5.70	20.89	

Por otro lado Fairlie *et al.*, (1999), encontraron que el eje mayor del tubérculo oca fue de  $15.60 \pm 2.41 \mu$  y en el eje menor de  $12.47 \pm 1.87 \mu$ , forma Esférica del tubérculo; lo cual comparado con nuestro resultados se puede argumentar que con respecto a los ejes mayor se aproxima, pero con el eje menor es distante en  $3.20 \mu$  aproximadamente, la diferencia en los resultados se pueden atribuir a las variedades de ocas de la zona que difieren en su tamaño debido la influencia de la tecnología de cultivo y a los factores climatológicos que influyeron directamente sobre la formación de los tubérculos.

En general los gránulos de almidón de oca tienen mayor tamaño en comparación a los gránulos de almidón de isaño, esto se debe a que el tamaño y la forma de los gránulos de almidón son característicos de cada especie Espín *et al.*, (1999), los gránulos de almidón de oca tienen mayor tamaño en comparación a gránulos de otras especies de tubérculos, raíces y semillas (cuadro Nº 08).

El tamaño de los gránulos de los almidones son de variable interés en ciertas aplicaciones como por ejemplo los gránulos de almidón de isaño son de menor tamaño la aplicación de este almidón sería adecuado en la industria cosmetológica y para la industria textil en el acabado de telas finas.

Para la clasificación de Lindeboom *et al.*, (2004) los gránulos de almidón de oca son grandes y los gránulos de almidón de isaño medianos.

#### 4.3.3 VISCOSIDAD

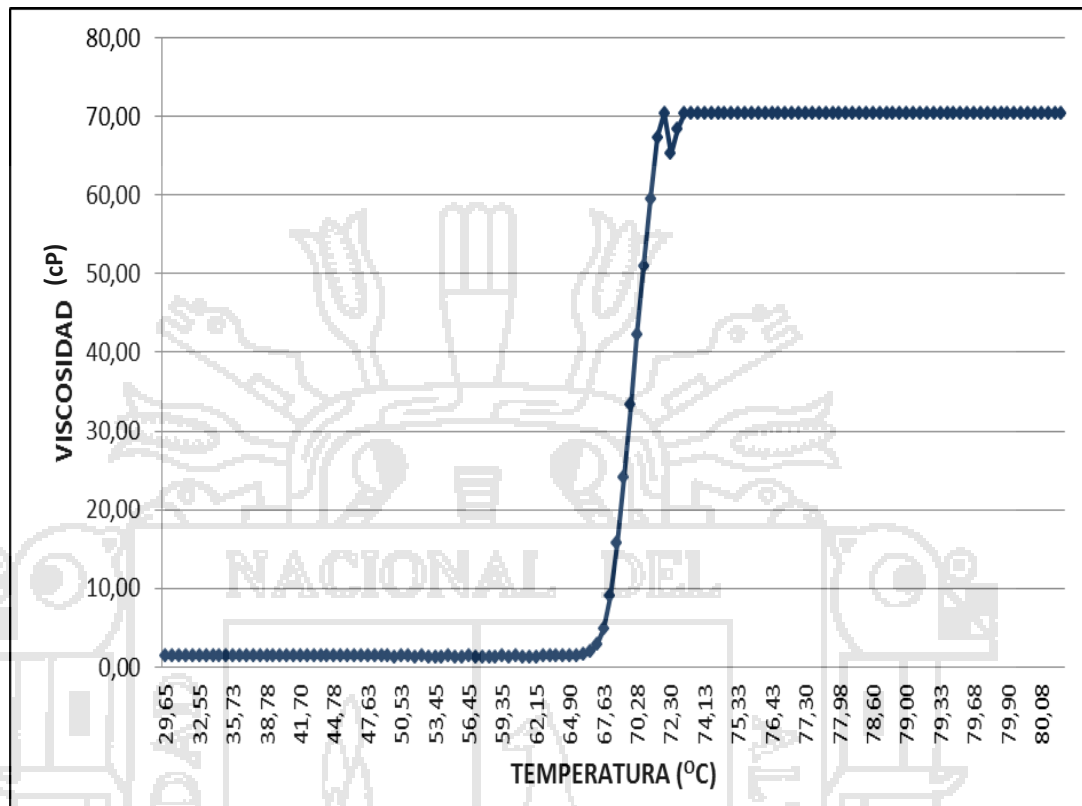
El perfil de viscosidad es el reflejo de los cambios granulares que suceden durante el calentamiento de una dispersión de almidón. Durante la fase de calentamiento se presenta un aumento en la viscosidad, la cual es registrada como el inicio del hinchamiento de los gránulos.

Este proceso continúa hasta alcanzar el pico de viscosidad, representado por la mayor viscosidad que puede encontrarse durante la preparación de la pasta de un almidón; es una medida del poder de espesamiento de este compuesto

El comportamiento de la viscosidad del almidón de oca con respecto a la temperatura (figura N° 19), se observa que a partir de los 29.65°C aproximadamente hasta 65.90°C se mantiene con valores mínimos en cuanto respecta a lectura de viscosidad pero con una tendencia positiva con valores que van desde 1.34 cP hasta 1.54 cP.

A partir de este punto (66.50°C; 1.92cP) tiene una tendencia positiva muy alta que va desde 1.92 cP hasta llegar al punto máximo de 70.40 cP donde la temperatura es 73.15°C donde se obtiene una viscosidad constante (70.40 cP).

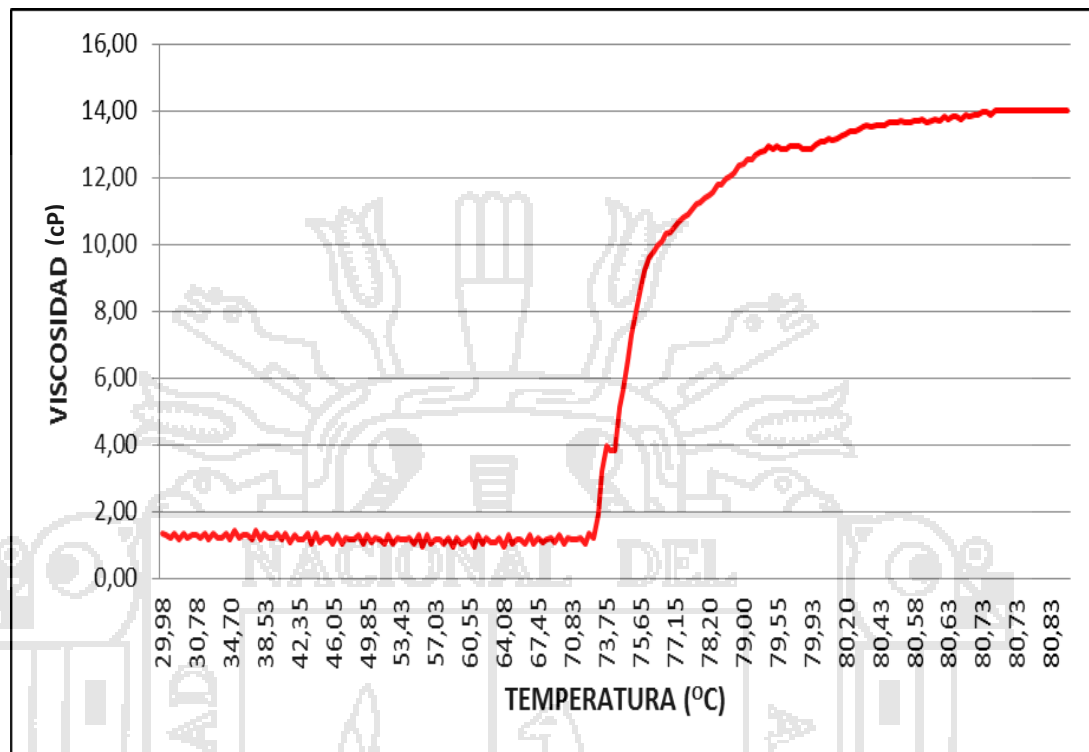
**FIGURA Nº 19. VARIACIÓN DE LA VISCOSIDAD DEL ALMIDÓN DE OCA A DIFERENTES TEMPERATURAS**



En la figura Nº 20 la lectura de la viscosidad del almidón de isaño inicia a los 29.68 °C y a diferencia del almidón de oca inicia su incremento de viscosidad inicia a una temperatura mayor (72.40°C) con viscosidades mínimas que oscilan de 1.28 a 1.34 cP, a partir de este punto (72.40C; 1.34 cP) la viscosidad se incrementa desde 3.97 cP hasta 14.02cP; 80.70°C punto máximo de la viscosidad de almidón isaño

Los valores de viscosidad pico obtenidos, mostraron que el almidón de presento el valor más alto (70.40 cP) y el almidón de isaño el más bajo (14.02cP).La altura de picos refleja la habilidad de los gránulos de almidón para hincharse libremente antes de su rompimiento físico (Singh *et al.*, 2003). Cuando el almidón es calentado en exceso de agua, sus gránulos se hinchan y al mismo tiempo parte de sus componentes (amilosa y amilopectina) son solubilizadas dando lugar a partículas hinchadas.

**FIGURA Nº 20. VARIACIÓN DE LA VISCOSIDAD DEL ALMIDÓN DE ISAÑO A DIFERENTES TEMPERATURAS**



Las propiedades de formación de pasta del almidón pueden ser afectadas por el contenido de lípidos que inhiben el hinchamiento así lo indica Tester y Morrison (1990), el almidón que presenta el valor más alto de viscosidad es el almidón de oca esto se puede atribuir a lo mencionado por dichos autores puesto según el análisis proximal realizado a las dos muestras (cuadro Nº 16), el almidón de isaño tiene mayor contenido de grasa (1.91) en comparación al almidón de oca (1.04) este porcentaje de lípidos probablemente inhibe el hinchamiento de los gránulos de almidón de esta manera genera menor viscosidad, cuando ambas dispersiones de almidón son calentadas utilizando una velocidad de calentamiento constante, la viscosidad aumenta hasta obtener un valor máximo y entre los dos almidones el valor máximo hallado fue el del almidón de oca (figuras Nº 21 y 22).



#### 4.3.4 PODER DE HINCHAMIENTO Y SOLUBILIDAD.

a) **Poder de hinchamiento:** De los datos procesados (ANEXO 4) se observa que para el factor tubérculo existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que entre los almidones de isaño y oca existen diferencias en el porcentaje de poder de hinchamiento debido a las características químicas del almidón. Para el factor Temperatura existe diferencia estadística altamente significativa, esto quiere decir que la variación de temperatura influye en el poder de hinchamiento. En la interacción entre los factores Tubérculo x Temperatura, se observa que existe una diferencia estadística altamente significativa, lo cual denota que ambos factores actúan de forma dependiente uno sobre el otro en el poder de hinchamiento (cuadro Nº 27).

**CUADRO Nº 27. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PODER DE HINCHAMIENTO DE ALMIDÓN DE ISAÑO Y DE OCA.**

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Almidón de Tubérculo	1	494.446422	494.446422	6073.87	4.75	9.33	**
Temperaturas	2	1590.908344	795.454172	9771.50	3.89	6.93	**
Almidón de Tubérculo*Temperatura	2	40.018678	20.009339	245.80	3.89	6.93	**
Error	12	0.976867	0.081406				
Total correcto	17	2126.350311					

CV=1.42%

Media general=20.10

Por otro lado el coeficiente de variación igual a 1.42% nos indica la confiabilidad de los datos evaluados

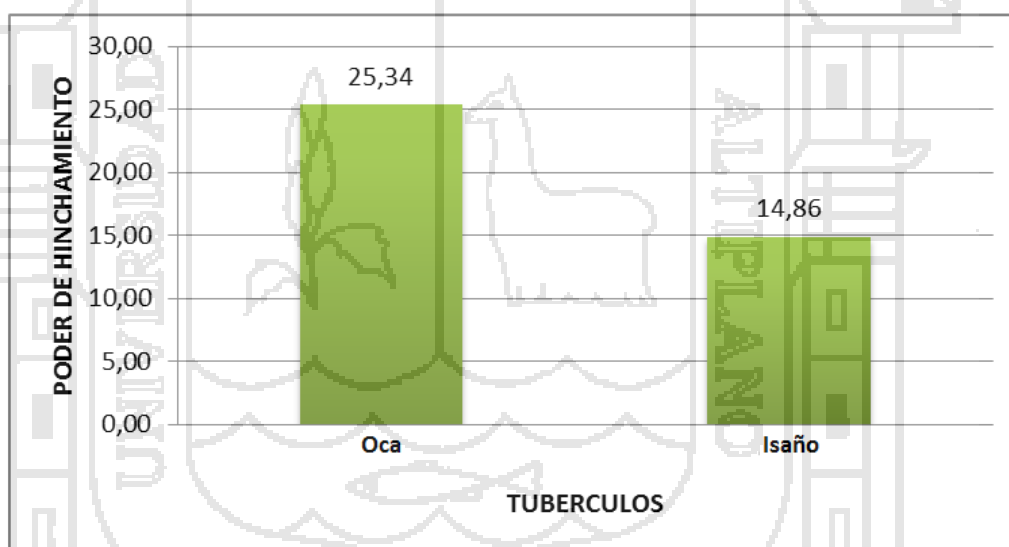
En el cuadro Nº 28, se observa la prueba de comparación de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad, en donde se observa que el almidón de oca obtuvo un promedio de 25.34% de poder de hinchamiento, el cual es estadísticamente

superior al almidón de Isaño que obtuvo un promedio de 14.86%. Los resultados se aprecian en la figura N°21.

**CUADRO N° 28. PRUEBA DE TUKEY PARA FACTOR TUBÉRCULOS SOBRE PORCENTAJE DE PODER DE HINCHAMIENTO.**

Orden de merito	Almidón de Tubérculos	Porcentaje de poder de hinchamiento	Sig. $\leq 0.01$
1	Oca	25.34	A
2	Isaño	14.86	b

**FIGURA N° 21. PROMEDIO DE PODER DE HINCHAMIENTO PARA FACTOR TUBÉRCULO EN ALMIDÓN DE ISAÑO Y OCA.**

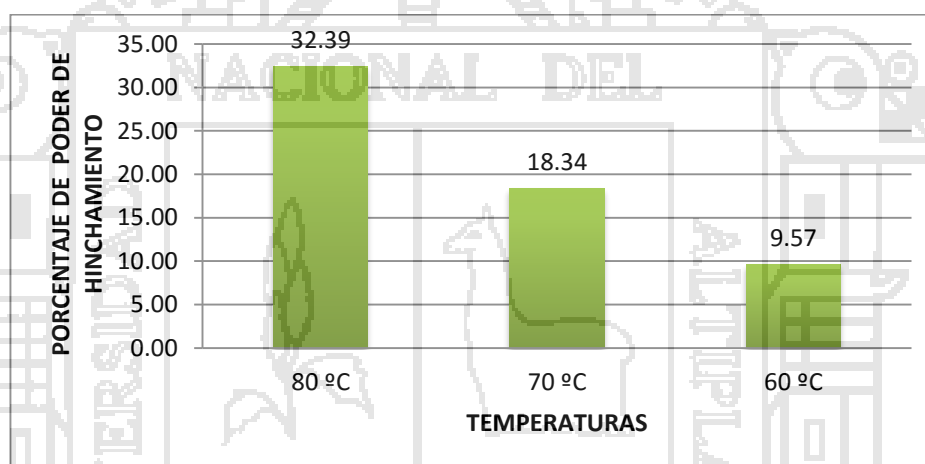


En el cuadro N° 29, se observa la prueba de comparación de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad, la temperatura "80 °C" obtuvo un promedio de 32.39%, el cual es estadísticamente superior a las demás temperaturas "70 °C" y "60 °C" que obtuvieron un promedio de 18.34% y 9.57%. Los resultados se aprecian en la figura N° 22.

**CUADRO N° 29. PRUEBA DE TUKEY PARA FACTOR TEMPERATURA SOBRE PODER DE HINCHAMIENTO**

Orden de merito	Temperaturas (°C)	Porcentaje de poder de hinchamiento	Sig. ≤ 0.01
1	80	32.39	A
2	70	18.34	b
3	60	9.57	c

**FIGURA N° 22. PODER DE HINCHAMIENTO PARA FACTOR TEMPERATURA SOBRE EL PODER DE HINCHAMIENTO EN ALMIDÓN DE ISAÑO Y OCA**



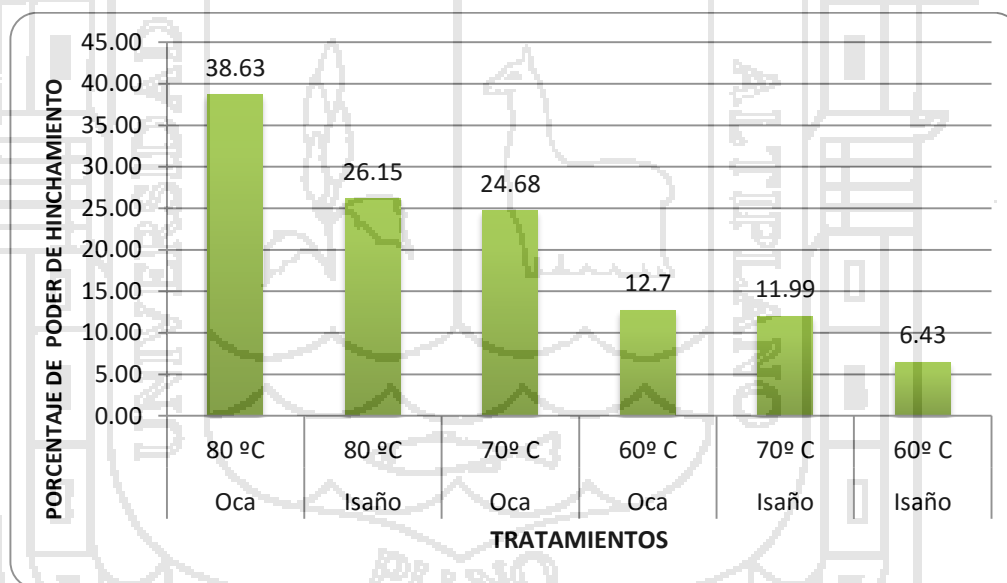
En el cuadro N° 30, se observa la prueba de comparación de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad, en donde se observa que la interacción “almidón de oca x 80 °C” obtuvo un promedio de 38.63%, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones; le sigue la interacción “almidón de isaño x 80 °C” que obtuvo un promedio de 26.15%. Los resultados se aprecian en la figura N° 23.

## CUADRO Nº 30. PRUEBA DE TUKEY PARA FACTOR INTERACCIÓN TUBÉRCULOS

\*TEMPERATURAS SOBRE PODER DE HINCHAMIENTO.

Orden de mérito	Interacción		Poder de hinchamiento	Sig. $\leq 0.01$
	Almidón de Tubérculos	Temperaturas (°C)		
1	Oca	80	38.63	a
2	Isaño	80	26.15	b
3	Oca	70	24.68	c
4	Oca	60	12.70	d
5	Isaño	70	11.99	E
6	Isaño	60	6.43	f

FIGURA Nº 23. PODER DE HINCHAMIENTO PARA FACTOR TUBERCULOS\*  
TEMPERATURAS EN ALMIDÓN DE ISAÑO Y OCA



La suspensión de almidón de oca obtuvo mayor porcentaje de poder de hinchamiento 38.63% que la suspensión de isaño 26.15% ambos almidones mostraron sus mejores resultados sometidos a la temperatura de 80°C, los datos hallados para ambos tubérculos se asemejan al porcentaje de poder de hinchamiento del almidón de papa se necesita una menor cuadro Nº 11 generalmente las raíces y tubérculos andinos tienen elevados porcentajes de poder

de hinchamiento y solubilidad y esto se debe a su contenido de amilopectina ya que esta posee un elevado poder de retención de agua.

Cheftel y Cheftel (1996) menciona que como consecuencia se necesita menor concentración para llegar a la misma viscosidad de diferentes almidones (maíz, trigo, haba etc.) , los resultados son una combinación de efectos de las altas temperaturas que incrementan el grado de hinchamiento del gránulo debido a que provocan la ruptura de enlaces intragranular (Pacheco y Alemán, 2003) .

La diferencia de poder de hinchamiento entre ambos almidones extraídos radica en que el almidón que posee menor poder de hinchamiento (almidón de isaño) tiene poderosas uniformes y extensas fuerzas internas en el granulo de almidón en comparación con el almidón que presenta mayor poder de hinchamiento esto hace que el granulo se resista a hincharse.

En los resultados de poder de hinchamiento obtenidos para cada una de los almidones se evidencia que, al aumentar gradualmente la temperatura, se produce también el incremento en el poder de hinchamiento, para cada una de las muestras analizadas, esto debido a que se produce una interacción entre las cadenas de almidón constituidas por amilosa y amilopectina, que permite la interacción del agua con los gránulos de almidón.

Las proteínas y lípidos presentes en los gránulos pueden jugar un papel importante en el hinchamiento por que estos inhiben el hinchamiento así lo indica Tester y Morrison (1990), probablemente estos dos factores hacen que el poder de hinchamiento del almidón de isaño sea menor al de la oca ya que en el análisis proximal realizado (cuadro N° 16) el almidón de oca contiene lípidos y proteínas en menor porcentaje que el almidón de isaño.

Además, es importante señalar que el poder de hinchamiento también está determinado por el tamaño del gránulo, temperatura de gelatinización y la organización de los componentes del almidón (longitud de la cadena de amilopectina y contenido de amilosa) Sasaki y Matsuki (1998) como podemos

observar en el cuadro N° 8 probablemente este sea un motivo que el poder de hinchamiento del almidón de oca sea mayor que el de isaño puesto que los gránulos de almidón de oca son de mayor tamaño que los de almidón de isaño de igual manera la variabilidad en el tamaño de los gránulos de almidón de oca y de isaño contribuyen a que los mismos presenten poder de hinchamiento y de absorción de agua superiores a los encontrados para almidones de otras especies botánicas (cuadro N° 11).

Leach *et al.*,(1959) (mencionado por Raygada, 2001) estudiaron el poder de hinchamiento y solubilidad de almidones de varias especies encontrando que ello depende de la especie vegetal que origina el almidón y como ya se menciona esto se debe a las diferentes fuerzas internas (enlaces de hidrogeno).

**b) Solubilidad:** Los datos obtenidos (anexo 4) fueron procesados mediante Análisis de Varianza (cuadro N° 31), en donde se observa que para el factor tubérculo existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que entre los tubérculos existen diferencias en poder de hinchamiento debido a las características químicas de cada uno de estos.

Para el factor Temperaturas existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que entre las temperaturas si influyen en la solubilidad. En la interacción entre los factores Tubérculo x Temperatura, se observa que existe una diferencia estadística altamente significativa, lo cual indica que ambos factores actúan de forma dependiente uno sobre el otro sobre la solubilidad. Por otro lado el coeficiente de variación igual a 2.75% nos indica la confiabilidad de los datos evaluados.

**CUADRO Nº 31. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE SOLUBILIDAD DE OCA E ISAÑO.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Almidón de Tubérculo	1	89.1557556	89.1557556	290.70	4.75	9.33	**
Temperaturas	2	196.8568111	98.4284056	320.94	3.89	6.93	**
Almidón de tubérculo*Temperatura	2	4.5812111	2.2906056	7.47	3.89	6.93	**
Error	12	3.6802667	0.3066889				
Total correcto	17	294.2740444					

CV=2.75%

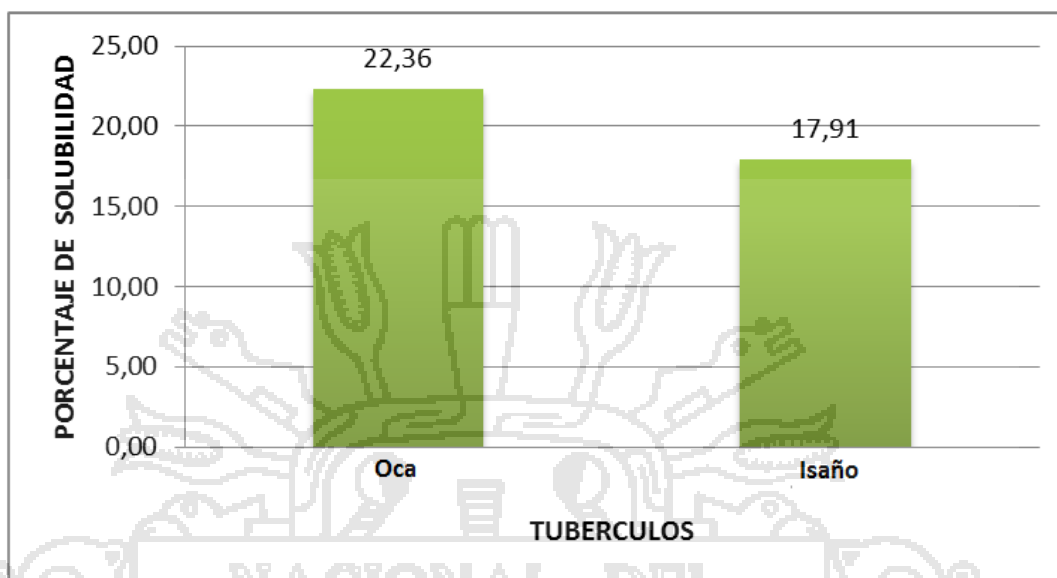
Media general=20.13

En el cuadro Nº 32, se observa la prueba de comparación de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad, en donde se observa el tubérculo “Oca” obtuvo un promedio de 22.36%, el cual es estadísticamente superior al tubérculo “Isaño” que obtuvo un promedio de 17.91%. Los resultados se aprecian en la figura Nº 24.

**CUADRO Nº 32. PRUEBA DE TUKEY PARA FACTOR TUBÉRCULOS SOBRE PORCENTAJE DE SOLUBILIDAD.**

Orden de merito	Almidón de Tubérculos	Porcentaje de solubilidad	Sig. ≤ 0.01
1	Oca	22.36	A
2	Isaño	17.91	b

**FIGURA Nº 24. PROMEDIO DE SOLUBILIDAD PARA FACTOR TUBÉRCULOS EN ALMIDÓN DE ISAÑO Y OCA**



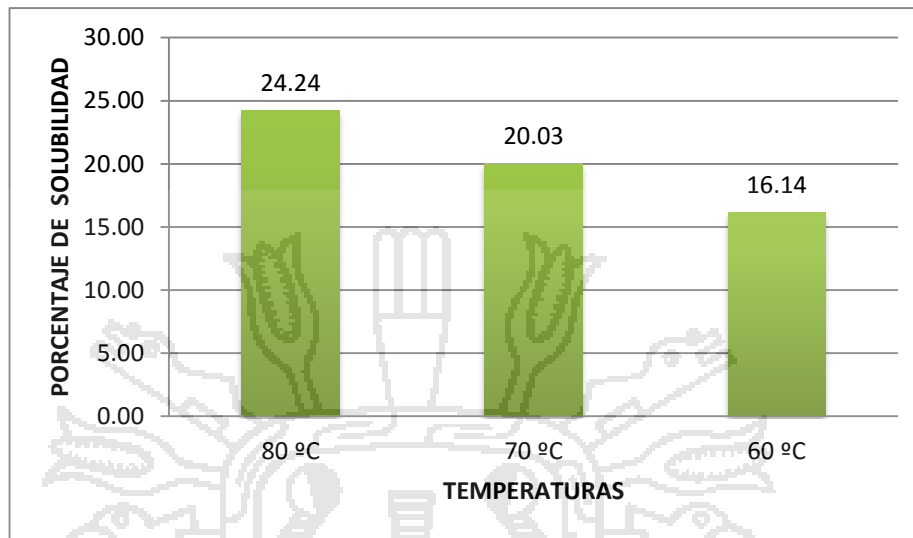
En el cuadro Nº 33, se observa la prueba de comparación de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad, en donde se observa que la temperatura “80 °C” obtuvo un promedio de 24.24%, el cual es estadísticamente superior a las demás temperaturas “70 °C” y “60 °C” que obtuvieron un promedio de 20.03% y 16.14%. Los resultados se aprecian en la figura Nº 25.

**CUADRO Nº 33. PRUEBA DE TUKEY PARA FACTOR TEMPERATURAS SOBRE PORCENTAJE DE SOLUBILIDAD.**

Orden de merito	Temperatura (°C)	Porcentaje de solubilidad	Sig. ≤ 0.01
1	80	24.24	A
2	70	20.03	b
3	60	16.14	c



**FIGURA Nº 25. PORCENTAJE DE SOLUBILIDAD PARA FACTOR TEMPERATURAS EN ALMIDÓN DE ISAÑO.**

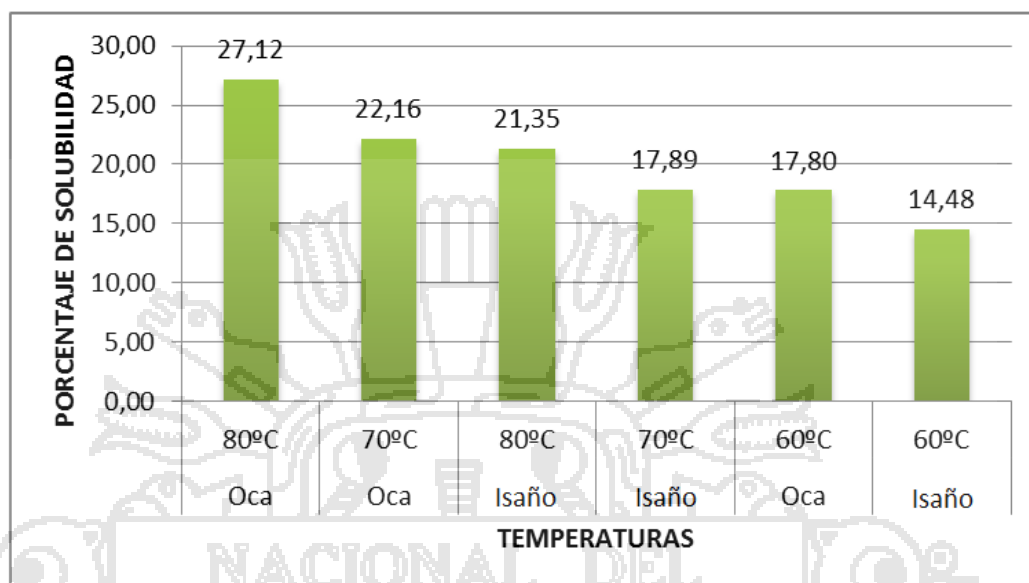


En el cuadro Nº 34, se observa la prueba de comparación de medias de Tukey al 0.01 de probabilidad, en donde se observa que la interacción “almidón de Oca sometido al tratamiento de 80 °C” obtuvo un promedio de 27.12%, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones; le sigue las interacciones “Almidón de Oca sometido al tratamiento de 70 °C” y “Almidón de Isaiño sometido a la temperatura 80 °C” que obtuvieron un promedio de 22.16% y 21.35% respectivamente. Los resultados se aprecian en la figura Nº 28.

**CUADRO Nº 34. PRUEBA DE TUKEY PARA FACTOR INTERACCIÓN TUBÉRCULOS \* TEMPERATURAS SOBRE PORCENTAJE DE SOLUBILIDAD.**

Orden de mérito	Interacción		Porcentaje de solubilidad	Sig. ≤ 0.01
	Almidón de Tubérculos	Temperaturas (°C)		
1	Oca	80	27.12	a
2	Oca	70	22.16	b
3	Isaiño	80	21.35	b
4	Isaiño	70	17.89	c
5	Oca	60	17.80	c
6	Isaiño	60	14.48	d

**FIGURA N° 26. PORCENTAJE DE SOLUBILIDAD PARA FACTOR TUBERCULOS\*TEMPERATURAS EN ALMIDÓN DE ISAÑO Y OCA.**



El mejor resultado obtenido en porcentaje de solubilidad fue para el almidón de oca 27.12% sometido al tratamiento de 80°C, el almidón de isaño obtuvo 21.35% de igual manera sometido a la temperatura de 80°C, estos resultados se asemejan a los descritos por Gonzáles (2002) en el almidón de papa cuadro N° 11. Al igual que en el poder de hinchamiento se evidencia que al aumentar gradualmente la temperatura, se produce también el incremento en la solubilidad para cada una de las muestras analizadas esto sucede al aumento de la movilidad de los gránulos de almidón, lo cual facilita la dispersión de las moléculas de almidón en el agua, produciendo un incremento en la solubilidad (Rincón, 2007).

Rikard *et al.*, (1991) menciona que los almidones con mayor contenido de amilosa son los de mayor solubilidad debido a que al hincharse el granulo, la amilosa se solubiliza en el medio acuoso y migra hacia afuera del granulo, entonces a medida en que el granulo posea una mayor cantidad de amilasa habrá una mayor cantidad de solución fuera del granulo lo cual eleva la viscosidad, frente a esto podemos atribuir la diferencia de solubilidad entre los dos almidones ya que el almidón de

oca cuenta con mayor porcentaje de amilosa que el almidón de isaño según Badui (1995) en el cuadro N° 06.

El elevado incremento en la solubilidad es principalmente un resultado del elevado hinchamiento de los gránulo permitiendo la exudación de la amilosa (mencionado por Gujska, 1994 mencionado por Gonzales 2002), de igual manera los autores manifiestan que dos almidones diferentes pueden tener similar poder de hinchamiento pero diferente comportamiento en su viscosidad debido a diferentes factores como, carga iónica presencia de grasa y grado de ramificación etc.

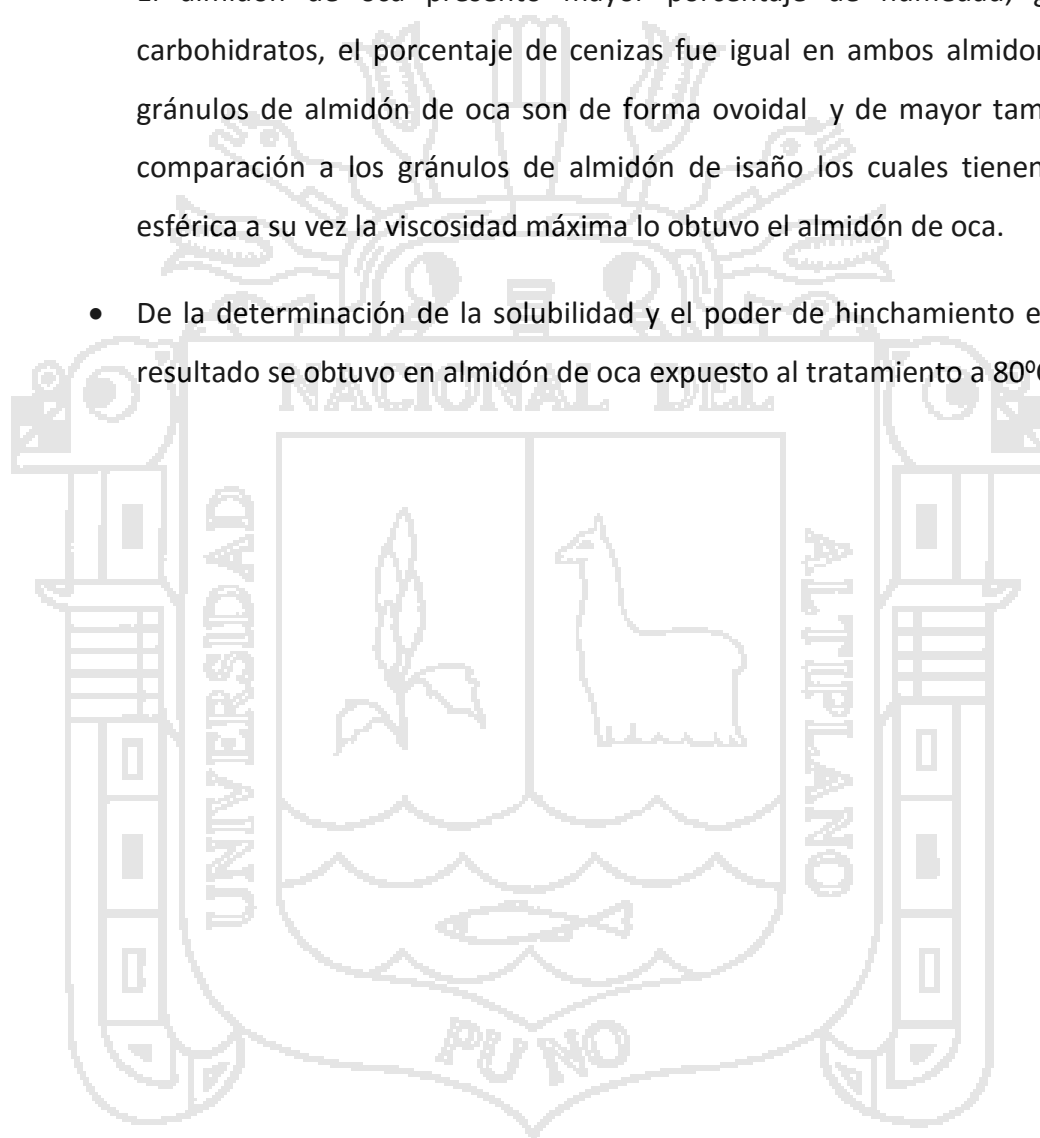
De igual manera tiene influencia la variabilidad en el tamaño de los gránulos, el almidón de oca presenta gránulos de mayor tamaño que del isaño aun así el almidón de isaño posee gránulos de almidón de mayor tamaño que otros almidones es por este motivo que ambos almidones presentan poder de hinchamiento y solubilidad superiores a los encontrados para almidones de otras especies botánicas (cuadro N° 11)

La solubilidad se relaciona directamente con el hinchamiento a mayor hinchamiento mayor solubilidad justamente esta relación la guardan ambos almidones en estudio pero el almidón de oca es el que mejores características presenta en cuanto porcentaje de solubilidad y poder de hinchamiento.

En general en los resultados se observan que a medida que se incrementa la temperatura se incrementa el poder de hinchamiento y la solubilidad esto se debe a que ambos (poder de hinchamiento y solubilidad) se relacionan directamente, como se puede observar en las figuras (N° 22,23, 24, 25 y 26 ) ambos siguen similar tendencia.

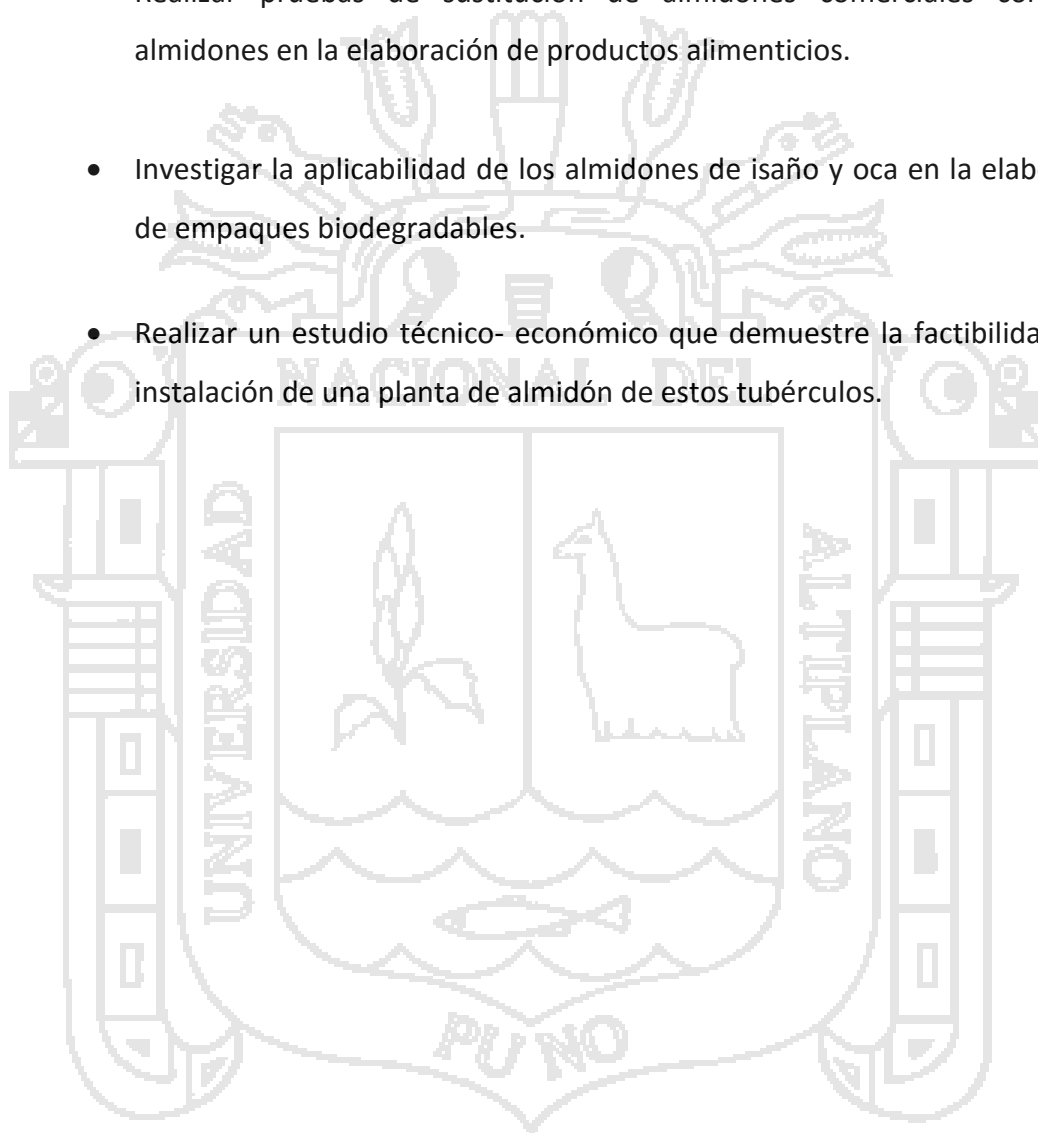
### XIII. CONCLUSIONES

- El rendimiento del porcentaje de almidón de oca resulto mayor que el rendimiento del almidón de isaño.
- El almidón de oca presento mayor porcentaje de humedad, grasa y carbohidratos, el porcentaje de cenizas fue igual en ambos almidones, los gránulos de almidón de oca son de forma ovoidal y de mayor tamaño en comparación a los gránulos de almidón de isaño los cuales tienen forma esférica a su vez la viscosidad máxima lo obtuvo el almidón de oca.
- De la determinación de la solubilidad y el poder de hinchamiento el mejor resultado se obtuvo en almidón de oca expuesto al tratamiento a 80°C.



#### XIV. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios para la posibilidad de fomentar el uso industrial de almidón de isaño y oca.
- Realizar pruebas de sustitución de almidones comerciales con estos almidones en la elaboración de productos alimenticios.
- Investigar la aplicabilidad de los almidones de isaño y oca en la elaboración de empaques biodegradables.
- Realizar un estudio técnico- económico que demuestre la factibilidad de la instalación de una planta de almidón de estos tubérculos.



## XV. BIBLIOGRAFIA

- ALCÁZAR DEL CASTILLO, J. 2002. Diccionario técnico de industrias alimentarias. Segunda edición. Editorial Cibercopy. Lima - Perú.
- ALFARO, G. 1995. El mundo andino y sus alimentos. En Memorias del Ciclo de Conferencias sobre Alimentos Andinos (Cochabamba, 8 al 11 de abril de 1995). Lima G. Alfaro y S. Salas editores. Bolivia.
- ANDERSON, R. Y H. COHWAY; V. PFEIFER AND R. GRIFFING. 1969. Gelatinization of Corn grits by roll and extrusion cooking. Cereal Science Today. Vol. 14 No.1. p. 4-12.
- ARBIZU, C. Y. TAPIA, M. 1992. Tubérculos andinos. En: Cultivos marginados, otra perspectiva de 1492. Ed. J.E. Bermejo y J. León. FAO-Jardín Botánico de Córdoba, España.
- ARBIZU, C. Y E. ROBLES, E. 1986. La Colección de los cultivos de raíces y tubérculos andinos de la universidad de Huamanga. En anales del V congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. Puno- Perú.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1984. Official Methods of Analysis. (14 th edn). Methods 2.057 and 7.062. Arlington, Virginia, USA. p. 16, 159-169.
- BADUI, S. 1995. Química de los alimentos Tercera edición - segunda impresión, Editorial Alhambra Mexicana S.A. México.
- BALDWIN, P. M. 2001. Estudio del granulo-asociado a proteínas y polipéptidos.
- BELTIZ, G. 1997. Química de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza - España.
- BETANCUR-ANCONA, D.; CHELL, L.; CAMELO, R AND DÁVILA, G. 2001. Physicochemical and functional caracterización of baby Lima bean (*Phaseolus lunatus*) starch. Starch/53. 219 – 226.
- CÁRDENAS, M. 1985. Informe sobre Trabajos hechos en Bolivia sobre Oca, Ulluco, y Mashua en avances en las Investigaciones sobre Tubérculos

Alimenticios de los Andes. Editor: Mario Tapia. Proyecto INIAA CIID ACIDI Bolivia. p. 5 – 21.

- CHARLEY, H. 1998. Tecnología de alimentos 1ª Ed. Editorial Limusa S.A. México.
- CHEFTEL, J.Y; CHEFTEL, H. 1996. Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos .Tomo I. Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España.
- CHENG-YI, L; Y SHUH, M. 1982. Investigation of the physical and chemical properties of banana starches. Journal of Science (47): 493 -497.
- COULTATE, T. 1998. Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos 2ª Ed. Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España.
- CORTES, M. C. 2008. Obtención y caracterización de almidón de plátano morado y su hidrólisis enzimática para la producción de maltodextrinas. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México.
- ESPÍN, S.; B. BRITO; E. VILLACRÉS; A. RUBIO; C. NIETO; GRIJALVA, J. 1999. Composición química, valor nutricional y usos potenciales de siete especies de raíces y tubérculos andinos. Ambato- Ecuador.
- FAIRLIE, T.; MORALES, M.; y HOLLE, M. 1999. Raíces y tubérculos andinos. Avances de investigación. Volumen I. Centro internacional de la Papa. Lima, Perú. 119 p.
- GARCIA A. Y WALTER, W. 1998. Caracterización fisicoquímica de papas peruanas.
- GONZALES, G. 2002. Extracción y caracterización del almidón de arracacha y su resistencia a tratamientos tecnológicos .UNALM- Lima.
- HANCCO A. 2007. Evaluación de las características de dos variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule aellen*) cupi y ramis. Puno - Perú.
- HURTADO, J. 1997. Valorización de las amiláceas “no - cereales” cultivadas en los países andinos: Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de sus almidones y de la resistencia a diferentes tratamientos estresantes. Fundación Universidad de Bogotá. Facultad de ingeniería de alimentos. CIAT. Colombia.

- IBAÑEZ, V. 2009. Análisis y diseño de experimentos .Universidad Nacional del Altiplano - Puno Perú.
- INEI. 2007 Perú: Compendio Estadístico INEI junio. Lima, Perú.
- INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLOGICA (IIT). 1971. Estudio bibliográfico sobre derivados del almidón 1947 - 1970. Vol I.
- LEE, D.; JACOBS, D.; GROSS, M.; KIEFFE, I.; ROSEMAN, J.; LEWIS, C. 1999. Gamma glutamyltransferase is a predictor of incident diabetes and hypertension: Clinical chemistry, 49, 1358 -1366.
- LEWIS, M. 1993. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Editorial Acribia. Zaragoza – España.
- LINDEBOOM, N.; CHANG, P. AND TYLER, R. 2004. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: Starch 56. 89-99.
- LINDEN, G. Y LORIET, D. 1994. Bioquímica agroindustrial .Revalorización alimentaria de la producción agrícola. Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España.
- LIZARRAGA, L. 1981. Evaluación del contenido de proteínas y fibra en semillas de sesenta y cuatro muestras de colección de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.).Cusco – Perú.
- MENDEZ DE LA CRUZ, A.2010. Evaluación de la extracción de almidón del banano verde producto de desechos de la industria bananera y evaluación de su función como excipiente en la formulación de comprimidos. CONCYT. Guatemala.
- MOORTHY, S. 2002. Phycochemical and functional properties of tropical tuber starches.
- PACHECO, E. Y ALEMAN, S. 2003 propiedades químicas y funcionales del almidón nativo y modificado de musáceas variedad (*musa* ABB).
- PLAN DE DESARROLLO REGIONAL CONCERTADO 2021 al 2010. Puno.



- PERDON, A.; SIEBENMORGEN, T.: BUESCHER, R. Y GBUR, E. 1999. Starch retrogradation and texture of caged milled rice during storage. Journal of food Science.
- QUILCA, N. 2007. Caracterización física, morfológica, organoléptica, química y funcional de papas nativas para orientar sus usos futuros. Tesis de Ingeniería Agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. 94 p.
- QUIÑONES, H. 2012. Extracción y caracterización de almidón de plátano de seda (*Musa acuminata*) y plátano de enano (*Musa cavendishii*). Puno - Perú.
- RAYGADA, M. 2001. Caracterización del almidón de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild): KANCOLLA Y CHULLPI. Puno - Perú.
- REPO-CARRASCO. 1997. Cultivos andinos y la alimentación infantil Editorial Edi. Agraria. Lima- Perú.
- REYES, P. 2007. Aislado y caracterización físico química del almidón de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) UNALM. Lima – Perú.
- SASAKI, T; MATSUKI, J. 1998. Effect of starch structure on swelling power. Cereal Chemistry 7: 525–529.
- SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR. L.;SODHI, N. AND GILL, B.2003 Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources .Food chemistry
- SURCO, F. 2004. Caracterización de almidones aislados de tubérculos andinos mashua (*tropaeolum tuberosum*), oca (*oxalis tuberosa*), olluco (*ullucos tuberosus*) para su aplicación tecnológica. Lima – Perú.
- SWINKELS, J. J. M. 1985. Sources of starch, Its Chemistry and Physic. In: Starch Conversion Technology. New York. Pag. 15-46
- TAPIA, M.; FRIES A. 2007 “Guía de campo de los cultivos andinos” FAO y ANPE. Puno - Perú. .
- TAPIA, M. 1990. Los Tubérculos Andinos (Una revisión de la investigación actualizada) en Avances en las Investigaciones sobre Tubérculos Alimenticios de los Andes. Editor: Mario Tapia. Proyecto INIAA CIID ACIDI. Bolivia. p. 45-61.

- TESTER, R. AND DEBON, S. 2000. Annealing of starch – a review *Internacional Journal of biological Macromolecules*.
- TESTER, R AND MORRISON, W. 1990. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. effects of amylopectin, amylose, and lipids. *Cereal Chemistry* 67(6): 551-557.
- THOMAS, D.J.; ATWELL. 1999. *Starches. Practical Guide for the food industry*. Eagan Press Hanbook Series.
- VEGA, M. Y BONToux, L. 2000. Aplicaciones alimentarias de las nuevas tecnologías en polisacáridos.
- WHISTLER, R. 1984. *Starch: Chemistry and Technology*. 2ª Ed. London. Academic Press.

#### 6.1 WEBGRAFIA

- ARAUJO, C.; RINCÓN, A. Y PADILLA, F. 2004. Caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera* L. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid>.
- BOU RACHED LIZET, CONSUELO A. DE VIZCARRONDO, ALICIA M. RINCÓN, FANNY PADILLA. 2006. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.phpsci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.phpsci_arttext).
- CORPOICA. 1994 Foro técnico disponible en: <http://www.books.google.es>.
- FAO 2010 Disponible en: [www.rlc.fao.org/es/agricultura /produ/cdrom/contenido/libro10/biblio.htm#10](http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/_produ/cdrom/contenido/libro10/biblio.htm#10).
- INDECOPI (Instituto de investigación Tecnología Industrial y Normas Técnicas) [www.indecopi.gob.pe](http://www.indecopi.gob.pe).
- RINCÓN, I. 2007 “Almidón De Arracacha Como ingrediente funcional para la elaboración de compotas”, Propuesta, 2009, Disponible en: [www.slideshare.net/invariva/almidones](http://www.slideshare.net/invariva/almidones).

## XVI. ANEXOS

## ANEXO 1: ESPECIFICACIONES ANALÍTICAS DEL ALMIDÓN NO MODIFICADO

Determinación	Uso industria no alimentaria (1)	Uso alimenticio y farmacéutico
Humedad %	10.5 – 13	10.5 – 12.5
SO <sub>2</sub> máximo (ppm)	60	50
PH	4.5 – 7.0	4.5 – 6.5
Material no amiláceo	C o mejor	B o mejor
Viscosidad	60	70
Color	C o mejor	C o mejor
Cenizas	0.50	0.50
Grasa	0.1	0.1

FUENTE: (1) INDECOPI N° 209.064 (1971)

(2) INDECOPI N° 209.065 (1974)

**ANEXO 2: METODOLOGIA ANALISIS PROXIMAL A.O.A.C (1990)****a) Determinación de humedad: Metodología AOAC****Procedimiento**

- ✓ Colocar la cápsula destapada y la tapa durante al menos 1 hora en la estufa a la temperatura de secado del producto.
- ✓ Empleando pinzas, trasladar la cápsula tapada al desecador y dejar enfriar durante 30a 45 min. Pesar la cápsula con tapa con una aproximación de 0.1 mg. Registrar (m1).
- ✓ Pesar 5 g de muestra previamente homogeneizada. Registrar (m2).
- ✓ Colocar la muestra con cápsula destapada y la tapa en la estufa a la temperatura y tiempo recomendado 105 °C x 5 horas.
- ✓ Tapar la cápsula con la muestra, sacarla de la estufa, enfriar en desecador durante 30 a 45 min.
- ✓ Repetir el procedimiento de secado por una hora adicional, hasta que las variaciones entre dos pesadas sucesivas no excedan de 5 mg (m3).

**Cálculos:**

La humedad del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m2 - m3}{m2 - m1} \times 100$$

Siendo:

m1: masa de la cápsula vacía y de su tapa, en gramos.

m2: masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado, en gramos.

m3: masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada, en gramos.

## b) Determinación de proteína :Metodología AOAC

### Procedimiento

- ✓ Pesar, con la precisión de 1 mg, aproximadamente 0,5-2,5 g de muestra, introducirla en el matraz Kjeldahl.
- ✓ Añadir unos 5 g del catalizador ,20ml de Acido Sulfúrico.
- ✓ Digerir hasta que la solución esté clara. Enfriar, diluir, añadir unas gotas de Fenolftaleína solución 1% y conectar el aparato destilador añadiendo Sodio Hidróxido al 40% hasta viraje.
- ✓ En el matraz receptor poner 100 ml de ácido Bórico solución 4% con unas gotas de indicador, cuidando que el extremo del refrigerante quede bien cubierto del líquido.
- ✓ Mantener la destilación aproximadamente 15minutos (o más, si es preciso, hasta que no de reacción básica); lavar el extremo del refrigerante y titular el destilado con ácido Sulfúrico 0,05 mol/l (0,1N).

### Cálculos:

La proteína del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{ de proteínas} = \frac{0,14 \times 6,25(V1 - V0)}{P}$$

Siendo:

V1 = Volumen, en ml, de ácido clorhídrico 0,1N utilizado en la determinación.

V0 =Volumen, en ml, de ácido clorhídrico 0,1N utilizado en blanco.

P=Peso, en gramos, de la muestra.

**c) Determinación de grasa: Metodología AOAC****Procedimiento**

- ✓ Pesar, con precisión de 1 mg, aproximadamente 10g de en un matraz de 250 a 300 ml. Agitando continuamente añadir 100 ml de Acido Clorhídrico 3N.
- ✓ Hervir unos sesenta minutos, agitando de vez en cuando.
- ✓ Lavar el precipitado con Agua.
- ✓ Poner el filtro en una cápsula y secar en estufa a  $100^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ El filtro ya seco se introduce en un cartucho para extractor tipo Soxhlet y se tapa con algodón. El cartucho se coloca en el extractor y se vierte el Eter Dietílico estabilizado, dejándolo sifonar unas ocho horas. El matraz receptor debe estar secado y tarado.
- ✓ Evaporar el solvente, secar en estufa y pesar.

**Cálculos:**

El contenido de grasa en sustancia natural vendrá dado por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ grasas} = \frac{P1 - P2}{P} \times 100$$

Siendo:

P1=Peso, en gramos, del matraz con la grasa.

P2=Peso, en gramos, del matraz vacío.

P=Peso, en gramos, de la muestra.

**d) Determinación de ceniza :Metodología AOAC****Procedimiento**

- ✓ Pesar con precisión de 1 mg de 2 a 6 g de muestra.
- ✓ En un crisol previamente incinerado y tarado.

- ✓ Colocar el crisol y su contenido sobre una placa calefactora, teniendo cuidado de que la combustión no sea demasiado rápida, de manera que no haya pérdidas de materia sólida
- ✓ . Llevar a continuación el crisol a la mufla (550 ±10°C) hasta combustión completa de la sustancia.
- ✓ Enfriar a temperatura ambiente en un desecador. Pesarse seguidamente.

**Cálculos:**

El contenido en cenizas sobre sustancia natural vendrá dado por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{P1 - P2}{P} \times 100$$

Siendo:

P1=Peso, en gramos, del crisol con las cenizas.

P2=Peso, en gramos, del crisol vacío.

P=Peso, en gramos, de la muestra.

## ANEXO 3: TAMAÑOS DE GRÁNULOS DE ALMIDÓN

Muestra	OCA			ISAÑO		
	Eje mayor ( $\mu$ )	Eje menor ( $\mu$ )	forma	Eje mayor ( $\mu$ )	Eje menor ( $\mu$ )	Forma
1	25.42	15.40	Ovoidal	16.25	16.24	Esférica
2	32.40	16.40	Ovoidal	18.53	18.50	Esférica
3	38.50	18.30	Ovoidal	16.53	16.50	Esférica
4	30.89	17.79	Ovoidal	20.52	17.91	Esférica
5	38.08	15.02	Ovoidal	9.20	9.29	Esférica
6	27.83	17.81	Ovoidal	14.53	14.55	Esférica
7	24.89	15.50	Ovoidal	17.77	17.69	Esférica
8	23.96	13.29	Ovoidal	5.60	5.70	Esférica
9	28.16	18.09	Ovoidal	14.53	14.61	Esférica
10	27.55	17.11	Ovoidal	17.76	18.30	Esférica
11	27.19	16.94	Ovoidal	9.45	9.38	Esférica
12	24.80	14.70	Ovoidal	11.40	11.37	Esférica
13	32.13	15.63	Ovoidal	21.19	20.89	Esférica
14	23.61	13.15	Ovoidal	20.36	19.97	Esférica
15	28.28	17.48	Ovoidal	16.23	16.31	Esférica
16	34.80	18.75	Ovoidal	18.72	18.64	Esférica
17	28.20	18.26	Ovoidal	26.32	20.54	Esférica
Promedio	29.22	16.45		16.17	15.67	
D.E.	4.62	1.75		5.10	4.36	



## ANEXO 4. DATOS DE SOLUBILIDAD Y PODER DE HINCHAMIENTO

<b>PORCENTAJE DE PODER DE HINCHAMIENTO</b>						
<b>REP</b>	<b>ALMIDÓN DE OCA</b>			<b>ALMIDÓN ISAÑO</b>		
	60°C	70°C	80°C	60°C	70°C	80°C
<b>1</b>	12.90%	25.00%	38.70%	6.32%	12.00%	26.50%
<b>2</b>	12.50%	25.00%	38.70%	6.53%	12.00%	25.80%
<b>3</b>	12.70%	24.05%	38.50%	6.45%	11.96%	26.15%
<b>TOTAL</b>	<b>98.10%</b>	<b>144.05%</b>	<b>195.90%</b>	<b>79.30%</b>	<b>105.96%</b>	<b>158.45%</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.70%</b>	<b>24.68%</b>	<b>38.63%</b>	<b>6.43%</b>	<b>11.99%</b>	<b>26.15%</b>

<b>PORCENTAJE DE SOLUBILIDAD</b>						
<b>REP</b>	<b>ALMIDÓN DE OCA</b>			<b>ALMIDÓN DE ISAÑO</b>		
	60°C	70°C	80°C	60°C	70°C	80°C
<b>1</b>	17.80%	22.08%	27.04%	13.23%	17.38%	21.22%
<b>2</b>	17.79%	22.24%	27.20%	15.72%	18.40%	21.48%
<b>3</b>	17.81%	22.15%	27.13%	14.49%	17.90%	21.36%
<b>TOTAL</b>	<b>113.40%</b>	<b>136.47%</b>	<b>161.37%</b>	<b>103.44%</b>	<b>123.68%</b>	<b>144.06%</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>17.80%</b>	<b>22.16%</b>	<b>27.12%</b>	<b>14.48%</b>	<b>17.89%</b>	<b>21.35%</b>

## ANEXO 5: CONSTANCIA DE COMPRA DE MATERIA PRIMA

PERÚ Ministerio  
de AgriculturaInstituto  
Nacional de Innovación  
AgrariaEstación  
Experimental Agraria  
Illpa

"Año de la Inversión para el Desarrollo Rural y la Seguridad Alimentaria"

## CONSTANCIA

El Instituto Nacional de Innovación Agraria hace constar que con fecha de junio del 2012 se vendió 10 kg de mashua o isaño cultivar "Amarilla" y 10 kg de oca cultivar "Kheny" producida en el campo experimental de Tahuaco del INIA, durante la campaña agrícola 2011-2012; para la realización del Trabajo de Investigación titulado "Caracterización de almidones de dos tubérculos andinos: isaño (*Tropaeolum tuberosum*) y oca (*Oxalis tuberosa*).

Se expide la presente constancia a solicitud verbal del interesado para los fines convenientes.

Salcedo, Junio del 2012



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA  
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

ING° M.Sc. JESUS H. ARCOS PINEDA  
Especialista en Papa y Camote  
COOPERADOR  
C.I.P. 19609

## ANEXO 6. CONSTANCIA DE MICROSCOPIA POR BARRIDO



**Universidad Nacional del Altiplano – Puno**

OFICINA UNIVERSITARIA DE INVESTIGACIÓN  
Megalaboratorios  
ESPECTROSCOPIA MOLECULAR Y MICROSCOPIA



## CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, JEFE DEL MEGALABORATORIO DE INVESTIGACION DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

### HACE CONSTAR:

Que la Bach. **Gisela del Carmen HERMOSA MENDOZA**, egresado de la Carrera Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, quien ha desarrollado el estudio en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) la caracterización de forma y tamaño del almidón de *ISAÑO* y *OCA*, para su tesis intitulada **CARACTERIZACIÓN DE ALMIDONES DE DOS TUBERCULOS ANDINOS: ISAÑO (*Tropaeolum tuberosum*) y OCA (*Oxalis tuberosa* Mol)**, a partir del 10 al 25 de octubre del 2012, en el Megalaboratorio de Investigación de la UNA-PUNO.

Se expide la presente constancia a petición del interesado, para los fines que estime por conveniente.

Puno, C.U. 13 de Noviembre de 2012



*[Firma]*  
M.Sc. MARTÍN CHOQUE YUCA  
M.Sc. Tecnologías de Protección Ambiental  
CIP 88133

**ANEXO 7. CONSTANCIA DE ANÁLISIS DE VISCOSIDAD**



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**

Ciudad Universitaria - Apartado 291 - Telefax: (051) 366190 - Fax (051) 366190

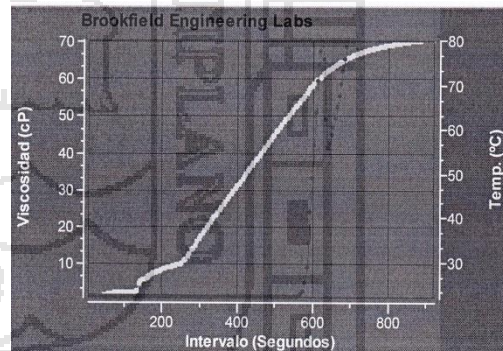
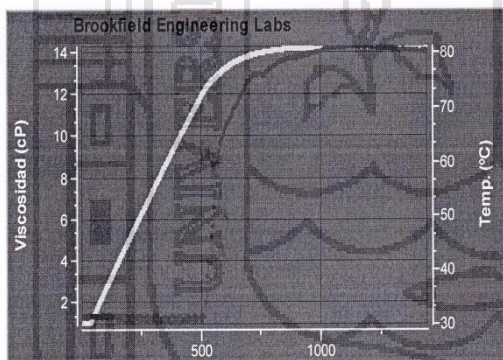


**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**

**ASUNTO: ANÁLISIS DE VISCOSIDAD DE LA BEBIDA ISOTÓNICA NATURAL**

PROCEDENCIA : INIA-PUNO  
 INTERESADO : Srta. GISELA DEL CARMEN HERMOSA MENDOZA  
 MOTIVO : Trabajo de investigación- Tesis  
 CARACTERIZACION DE ALMIDONES DE DOS TUBERCULOS ANDINOS: ISAÑO (*tropaeolum tuberosum*) y OCA (*oxalis tuberosa* Mol).  
 MUESTREO : Por la Interesada  
 ANALISIS : 18 - 03 - 2011

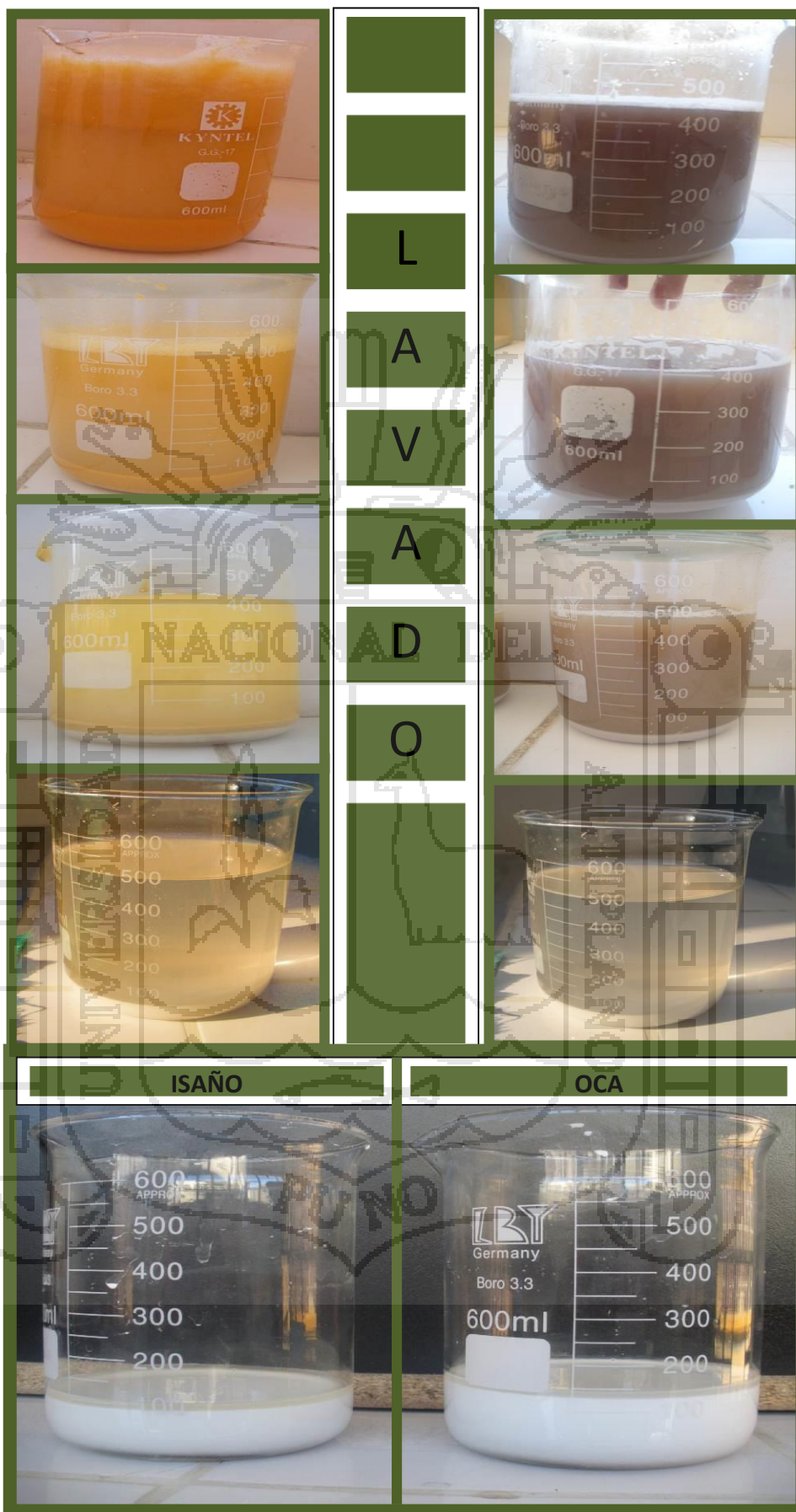
Los resultados del análisis reológico de ALMIDON DE OCA Y DE ISAÑO, realizado con el Viscosímetro Brookfield DV-III ULTRA, han dado los siguientes valores de parámetros de análisis



Walter B. Apurico Aragon Ph. D.  
 DECANO  
 FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA  
 UNA - PUNO

ANEXO 8. FOTOGRAFIAS DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE ISAÑO Y OCA





**SECADO**



**MOLIENDA**



**ALMIDONES DE ISAÑO Y OCA**

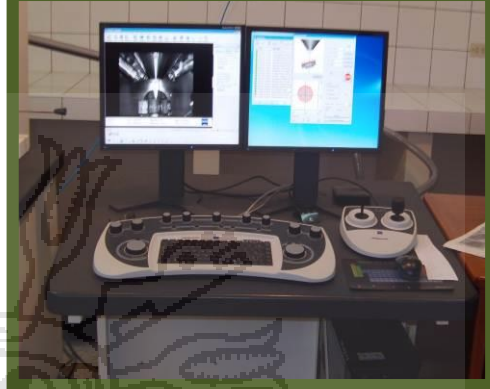


ANEXO 9. FOTOGRAFIAS DE MICROSCOPIA POR BARRIDO- MEGA LABORATORIO

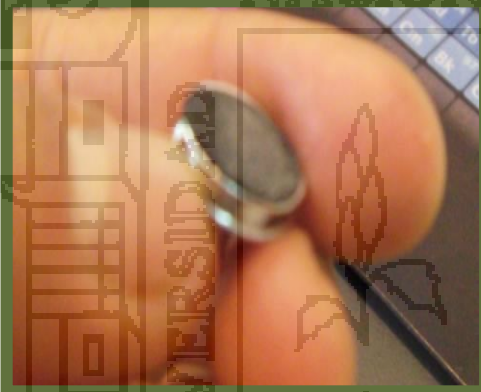
MICROSCOPIO ELECTRONICO



MONITORES



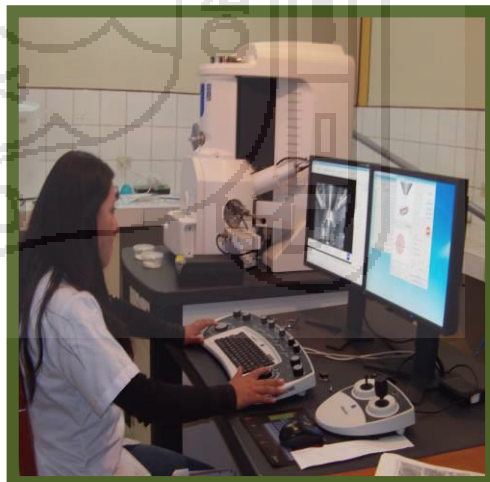
TAMBOR PORTA MUESTRAS



CONTENERDOR DE TAMBORES



OBJETIVOS

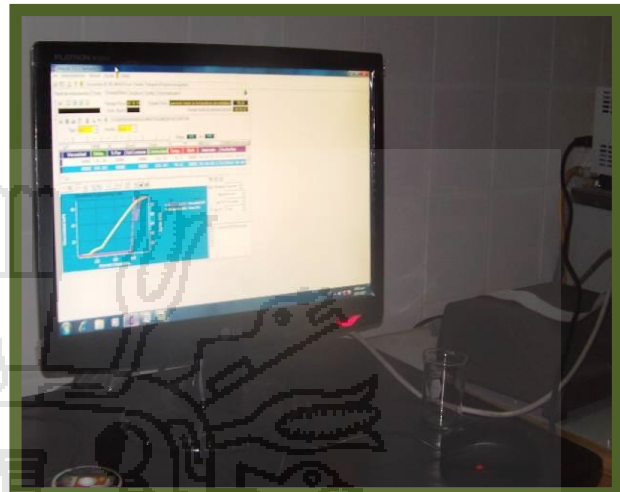




ANEXO 10. FOTOGRAFIAS DE ANALISIS DE VISCOSIDAD



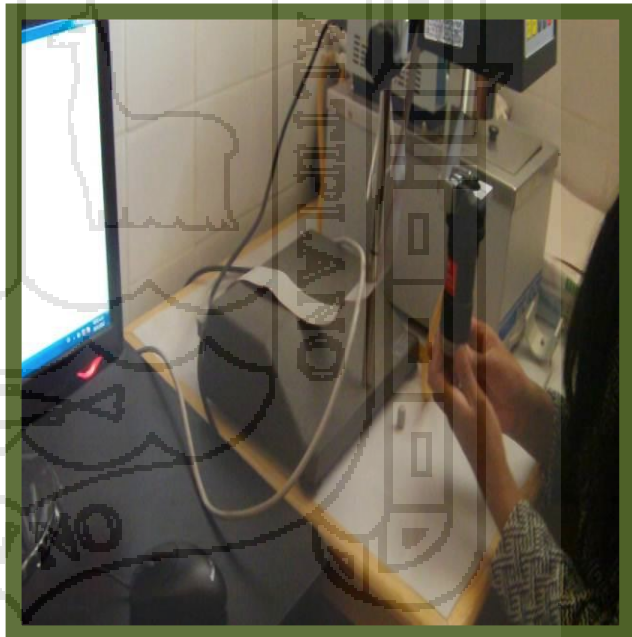
VISCOSIMETRO BROOKFIELD



MONITOR



CILINDRO CONTENEDOR DE MUESTRA



**ANEXO 11. FOTOGRAFIAS DE DETERMINACION DE SOLUBILIDAD Y PODER CDE HINCHAMIENTO**

