

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



TESIS

**EXTRACCION Y CARACTERIZACION DEL ALMIDON DE
PLATANO DE SEDA (*Musa acuminata*) Y PLATANO DE ENANO
(*Musa cavendishii*)**

**PRESENTADA POR:
HELMER QUIÑONEZ AGUILAR**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO A G R O I N D U S T R I A L**

PUNO - PERÚ

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

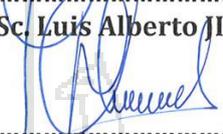
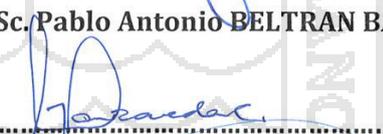
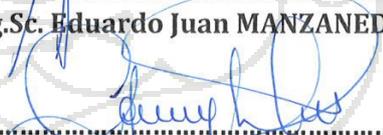
"EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DEL PLÁTANO DE SEDA
(*Musa acuminata*) Y PLÁTANO DE ENANO (*Musa cavendishii*)"

TESIS PRESENTADO POR:

Bach. HELMER QUIÑONEZ AGUILAR

Para optar el título de Ingeniero Agroindustrial

Aprobado por el jurado revisor conformado por:

PRESIDENTE	:	 Ing. M.Sc. Luis Alberto JIMENEZ MONROY
PRIMER MIEMBRO	:	 Ing. M.Sc. Victor F. CHOQUEHUANCA CACERES
SEGUNDO MIEMBRO	:	 Ing. M.Sc. Pablo Antonio BELTRAN BARRIGA
DIRECTOR DE TESIS	:	 Ing. Mg.Sc. Eduardo Juan MANZANEDA CABALA
ASESOR DE TESIS	:	 Ing. M.Sc. Genny Isabel LUNA MERCADO

PUNO - PERU

2013

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado la vida para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi padre Herculano Quiñonez Andia, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi madre Natalia Aguilar Tristán por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por su ejemplo de perseverancia y constancia, por sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por ser la persona que me enseñó a ser quien soy, pero más que nada, por su amor incondicional.

A mi hermana Sandra Luzmeria Quiñonez Aguilar, por su constante amor inexplicable para mi superación personal, porque siempre me ha apoyado incondicionalmente.

.....Son una luz en mi camino.....

Finalmente, a todas las personas que directa o indirectamente aportaron para la feliz culminación del presente trabajo de investigación, planteada para el beneficio del Sector Agroindustrial a nivel regional y nacional.

QUIÑONEZ AGUILAR, Helmer

AGRADECIMIENTOS

A las instituciones y personas que con su colaboración y ayuda, hicieron posible la realización del presente Trabajo de Investigación.

Merecen honrosa mención:

El Ing. Mg.Sc. *Eduardo Juan MANZANEDA CABALA*, como Director responsable del presente Trabajo de Tesis; *Ing. M.Sc. Genny Isabel LUNA MERCADO* como asesor, y en reconocimiento por su valioso trabajo en el procesamiento estadístico, y orientación para la conclusión del presente trabajo los señores: *Dr. Vladimiro IBAÑEZ QUISPE*, *Ing. M.Sc. Pablo PARI HUARCAYA*.

Los señores: Angel Vladimir Flores Quenaya; Ruben Vilca Ccasa; Luis Pauro Flores y Gisela del Carmen Hermosa Mendoza.

Los mismos que aportaron con sus ideas y su valiosa experiencia relacionado a este trabajo de investigación.

La Universidad Nacional del Altiplano y toda la Plana Docente de la Facultad de Ciencias Agrarias, por haber contribuido en mi formación profesional.

INDICE GENERAL

Pagina

	RESUMEN	1
I.-	INTRODUCCION	2
II.-	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Aspectos generales del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i>) y Plátano enano (<i>Musa cavendishii</i>)?.....	3
2.1.1	Origen.....	3
2.1.2	Distribución.....	3
2.1.3	Descripción.....	3
2.1.4	Adaptación.....	3
2.1.5	Clasificación Botánica.....	3
2.1.6	Formas de utilización.....	6
2.1.7	Composición Química y valor nutricional.....	7
2.1.8	Producción del Plátano.....	10
2.2	Almidón.....	13
2.2.1	Naturaleza Química del Almidón.....	15
2.2.2	Propiedades Físicas y Químicas de los almidones.....	18
2.2.2.1	Aspecto Microscópico (forma y tamaño del granulo).....	18
2.2.3	Características de Almidones Comerciales.....	22
2.2.3.1	Almidón de Arroz.....	22
2.2.3.2	Almidón de maíz.....	23
2.2.3.3	Almidón de Patata.....	23
2.2.3.4	Almidón de Trigo.....	23
2.2.4	Extracción.....	24
2.2.5	Rendimiento.....	25
2.2.6	Forma y tamaño del almidón.....	26
2.2.7	Poder de Hinchamiento.....	30
2.2.8	Diferencia física de almidones.....	30
2.2.9	Importancia del Almidón.....	31
III	MATERIALES Y METODOS	32
3.1	Ubicación Geográfica.....	32
3.2	Materiales.....	33
3.2.1	Materia Prima.....	33
3.2.2	Equipos.....	33
3.2.3	Instrumentos de Laboratorio.....	34
3.2.4	Reactivos.....	34
3.3	Métodos de Análisis.....	35
3.3.1	Extracción y rendimiento de almidón.....	35
3.3.2	Extracción del almidón.....	36
3.3.3	Descripción del Proceso.....	37
3.3.4	Forma y tamaño de los gránulos de almidón.....	38
3.3.5	Poder de Hinchamiento del almidón.....	38
3.4	Diseño experimental.....	39
3.4.1	Extracción y rendimiento.....	40
3.4.2	Forma y tamaño del granulo de almidón.....	41
3.4.3	Hinchamiento.....	42

IV	RESULTADOS Y DISCUSIONES	43
4.1	Rendimiento de almidón	43
4.2	Forma del granulo del almidón.....	47
4.3	Tamaño del granulo del almidón.....	49
4.4	Efecto de la temperatura en el poder de hinchamiento.....	51
4.4.1	Hinchamiento del almidón de plátano de seda (<i>Musa acuminata</i>) y Plátano enano (<i>Musa cavendishii</i>).....	51
V	CONCLUSIONES	55
VI	RECOMENDACIONES	56
VII	BIBLIOGRAFIA	57
VII	WEBGRAFIA	62
IX	ANEXOS	63



INDICE DE CUADROS		Pagina
Cuadro 1.	Composición proximal del almidón de plátano (%).....	7
Cuadro 2.	Composición de minerales.....	8
Cuadro 3.	Composición vitaminas.....	8
Cuadro 4.	Amilosa y amilopectina del almidón.....	8
Cuadro 5.	Composición proximal del almidón de plátano (%).....	9
Cuadro 6.	Contenido en almidones	9
Cuadro 7.	Composición química de los almidones más comunes.....	9
Cuadro 8.	Producción de plátano en la provincia de Sandia – distrito Alto Inambari.....	10
Cuadro 9.	Producción de plátano en la provincia de Sandia - distrito San Juan del Oro.....	10
Cuadro 10.	Producción de plátano en la provincia de Sandia - distrito Yanahuaya.....	11
Cuadro 11.	Producción de plátano en la provincia de Sandia - distrito San Pedro de Putina Punco.....	11
Cuadro 12.	Producción de plátano en la provincia de Carabaya - distrito San Gabán.....	12
Cuadro 13.	Campañas producción de plátano agrícolas de Producción de plátano en la Región Puno.....	12
Cuadro 14.	Contenido de proteína, grasa, ceniza y fósforo de almidón de plátano aislado a diferentes etapas de maduración.....	17
Cuadro 15.	Poder de hinchamiento y solubilidad de almidón de plátano a diferentes etapas de maduración.....	17
Cuadro 16.	Propiedades del almidón de plátano en diferentes etapas de maduración.....	18
Cuadro 17.	Tamaño y forma de los gránulos de almidón de makal, camote, yuca y sagú, comparados con diferentes fuentes.....	20
Cuadro 18.	Composición aproximada de plátano a diferentes etapas de maduración (porción comestible).....	21
Cuadro 19.	Características de algunos almidones.....	21
Cuadro 20.	Composición proximal de almidón de plátano (%).....	22
Cuadro 21.	Composición química de almidón del plátano verde.....	22
Cuadro 22.	Análisis de varianza para DCA con arreglo factorial.....	39
Cuadro 23.	Rendimiento de almidón.....	40
Cuadro 24.	Resultado de tamaños de almidón	41
Cuadro 25.	Para poder de hinchamiento.....	42
Cuadro 26.	Análisis de varianza análisis de varianza del rendimiento de almidón.....	43
Cuadro 27.	Contraste múltiple por Duncan de los resultados obtenidos para rendimiento según tipo de tamiz.....	43

Cuadro 28.	Contraste múltiple por Duncan para rendimiento según variedad.....	45
Cuadro 29.	Análisis de varianza de tamaños del almidón.....	49
Cuadro 30.	Contraste múltiple por Duncan para tamaños según diámetros de los almidones.....	49
Cuadro 31.	Análisis de varianza para poder de hinchamiento.....	51
Cuadro 32.	Contraste por Prueba de Duncan para factor temperatura sobre poder de hinchamiento.....	52
Cuadro 33.	prueba de Duncan para interacción variedad (v) por temperatura (t ⁰) sobre poder de hinchamiento.....	53



ÍNDICE DE FIGURAS

pagina

Figura 1.	Pseudo tronco del plátano.....	4
Figura 2.	Plátano de seda.....	4
Figura 3.	Plátano enano.....	4
Figura 4.	Grados de madurez del plátano <i>roatán</i>	5
Figura 5.	Presentación de gránulos de almidón vistos microscópicamente.....	14
Figura 6.	Curvas de distribución granulométrica.....	18
Figura 7.	Microfotografías de los gránulos de almidón.....	19
Figura 8.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de plátano morado 1000x.....	27
Figura 9.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de plátano morado 2000x.....	27
Figura 10.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de plátano tabasco 3500x.....	27
Figura 11.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de plátano tabasco 1000x.....	27
Figura 12.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de maíz 1000x.....	28
Figura 13.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de maíz 3500x.....	28
Figura 14.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de lenteja 1000x.....	28
Figura 15.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de lenteja 3500x.....	28
Figura 16.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de haba 1000x.....	29
Figura 17.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de haba 500.....	29
Figura 18.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de trigo 1000x.....	29
Figura 19.	Microscopía electrónica de barrido, almidón de trigo 1000x.....	29
Figura 20.	Flujograma para extracción de almidón.....	36
Figura 21.	Gráfico de rendimiento de almidón por tipo de tamices.....	44
Figura 22.	Gráfico de rendimiento de almidón por variedad de plátano.....	46
Figura 23.	Microscopía electrónica por barrido de almidón de plátano de seda a 3000x y 4000x.....	47
Figura 24.	Microscopía electrónica por barrido del almidón de plátano de enano a 3000x y 4000x.....	47
Figura 25.	Gráfico de tamaños de almidón por diámetros.....	50
Figura 26.	Poder de hinchamiento influenciado por factor temperatura.....	52
Figura 27.	Poder de hinchamiento influenciado por Variedad y temperatura.....	54

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se desarrolló la “Extracción y caracterización de almidón de plátano de seda (*Musa acuminata*) y plátano de enano (*Musa cavendishii*)” verdes, se realizó en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano. Con el objetivo de extraer y evaluar el rendimiento de almidón, determinar forma y tamaño; y poder de hinchamiento; en laboratorios de: Ingeniería, evaluación nutricional, microbiología y mega laboratorio; los plátanos fueron obtenidos del Distrito Alto Inambari Provincia de Sandia de la Región Puno. Para el primero y segundo objetivo se utilizó en estadística un Diseño Compuesto al Azar con arreglo factorial de 2x2 excepto para la forma que es descriptivo y para el tercer objetivo de 2x3. Con respecto a la extracción se realizó por el método húmedo licuado, filtrado en tamiz N°80 y 100 y separación al centrifugar y el rendimiento se calculó en porcentaje, con el tamiz N° 80 se obtuvo mayor rendimiento 52.49% y el tamiz N° 100 un 42.48% y también el plátano de seda obtuvo un rendimiento de 48.154% que es mayor al rendimiento del plátano enano de un 46.82% que muestra diferencia. Y con referente a la forma el almidón del plátano de seda presenta en su mayoría formas esféricas y esféricas truncadas y en menores proporciones presentan de forma ovaladas angulosos poliédricos, alargadas y el plátano de enano en su mayoría presenta gránulos en forma poligonal, oval esférica, redondo reticular, polihedrico y el resto en menores proporciones. Y con respecto al tamaño entre las dos variedades de plátano no existe diferencia pero si existe diferencia entre en el diámetro ecuatorial con 25.82 μ m, es mayor al diámetro axial que obtuvo 19.17 μ m en ambas variedades. Y el poder de hinchamiento a 80°C es 9.10% fue mayor el hinchamiento que cuando fueron sometidos a 70°C con 7.10% y para 60°C = 3.67% y referente a la interacción de variedad por temperatura existe diferencia significativa el almidón del plátano de enano obtiene un mayor resultado con una media a 80°C un 9.57% y el almidón del plátano de seda a 80°C un 8.62%. A 70°C el almidón del plátano enano obtuvo un 7.21% y el del plátano seda un 7.0% y a 60°C el almidón del plátano enano obtuvo un 3.43% y el del plátano seda un 3.91%. Y se llega a la conclusión de que el mayor rendimiento se obtuvo en el tamiz N° 80 de la serie U.S.A con el plátano de seda; para el plátano enano presenta mayores formas diferentes, en el diámetro axial con ecuatorial; y también el del plátano enano obtuvo mayor hinchamiento.

I. INTRODUCCION

La platanera es una planta *Herbacea* gigante, *monocotiledonea* de la familia *musaceae*. En el género *Musa*, Sub genero *Eumusae*, se encuentran las especies en cultivo; entre ellas *M. acuminata*, *Musa cavendishii* son las que han dado origen a las variedades productoras de frutos para consumo en fruto fresco y cocinado. El desarrollo del plátano es muy rápido pero de corta vida, no superando los dos años; y en sus rizomas se producen hijuelos que sustituyen al seudo tronco haciendo la posible continuidad del cultivo (Agustí, 2010).

El plátano es uno de las frutas tropicales más importantes que constituyen una de las bases esenciales para la alimentación en algunos países; es también producto importante de exportación. Se le conoce con el nombre de plátano macho, banano o cambur; El primero se consume comúnmente cocido y el ultimo como fruta cruda; otras especies se usan como plantas ornamentales los plátanos comestibles son originarios de la India y Malasia; de esos países se distribuyeron a Asia Continental, Polinesia y África. Después del descubrimiento del nuevo mundo este cultivo se extendió por la América tropical, los tipos de explotación de plátanos incluyen cultivos de subsistencia para el autoconsumo y para la venta en mercados locales, cultivos intercalados para sombrero, y cultivos en plantaciones en gran escala, con fines de exportación el plátano se cultiva a 30° de latitud norte y sur (Sánchez, 1987).

En el presente trabajo de investigación se determinó, el rendimiento y características de almidones de dos variedades de plátano, variedad de seda y enano.

Por lo que se plantearon los siguientes objetivos.

- Extraer y evaluar el rendimiento de almidón del plátano de seda (*Musa acuminata*) y plátano de enano (*Musa cavendishii*).
- Determinar la forma y tamaño del almidón del plátano de seda (*Musa acuminata*) y plátano de enano (*Musa cavendishii*).
- Determinar el poder de hinchamiento del almidón del plátano de seda (*Musa acuminata*) y plátano de enano (*Musa cavendishii*).

II REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Aspectos Generales del Plátano de seda (*Musa acuminata*) y plátano de enano (*Musa cavendishii*)

2.1.1 Origen

Originaria de la India y Malasia. De esos países se distribuyeron a Asia Continental, Polinesia y África. Después del descubrimiento del nuevo mundo este cultivo se extendió por la América tropical (Sánchez, 1987).

2.1.2 Distribución

Se distribuye en la regiones de selva del Perú, y en la región Puno en la Provincia de Sandia y Carabaya (D.R.A., Puno 2009).

2.1.3 Descripción

El plátano es un arbusto perenne de 2 a 4m de altura tiene un rizoma o corno basal que produce raíces adventicias y un seudo tronco que está formado por las vainas foliares superpuestos de las hojas (Sánchez, 1987).

2.1.4 Adaptación

Zonas bajas y restringidas principalmente en las zonas de selva y ceja de selva de Sandia y Carabaya a 1700 m.s.n.m. (Dirección Regional Agraria Puno 2009).

2.1.5 Clasificación Botánica

Sánchez (1987), menciona que el plátano está clasificado en la siguiente manera.

- Reino: Vegetal
- Planta : *Herbacea*
- Familia : *Musacea*
- Género: *Musa*
- Especie: *Musa acuminata* y *Musa cavendishii*

En la Figura N°1 se muestra el pseudo tronco del plátano del cual se obtuvo la muestra para los experimentos del presente trabajo de investigación.

Figura 1. Pseudo tronco del plátano



En las Figuras N° 2 y 3 se muestran los productos del plátano con maduración uno, con los cuales se trabajó en el presente trabajo de investigación.

Figura 2. Plátano de seda

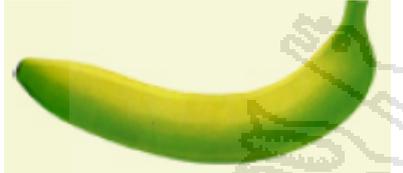
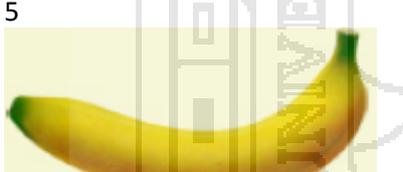


Figura 3. Plátano de enano



En la Figura N°4 nos muestra los niveles de maduración del plátano desde verde a amarillo para el presente trabajo se eligió del grado maduración uno.

Figura 4. Grados de madurez del plátano Roatán

<p>1</p> 	<p>COMPLETAMENTE VERDE Color normal al arribo Temperatura 14°C - 16°C</p>
<p>2</p> 	<p>VERDE CLARO Primer cambio de color. Indica que el proceso de maduración ya se inició.</p>
<p>3</p> 	<p>VERDE CLARO CON AMARILLO Cambio pronunciado de color. Listo para enviar al detallista en estaciones de clima templado. La maduración se encuentra en pleno proceso. Temperatura máxima 14°C.</p>
<p>4</p> 	<p>AMARILLO CON VERDE Color recomendado para despacho el Detallista. Temperatura 14°C.</p>
<p>5</p> 	<p>AMARILLO CON PUNTAS VERDES Color ideal para colocar en los exhibidores de los detallistas. En este grado la fruta debe mantenerse a 12°C. A mayor temperatura la fruta madura más rápidamente.</p>
<p>6</p> 	<p>TOTALMENTE AMARILLO Apto para venta y consumo. La fruta tiene firmeza con buen sabor. Manéjese con cuidado. Exhíbanse en mesas con una base suave.</p>
<p>7</p> 	<p>AMARILLO CON PUNTAS CAFÉ Completamente Maduro con mejor sabor y mayor valor nutritivo.</p>

Fuente: Pérez, (2007)

2.1.6 Formas de utilización

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 (Méndez, 2010).

Estudiaron la digestibilidad de un pan elaborado con harina de plátano al 100%; ellos concluyeron que este producto podría ser recomendado en dietas especiales (ejemplo: personas con diabetes y obesidad) debido, que produjo una baja respuesta glucémica *in vitro*, y presento altos contenidos de almidón resistente y fibra (García *et al.*, 2006).

En algunos trabajos se ha demostrado que procesar el plátano en verde, por sus valiosas características como alimento funcional y deshidratado se puede convertir en harina con aplicaciones múltiples en la industria de los alimentos al igual que el plátano maduro (Daramola y Osanyinlusi, 2005).

Se elaboró sopas deshidratadas a base de harina de plátano verde a las cuales se realizó estudios nutricionales; y se encontró que las sopas presentaron un bajo contenido de grasa, alto valor de fibra dietética, mientras que la hidrolisis de almidón presentes en las sopas es lenta; y por esto se concluyó que podrían ser utilizadas en la alimentación (Pacheco, 2001).

El estudio del almidón del plátano como factor importante para la salud humana ha aumentado debido a que representa una fracción denominada almidón resistente. De los almidones más resistentes se encuentra el de plátano verde y se ha reportado que podrían disminuir el colesterol en la sangre (Pacheco *et al.*, 1998).

2.1.7 Composición Química y valor nutricional

El plátano a medida que madura, ese almidón se va convirtiendo en azúcares como la sacarosa, glucosa y fructosa. En el plátano maduro queda alrededor de un 1 % de almidón, que no suele causar problemas digestivos si se mastica y ensaliva bien (Méndez, 2010).

Químicamente, el almidón es un polisacárido, compuesto de un número de monosacáridos o moléculas de azúcar (glucosa) unidas mediante enlaces α -D-(1-4) y/o enlaces α -D-(1-6). (Sajilata *et al.*, 2006).

El almidón está compuesto básicamente de glucosa. Aunque posea componentes minoritarios (grasas y minerales) muchos de ellos se encuentran a nivel de trazas. Sin embargo, estas trazas (ya sean contaminantes del proceso de extracción o realmente asociadas a la composición química del almidón) tienen un efecto definitivo sobre las propiedades del mismo. Los almidones de cereales poseen grasas asociadas a su estructura (bajas concentraciones) usualmente las grasas unidas al almidón son del tipo polar, ya que se necesitan solventes polares para extraerlos (metanol, por ejemplo), (Badui, 1996).

El almidón puro consiste predominantemente de dos tipos de polímeros de glucosa: amilosa, considerada como una molécula esencialmente lineal, y amilopectina, con una estructura altamente ramificada (Coultate, 1990).

En el siguiente Cuadro N°1 indican valores de composición del plátano maduro, donde resalta su elevado contenido de agua y carbohidratos, juntos con los micronutrientes potasio, vitamina A y C. en 100g.

Cuadro 1 . Composición proximal del plátano en 100g.

COMPONENTE	GRAMOS
Agua	74,20
Energía (kcal)	92,00
Grasa	0,48
Proteína	1,03
Carbohidrato	23,43
Fibra	2,40

Fuente: Hernandez *et al.*, (2008)

En el siguiente Cuadro N° 2 nos indica el contenido de minerales en función a 100g. de muestra de plátano donde también resalta un alto contenido de micronutrientes como el potasio de 396g.

Cuadro 2 . Composición de minerales del plátano en 100g.

COMPONENTE	CANTIDAD
Potasio (mg)	396mg
Fosforo	20g.
Hierro	0,31g.
Sodio	1g.
Magnesio	29g.
Calcio	6g.
Zinc	0,16g.
Selenio (MG)	1,1g.

Fuente: Hernandez *et al.*, (2008)

En el siguiente Cuadro N° 3 nos indica el contenido de vitaminas en función a 100g. muestra de plátano resalta un alto contenido de micronutrientes como la vitamina A y C.

Cuadro 3. Composición de vitaminas

COMPONENTE	MILIGRAMOS
Vitamina C	9,1
Vitamina A	81
Vitamina B1	0,045
Vitamina B2	0,10
Vitamina E	0,27
Niacina	0,54

Fuente: Hernandez, (2008)

En el Cuadro N°4 nos indica el contenido de amilopectina y amilosa. Con referente a amilopectina contiene en mayor cantidad el maíz céreo y sorgo céreo a comparación de las demás muestras que se indica. Y con respecto al contenido de amilosa el maíz tiene un mayor contenido.

Cuadro 4. Amilosa y amilopectina del almidón

TIPO	Maíz	Papa	Arroz	Trigo	Plátano	Maíz céreo	Sorgo céreo
Amilopectina (%)	73	78	83	76	63	99-100	99-100
Amilosa (%)	27	22	17	24	37	0-1	0-1

Fuente: Badui, (1996)

En el cuadro N° 5 nos señala la composición química del almidón nativo de plátano que se refiere al almidón no modificado donde señala que tiene un alto contenido de almidón y menor contenido de ceniza.

Cuadro 5. Composición química del almidón nativo de plátano (%)

Componente	Plátano
Humedad	4,9 ± 0,5
Lípidos	2,3 ± 0,3
Proteína	1,7 ± 0,1
Cenizas	0,4 ± 0,1
Almidón total	92,5 ± 0,7
Amilosa aparente	37 ± 1,0
Amilosa total	37,4 ± 0,6

Fuente: Bello *et al.*, (2006)

En el Cuadro N° 6 nos indica el contenido de componentes en 3 productos en función a 100g. donde muestra un alto contenido de almidón y menor contenido de cenizas.

Cuadro 6. Contenido en almidones

Componentes	Almidón	Agua	Materia nitrogenada	Cenizas
Maíz (%)	84.14	13.95	1.53	0.38
Arroz (%)	85.18	13.7	0.88	0.3
Patata (%)	79.64	19.22	0.69	0.33

Fuente: Mazinger, (2007)

En el Cuadro N° 7 nos indica la composición química en almidón de dos tubérculos y dos cereales; con respecto a la humedad tiene mayor contenido la papa, referente a lípidos y proteínas el del trigo contiene en mayor cantidad, con respecto al fósforo el almidón de la papa tiene mayor contenido y por último con respecto al sabor y olor los almidones de trigo y maíz son altos.

Cuadro 7. Composición química de los almidones más comunes

Almidón	% Humedad (HR 20°C)	% Lípidos (b.s.)	% Proteínas (b.s.)	% Fósforo (b.s.)	Sabor y color
Yuca	13	0.1	0.1	0.01	Neutro
Papa	19	0.1	0.1	0.08	Bajo
Trigo	13	0.9	0.4	0.06	Alto
Maíz	13	0.8	0.35	0.02	Alto

Fuente: Agroindustrial, (2007)

2.1. 8 Producción de plátano en la región Puno

En el Cuadro 8 y 9 nos indica la producción de plátano en la Provincia de Sandia desde el año 1996 al 2009, como también las siembras, pérdidas cosechas y rendimiento por hectárea, que también señala que la producción va incrementando en la selva Puneña.

Cuadro 8. Producción de plátano en la Provincia de Sandia - Distrito Alto Inambari

	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
Sup.Verde (ha.)				12,00	6,00	33,00	20,00	53,00	4,00	23,00	22,00	4,00	38,00
Siembras (ha.)	30,00			18,00	19,00	49,00	12,00	3,00	10,00				
Sup Perdida (ha.)													
Cosechas (ha.)	98,00	141,00	189,00	189,00	170,00	172,00	175,00	246,00	236,00	245,00	255,00	237,00	249,00
Rendimiento (Kg./ha.)	10.387,76	8.347,52	8.470,90	8.153,44	8.529,41	9.098,84	8.948,57	7.443,09	8.750,00	8.718,37	8.749,02	9.312,24	9.646,59
Produccion (t.)	1.018,00	1.177,00	1.601,00	1.541,00	1.450,00	1.565,00	1.566,00	1.831,00	2.065,00	2.136,00	2.231,00	2.207,00	2.402,00
Precio Chacra (S/Kg.)	0,34	0,31	0,31	0,32	0,32	0,29	0,29	0,30	0,28	0,30	0,37	0,45	0,56

Fuente: D.R.A. Puno, (2009)

Cuadro 9. Producción de plátano Provincia de Sandia - Distrito San Juan del Oro

	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
Sup.Verde (ha.)				25,00	38,00	169,00	26,00	22,00		102,00	10,00		31,00
Siembras (ha.)	260,00	110,00	6,00	25,00	74,00	120,00	53,00	26,00	26,00	8,00			
Sup Perdida (ha.)													
Cosechas (ha.)	352,00	602,00	642,00	644,00	715,00	852,00	861,00	892,00	890,00	260,00	285,00	303,00	305,00
Rendimiento (Kg./ha.)	11.747,16	8.367,11	8.454,83	7.816,77	8.248,95	8.516,43	8.627,18	8.631,17	8.633,71	8.700,00	8.852,63	8.389,44	8.921,31
Produccion (t.)	4.135,00	5.037,00	5.428,00	5.034,00	5.898,00	7.256,00	7.428,00	7.699,00	7.684,00	2.262,00	2.523,00	2.542,00	2.721,00
Precio Chacra (S/Kg.)	0,34	0,31	0,31	0,32	0,33	0,29	0,29	0,30	0,29	0,31	0,34	0,46	0,55

Fuente: D.R.A. Puno, (2009)

En el Cuadro 10 y 11, nos indica la producción de plátano en la Provincia de Sandia desde el año 1998 y 2005 al 2009, como también las siembras, pérdidas Cosechas y rendimiento por hectárea, que también señala que la producción va incrementando en la selva Puneña.

Cuadro 10. Producción de plátano Provincia de Sandia - Distrito Yanahuaya

	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
Sup.Verde (ha.)			3,00	12,00	7,00	20,00	8,00	6,00		14,00		24,00	20,00
Siembras (ha.)									4,00				
Sup Perdida (ha.)			2,00	12,00	11,00	39,00	5,00	51,00					
Cosechas (ha.)				122,00	135,00	138,00	139,00	93,00	95,00	95,00	118,00	145,00	80,00
Rendimiento (Kg./ha.)			5.692,31	8.795,08	8.259,26	8.789,86	8.748,20	8.935,48	8.852,63	8.852,63	8.457,63	8.344,83	11.850,00
Producción (t.)			16,00	1.073,00	1.115,00	1.213,00	1.216,00	831,00	841,00	841,00	998,00	1.210,00	948,00
Precio Chacra (S/Kg.)			0,42	0,32	0,32	0,29	0,29	0,31	0,29	0,30	0,31	0,31	0,35

Fuente: D.R.A. Puno, (2009)

Cuadro 11. Producción de plátano Provincia de Sandia - Distrito San Pedro de Putina Punco

	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
Sup.Verde (ha.)													
Siembras (ha.)										681,00	11,00	30,00	3,00
Cosechas (ha.)										630,00	648,00	681,00	661,00
Rendimiento (Kg./ha.)										8.731,75	8.774,69	8.722,47	8.924,36
Producción (t.)										5.501,00	5.686,00	5.940,00	5.899,00
Precio Chacra (S/Kg.)										0,30	0,38	0,44	0,53

Fuente: D.R.A. Puno, (2009)

En el Cuadro N° 12 se muestra la producción de plátano en la Provincia de Carabaya que también van incrementando y que son menores pero son menores a la producción de la Provincia de Sandia.

Cuadro 12. Producción de plátano Provincia de Carabaya - Distrito San Gabán

	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
Sup.Verde (ha.)													
Siembras (ha.)				1,00	11,00	3,00	14,00			8,00		4,00	
Sup Perdida (ha.)	30,00	40,00	12,00	1,00	11,00	9,00	6,00						
Cosechas (ha.)	90,00	82,00	94,00	104,00	108,00	112,00	117,00	118,00	120,00	120,00	120,00	120,00	126,00
Rendimiento (Kg./ha.)	6.333,33	8.378,05	8.466,67	8.297,87	8.173,08	8.583,33	8.892,86	8.632,48	8.661,02	8.741,67	8.750,00	8.775,00	9.166,67
Producción (t.)	570,00	687,00	762,00	780,00	850,00	927,00	996,00	1.010,00	1.022,00	1.049,00	1.050,00	1.053,00	1.155,00
Precio Chacra (S/Kg.)	0,33	0,31	0,31	0,31	0,32	0,31	0,31	0,31	0,30	0,29	0,32	0,41	0,58

Fuente: D.R.A. Puno, (2009)

En el Cuadro N° 13 señala el resumen de la campaña agrícola con respecto a la producción de plátano en la región Puno desde el año 1996 al 2009 que indica que la producción de esta fruta va incrementando considerablemente.

Cuadro 13. Campañas producción de plátano agrícolas de producción de plátano en la Región Puno

PROVINCIA	DISTRITO	VARIABLES	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
Sandia	Massiapo	Producción (t.)	1.018,00	1.177,00	1.601,00	1.541,00	1.450,00	1.565,00	1.566,00	1.831,00	2.065,00	2.136,00	2.231,00	2.207,00	2.402,00
Sandia	San Juan de O.	Producción (t.)	4.135,00	5.037,00	5.428,00	5.034,00	5.898,00	7.256,00	7.428,00	7.699,00	7.684,00	2.262,00	2.523,00	2.542,00	2.721,00
Sandia	Yanahuaya	Producción (t.)			16,00	1.073,00	1.115,00	1.213,00	1.216,00	831,00	841,00	841,00	998,00	1.210,00	948,00
Sandia	S.P.Putina P.	Producción (t.)										5.501,00	5.686,00	5.940,00	5.899,00
Carabaya	San Gabán	Producción (t.)	570,00	687,00	762,00	780,00	850,00	927,00	996,00	1.010,00	1.022,00	1.049,00	1.050,00	1.053,00	1.155,00

Fuente: D.R.A. Puno, (2009)

2.2 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 del agua que toman del suelo, formado por una mezcla de dos sustancias; amilosa y amilopectina, las que solo difieren en su estructura (Méndez, 2010).

Existe un número importante de especies que tienen un alto contenido de almidón y que podrían ser materia prima para su extracción y elaboración de alimentos. Dentro de estas se encuentran algunas frutas como el plátano (*Musa paradisiaca*) y el mango (*Mangifera indica* L), que en estado verde o inmaduro presentan cantidades importantes de este carbohidrato (Lázaro, 2008).

Los gránulos de almidón no sufren cambios cuando están en suspensión en agua fría, manteniendo sus propiedades ópticas, incluida la refracción de luz polarizada. Este comportamiento se debe a fuertes uniones intermoleculares en las áreas cristalinas de los gránulos, que resisten a la disolución en agua. Los cambios se aprecian cuando las temperaturas alcanzan 60 a 70°C, momento en que los gránulos se hinchan aumentando el volumen debido a una absorción de agua por los grupos polares hidroxilos, generando nuevos enlaces que envuelven moléculas de agua (Konishi, 2006).

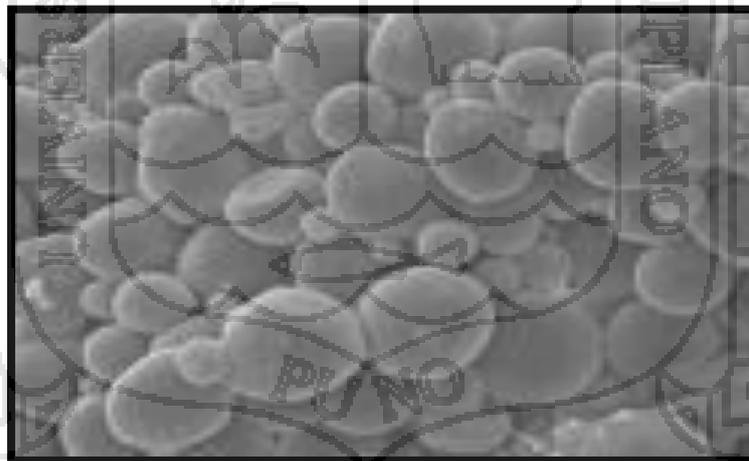
El almidón es el mayor componente de la dieta en todas las poblaciones humanas, es excelente para modificar la textura y consistencia de los alimentos (Biliaderis, 1991).

El almidón es el principal polisacárido de reserva de las plantas; está formado por una fracción lineal (amilosa) y por una ramificada (amilopectina), ambas compuestas por D-glucosa. El almidón se encuentra en una gran variedad de tejidos, incluyendo hojas, tubérculos, frutas y semillas. En los frutos el almidón es una reserva energética y su concentración varía con el estado de madurez (Lii *et al.*, 1982).

El almidón es depositado en forma de gránulos, parcialmente cristalinos cuya morfología, composición química y estructura supermolecular son características de cada especie de planta en particular. El almidón debe mucha de su funcionalidad a dos de sus componentes principales que son carbohidratos de alto peso molecular, la amilosa y la amilopectina, así como la organización física de estas macromoléculas dentro de la estructura granular. Originalmente los gránulos de almidón son redondos u ovalados, pero conforme crecen, toman la forma característica de la variedad de almidón a la que pertenecen. Las características morfológicas de los gránulos como la forma se analizan por medio de la microscopía óptica y la microscopía electrónica de barrido, proporciona el tamaño y permite observar la superficie de los gránulos. La microscopía electrónica de barrido para almidones no modificados ni dañados muestra la superficie del gránulo lisa y libre de poros, grietas o fisuras (French, 1984).

En la Figura N° 5 nos presenta que los almidones en las imágenes microscópicas presentan en su mayoría en forma ovalas.

Figura 5. Presentación de gránulos de almidón vistos microscópicamente.



Fuente: French, (1984)

El almidón es uno de los biopolímeros más importantes, es una mezcla polimérica de α -glucanos especialmente lineares (amilosa) y ramificada (amilopectina), (French, 1984).

Entre los productos obtenidos en el presente trabajo se tienen harinas finas que se compararon y fueron semejantes al almidón dulce extraído a través de métodos tradicionales. Asimismo, se obtuvo un pegamento de buena calidad en una prueba de aplicabilidad del almidón obtenido. En base a las diferentes técnicas utilizadas se tienen los siguientes resultados. Las raíces frescas de yuca presentan un 66,8% de humedad, un 30,85% de contenido de almidón, 0,90% de fibra y 0,92% de ceniza. Una vez realizado el proceso de tamizado de todas las combinaciones establecidas, el rendimiento promedio de los productos finales de 9 combinaciones de ensayo, presenta un comportamiento. El almidón es la principal reserva del carbohidrato en los tubérculos y el endospermo donde se encuentra como gránulos (Buleon *et al*, 1998).

Los almidones que contienen 20 a 25% de amilosa están sujetos a la retrogradación y no se aconsejan como agentes espesantes porque puedan dar textura granulosa. Sin embargo, los almidones tipo waxy como el maíz céreo, retrogradan poco; es por ello que se utilizan como agente espesante. La retrogradación sirve para recordar que no todo el almidón presente en los alimentos es nutricionalmente disponible (Konishi, 2006).

Los geles de almidón de amaranto podrían tener aplicaciones en sistemas alimenticios que requieran estabilidad en condiciones medias y extremas de calentamiento, agitación y que no formen geles sólidos. Pueden también ser utilizados como agente estabilizante y espesante en formulaciones de cremas pasteleras, salsas, jaleas, helados, en sopas instantáneas, en alimentos enlatados y congelados (Yañez *et al.*, 1986).

2.2.1 Naturaleza Química del Almidón

Los almidones son mezclas de amilosa y de amilopectina en general los almidones contienen entre 20% y 30% de amilosa, aunque existen excepciones. En el maíz céreo, llamado así por el aspecto del interior del grano, casi no existe amilosa, mientras que en las variedades de amiláceas representa entre el 50% y el 70%. En el caso de la patata, la presencia de grupos fosfatos crea repulsiones entre cargas

negativas, lo que facilita la separación de las cadenas y su interacción con el agua (Calvo, 2007).

Los gránulos del almidón suelen contener dos carbohidratos, amilopectina la primera constituye más de 80% en la mayoría de los almidones. El fraccionamiento de los dos componentes puede realizarse por participación selectiva que da lugar a la formación de un complejo insoluble de amilosa, mediante sustancias orgánicas polares; la β -amilosa está constituida por cadenas lineales, mientras que la amilopectina posee una estructura ramificada estas diferencias confieren a las dos sustancias propiedades, distintas y es la variación en su proporción que contribuye a las características diferentes de un almidón de un determinado origen biológico (Mazinger, 2007).

Desde el punto de vista químico el almidón es un polisacárido, el resultado de unir moléculas de glucosa formando largas cadenas aunque pueden aparecer otras sustancias en mínimas cantidades. El almidón es una sustancia que se obtiene exclusivamente de los vegetales que lo sintetizan a partir del dióxido de carbono que toman de la atmósfera y del agua que toman del suelo. En el proceso se absorbe la energía del sol y se almacena en forma de glucosa y uniones entre estas moléculas para formar las largas cadenas del almidón, que pueden llegar a tener hasta 2000 o 3000 unidades de glucosa. El almidón está realmente formado por una mezcla de dos sustancias, amilosa y amilopectina, que sólo difieren en su estructura: la forma en la que se unen las unidades de glucosa entre sí para formar las cadenas. Pero esto es determinante para sus propiedades. Así, la amilosa es soluble en agua y más fácilmente hidrolizable que la amilopectina (es más fácil romper su cadena para liberar las moléculas de glucosa), (Gómez, 2003).

El almidón es la principal fuente de carbohidratos sintetizada por las plantas superiores. En la célula se organiza en partículas discretas (gránulos), cuyo tamaño puede variar de 1 a 100 μ m; un gránulo de almidón contiene proporciones variables de amilosa y amilopectina. Ambos polisacáridos están constituidos de cadenas de D-glucosa unidos mediante enlaces α (1-4). La amilosa es esencialmente lineal, mientras que la amilopectina está altamente ramificada mediante enlaces α (1-6). La

amilopectina forma cristales polimórficos tipo A y B que influyen en el arreglo de sus dobles hélices (Imberty y Pérez, 1998).

Mientras que la amilopectina es un polímero ramificado de unidades de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces α (1-4) y en un 4-6% con uniones α (1-6). Dichas ramificaciones se localizan aproximadamente a cada 15-25 unidades de glucosa. La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce un color rojizo violeta (Hernández *et al.*, 2008).

En el Cuadro N°14 se muestran las propiedades del almidón de plátano y se observa que el contenido de proteína y grasa no varía mucho en las primeras etapas, las cenizas disminuyen cuando empieza la maduración al igual que el contenido de fósforo.

Cuadro 14. Contenido de proteína, grasa, ceniza y fósforo de almidón de plátano aislado a diferentes etapas de maduración.

Etapa	Proteína cruda (%)	Grasa cruda (%)	Cenizas (%)	Fósforo(mg/g)
0	0.09	0.11	0.057	0.070
1	0.09	0.15	0.042	0.058
2	0.09	0.11	0.023	0.053
3	0.11	0.37	0.051	0.050
4	N.D.*	0.32	0.051	0.055

Fuente: Lii *et al.*, (1982)

En el Cuadro N°15 nos indica los experimentos el poder de hinchamiento y solubilidad del almidón de la etapa de maduración 0 a 2 los resultados indican que los almidones tuvieron poder de hinchamiento medianamente restringido y en cuanto a la solubilidad se obtuvieron los resultados esperados.

Cuadro 15. Poder de hinchamiento y solubilidad de almidón de plátano a diferentes etapas de maduración.

	Etapa	Temperatura			
		65 °C	75 °C	85 °C	95 °C
Poder de Hinchamiento	0	2.08%	17.58%	24.05%	31.60%
	1	2.25%	18.14%	24.03%	33.47%
	2	2.19%	16.19%	24.63%	35.29%
Solubilidad (%)	0	0.15	10.00	13.61	16.33
	1	0.33	10.88	14.25	20.33
	2	0.14	9.98	15.02	21.74

Fuente: Lii *et al.*, (1982)

2.2.2 Propiedades Físicas y Químicas de los almidones

2.2.2.1 Aspecto Microscópico (forma y tamaño del granulo)

En el Cuadro N°16 se muestra las propiedades del almidón de plátano en diferentes etapas de maduración, se presenta el tamaño de los gránulos, este aumenta en las etapas más maduras, al igual que la temperatura de gelatinización y la afinidad de yodo, con microscopía polarizada se encontró que la forma de los gránulos de almidón de plátano van de oval a irregular en forma estriaciones y el tamaño va de 6 a 80µm la distribución de tamaño fue diferente en los distintos estados de maduración.

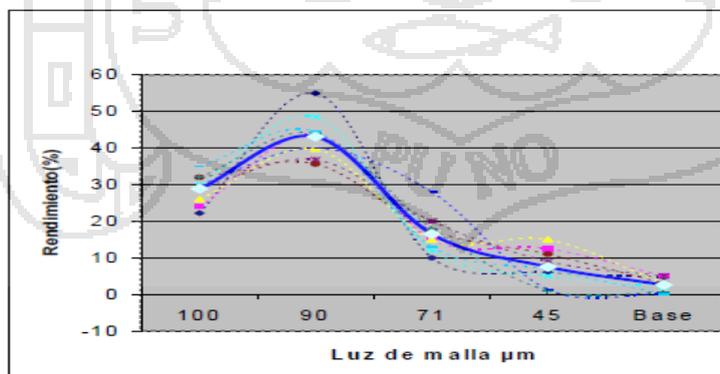
Cuadro 16. Propiedades del almidón de plátano en diferentes etapas de maduración.

Etapa de maduración	Tamaño del gránulo (µm)	Temperatura de Gelatinización (°C)	Afinidad de Yodo (%)	Forma del gránulo	Patrón de difracción rayos X
0	6-60	74-77-81	3.22	Oval, irregular con estriación	B
1	9-66	75-77.5-80	3.32		
2	18-60	77-79-80.5	3.26		
3	18-60	75-76-77.5	3.60		
4	18-75	76-78-81	3.58		
5	20-60	76-78.5-80	3.83		
6	18-60	76-81-83	3.65		
7	15-81	79-81.5-83	3.68		

Fuente: Lii *et al.*, (1982)

En la Figura N°6 Las raíces frescas de yuca contienen mayor humedad de 66,8 %.

Figura 6. Curvas de distribución granulométrica



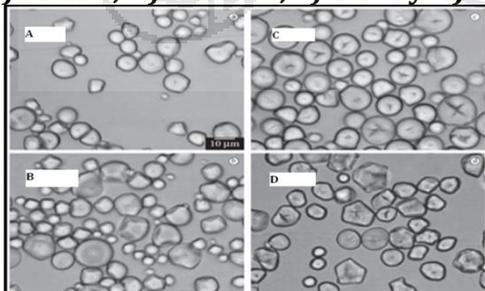
Fuente: Cobana y Antezana, (2007)

Los gránulos de almidón no sufren cambios cuando están en suspensión en agua fría, manteniendo sus propiedades ópticas, incluida la refracción de luz polarizada. Este comportamiento se debe a fuertes uniones intermoleculares en las áreas cristalinas de los gránulos, que resisten a la disolución en agua. Los cambios se aprecian cuando las temperaturas alcanzan 60 a 70°C, momento en que los gránulos se hinchan van aumentando el volumen debido a una absorción de agua por los grupos polares hidroxilos, generando nuevos enlaces que envuelven moléculas de agua. La temperatura de gelatinización es el punto donde los gránulos de almidón pierden su cruz de polarización sin embargo, no todos los gránulos lo hacen de forma. La temperatura de gelatinización depende de varios factores tales como: tamaño del gránulo (los más grandes tienden a hincharse y absorben agua antes que los pequeños) variedad de almidón, contenido de amilosa y amilopectina, pH, cantidad de agua y contenido de sales. (Konishi, 2006).

La caracterización morfología y el tamaño de los gránulos de almidón de *D. bulbifera* se determinaron mediante microscopía de barrido electrónico (MBE), usando un equipo Hitachi Modelo S-2400 a 20kv, de acuerdo de las micrografías se determina el valor promedio y desviación estándar del tamaño del granulo de almidón, de acuerdo a su diámetro máximo y mínimo; así como las características de superficie y forma del gránulo (Araujo *et al*, 2004).

En la Figura N°7 se muestra las microfotografías de los gránulos de los almidones de makal, camote, yuca y sagú. Los almidones de makal y camote presentaron forma esférica, similares a los almidones de papa, que tienen forma oval a esférica.

Figura 7. Microfotografías de los gránulos de almidón de a) Makal; b) Camote; c) Yuca y d) Sagú



Fuente: Moorthy, (2002)

En el Cuadro N° 17 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 μm para el makal, 12.41 μm para el camote, 16.5 μm para la yuca y 10.64 μm para el sagú en diversas variedades de *Pachyrhizus ahipa*, con un tamaño promedio de 9.34 a 14.63 μm . De igual forma, estos valores encontrados en los almidones en estudio están dentro de los intervalos de otros almidones como los de *X. sagittifolium* (2,8-50 μm), camote (2-72 μm) y yuca (3-43 μm).

Cuadro 17. Tamaño y forma de los gránulos de almidón de makal, camote, yuca y sagú, comparados con diferentes fuentes.

Almidones	Promedio (μm)	Intervalo (μm)	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)

Su característica permite tener gránulos de almidón parcialmente despolimerizados; los almidones modificados se caracterizan por la presencia de gránulos que aún muestran anillos de crecimiento, rodeados por gránulos fragmentados. Resultados similares se obtienen al lintnerizar almidones cerosos de papa y maíz (Bertoft, 2004).

Los almidones de tubérculos evaluados muestran diversas propiedades fisicoquímicas y funcionales que los hacen factibles para su utilización en diversos sistemas alimenticios u otras aplicaciones industriales. El tamaño de los gránulos de los almidones de makal, camote y sagú fueron de 12,40, 12,41, y 10,64 μm , respectivamente (Hernández *et al.*, 2008).

En el Cuadro N° 18, se presenta el contenido de proteína, grasa, cenizas y fósforo de almidón de plátano aislado a diferentes etapas de maduración, donde se observa que el mayor contenido de almidón se encuentra en la etapa 0, en la cual el plátano está verde.

Cuadro 18. Composición proximal del plátano a diferentes etapas de maduración (porción comestible)

Etapa	Azúcares Reductores (%)	Sacarosa (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Almidón (%)	Cenizas (%)
0	0.24	1.23	5.30	0.78	0.49	61.74	3.28
1	1.30	6.01	5.62	0.80	0.49	58.58	3.31
2	10.76	18.42	4.88	0.75	0.60	42.42	3.53
3	11.45	21.35	4.93	0.73	0.62	39.78	3.54
4	12.39	27.88	5.38	0.74	0.68	37.59	3.58
5	25.00	53.07	5.77	0.76	0.78	9.70	3.90
6	31.22	51.89	5.65	0.71	0.49	6.30	3.73
7	33.82	51.98	5.60	0.83	0.30	3.33	4.05
8	33.57	53.22	5.52	0.68	0.30	2.58	4.09

Fuente: Lili *et al*, (1982)

En el cuadro N° 19 se muestra la apariencia microscópica de los gránulos del almidón varia tanto en forma y tamaños de acuerdo con su origen; los almidones presentan una forma globosa en forma centricular (centeno trigo y cebada), alargada a la manera de concha el almidón de papa (Raygada, 2001).

Cuadro 19. Características de algunos almidones

ORIGEN DEL ALMIDÓN	FORMA DEL GRANO	TAMAÑO DEL GRANO (MICRAS)
Cebada	Redondo renticular	20-25; 2-6
Triticale	Redondo	19
Trigo	Lenticular redondo	20-35 ; 2-10
Arroz	Poligonal	3-8
Maíz	Redondo o poliédrico	15
Avena	Poliédrico	3-10
Centeno	Redondo o lenticular	28
Quinoa variedad kancolla	Poligonal	1.0 -1.5
Quinoa variedad chullpi	Poligonal	1.5-2
Plátano morado	poligonal	14 - 42

Fuente: Raygada, (2001)

En el Cuadro N° 20 ambos almidones presentan cantidades similares de proteína y grasa pero el de plátano macho tiene menor cantidad de humedad y ceniza que en el criollo.

Cuadro 20. Composición proximal de almidón de plátano (%)

Contenido	Plátano macho	Plátano Criollo
Almidón total	97.2 ± 2.4	98.1 ± 1.8
Humedad	12.9 ± 0.3	11.1 ± 0.4
Proteína	2.03 ± 0.15	1.95 ± 0.2
Grasa	2.2 ± 0.05	2.3 ± 0.07
Cenizas	1.3 ± 0.3	0.43 ± 0.06

Fuente: Bello *et al.*, (1999)

En el Cuadro N° 21 se muestra la composición de almidón de plátano verde es similar a la reportada en otros estudios, el contenido de lípidos es menor al encontrado en cereales pero parecido al de almidón de tapioca.

Cuadro 21. Composición química de almidón del plátano verde

Componente	Porcentaje (%)
Humedad	10.8 ± 0.2
Proteína	0.2 ± 0.0
Cenizas	0.02 ± 0.00
Lípidos	0.2 ± 0.0

Fuente: Kayisu *et al.*, (1981)

2.2.3 Características de almidones comerciales

Amparo, (2007) presenta las características del almidón de cuatro productos

2.2.3.1 Almidón de arroz

- Descripción :Polvo fino blanco con ligerísimo olor
- Sinónimos :Fécula de arroz, Amyllun oryzae
- Formula empírica : $(C_6H_{10}O_5)_n$

- Solubilidad : Agua prácticamente insoluble
- pH Disp. Acuosa : 6.7 – 7.3
- Observación : No ha de tener gluten
- Caracteres microscópicos : Granos poliédricos de 2-5 micras aislados o asociados en masas ovoides de 10 a 20 micras.

2.2.3.2 Almidón de maíz

- Descripción : Polvo fino blanco ligeramente amarillento
- Sinónimos : Fecula de maíz, amyllum maydis, Maicena
- Formula empírica : $(C_6H_{10}O_5)_n$
- Solubilidad : Agua insoluble, etanol insoluble
- pH : 4.5 - 7.0
- Observaciones : No ha de contener gluten
- Caracteres microscópicos : Granos angulosos poliédricos de 2-23 micras y granos redondo de 25 – 35 micras, con hilo central, formado por una cavidad bien definida o por 2 – 5 fisuras estrelladas, no tienes estrías concéntricas.

2.2.3.3 Almidón de Patata

- Descripción : Polvo fino blanco
- Sinónimos : Fécula de patata *Amylum solani tuberosi*
- Formula empírica : $(C_6H_{10}O_5)_n$
- Solubilidad : Agua insoluble, etanol insoluble
- pH : 5.0-8.0
- Observaciones : No ha de contener gluten
- Caracteres microscópicos : Granos irregularmente ovoides de tamaño 30-100 micras o bien en granos redondeados de 10-35 micras de anchura.

2.2.3.4 Almidón de Trigo

- Descripción : Polvo blanco
- Sinónimos : Fécula de patata *Amylum tritici*

- Formula empírica : $(C_6H_{10}O_5)_n$
- Solubilidad : Agua insoluble, etanol insoluble
- pH : 5.0-8.0
- Observaciones : Contiene gluten
- Caracteres microscópicos : Granos grandes o pequeño, y raramente de tamaño intermedio. Los granos grandes, de un diámetro de 10 - 45 micras.

2.2.4 Extracción

Se hizo una caracterización morfológica, molecular y fisicoquímica del almidón extraído del plátano “macho” (*Musa Paradisiaca L.*) Modificado químicamente por oxidación. Se empleó el almidón de plátano nativo (Gonzales *et al.*, 2008).

Los métodos tradicionales de extracción industrial de almidón no son aplicables directamente en todas las especies de vegetales, principalmente debido a que en ellas el almidón se encuentra acompañado de otros compuestos químicos como proteínas, lípidos y fibras, por lo que es necesario realizar ajustes con respecto al plátano; la extracción del almidón de plátano, de los cuales se seleccionaron, por motivos prácticos y relacionados con los propósitos del presente proyecto de investigación, un método de extracción húmeda y otro de extracción en seco adaptado (Hernández *et al.*, 1996).

El proceso de extracción del almidón de yuca consiste fundamentalmente en romper las paredes celulares para liberar los gránulos de almidón mediante un rallado, seguido de la adición de agua y filtración, lo que permite la separación de las partículas de almidón suspendidas en el medio líquido de aquellas que son relativamente más grandes, como los componentes de la fibra, posteriormente se elimina el agua y se lava el material sedimentado para eliminar las últimas fracciones diferentes del almidón para finalmente someter al almidón purificado a un secado (Alarcón y Dufour, 1998).

La extracción de almidón por vía húmeda presentan una elevada carga orgánica, presencia de sólidos disueltos y compuestos cianurados de alta toxicidad ya que al estar disueltos en agua se descomponen liberando ácido cianhídrico. La calidad del

almidón está definida con relación al producto final; en general puede decirse que cuanto más cuidadoso y limpio es el proceso de producción del almidón, mayor es su valor, y su utilización más amplia en cualquier producto. Las características fisicoquímicas que determinan la calidad del almidón son la limpieza, granulometría, color, olor, contenido de humedad, fibra, ceniza, acidez y viscosidad. En la industria de alimentos, el almidón natural (llamado también nativo, dulce o industrial) se usa, sólo o mezclado, en la elaboración de galletas, caramelos, agentes espesantes, bebidas fermentadas y jarabe de glucosa (Alarcón y Dufour, 1998).

Para la obtención del almidón primero se deben lavar y pesar los plátanos, luego retirar la cascara lo más rápido posible para evitar la oxidación y luego se pesa la pulpa, posterior a eso se sumerge la pulpa en solución de bisulfito de sodio (NaHSO_3) 0.005M, se corta en trozos para licuarlos por 30seg., filtrar en una manta de cielo, depositar en un recipiente de mayor capacidad, sedimentar el almidón por 24 horas, centrifugar a 9500RPM por 20 minutos y resuspender el almidón en etanol y dejar evaporar a temperatura de ambiente y por último se tamiza (Kim y Wiesenborn, 1995).

2.2.5 Rendimiento

El rendimiento y la pureza del almidón de plátano aislado a escala de planta piloto mostraron que el proceso pudiera ser técnicamente factible de llevarlo a una escala industrial de operación. En un lapso no mayor de 2 días después de la recolección de la materia prima para evitar que el almidón se convierta en azúcares (debido al proceso de hidrólisis de la fruta), se extrajo el almidón del banano. Sin embargo se tuvieron que hacer correcciones pertinentes según el equipo presente de laboratorio. En este método se tomaron los lotes pesados en la fase I, se cortaron en trozos de 2-3cm de largo y se colocaron en un vaso precipitado de 1000ml, con una solución de antioxidante de ácido ascórbico 0.4%, debido a que el contacto con el oxígeno se produce oxidación de la pulpa (oscurecimiento) lo que ocasiona la aparición de puntos o manchas negras en el almidón aislado. Para la molienda húmeda se utilizó un brazo de acero inoxidable 12QT, capacidad de 7", a velocidad máxima por 2 minutos. Posteriormente el fruto se cribó sucesivamente en mallas de 20, 40 y 200 U.S. en cada

mallá el residuo se lavó hasta que el líquido de salida no tuviera residuo aparente de almidón. Aquí se utilizó un molino de rodillos para cribar la solución que se obtuvo de la molienda, diluyéndose la solución después de su cribación. La suspensión obtenida se separó mediante reposo por un día a temperatura baja (colocándose la solución en la refrigeradora), se eliminó el sobrenadante, y de la pasta resultante se separó el precipitado (almidón), el cual se resuspendió en agua destilada y se dejó en reposo nuevamente. Esta aparición se repitió 3 veces y la pasta final se secó en un horno de secado a 40^o- 45^oC (Flores y Bello, 2004).

2.2.6 Forma y tamaño del almidón

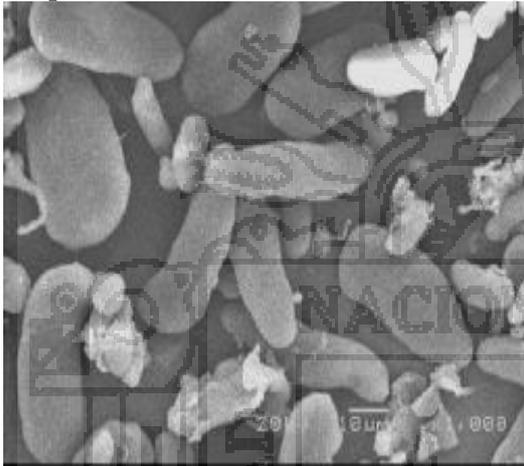
Estructuralmente, el almidón consiste de dos polisacáridos químicamente distinguibles: la amilosa y la amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces α (1-4), en el cual algunos enlaces α (1-6) pueden estar presentes. Esta molécula no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar una estructura helicoidal que es capaz de desarrollar un color azul por la formación de un complejo con el yodo (Knutzon y Grove, 1994).

En el plátano morado se trabajó por microscopía electrónica de barrido donde se mostró detalladamente las formas de los gránulos y obteniendo su tamaño aproximado, de 14.16 μ m para el diámetro menor o ecuatorial y 42.5 μ m para el diámetro mayor o axial, los gránulos de plátano tabasco tuvieron un tamaño aproximado de 22.5 μ m de diámetro ecuatorial y 40.8 μ m de diámetro axial, con lo que se observa que el plátano morado es tan alargado como el tabasco pero es más angosto, el almidón de maíz presentó un tamaño aproximado de 13.2 μ m ecuatorial y 16.6 μ m axial, describiendo formas poligonales, el almidón de haba tuvo 23.8 μ m ecuatorial y 35.5 μ m axial aproximadamente, siendo ambos de formas ovoides y el almidón de trigo presentó una forma casi esférica de 17.5 μ m ecuatorial y 22.5 μ m de axial aproximadamente. El plátano morado presenta formas alargadas y ovaladas en comparación con los de plátano tabasco que son irregulares con tendencia a la esfericidad, los gránulos de maíz que presentan formas poligonales y de menor

tamaño, los de lenteja y haba que son esféricos y de mayor tamaño y los de trigo que son esféricos (Cortes, 2008).

En la Figura 8 y 9 se muestra que los gránulos de almidón de plátano morado presentan un tamaño aproximado de $14.16\mu\text{m}$ para el diámetro menor o ecuatorial y $42.5\mu\text{m}$ para el diámetro mayor o axial.

Figura 8- Microscopía electrónica de barrido, almidón de plátano morado 1000x.



Fuente: Cortes, (2008)

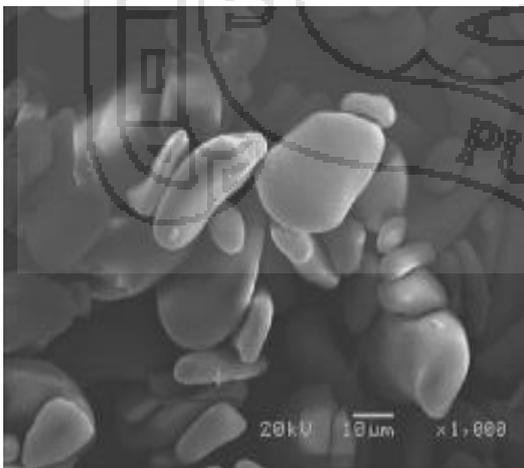
Figura 9- Microscopía electrónica de barrido, almidón de plátano morado 2000x.



Fuente: Cortes, (2008)

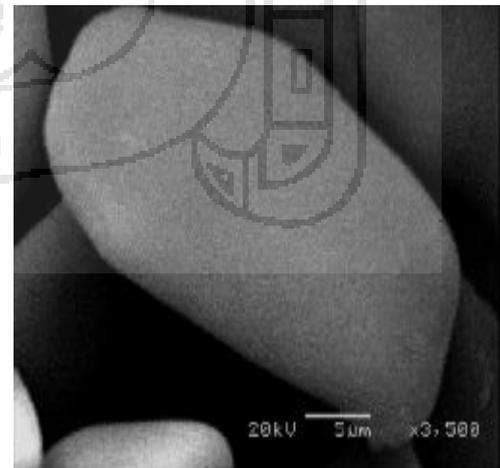
En la Figura 10 y 11 presentan a los gránulos de plátano tabasco que tiene un tamaño aproximado de $22.5\mu\text{m}$ de diámetro ecuatorial y $40.8\mu\text{m}$ de diámetro axial.

Figura 10. Microscopía electrónica de barrido, almidón de plátano tabasco 1000x.



Fuente: Cortes, (2008)

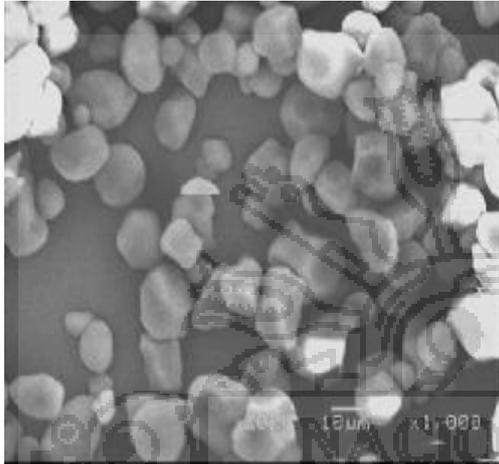
Figura 11. Microscopía electrónica de barrido, almidón de plátano tabasco 3500x.



Fuente: Cortes, (2008)

En la Figura 12 y 13 presentan que el plátano morado es tan alargado como el tabasco pero es más angosto, el almidón de maíz presentó un tamaño aproximado de $13.2\mu\text{m}$ ecuatorial y $16.6\mu\text{m}$ axial, describiendo formas poligonales.

Figura 12. Microscopía electrónica de barrido, almidón de maíz 1000x.



Fuente: Cortes, (2008)

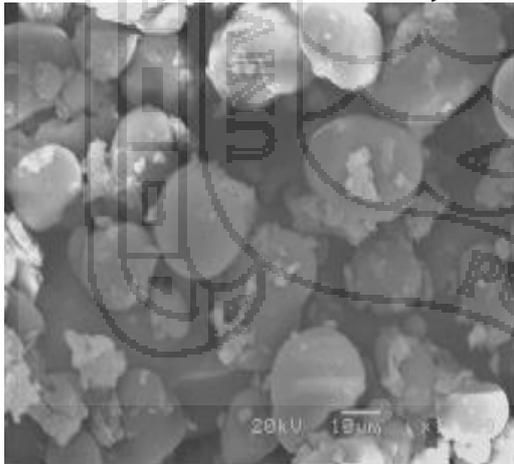
Figura 13. Microscopía electrónica Barrido, almidón de maíz 3500x



Fuente: Cortes, (2008)

En la Figura 14 y 15 se presentan que el almidón de lenteja tuvo $19.1\mu\text{m}$ ecuatorial y $29.1\mu\text{m}$ axial aproximadamente.

Figura 14. Microscopía electrónica de barrido, almidón de lenteja 1000x.



Fuente: Cortes, (2008)

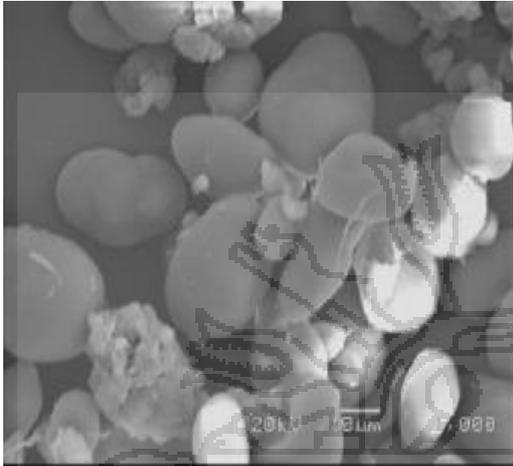
Figura 15. Microscopía electrónica barrido, almidón de lenteja 3500x



Fuente: Cortes, (2008)

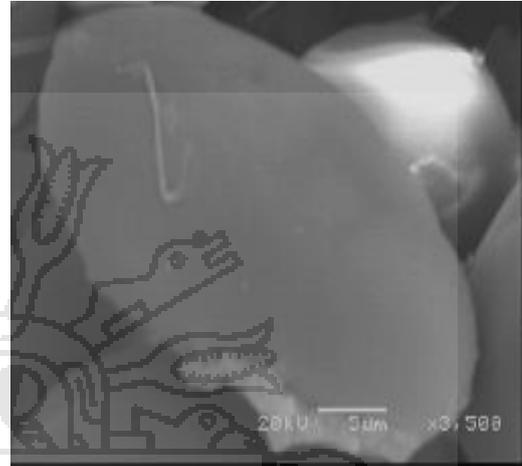
En la Figura 16 y 17 muestran que el almidón de haba tuvo $23.8\mu\text{m}$ ecuatorial y $35.5\mu\text{m}$ axial aproximadamente.

Figura 16. Microscopía electrónica de barrido, almidón de haba 1000x.



Fuente: Cortes, (2008)

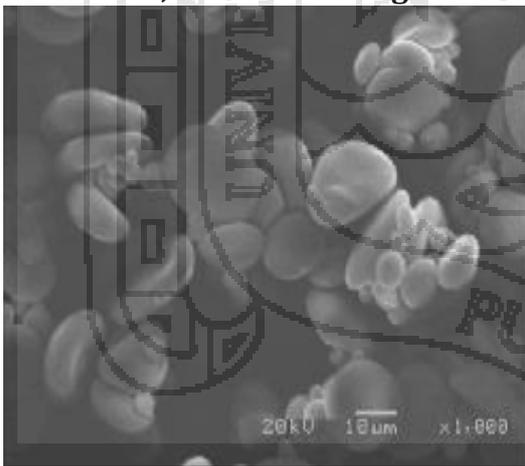
Figura 17. Microscopía electrónica barrido, almidón de haba 3500x.



Fuente: Cortes, (2008)

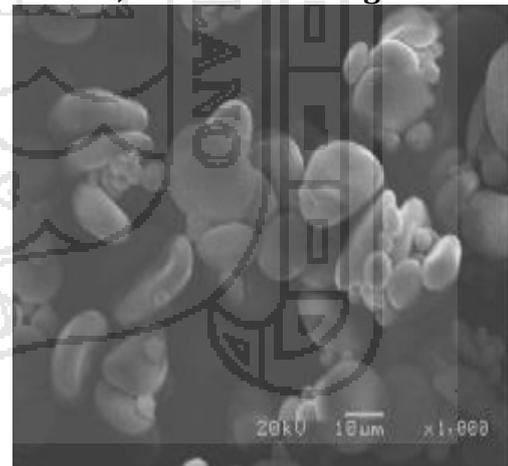
En la Figura 18 y 19 muestran siendo ambos de formas ovoides y el almidón de trigo presentó una forma casi esférica de $17.5\mu\text{m}$ ecuatorial y $22.5\mu\text{m}$ de axial aproximadamente.

Figura 18. Microscopía electrónica de barrido, almidón de trigo 1000x.



Fuente: Cortes, (2008)

Figura 19. Microscopía electrónica barrido, almidón de trigo 1000x.



Fuente: Cortes, (2008)

2.2.7 Poder de Hinchamiento

El almidón en su estado natural es insoluble en agua fría, pero parece absorber cerca de 25 a 30% y no se hincha apreciablemente. Con la elevación de la temperatura, las ligaduras de hidrogeno que tiene la estructura micelar unidas juntas y las moléculas solventes de agua en estado agregado tienden a disociarse (Raygada, 2001).

Mencionan que el índice de absorción de agua y el poder de hinchamiento se utilizan para medir la capacidad de retención de agua por el almidón modificado después de algún tratamiento, por ejemplo, térmico. Cuando los granos de amaranto son sometidos a cocción se destruyen los agregados de almidón y se dañan los gránulos, lo que facilitaría su absorción y retención de agua (Hevia *et al.*, 2000).

Se confirmó que el almidón de amaranto presenta menor poder de hinchamiento, mayor solubilidad en agua, y una capacidad de absorción de agua superior que el almidón de trigo (Lorenz y Collins, 1981).

2.2.8 Diferencia física de almidones

Las féculas de yuca y papa, se hinchan de forma rápida a una baja temperatura; igualmente su pico de viscosidad es alto. El pico de viscosidad de los almidones de maíz y trigo son relativamente bajos, porque los gránulos son hinchados moderadamente y requieren temperaturas más altas. Los almidones nativos son insolubles en agua a temperatura por debajo de su punto gel. Las curvas de viscosidad Branbender, son características y diferentes para cada tipo de almidón (Corcuera, 2007).

La forma puede ser redonda, elíptica, ovalada, lenticular o poligonal (Hoover, 2001). Además su color es blanco mate y después de molido y tamizado, adquiere la consistencia de un polvo finísimo, incoloro y a veces, ligeramente amargo. El almidón de quinua es altamente digerible, razón por la cual es muy recomendado en las dietas de enfermos y niños (Montoya *et al.*, 2005).

Debido a sus propiedades fisicoquímicas se emplean como: agentes espesantes para incrementar la viscosidad de salsas y potajes, como agentes estabilizantes de geles o emulsificantes y como elementos ligantes y agentes de relleno (Montoya *et al.*, 2005).

2.2.9 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).

En el presente trabajo se describe una nueva línea endogámica de maíz no transgénica portadora de genes recesivos con efecto sobre la calidad del almidón y obtenida por métodos de mejora genética tradicional. Se analizó la estructura química y física del almidón por métodos enzimáticos, espectrofotométricos, cromatográficos, reológicos, capacidad de absorción de agua, microscopía y se comprobó el efecto de diferentes tratamientos de extracción del almidón sobre las propiedades físico- químicas del gránulo (Corcuera y Salmoral, 2007).

Una de esas alternativas es el aprovechamiento de los residuos de poscosecha del plátano verde para la extracción de almidón. Este polisacárido tiene variadas y numerosas aplicaciones en diferentes industrias, entre las que se pueden mencionar: papel, textil, farmacéutica, adhesivos y alimentos (Cabrera *et al.*, 2007).

III MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA

El presente trabajo de investigación se ejecutó en:

- **País Perú**

El Perú se encuentra en la zona tropical de Sudamérica comprendida entre la línea ecuatorial y el Trópico de Capricornio. Cubre un área de 1.285.215 km², Limita al norte con Ecuador y Colombia, al este con Brasil, al sureste con Bolivia, al sur con Chile y al oeste con el Océano Pacífico.

- **Región de Puno**

Se encuentra ubicada en el Sureste de la República del Perú, entre las coordenadas geográficas:

- Altitud 3,812 m.s.n.m.
- Latitud Norte 13 00' 00" y 17 ° 17' 30"
- Latitud Oeste 71° 06' 57" 30" 68° 48' 4" del meridiano de Greenw46" dwich, limita:
 - ❖ Por el Norte, con la Región de Madre de Dios
 - ❖ Por el Sur, con la Región de Tacna
 - ❖ Por el Este, con la República de Bolivia
 - ❖ Por el Oeste, con las Región de Cusco, Arequipa y Moquegua
- Temperatura promedio entre 5°C. a 13°C.

Lugar de Ejecución

- Universidad Nacional del Altiplano, situado al Nor-Este de la Ciudad de Puno, Av. Floral N°1143.
- Pabellón de la E.P. de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias Dentro de la ciudad Universitaria de la Universidad del Altiplano-Puno.
- Laboratorio de Ingeniería, laboratorio de evaluación nutricional, laboratorio de microbiología y mega laboratorio (Microscopia por barrido).

3.2 Materiales

3.2.1 Materia Prima

Plátano de seda (*Musa acuminata*) y plátano enano (*Musa cavendishii*) con maduración de nivel uno; fueron obtenidos del Distrito Alto Inambari a 1600m.s.n.m., Latitud Sur 14° 05'09", Longitud Oeste 69° 14' 27" Provincia de Sandia situado al norte de la Región Puno.

3.2.2 Equipos

- Licuadora de marca *Oster* de capacidad de un litro
- Baño Maria, marca MEMERT de acero inoxidable tipo 1.4301
- Centrifuga T23-JANETZKI de 10000 RPM
- Centrifuga NYTOTT fedellel centrifugalni tilos itis prohibited to centrifuge MADI 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 ZEISS – EVO LS10 EDX WD=15mm magnificación de 1000000 veces
- Aparato de destilación de Kjeldahi de vidrio marca pirex
- Pera de decantación de 150ml de vidrio marca pirex
- Cámara digital Lumix Panasonic DMC-S3 de 14 megapíxel
- Estufa Hot air sterilizer model: YCO-010, 200V/60HZ, SERIAL Nª711543
- Destilador de agua destilada con tanque de modelo 2002 cap. 2Lt./hora

3.2.3 Instrumentos de Laboratorio

- Cuchillo de acero marca tramontina
- Recipientes de prolipropileno de 15 Lt. Graduada marca REY
- Mortero de porcelana de 250ml, tipo 55 con pistón tipo 56
- Tamiz N° 80 (0.177mm) y 100 (0.149) 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 10ml de marca pírex
- Vaso precipitado de 250ml de marca pires
- Placas Petri STERIPLAN en vidrio de tipo cal soda de 250ml
- Crisoles de porcelana de tipo 109 N° 225ML
- Cocina de digestión

3.2.4 Reactivos

- Agua destilada
- Solución de bisulfito de sodio al 0.1%
- Catalizador (Sulfato de potasio + indicador de pH)
- Ácido bórico + indicador de pH
- Ácido clorhídrico (HCL) 6N
- Éter etílico
- Metanol

3.3 Métodos de Análisis

3.3.1 Extracción y rendimiento de almidón

Se procede al pelado para obtener 500 gr. De pulpa para cada repetición luego se procede a cortar en rodajas lo más rápido posible para evitar el pardeamiento y posteriormente se pasó a la solución de bisulfito de sodio al 0.1% y luego se licuo en la misma solución por 30 segundos, se filtró en tamiz N° 80 que tiene una abertura de poro (0.17mm) y el tamiz N°100 (0.14mm) y fue lavado seis veces con agua destilada durante el tamizado, se dejó sedimentar por 24 horas a temperatura de ambiente, se centrifugo a 10000 RPM por 10 minutos, luego se procede al secado en estufa a una temperatura de 60°Celsius por un tiempo de 12 horas, el almidón se procede a moler en un mortero de porcelana, se tamiza el almidón en una manta de gaza, una vez tamizado se procede a pesar .

Posteriormente se calculó el rendimiento en % tal como señala la fórmula de rendimiento recuperado (Lázaro, 2008).

El rendimiento se determinó de la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Peso del almidon (b.s.)}}{\text{Peso de la materia prima}} \times 100$$

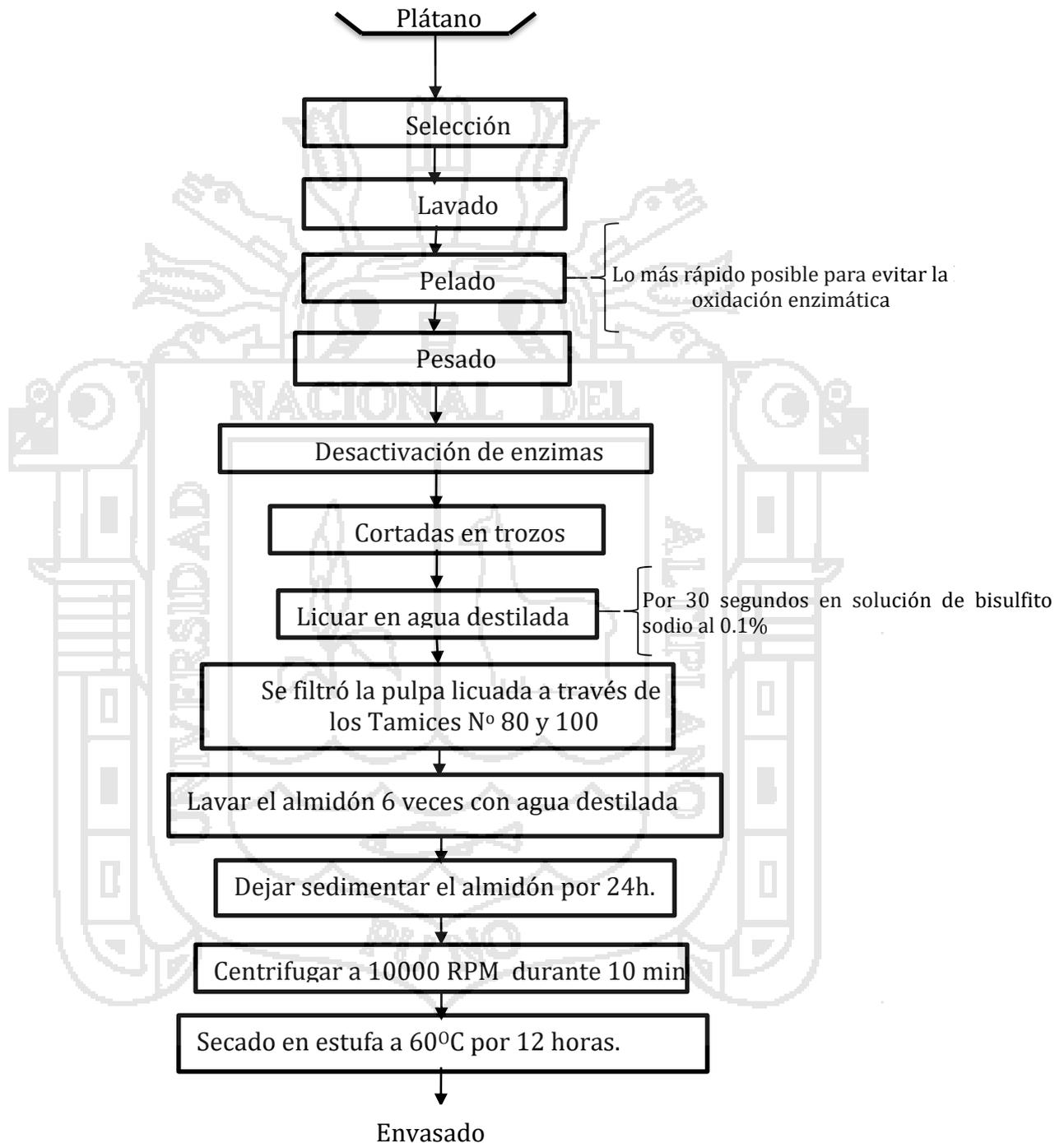
Donde:

b.s = Base seca

3.3.2 Extracción del almidón

Flujograma para la obtención del almidón de plátano de seda (*Musa acuminata*) y Plátano de enano (*Musa cavendishii*) que muestra en la Figura N° 20.

Figura 20. Flujo para extracción de almidón



3.3.3 Descripción del Proceso

- **Materia Prima.-** El producto de plátano de seda (*Musa acuminata*) y plátano de enano (*Musa cavendishii*) con maduración uno completamente verde que fueron obtenidos del Distrito Alto Inambari a 1600m.s.n.m., Latitud Sur 14° 05'09", Longitud Oeste 69° 14' 27" Provincia de Sandia situado al norte de la Región Puno.
- **Selección.-** Verde con maduración uno después de 80 días haber formado su gajo con grado de color uno y no tener mayor a dos días de cosecha ni amarillos puesto que los amarillos ya contienen azúcares y por lo tanto tienen menor contenido de almidón.
- **Lavado.-** Se lavó los plátanos para eliminar la tierra, piedra con agua potable.
- **Pelado.-** Se retiró la cascara y/o vaina que cubre al fruto manualmente con la ayuda de un cuchillo, lo más rápido posible para evitar el pardeamiento enzimático.
- **Pesado.-** Se pesó 500 gr. de pulpa para la obtención del almidón.
- **Desactivación de enzimas.-** Se desactivó las enzimas amilasas con solución de bisulfito de sodio al 0.1% de concentración.
- **Cortadas.-** En este caso se cortó con un cuchillo en forma de rodajas de 3cm. Para facilitar el licuado con mayor rapidez.
- **Licuado.-** Se licuó en solución de bisulfito de sodio al 0.1% por 30 segundos.
- **Filtración.-** Se filtró la pulpa a través de tamiz N° 80 y 100.
- **Lavado del almidón.-** Se lavó 6 veces con agua destilada.
- **Sedimentación.-** La sedimentación del almidón fue por un tiempo de 24h en agua destilada.
- **Centrifugado.-** Se centrifugó a 10000 RPM por 10min.
- **Secado.-** Se secó en estufa a 60°C por 12 horas.
- **Envasado.-** En envases de 250ml de polietileno hasta su utilización

3.3.4 Forma y tamaño de los gránulos de almidón

La forma y tamaño del granulo del almidón se observó con el Microscopio Electrónico por barrido ZEISS – EVO LS10 EDX WD=15mm, se puso la muestra en su porta muestra luego se generó vacío por 24 horas y se procedió a visualizar a distintas amplitudes en donde se observó su forma y tamaño del almidón de las dos variedades de plátano.

3.3.5 Poder de Hinchamiento del almidón

Para determinar el poder de hinchamiento se utilizó el método de. (Anderson, 1969).

Se trabajó con 0.3gr. de almidón para cada repetición y tratamiento para evaluar el poder de hinchamiento a tres distintas temperaturas de 60°, 70°, y 80°C en baño maría.

- En un tubo de ensayo, seco y tarado se pesa 0.3 g de almidón (base seca), se adiciona agua destilada para dar un volumen equivalente a 18ml (18ml = humedad + agua destilada).
- Se coloca en un baño de agua por 30 minutos a 60, 70 y 80°C removiendo constantemente. Se retira el tubo del baño de agua, se agrega agua para dar 20ml y se mezcla bien para luego centrifugar por 15 minutos a 2200rpm.
- Se retira el sobrenadante, de los cuales se mide 5ml, se coloca en un vaso previamente tarado y se seca 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.

$$\% \text{ Poder de Hinchamiento (PH)} = \frac{\text{Peso del gel (g.)}}{\text{Peso de muestra(g.)b. s.} - \text{Peso Solubles (g.)}}$$



3.4 Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación para extracción, rendimiento, tamaño y poder de hinchamiento de utilizo un Diseño Compuesto al Azar con arreglo factoriales de 2x2, 2x3 y para la forma se evaluó descriptivamente.

Según Ibañez (2008) el modelo estadístico lineal aditivo en el arreglo factorial de dos factores conducido en diseño completo al azar, es el siguiente:

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

$$i=1,2,\dots,a; j=1,2,\dots,b; k=1,2,\dots,r$$

Cuadro 22. Análisis de varianza para DCA con arreglo factorial

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
A	a-1	$= \frac{\sum_{i=1}^a Y_{i..}^2}{bn} - \frac{(Y_{...})^2}{abr}$	$= \frac{SC_{(A)}}{(a-1)}$	$= \frac{CM_{(A)}}{CM_{Error}}$
B	b-1	$= \frac{\sum_{j=1}^b Y_{.j.}^2}{an} - \frac{(Y_{...})^2}{abr}$	$= \frac{SC_{(B)}}{(b-1)}$	$= \frac{CM_{(B)}}{CM_{Error}}$
A x B	(a-1)(b-1)	$= \left(\frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij.}^2}{n} - FC \right) - SC_{(A)} - SC_{(B)}$	$= \frac{SC_{(AB)}}{(a-1)(b-1)}$	$= \frac{CM_{(AB)}}{CM_{Error}}$
Error exp.	ab(r-1)	$= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij.}^2}{n}$	$= \frac{SC_{error}}{ab(n-1)}$	
Total correcto	abr-1	$= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{abn}$		

Fuente: Ibañez, (2008)

Donde:

- X_{ijk} : Es la variable respuesta de la k-ésima observación bajo el j-ésimo nivel de factor B, sujeto al i-ésimo nivel de tratamiento A.
- μ : Constante, media de la población a la cual pertenecen las observaciones.
- α_i : Efecto del del i-ésimo nivel del factor A.
- β_j : Efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A, en el j-ésimo nivel del factor B.

ϵ_{ijk} = Efecto del error experimental.

$$FC = \frac{Y^2}{(abn)} \quad CV = \frac{\sqrt{CM_{error}}}{X...} \times 100(\%)$$

3.4.1 Extracción y rendimiento

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial de 2x2 realizando la prueba de Duncan con diez repeticiones teniendo como variable el contenido de almidón en porcentaje de los dos distintos tamices N° 80 y 100 por las dos variedades de plátano.

Cuadro 23. Rendimiento de almidón

Nro.	NUMERO DE TAMIZ 80		NUMERO DE TAMIZ 100	
	PLATANO DE SEDA	PLATANO DE ENANO	PLATANO DE SEDA	PLATANO DE ENANO
	RENDIMIENTO (%)	RENDIMIENTO (%)	RENDIMIENTO (%)	RENDIMIENTO (%)
1				
2				
3				
...				
...				
10				

Según Ibañez (2008) el modelo estadístico lineal aditivo en el arreglo factorial de dos factores conducido en diseño completo al azar, es el siguiente:

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

$i=1,2,\dots,a; j=1,2,\dots,b; k=1,2,\dots,r$

Donde:

X_{ijk} : Es la variable respuesta de la k-ésima observación bajo el j-ésimo nivel de factor B, sujeto al i-ésimo nivel de tratamiento A.

μ : Constante, media de la población a la cual pertenecen las observaciones.

α_i : Efecto del del i-ésimo nivel del factor A.

β_j : Efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A, en el j-ésimo nivel del factor B.

ϵ_{ijk} = Efecto del error experimental.

3.4.2 Forma y tamaño del granulo de almidón

La forma del almidón se evaluó descriptivamente de las dos variedades de plátano. Y para el tamaño de los gránulos de almidón se realizó lo mismo que para la extracción y rendimiento el Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial de 2x2 por la prueba de Duncan con quince repeticiones.

Cuadro 24. Resultado de tamaños de almidón

Muestra	Plátano de seda (<i>Musa acuminata</i>)		Forma	Plátano de enano (<i>Musa cavendishii</i>)		Forma
	Diámetro Axial (μm)	Diámetro Ecuatorial (μm)		Diámetro Axial (μm)	Diámetro Ecuatorial (μm)	
01						
02						
03						
..						
..						
..						
15						

Según Ibañez (2008) el modelo estadístico lineal aditivo en el arreglo factorial de dos factores conducido en diseño completo al azar, es el siguiente:

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

$$i=1,2,\dots,a; j=1,2,\dots,b; k=1,2,\dots,r$$

Donde:

X_{ijk} : Es la variable respuesta de la k-ésima observación bajo el j-ésimo nivel de factor B, sujeto al i-ésimo nivel de tratamiento A.

μ : Constante, media de la población a la cual pertenecen las observaciones.

α_i : Efecto del del i-ésimo nivel del factor A.

β_j : Efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A, en el j-ésimo nivel del factor B.

ε_{ijk} = Efecto del error experimental.

3.4.3 Hinchamiento

Para la determinación del hinchamiento del almidón de las dos variedades de plátano de seda y plátano de enano se ha sometido a tres distintas temperaturas de (60°, 70° y 80°C), convirtiéndose en un experimento con arreglo factorial de 2X3, con tres repeticiones, comparando los resultados mediante la prueba de significancia de DCA.

Factor A: variedades de plátano de seda

- Niveles del factor A: variedad Seda y Enano

Factor B: temperaturas de exposición

- Niveles del factor B: 60°, 70° y 80°C

En el Cuadro N° 25 se detalla la operatividad del diseño estadístico utilizado para esta prueba:

Cuadro 25. Para poder de hinchamiento

REPETICIONES	TRATAMIENTO					
	Plátano de seda			Plátano de enano		
	Temperaturas en baño maría			Temperaturas en baño maría		
	60°C	70°C	80°C	60°C	70°C	80°C
1						
2						
3						

Según Ibañez (2008) el modelo estadístico lineal aditivo en el arreglo factorial de dos factores conducido en diseño completo al azar, es el siguiente:

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

$$i=1,2,\dots,a; j=1,2,\dots,b; k=1,2,\dots,r$$

Donde:

X_{ijk} : Es la variable respuesta de la k-ésima observación bajo el j-ésimo nivel de factor B, sujeto al i-ésimo nivel de tratamiento A.

μ : Constante, media de la población a la cual pertenecen las observaciones.

α_i : Efecto del del i-ésimo nivel del factor A.

β_j : Efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A, en el j-ésimo nivel del factor B.

ε_{ijk} = Efecto del error experimental.

IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Rendimiento de almidón

En el Cuadro N° 26 se presenta el análisis de varianza de los resultados asociados a los experimentos de los procesos estudiados (Rendimiento) con un nivel de confianza al 99%.

Para efectos de principales como tipo de tamiz y variedad de plátano, así como sus correspondientes coeficientes de variación que mostraron diferencias estadísticas altamente significativas, en cuanto en las interacciones en los cuales no hubo significancia.

Cuadro 26. Análisis de varianza del rendimiento de almidón

ANOVA						
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft<0.01	Sig.
TIPOS DE TAMIZ	1	17.5165	17.5165	11.37	7.40	**
VARIEDAD DE PLATANO	1	1003.3	1003.3	651.33	7.40	**
TAMIZ*VARIED	1	0.283922	0.283922	0.18	7.40	n.s.
Error experimental	36	55.4544	1.5404			
Total	39	1076.56				
C.V.= 1.64 %						

Nos indica sobre la variabilidad en rendimiento con respecto a los tamices y variedad de plátano siendo significativo y la interacción de tamiz por variedad no es significativo al 0.01% para lo cual se tendrá que hacer una comparación múltiple tanto para los tipos de tamices y variedad de plátano.

En el Cuadro N° 27 se presenta el contraste múltiple por la prueba de Duncan con respecto a los tipos de tamices de 80 y 100.

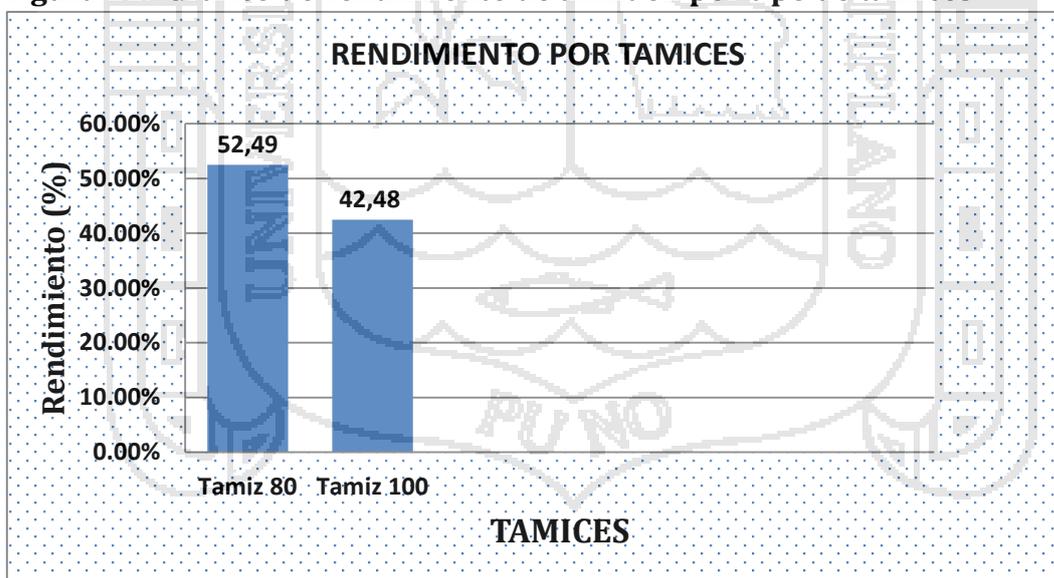
Cuadro 27. Contraste múltiple por Duncan de los resultados obtenidos para rendimiento según tipo de tamiz.

N° TAMIZ	RECUENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
80	20	52.49	a
100	20	42.48	b

El Cuadro N°27 muestra que el tamiz de 80 obtuvo 52.49% es mayor a comparación del tamiz N°100 que obtuvo un 42.48%, que también se señala en la Fig. 21. Estas diferencias se deben a que el tamiz N° 80 tiene una mayor abertura del orificio que es de 0.177mm a comparación del tamiz N°100 que tiene un orificio de 0.149mm de abertura y esto hubiese evitado el pase de los gránulos de mayores tamaños en el tamiz N° 100. Según Méndez (2009) que realizó el tamizado usando mallas N° 20 y 40 U.S. UN obteniendo un 21 % de rendimiento que son menores al actual trabajo de investigación. Por su parte lázaro, (2008) los resultados del plátano (*Musa Balbisiana Colla*) que trabajo con mallas de N° 80 obtuvo un rendimiento de almidón hasta un 53.4%. Y los resultados por Bello-Pérez *et al.*, (2002) son menores a los obtenidos del plátano criollo con 11.8% y plátano macho con 43.8%. Estas diferencias se pueden deber a las modificaciones realizadas a la metodología. Y con respecto al tamiz N° 100 son mayores a los obtenidos por Bello-Pérez *et al.*, (2002) del plátano criollo con 11.8%.

En la Figura 21 se presenta el gráfico de los resultados obtenidos del Cuadro N° 31 con respecto al rendimiento obtenido por tipo de tamices ambos de la serie S.A en donde el tamiz N° 80 obtiene mayores resultados a comparación del tamiz N°100.

Figura 21. Gráfico de rendimiento de almidón por tipo de tamices



En el Cuadro N° 28 se presenta la comparación múltiple por la prueba de Duncan entre las dos variedades de plátano.

Cuadro 28. Contraste múltiple por Duncan para rendimiento según variedad

VARIEDAD DE PLATANO	RECUESTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
1.- ALMIDON P. SEDA	20	48.15	a
2.- ALMIDON P. ENANO	20	46.82	b

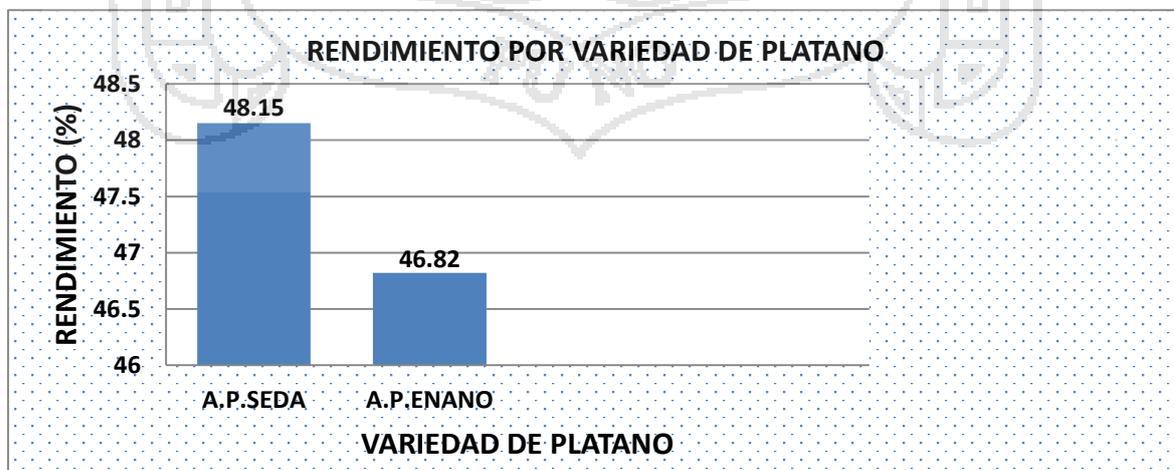
El Cuadro N° 28 nos muestra la prueba de Duncan; donde realiza la comparación múltiple por variedad de plátano, el de seda presentó un 48.15% a comparación del plátano enano que tiene 46.82% la Fig. 22. Gómez (2003) señala que el almidón es una sustancia que se obtiene exclusivamente de los vegetales que lo sintetizan a partir del dióxido de carbono que toman de la atmósfera y del agua que toman del suelo, en el proceso se absorbe la energía del sol y se almacena en forma de glucosa y uniones entre estas moléculas para formar las largas cadenas del almidón, que pueden llegar a tener hasta 2000 ó 3000 unidades de glucosa Gómez, 2003).

Estos resultados son mayores a los resultados obtenidos por Cortes (2008) que trabajó con el plátano morado de 1.30kg de pulpa obtuvo el 18.97% de almidón. Y también estos resultados son mayores a los obtenidos por Salinas (2002), que obtuvo 13.79% de rendimiento con plátano tabasco y así también es mayor a los resultados obtenidos por Kayisu *et al.*, (1981), que tiene un 20.7% de almidón de pulpa de plátano tabasco verde. Y es menor al resultado obtenido por Lázaro (2008) que trabajó con 150g de harina de plátano lavado 3 veces, con 300ml de agua destilada obteniendo un rendimiento de 69.8% de almidón. Y (Bello *et al.*, 1999; Lehmann *et al.*, 2002; Kayisu *et al.*, 1981; Lii *et al.*, 1982) indican que el rendimiento es de 20.7 a 98.1%. El método húmedo es una forma de mejorar el proceso de extracción de almidón al tecnificarse las operaciones de licuado tamizado y separación (centrifugación). Los resultados a favor del método húmedo no invalidan el uso del método seco si se tienen en cuenta otros criterios además de la cantidad de almidón extraído. Bello *et al.*, (1995) también reportaron una recuperación de almidón del 54% en relación a los sólidos de la pulpa. Al comparar las cantidades de

almidón obtenidos en los diferentes lotes procesados, se encontraron valores similares. Berliz, (1988) señala cuando el rendimiento es menor posiblemente sea a que los gránulos de almidón no se hallan libremente en el interior de las células de tal modo que su extracción sea fácil, más por el contrario los gránulos contenidos en su matriz proteica; siendo más costosa y trabajosa su extracción. Gómez, (2003) indica que el plátano de seda contiene mayor cantidad de almidón; puesto que tendría mayor actividad en sintetizar a partir del dióxido que toman de la atmosfera y el agua que toman del suelo. En el proceso se absorber la energía del sol y se almacena en forma de glucosa y uniones entre estas moléculas para forma largas cadenas del almidón. Ochse *et al.*, (1965) señalan que los cambios químicos que se efectúan durante de un plátano consiste en una declinación del contenido de almidón con un aumento considerable en sacarosa y los azúcares reductores; que baja hasta un 70% en los frutos inmaduros. Vicente *et al.*, (2009) indican que el plátano es una fruta climatérica así como la manzana, pera, melocotón, kiwi, chirimoya y fresa estas frutas evidencian una maduración coordinada por el etileno, que regula los cambios de color, sabor, textura y composición; estas frutas suelen almacenar almidón como hidrato de carbono de reserva durante su crecimiento; el almidón puede hidrolizarse durante la maduración dando lugar a azúcares simples que otorgan sabor a la fruta; este proceso sucede aunque la fruta sea separada de la planta inmediatamente antes de madurar.

En la Figura 22 se presenta los resultados obtenidos del Cuadro N° 32 con respecto al rendimiento obtenido por variedad de plátano obtiene mayores resultados el plátano de seda.

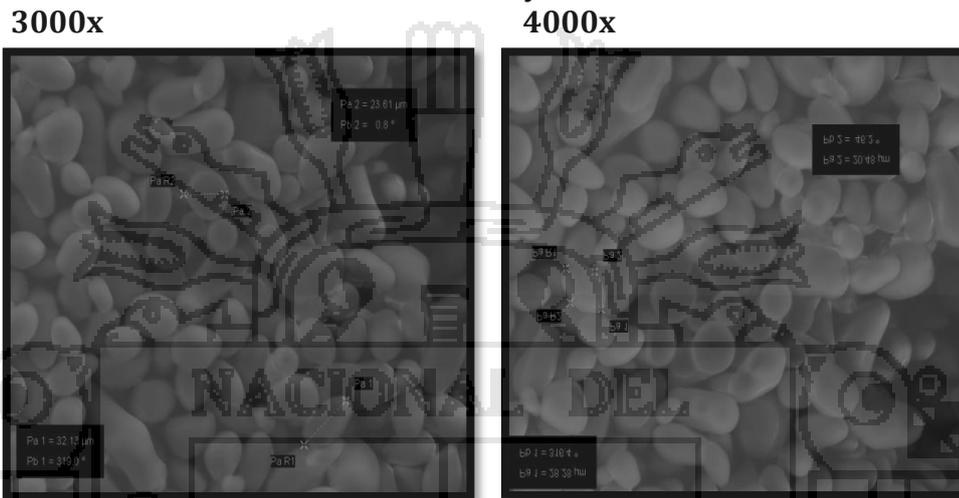
Figura 22. Gráfico de rendimiento de almidón por variedad de plátano



4.2 Forma del granulo del almidón

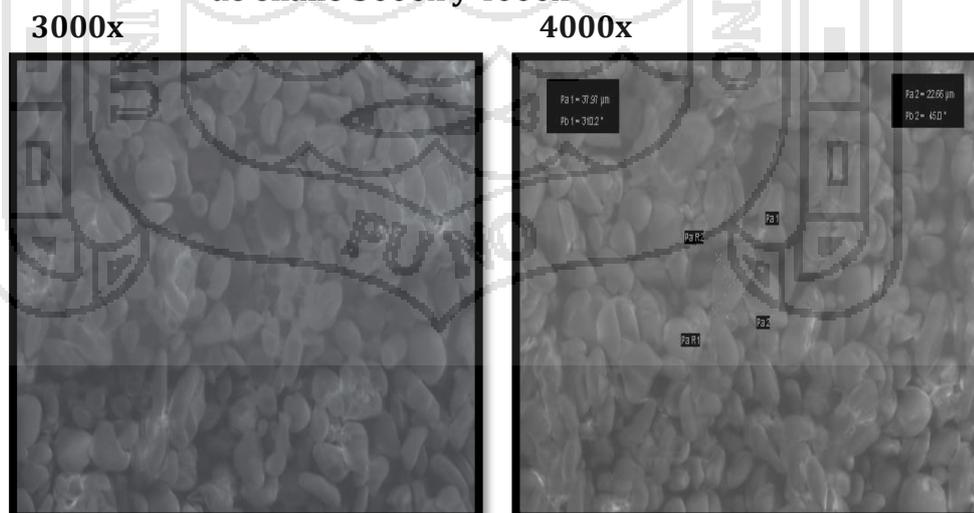
En la Figura 23 se observa los gránulos del almidón de plátano de seda en su mayoría presenta en forma, esféricas y esféricas truncadas y en menores proporciones de forma ovaladas angulosos poliedricos a 3000x y 4000x.

Figura 23. Microscopia electrónica por barrido de almidón de Plátano de seda a 3000x y 4000x



En la Figura 24 se observa los gránulos del almidón de plátano de enano que presentan en forma poligonal, oval esférica, redondo reticular, polihedricos 3000x y 4000x.

Figura 24. Microscopia electrónica por barrido almidón de plátano de enano 3000x y 4000x



En la Figura 23, muestran gránulos de almidón de plátano de seda en su mayoría predominan por tener formas esféricas y esféricas truncadas y en menores proporciones presentan ovaladas angulosos poliédricos, alargadas a comparación del plátano de enano. No son muy diferentes puesto que ambos son casi semejante la diferencia es que en el plátano de seda contiene en su mayoría circulares y menores proporciones las demás y en el caso del plátano de enano contiene mayores formas y en menores cantidades las de circulares. Estas diferencias podrían ser probablemente por ser de diferente variedad, y la altitud de la zona, presión atmosférica, la humedad del suelo, disponibilidad de materia orgánica y la influencia de la luz solar.

Se asemejan a la forma del almidón de makal, camote, yuca y sagú (figura 7) que presentan en su mayoría de forma esférica obtenidos por Moorthy (2002). Y también a los obtenidos por Swinkel, (1985) en makal y camote. Y también son muy similares a los obtenidos por Sosa, (2003) en los almidones de camote y yuca que presenta formas esféricas truncadas. Que también señala Hanco, (2007) que los almidones de patata, trigo y cañihua que en su mayoría presentan a los almidones de forma esférica.

En la Figura 24 muestran gránulos de almidón de plátano de enano gránulos en forma poligonal, oval esférica, redondo reticular, polihedrico, y presenta en menores cantidades las de esférica, esféricas truncadas y alargadas. Y estos se asemejan a los resultados obtenidos por Hanco, (2007) a los gránulos de almidón de patata, maíz y arroz. De la misma forma se asemejan a los resultados obtenidos por Cortes, (2008) en los almidones de haba, lenteja, maíz, plátano tabasco y trigo (Figura 8, 9, 12, 15, 16 y 18).

El almidón es depositado en forma de gránulos, parcialmente cristalinos y originalmente los gránulos de almidón son redondos u ovalados, pero conforme crecen, toman la forma característica de la variedad de almidón a la que pertenecen. La microscopía electrónica de barrido para almidones no modificados ni dañados muestra la superficie del gránulo lisa y libre de poros, grietas o fisuras (French, 1984).

4.3 Tamaño del granulo del almidón

En el Cuadro N° 29 se presenta el análisis de varianza de los resultados asociados a los experimentos de los procesos estudiados (tamaños) con un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 29. Análisis de varianza de tamaños del almidón

ANOVA						
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft < 0.05	Sig.
A. VARIEDAD DE PLATANO	1	165.745	165.745	1.80	4.01	n.s.
B: DIAMETROS	1	663.677	663.677	7.20	4.01	**
VARIEDAD * DIAMETRO	1	62.6384	62.6384	0.68	4.01	n.s.
Error experimental	56	5160.4	92.15			
Total	59	6052.46				
C.V.=21.64%						

En el Cuadro N° 29 la tabla ANOVA nos indica sobre la variabilidad de tamaño del almidón donde no existe diferencia entre las dos variedades de plátano ni en la interacción de variedad por diámetro; pero si existe diferencia con respecto a los diámetros ecuatorial y axial a un nivel de confianza de 95% y se pueden considerar estadísticamente significantes.

En el Cuadro N° 30 se presenta el contraste múltiple por la prueba de Duncan con respecto a los diámetros ecuatorial y axial.

Cuadro 30. Contraste múltiple por Duncan para tamaños según diámetros de los almidones.

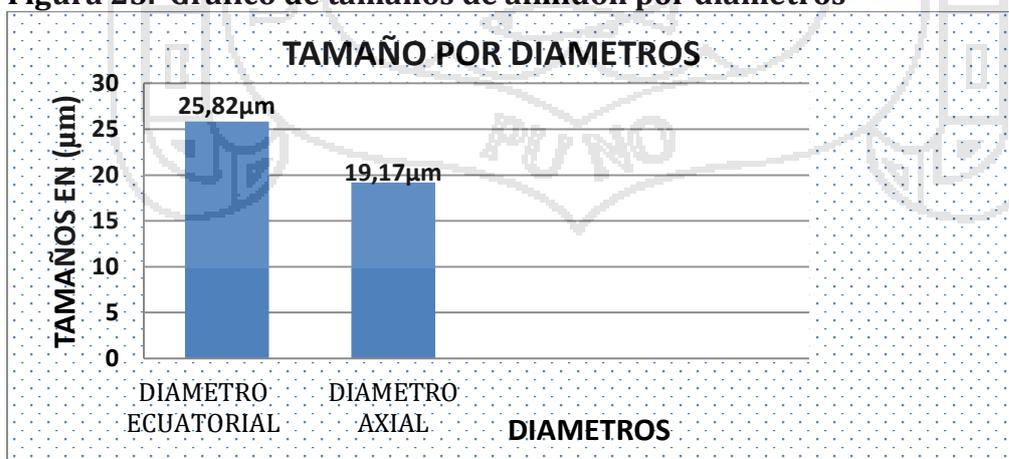
DIAMETROS	RECUENTO	MEDIA	SIGNIFICANCIA
1.- DIAMETRO ECUATORIAL	30	25.8219 μm	a
2.- DIAMETRO AXIAL	30	19.1702 μm	b

En el Cuadro N° 30 nos muestra la prueba de Duncan. Donde realiza la comparación múltiple por diámetros ecuatorial que se obtuvo (25.8219 μm) y son mayores los diámetros a comparación de los diámetros axiales que obtuvo (19.1702 μm) que también se muestra en la Fig. 25 Estas diferencias de diámetros primeros se debe por ser de distinta variedad de plátano. Cortes (2008) señalan que los almidones del plátano morado son de mayor

tamaño. De la misma forma son menores a los obtenidos por Lii *et al.*, (1982) en el almidón de plátano con maduración uno que son obtenidos en el trabajo de investigación el tamaño del almidón son de 6 a 60 μm . Y son superiores a los resultados obtenidos por Swinkels (1985) en almidones de makal (12.40 μm), camote, (12.41 μm), yuca (16.50 μm), sagú (10.64 μm), maíz (15 μm), y papa (33 μm). Con respecto a los tamaños Hosney (1991). Señala que los almidones grandes se consideran superiores a 30 μm y de 20 a 30 μm medianas y por último los menores a 10 μm son considerados como pequeños; por lo tanto los almidones del plátano de seda y los almidones del plátano enano son de tamaño mediano. Y Torruco (2004) señala que el tamaño de los gránulos de almidón, es un factor que tiene influencia sobre las características nutrimentales y funcionales. Mientras más pequeños sean los gránulos, presentan mayor digestibilidad, en tanto que de manera general, se considera que los gránulos más grandes gelatinizan primero y los pequeños después, aunque esto no es un patrón universal. También se ha informado que los gránulos de menor tamaño tienen una mayor solubilidad y capacidad de absorción de agua que los gránulos de mayor tamaño. Imberty y Pérez, (1998) señala que en la célula se organiza en partículas discretas (gránulos), cuyo tamaño puede variar de 1 a 100 μm ; un gránulo de almidón contiene proporciones variables de amilosa y amilopectina.

En la Figura 25 se presenta los resultados obtenidos del Cuadro N° 35 con respecto al tamaño obtenido por variedad de diámetros obtiene mayores resultados el diámetro ecuatorial.

Figura 25. Gráfico de tamaños de almidón por diámetros



4.4 Efecto de la temperatura en el poder de hinchamiento

4.4.1 Hinchamiento del almidón de plátano de seda (*Musa acuminata*) y plátano enano (*Musa cavendishii*).

En el Cuadro N°31 se presenta el análisis de varianza de los resultados asociados a los experimentos de los procesos estudiados sobre el poder de hinchamiento con un nivel de confianza del 99%.

Cuadro 31. Análisis de varianza para poder de hinchamiento

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.01	Sig.
Variedad (V)	1	0.22371361	0.22371361	4.74	10.04	n.s.
Temperatura (t ⁰)	2	90.36509864	45.18254932	957.31	7.56	**
V x t ⁰	2	1.52781114	0.76390557	16.19	7.56	**
Error	12	0.56636721	0.04719727			
Total	17	92.68299060				
C.V.=3.6776%						

La Cuadro 31 de ANVA, se observa que no hubo diferencias estadísticas significativas para variedades (V), esto nos indica que entre las variedades no hay diferencias en el hinchamiento, debido a las mismas características de cada variedad; y en temperatura (t⁰) se presentó diferencias estadísticas, lo cual indicaría que las temperaturas si tuvieron un efecto en el poder de hinchamiento; a los mismo que en la Interacción variedad (V) por temperatura (t⁰), hubo diferencias significativas, lo cual nos indicaría que tanto las variedades como las temperaturas actúan dependientemente uno del otro sobre el poder de hinchamiento. Por otro lado el CV=3.37% nos explica que los datos son confiables, por lo tanto se hará la prueba de medias de Duncan a nivel 0.01%.

En el Cuadro 32 muestra el contraste por prueba de Duncan para factor temperatura en el poder de hinchamiento que señala a 80°C existe mayor poder de hinchamiento a comparación de las temperaturas de 60 y 70°C.

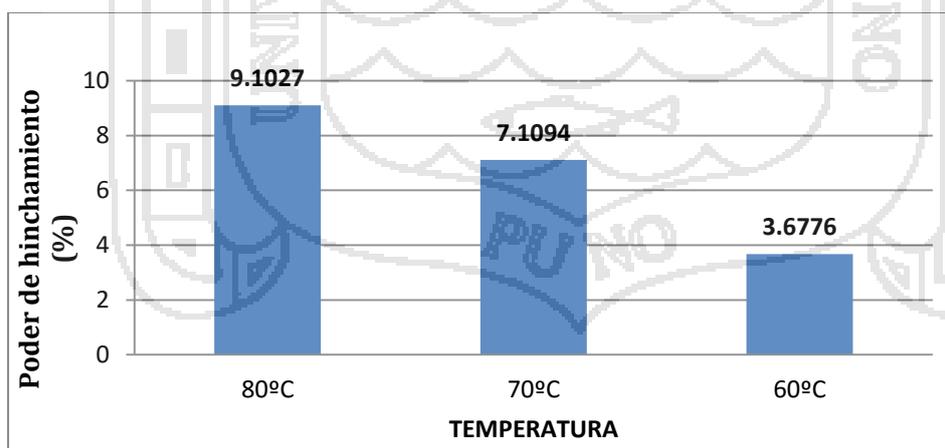
Cuadro 32. Contraste por prueba de Duncan para factor temperatura sobre poder de hinchamiento.

ORDEN DE MERITO	TEMPERATURA	RECUENTO	PODER DE HINCHAMIENTO	SIGNIFICANCIA
1	80°C	9	9.1027	a
2	70°C	9	7.1094	b
3	60°C	9	3.6776	c

En el Cuadro N°32 nos muestra la prueba de Duncan. Donde realiza la comparación múltiple por factor temperatura se obtuvo a 80°C (9.1027%) y son mayores en hinchamiento a comparación de las demás temperaturas que se obtiene a 70°C (9.1094%) y a 60°C (3.6776) que también se muestra en la Fig. 26 a mayor temperatura mayor es el índice de absorción de agua que es el aumento de peso o volumen. El factor de hinchamiento es el aumento de peso o volumen que experimenta la muestra debido a la absorción de agua, es decir un gramo de sólido insoluble como señala Castellán, (1999). Y estos resultados son mayores al del plátano morado que la muestra aumento 2.97% de peso al absorber agua, que fue de 2.07 a 7% para plátano macho y criollo a una temperatura mayor a 40°C. este valor es similar al obtenido por Bello *et al.*, (1999).

En la Figura 26 se pueden apreciar las diferencias del poder de hinchamiento por factor temperatura.

Figura 26. Poder de hinchamiento influenciado por factor temperatura



En el Cuadro 33, se observa que la interacción V2 (plátano enano) x 80°C tiene mayor poder de hinchamiento con 9.5759%, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones, le sigue la interacción V1 (plátano seda) x 80°C con 8.6294%, el menor poder de hinchamiento se obtiene en la interacción V2 (plátano enano) x 60°C con 3.4374%.

Cuadro 33. Prueba de Duncan para interacción variedad (V) por temperatura (t°) sobre poder de hinchamiento.

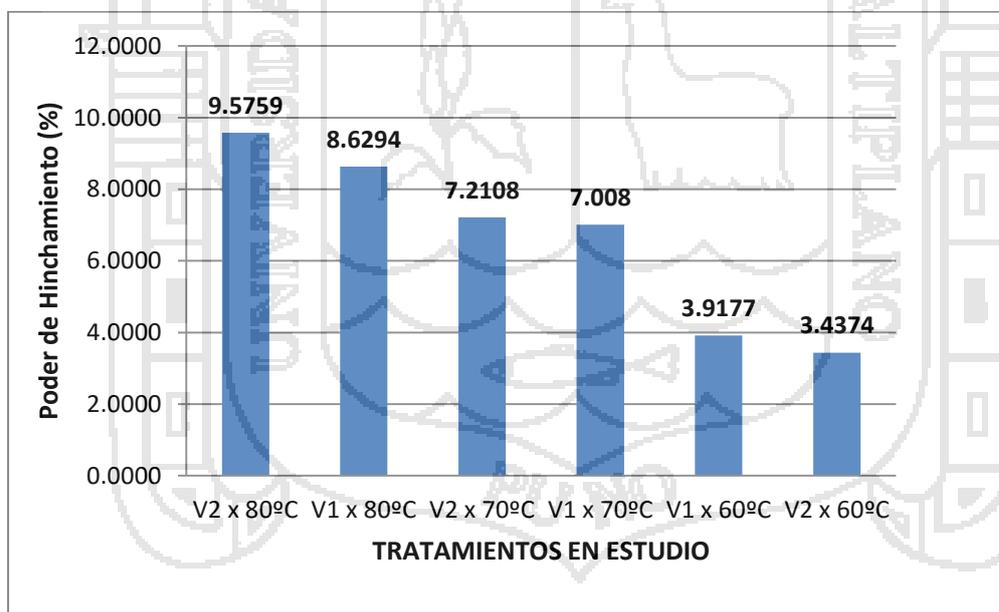
ORDEN DE MERITO	INTERACCIÓN (V X t°)	PODER DE HINCHAMIENTO (%)	SIGNIFICANCIA
1	V2 x 80°C	9.5759	a
2	V1 x 80°C	8.6294	b
3	V2 x 70°C	7.2108	c
4	V1 x 70°C	7.0080	c
5	V1 x 60°C	3.9177	d
6	V2 x 60°C	3.4374	d

En el Cuadro N° 33 nos muestra la interacción en la prueba de Duncan. Donde realiza la comparación múltiple por variedad de plátano y temperatura donde se obtuvo de la V2 (plátano enano) x 80°C (9.5759%) y son mayores a las demás interacciones, le sigue la interacción V1(plátano seda) x 80°C con 8.6294, y el menor en poder de hinchamiento se obtiene en la interacción V2(plátano enano) x 60°C con 3.4374 en las dos variedades, que también se muestra en la Fig.27 Hernández *et al.*, (1965) señala que a mayor temperatura mayor es el índice de absorción de agua que es el poder de hinchamiento; las moléculas de almidón se almacenan juntas en una serie de capas concéntricas formando los gránulos. Dichos gránulos se hinchan (se hidratan) y se rompen en agua a partir de una temperatura de 60-75°C; La *amilosa* es la responsable de la absorción de agua y formación de gelés y la *amilopectina* absorbe mucha agua durante la cocción espesa el alimento ya que se da hinchazón de los gránulos, llevando al alimento a una mayor viscosidad. Y Konishi (2006) señala que los cambios se aprecian cuando las temperaturas alcanzan 60 a 70°C, momento en que los gránulos se hinchan aumentando el volumen debido a una absorción de agua por los grupos polares hidroxilos, generando nuevos enlaces que envuelven moléculas de agua;

también French (1984) indica que el almidón debe mucha de su funcionalidad a dos de sus componentes principales que son carbohidratos de alto peso molecular, la amilosa y la amilopectina, así como la organización física de estas macromoléculas dentro de la estructura granular; y por otra parte Konishi (2006) Señala que la temperatura de gelatinización depende de varios factores tales como: tamaño del gránulo (los más grandes tienden a hincharse y absorben agua antes que los pequeños) variedad de almidón, contenido de amilosa y amilopectina, pH, cantidad de agua y contenido de sales. Los resultados obtenidos son mayores a los obtenidos por Bello *et al.*, (1999) el plátano morado aumento 2.97% de peso al absorber agua, y que también fue de 2.07 a 7% para plátano macho y criollo a una temperatura mayor a 40°C. en la presente investigación se reporta que a 80°C hay mayor poder de hinchamiento.

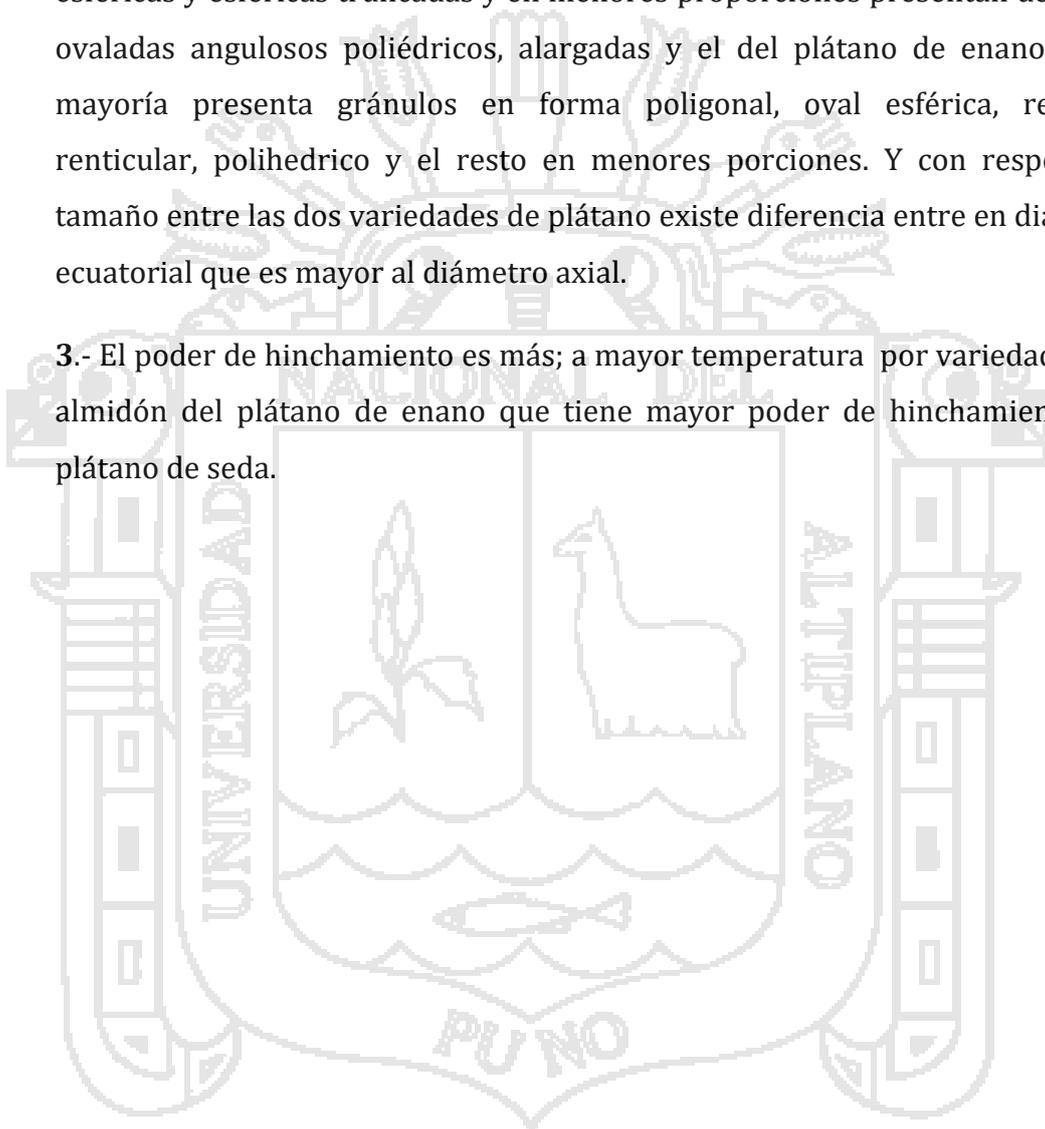
En la Figura 27 se presenta el grafico de los resultados obtenidos del Cuadro N° 39 con respecto al poder de hinchamiento obtenido por variedad de plátano y temperaturas obtiene mayores resultados en el plátano enano.

Figura 27. Poder de hinchamiento influenciado por Variedad y temperatura.



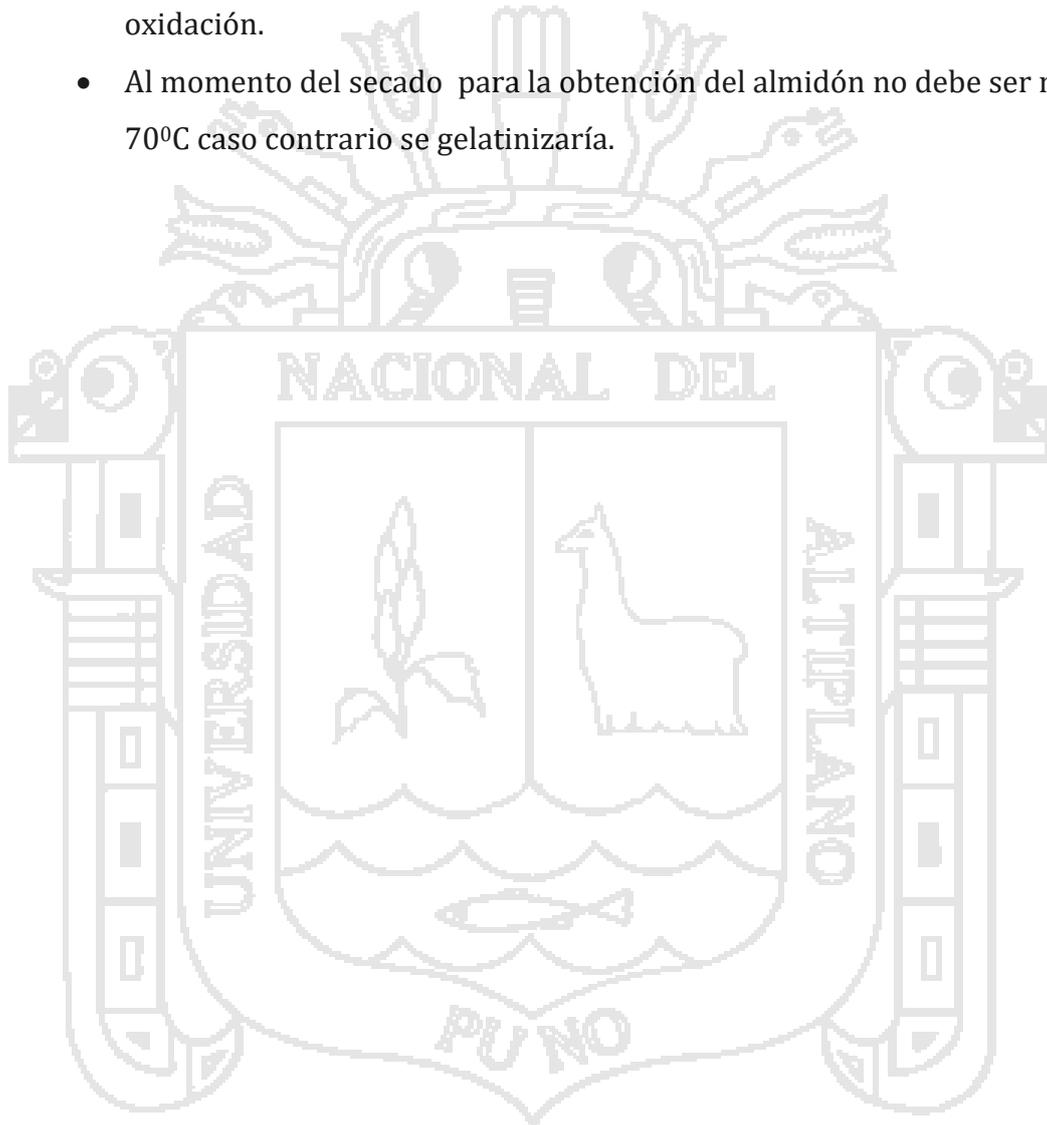
V CONCLUSIONES

- 1.- El mayor rendimiento fue con la variedad seda en tamiz N°80 comparando con el tamiz N°100
- 2.- La forma del almidón del plátano de seda presenta en su mayoría formas esféricas y esféricas truncadas y en menores proporciones presentan de forma ovaladas angulosos poliédricos, alargadas y el del plátano de enano en su mayoría presenta gránulos en forma poligonal, oval esférica, redondo reticular, polihedrico y el resto en menores porciones. Y con respecto al tamaño entre las dos variedades de plátano existe diferencia entre en diámetro ecuatorial que es mayor al diámetro axial.
- 3.- El poder de hinchamiento es más; a mayor temperatura por variedad, siendo el almidón del plátano de enano que tiene mayor poder de hinchamiento que el plátano de seda.



VI RECOMENDACIONES

- Después de la cosecha del plátano de maduración uno, no debe de tardar mayor a un día para la extracción del almidón.
- Evaluar el rendimiento de almidón a distintas etapas de maduración
- Evaluar el rendimiento a partir de harina de estas dos variedades de plátano
- Al momento de extraer el pelado debe ser lo más rápido posible para evitar la oxidación.
- Al momento del secado para la obtención del almidón no debe ser mayor de 70°C caso contrario se gelatinizaría.



VII BIBLIOGRAFIA

- AGUSTÍ Manuel 2010. Fruticultura. Segunda edición. Editorial artes gráficas cuesta S.A. Madrid- España. Pg.57-58, 456-461.
- ANDERSON, R., CONWAY, H.F., PHEISER, V.F. y GRIFFIN, E.L. 1969. Gelatinisation of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Science Today*. Roma-Italia. Pg. 4-12
- ARAUJO de VISCARRONDO Consuelo, RINCÓN MIRANDA Alicia y PADILLA Fanny 2004. Caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera L.* Sociedad Latinoamericana de Nutrición. Pg.9
- ALARCÓN, F. y DUFOUR, D. 1998. Almidón agrio de yuca en Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical Cali-Colombia. Pg.78
- BADUI, S. 1996. Química de los alimentos. Editorial Alhambra S.A. Mexico.
- BERTOFT, E. 2004. Lintnerization of two amylose-free starches of A-and B-crystalline types, respectively. *Starch/Stärke*. 56: 167-180.
- BELLO PEREZ L. A. GONZALES SRA, SANCHEZ RMN, GUTIERREZ MF Y VARGAS T.A. 2006. Obtención y caracterización del almidón del plátano morado. Instituto politécnico nacional, Escuela nacional de ciencias biológicas México.
- BELLO PÉREZ Luis Arturo 2002. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN México.
- BELLO PEREZ Luis Arturo 1995. Amilopectina - Caracterización molecular y funcional. Tesis Doctoral, Centro de Investigación y de estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Irapuato, Guanajuato, México. Pg.872
- BELLO PEREZ LA. Agama AE, Sánchez HL, Paredes LO. 1999. Isolation and partial characterization of banana starches. *J. Agric. Food Chem* 47: 854-857.
- BERLIZ S. 1988. Química de los alimentos. Editorial Alambra S.A. México.
- BILIADERIS CG. 1991. The structure and interactions of starch with food constituents. Instituto Politecnico National Mexico. Pg.78
- BORENO Rafael 2008. Ciencia de cereal, publicado por North Dakota State University.

- BULEON A. COLONNA P. PLANCHOT V. Y BALL S. 1998. Gránulos del almidón. estructura y biosíntesis, j. interno Biol. Macromol.
- CABRERA M. Ana O. MADRIGAL A. Laura V. VASQUEZ G. Joel. (2007). Extracción y caracterización química de almidón de plátano y banano de la variedades FHIA-01,20, 21 y 23. Documento IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Colima. Pag. 306-314
- CASTELLÁN W. G. 1999. Fisicoquímica. 2da Edición. Adisson Wesley, Iberoamericana México. Pg. 25
- COBANA M. y ANTEZANA R. 2007. Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. Revista Boliviana de Química Vol. 24. Bolivia. Pg. 77-81
- CORCUERA R. Victor y SALMORAL M. Elda 2007. Almidón característico de maíz waxy no transgénico. Universidad de Buenos aires Argentina.
- CORTES ACOSTA Mary Carmen 2008. Obtencion y caracterización de almidón de plátano morado y su hidrolisis enzimática para la producción de maltodextrinas. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México.
- COULATE T. P. 1990. FOOD: the chemistry of its components. Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- DARAMOLA B. y OSANYINLUSI S. A. 2005. Production characterization and application of banana (Musa sp) flour in whole maize. African journal of Biotechnology. Pg.992
- FLORES Emigdia y Luis A. BELLO-PÉREZ 2004. Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (Musa paradisiaca). Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia. Venezuela. Pg. 04
- FRENCH D. 1984. Organization of starch granules in starch: Chemistry and Technology. Eds. Whistler RL, BeMiller JN, Paschall EF. Academic Press, New York. Pg. 183-247
- GARCIA JUAREZ E., AGAMA ACEVEDO E., SAYADO AYERDI S. G. RODRIGUEZ AMBRIZ S. L. y BELLO PEREZ L. A. 2006. Composition, digestibility and application in breadmaking of banana flour. Plante food for human nutrition. Pg. 131-137.
- GONZALES RIVAS Mayra, MENDEZ MONTEALVO Guadalupe, SANCHEZ RIVERA Mirna, NUÑEZ SANTIAGO Carmen y BELLO PEREZ Luis 2008. caracterización

- morfológica molecular y fisicoquímica del almidón del plátano oxidado y lintnerizado. Centro de Desarrollo Bióticos .México. Pg. 01
- HANCCO GOMEZ Amparo Elizabeth, tesis evaluación de las características del almidón de dos variedades de cañihua (*Chenopodium Pallidicaule Aellen*) Cupi y Ramis. Universidad Nacional Altiplano. Puno Perú. Pag. 12,30 y 37.
 - HERNANDEZ MEDINA Marilyn, TORRUCO UCO Juan Gabriel, CHELK CUERRERO Luis y BETANCUR ANCONA David 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones. Facultad de Ingeniería Química de la Universidad autónoma de Yucatan México. Pg. 03.
 - HERNANDEZ Islas J.J., RODRIGUEZ – AMBRIZ S.L., Agama Acevedo E., PACHECO VARGAS G., L.A. BELLO-PEREZ L.A. (2007). Evaluación de Algunas Propiedades Químicas de un Polvo Rico en Fibra Preparado a Partir de Harina Integral de Plátano. Documento IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos, México. pp. 115-121.
 - HEVIA, F., R. WILCKENS, M BERTI y M. MILLAN. 2000. Fertilización nitrogenada en amaranto (*Amaranthus sp*): contenido de proteína y algunas características del almidón en su semilla. Agro-Ciencia 16 : Pg. 153-162.
 - HOSENEY C. 1991. Principio de la ciencia y tecnología de los cereales. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
 - IBAÑEZ QUISPE Vladimiro 2008. Prácticas de métodos estadísticos para la investigación. Editorial Universitaria UNA- Puno - Perú. Pg.37-38
 - IMBERTY, A., and S. Pérez. 1998. A revisit to the three-dimensional structure of B-type starch. Biopolymers 27 MexicoPag.1205-1221.
 - KAYISU K, HOOD FL, VANSOEST JP. 1981. Characterization of starch and fiber of banana fruit. J Food Sci 46: 1885-1890.
 - KNUTZON, C. A.; GROVE, M. J. 1994. Rapid method for estimation of amylose in maize starches. Cereal Chemistry, v. 71, n. 5, p. 469, 1994.
 - KIM y. WIESENBORN D., 1995. Screening potato Starch for novel properties using differential Scanning calorimetry. Instituto Politécnico Nacional de México. pg.6

- KONISHI Yotaro y ARNAO SALAS Inés 2006. Caracterización del almidón de *Amaranthus caudatus* por barrido calorimétrico diferencial. Revista Sociedad Química Perú volumen 72 Lima -Perú. Pg.10
- LII CY. Chang SM, Young YL 1982. Investigation of the physical and chemical properties of banana starches. J Food Sci 47 Mexico. 1493-1497.
- LORENZ, K. y F. COLLINS 1981. *Amaranthus hypocondriacus* -Characteristics of the starch and baking potential of the flour. Starch/Stärke 33:149-153.
- MEDINA Jorge Alberto y SALAS Juan Camilo 2007. Caracterización morfológica del almidón. Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes de Bogotá - Colombia. Pg.56. 59
- MENDEZ de la CRUZ Ángela Elizabeth 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. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches. Revista ciencia y tecnología de México. Pg.559
- MONTOYA L, MARTINEZ L, PERALTA J. 2005. Análisis de las variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de la quinua en Colombia. Revista Innovar. Edit. Unibiblos, V25, p. 103-120
- OCHSE J.J., Soule M.J. y Dijkiman 1965. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. Editorial Limusa Venezuela. 458-459
- PACHECO D.E. SEQUERA B. y HERREA I. 1998. Plant starches and oils. Their influence on digestion in rats. Journal of the Science of food and agriculture. Pg. 381.
- PACHECO DELHAYE E. 2001. Evaluación nutricional de sopas deshidratadas a base de harina de plátano verde. Digestibilidad *in vitro* del almidón. Acta científica Venezolana. Pg.278
- PÉREZ, M. 2007. Banano y Plátano Macho. Finca Mundo Nuevo. Tuxtepec, Oaxaca.

- RAYGADA, M. 2001 Caracterización del almidón de dos variedades de quinua (*Chaenopodium quinoa* WILLD) Kancolla y Chulpi Tesis para optar el título de Magister UNALM. Lima – Perú.
- SAJILATA M. G., SINGHAL R. S. and KULKARNI P. R. 2006. Resistant Starch- A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Pg. 17.
- SALMORAL Elda Maria 2007. Almidón característico del maíz. Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires. Argentina. Pg. 01
- SANCHEZ Potes 1987. Cultivos de plantación. Trillas México. Pg.53-54, 61
- SWINKELS J. J. M. 19854. Sources of starch, Its Chemistry and Physic. In: *Starch Conversion Technology*. New York. Pag. 15-46.
- SOSA, M. O. 2003. Caracterización fisicoquímica y funcional del almidón de dos variedades cubanas de *Manihot esculenta* Crantz. Mérida, Yucatán, -, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán Mexico.
- TORRUCO U.J.G. 2004. Estructura y funcionalidad de almidones de makal. Publicado por la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Yucatán México. Pg. 28
- VICENTE, A.R.; MANGANARIS, G.A.; SOZZI, G.O.; CRISOSTO, C.H. (2009). *Nutritional quality of fruits and vegetables*, Amsterdam. Pag. 57-106.
- YANEZ, G.A., MESSINGER, J., WALKER, C., y RUPNOW, J. *Amaranth hypochondriacus* 1986. Starch isolation an Partial Characterization., *Cereal Chem.* Pag. 273-276.
- ZOBEL, H. F. Molecules to granules: A comprehensive starch review. *Starch/Stärke*, Brasil. v. 40, n. 2, p. 4

VIII WEBGRAFIA

- AGROINDUSTRIAL MANDIOCA (Online) Última actualización: julio del 2007 disponible en:<http://www.mandioca.com.ve/productos.asp> (21 de junio del 2012)
- CALVO Miguel 2007. Estructura del almidón (on line) <http://www.milksci.unizar.es/bioquímica/temas/azucares/almidón.html> (09 de mayo 2012).
- Dirección Regional Agraria Puno 2009 disponible en la página web: <http://www.agropuno.pe>. (11 de agosto 2012).
- GÓMEZ M.A. 2003. Que es el almidón (on line). Universidad de colima México <http://www.centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/rincón-c/ciriosid/rc-58htm> (4 de julio del 2012).
- MAZINGER 2007. Biblioteca digital de la Universidad de Chile (Online) actualización Agosto del 2007 disponible en: http://www.mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/apb-ot-farm2c/evanswc01/25b.html (21 de junio del 2012).
- ZAMUDIO FLORES Paul, BELLO PÉREZ Luis 2008. Caracterización parcial de películas preparadas con almidón oxidado de plátano. CONCYT México. Disponible:<http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2007/nov.-dic/art.pdf> (21 de junio del 2012).

IX ANEXOS

ANEXO 1. RENDIMIENTO EN (G) DE ALMIDON A PARTIR DE 500G DE PULPA

Nro.	NUMERO DE TAMIZ 100		NUMERO DE TAMIZ 80	
	PLATANO DE SEDA (500g.)	PLATANO ENANO (500g.)	PLATANO DE SEDA (500g.)	PLATANO ENANO (500g.)
	RENDIMIENTO (g)	RENDIMIENTO (g)	RENDIMIENTO (g)	RENDIMIENTO (g)
1	259.6	204.8	255.4	200.4
2	256.3	204.25	255.6	203.65
3	259.2	205.25	266.45	215.5
4	262.7	200.35	268.45	210.6
5	261.65	210.9	256.85	219.2
6	260.6	208.65	264.7	218.25
7	259.9	214.05	270.45	226.85
8	260.35	211.05	273.8	224.2
9	254.75	212.2	271.55	220.1
10	260.9	215.2	270.45	222.55

ANEXO 2. EXTRACCIÓN Y RENDIMIENTO DE LAS DOS VARIETADES DE PLÁTANO CON MUESTRA DE 500G.

REP.	NUMERO DE TAMIZ 80		NUMERO DE TAMIZ 100	
	PLATANO DE SEDA	PLATANO DE ENANO	PLATANO DE SEDA	PLATANO DE ENANO
	RENDIMIENTO (%)	RENDIMIENTO (%)	RENDIMIENTO (%)	RENDIMIENTO (%)
1	51.08	40.08	51.92	40.96
2	51.12	40.73	51.26	40.85
3	53.29	43.1	51.84	41.05
4	53.69	42.12	52.54	40.07
5	51.37	43.84	52.33	42.18
6	52.94	43.65	52.12	41.73
7	54.09	45.37	51.98	42.81
8	54.76	44.84	52.07	42.21
9	54.31	44.02	50.95	42.44
10	54.09	44.51	52.18	43.04



ANEXO 3. RESULTADO DE TAMAÑOS DEL ALMIDÓN

Muestra	Plátano de seda (<i>Musa acuminata</i>)		Plátano de enano (<i>Musa cavendish</i>)	
	Diámetro ecuatorial (µm)	Diámetro axial (µm)	Diámetro ecuatorial (µm)	Diámetro axial (µm)
01	32.13	23.61	36.72	20.76
02	28.28	20.48	28.80	23.31
03	24.80	24.80	28.88	14.34
04	18.20	18.20	27.54	18.76
05	15.42	15.42	26.30	20.88
06	48.89	48.89	17.24	16.29
07	45.25	24.04	13.60	12.34
08	38.08	25.07	30.21	9.210
09	16.25	16.25	14.96	8.909
10	18.53	18.53	7.884	7.884
11	32.04	24.89	7.913	7.913
12	17.83	17.83	37.97	22.66
13	20.52	20.52	32.78	25.12
14	31.51	23.60	43.66	20.85
15	9.203	5.682	23.27	18.07
Yi=	396.93	327.81	377.72	247.28
Ȳ=	26.46	21.85	25.18	16.49

ANEXO 4. MUESTRAS PARA LAS DISTINTAS TEMPERATURAS EN GRAMOS

REPETICIONES	TRATAMIENTO					
	Almidón de plátano de seda			Almidón de plátano de enano		
	MUESTRAS PARA:			MUESTRAS PARA:		
	60°C	70°C	80°C	60°C	70°C	80°C
1	0.3004	0.3000	0.3000	0.3001	0.3008	0.3007
2	0.3000	0.3004	0.3000	0.3008	0.3007	0.3008
3	0.3005	0.3002	0.3001	0.3002	0.3005	0.3009

ANEXO 5. RESULTADOS DE PODER DE HINCHAMIENTO (%) A TRES TEMPERATURAS

REPETICIONES	TRATAMIENTO					
	V1= Almidón de plátano de seda			V2 = Almidón de plátano de enano		
	Temperaturas en baño maría			Temperaturas en baño maría		
	60°C	70°C	80°C	60°C	70°C	80°C
1	3.9726	7.313	8.9795	3.2553	6.9327	9.6058
2	3.8652	6.724	8.4265	3.4082	7.3151	9.5242
3	3.9154	6.9871	8.4823	3.6487	7.3845	9.5978

ANEXO 6. INDICE ABSORCION DE AGUA (IAA)

REPETICIONES	TRATAMIENTO					
	Almidón de plátano de seda			Almidón de plátano de enano		
	MUESTRAS PARA:			MUESTRAS PARA:		
	60°C	70°C	80°C	60°C	70°C	80°C
1	3.631	6.68	8.8	3.166	6.766	9.255
2	3.473	5.597	8.254	3.316	7.112	9.301
3	3.254	5.874	8.683	3.328	7.005	9.487

Para el cálculo de Índice de Absorción de Agua se determinó por el método de (Anderson, 1969).

$$\text{Índice de Absorción de Agua (I. A. A.)} = \frac{\text{Peso del Gel (g.)}}{\text{Peso muestra (g) b. s.}}$$

ANEXO 7. INDICE DE SOLUBILIDAD DE AGUA

REPETICIONES	TRATAMIENTO					
	Almidón de plátano de seda			Almidón de plátano de enano		
	MUESTRAS PARA:			MUESTRAS PARA:		
	60°C	70°C	80°C	60°C	70°C	80°C
1	42.927	43.333	8.500	13.653	12.020	11.690
2	44.174	41.883	8.241	13.407	11.612	11.462
3	43.548	41.357	8.840	13.117	11.809	11.451

Para el cálculo de Índice de Solubilidad de Agua se determinó por el método de (Anderson, 1969).

$$\text{Índice de Solubilidad en Agua (I. S. A.)} = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 100}{\text{Peso muestra (g) b. s.}}$$

ANEXO 8. Análisis Proximal del almidón de plátano de seda (*Musa acuminata*) y plátano enano (*Musa cavendish*) se realizó por los siguientes métodos.

- Humedad (Método AOAC 1995)
- Proteína total (Método AOAC 1995)
- Grasa cruda (Método AOAC 1995)
- Ceniza (Método AOAC 1995)
- Fibra (Método AOAC 1995)
- Energía KCAL/100g (Método AOAC 1995)
- Carbohidratos (por diferencia)

ANEXO 9 ANALISIS PROXIMAL

En el Cuadro N° 34 se muestra los resultados de análisis proximal que presenta un alto contenido de carbohidratos y energía en ambos almidones.

CUADRO 34. ANALISIS PROXIMAL DE AMBOS ALMIDONES

ENSAYOS	PLATANO DE SEDA	PLATANO ENANO
Humedad %	17.34	18.80
Cenizas %	0.32	0.99
Proteína %	2.85	2.65
Grasa %	1.94	1.90
Fibra %
Carbohidratos %	77.55	75.66
Energía KCAL/100g	339.06	330.34

Con respecto a la proteína se obtuvo en el almidón de plátano de seda 2.85% y el plátano enano 2.65% estos son mayores a los resultados del plátano morado que es de 2.62% obtenido por Cortes, (2008) que está dentro de los valores encontrados en otras investigaciones de un 0.2 a 4.88% (Bello *et al.*, 1999; Bello *et al.*, (2006); Lehmann *et al.*, (2002); Kayisu *et al.*, 1981; Lii *et al.*,1982.); con respecto a la grasa se obtuvo lo siguiente en el almidón de plátano de seda 1.94% y en el plátano enano1.90% estos son mayores a los resultados del plátano morado que es de 0.2% y también se encuentra dentro de los intervalos reportados que van de 0.18 a 2.3%. Bello *et al.*, (1999); Bello *et al.*, (2006); Lehmann *et al.*, (2002); Kayisu *et al.*, (1981); Lii *et al.*, (1982); y con respecto a la humedad se obtuvo lo siguiente en el almidón de plátano de seda 17.34% y en el plátano enano18.80% estos son mayores a los resultados del plátano morado que es de 0.2% y también a los valores de 4.9 a 14.3% obtenidos por Bello *et al.*,(1999); Bello *et al.*, (2006); Lehmann *et al.*, (2002); Kayisu *et al.*, (1981); Lii *et al.*, (1982.); y con respecto a la ceniza se obtuvo lo siguiente en el almidón de plátano de seda 0.32% y en el plátano enano 0.99% estos son mayores a los resultados del plátano morado que es de 0.2% en la bibliografía se reporta un contenido de cenizas es de 0.02 a 3.53%. Bello *et al.*, (1999); Bello *et al.*, (2006); Lehmann *et al.*, (2002); Kayisu *et al.*, 1981; Lii *et al.*, (1982.), y con respecto a carbohidrato se obtuvo en el almidón de plátano de seda un 77.55% y en el plátano enano 75.66%; y por ultimo con respecto a energía 339.06 KACL/100g en plátano de seda y 330.34 KACL/100g en plátano de enano.

ANEXO 10. CONSTANCIA DE ANALISIS PROXIMAL DEL ALMIDON



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Ciudad Universitaria Av. Floral N° 1143, Telef.: (051) 366080

LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS
Nro. - 0069-2012

SOLICITANTES : Bach. Helmer, QUIÑONEZ AGUILAR
PROCEDENCIA : TESIS E.P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
PRODUCTO : ALMIDON DE PLATANO SEDA Y ENANO
ANÁLISIS SOLICITADO : FÍSICO QUÍMICO
MOTIVO DE ENSAYO : CONTROL DE CALIDAD
FECHA DE RECEPCIÓN : 18 de octubre del 2012
FECHA DE EMISIÓN : 24 de octubre del 2012

RESULTADOS:
 De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

DETERMINACIONES FÍSICO QUÍMICAS:

ENSAYOS	RESULTADO DE LOS PRODUCTOS	
	PLATANO SEDA	PLATANO ENANO
HUMEDAD %	17,34	18,80
CENIZAS %	0,32	0,99
PROTEÍNA %	2,85	2,65
GRASA %	1,94	1,90
FIBRA %
CARBOHIDRATOS %	77,55	75,66
ENERGÍA KCAL/100g	339,06	330,34

CONCLUSIÓN :De acuerdo con los resultados obtenidos y contrastados con Los verificados tomados como referencia, se concluye para la muestra analizada.

- Los resultados Físico Químico están conformes.

Puno, C. U. 24 de octubre del 2012



Ing. OSWALDO APARICIO ALCA
 Control de Calidad de Alimentos
 ANÁLISIS - LABORATORIO



Ph.D. Juan Marcos Aro Aro
 Director
 E.P. Ingeniería Agroindustrial

ANEXO 11. CONSTANCIA DE MICROSCOPIA POR BARRIDO



Constancia

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

HACE CONSTAR:

Que el Sr. **Helmer QUIÑÓNEZ AGUILAR**, 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 *Musa acuminata* y *Musa cavendish*, para su tesis intitulada **“EXTRACCION Y CARRACTERIZACION DE ALMIDON DE PLATANO DE SEDA (*Musa acuminata*) Y PLATANO ENANO (*Musa cavendish*)”**, a partir del 15 al 31 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. 09 de Noviembre de 2012



M. Sc. Martín Choque Yucra
INVESTIGADOR - ANALISTA LAB. AMBIENTAL
UNA - PUNO

ANEXO 12.- Materia prima: plátano Enano (*Musa cavendish*) verde con maduración de color uno tamizado con tamiz N° 80 y 100



Pelado manual con cuchillo de cocina

Pesado de la pulpa



Pesado de bisulfito de sodio

Solución de bisulfito de sodio al 0.1%



Cortado en rodajas circulares



licuado del plátano en la solución



Tamizado con tela de gaza N° 80 y 100



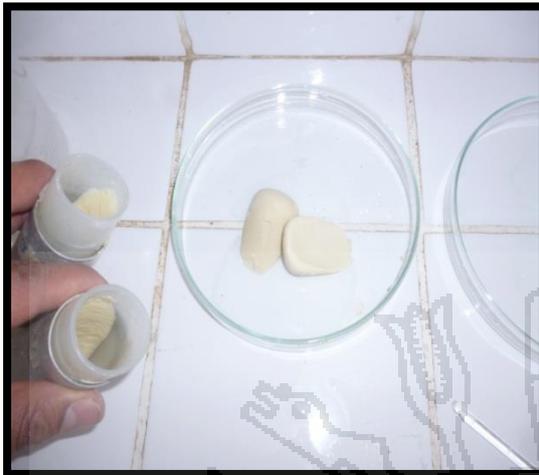
Sedimentación por 24 horas



Proceso de centrifugado a 1000rpm x10min.



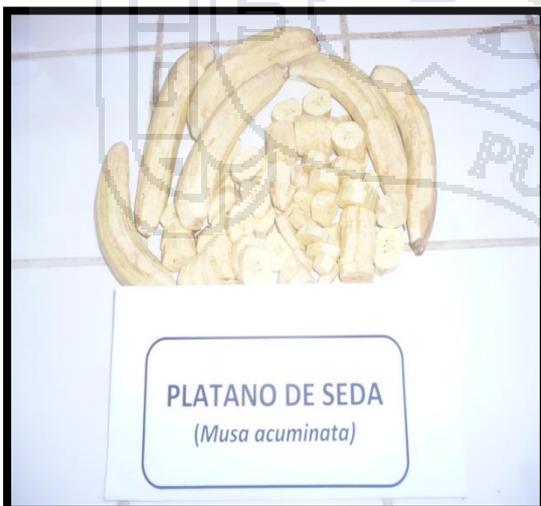
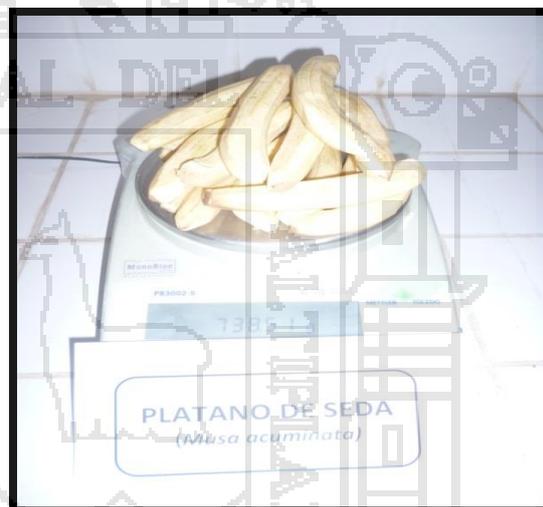
Después del centrifugado se puso en lunas de reloj para el secado



Secado en estufa a 60°C por 12 horas



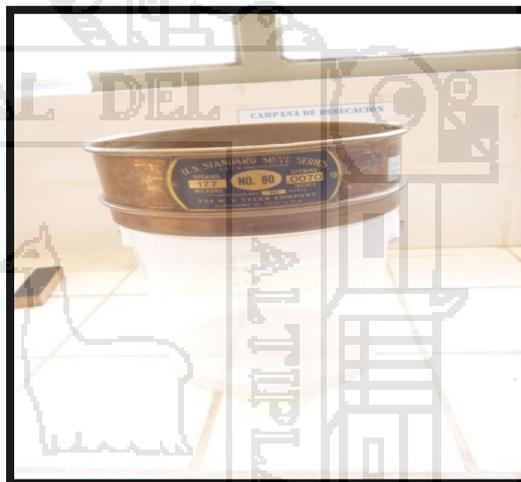
ANEXO 13.- Materia prima: plátano Seda (*Musa acuminata*) verde con maduración de color uno tamizado en tamiz N° 80 y 100



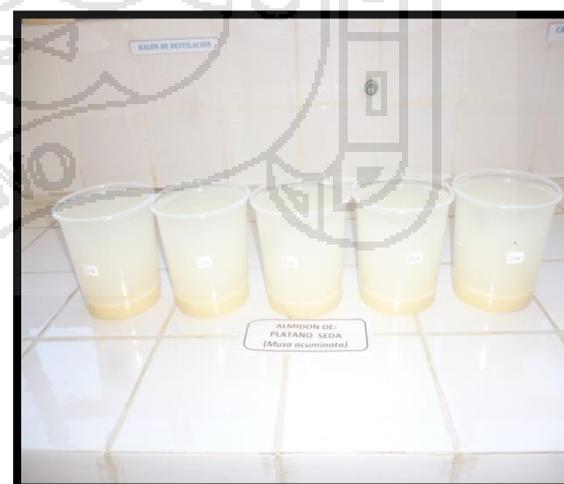
Preparacion de solucion de bisulfito de sodio al 0.1% con agua destilada para el licuado, lavado y sedimentacion.



Licuado en solución de bisulfito de sodio con agua destilada



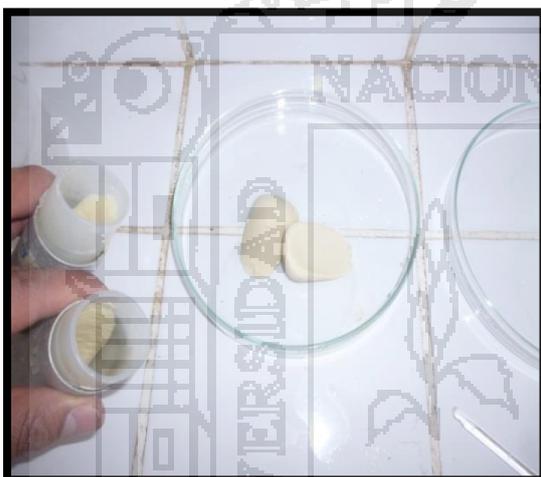
Proceso de sedimentacion por 24 horas al medio ambiente



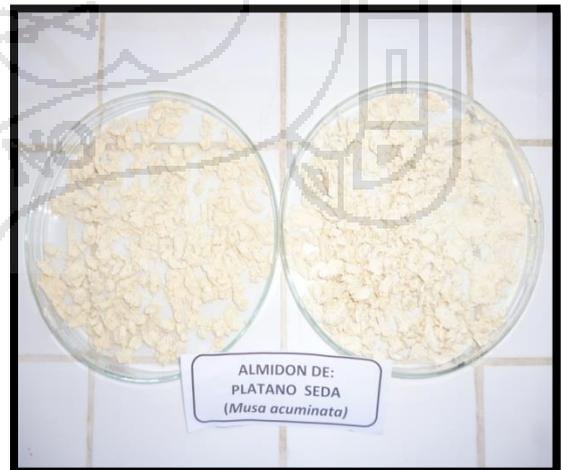
Proceso de centrifugado a 1000rpm x 10min.



Después del centrifugado se puso en lunas de reloj para el secado



Proceso de secado en estufa a 60°C por 12 horas



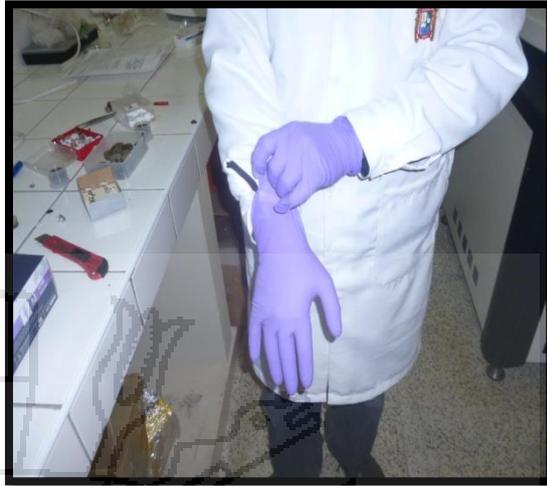
Proceso de molienda en mortero

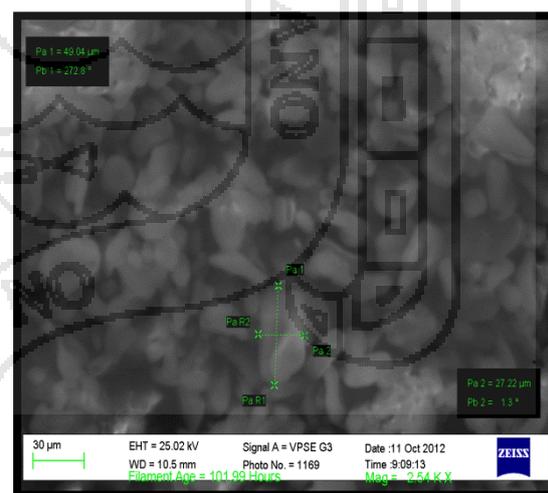
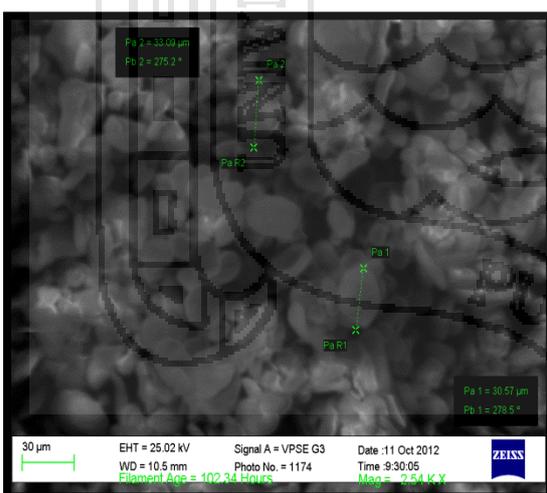
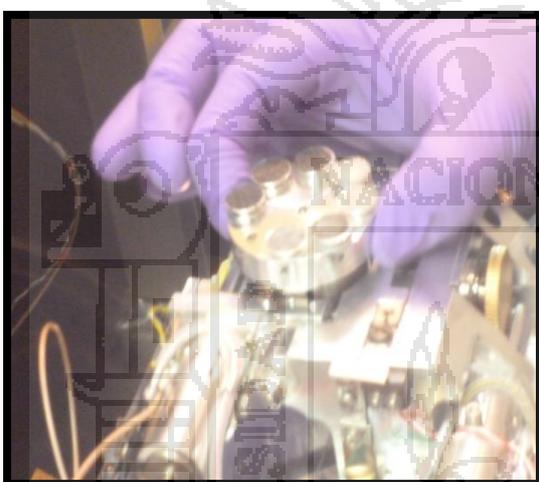
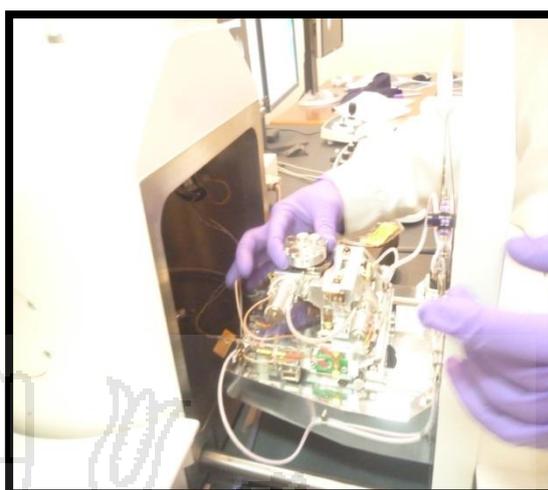
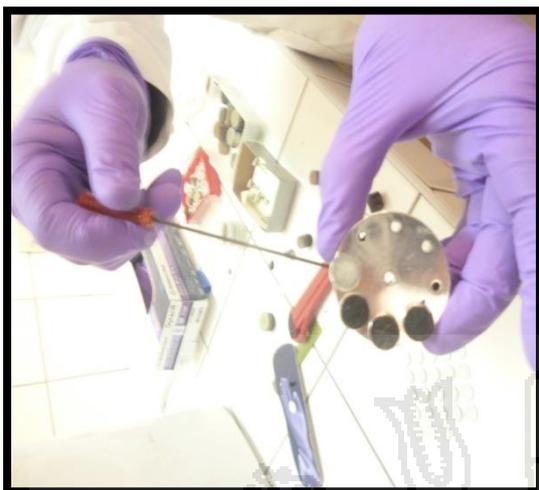


Pesado del almidón



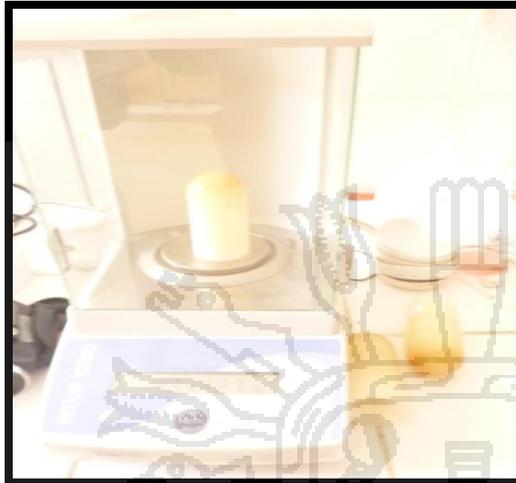
**ANEXO 14.- CARACTERIZACION POR MICROSCOPIO ELECTRONICO
MEGA LABORATORIO - MICROSCOPIA POR BARRIDO**





**ANEXO 15.- DETERMINACION DE PODER DE HINCHAMIENTO EN LABORATORIO
DE EVALUACION NUTRICIONAL
ALMIDON DEL PLATANO DE ENANO Y SEDA**

PESADO DEL TUBO DE CENTRIFUGA



PESADO DEL ALMIDON



AÑADIENDO LA MUESTRA



AÑADIENDO AGUA DESTILADA



BAÑO MARIA A 60, 70 Y 80°C X 30 MIN.



**CENTRIFUGADO A 2200 RPM X 15MIN
DESTILADA**

AÑADIENDO MAS 2ML DE AGUA



SOBRENADANTE EN PLACA PETRI SECADO DEL SOBRENADANTE EN ESTUFA



MUESTRA DE ALMIDON CENTRIFUGADO PESADO DE LA PLACA PETRI

