

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de Ingeniera
Agroindustrial**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto:

“EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS
DEL ALMIDÓN DE MALANGA (*Xanthosoma Saggitifolium*), YUCA (*Manihot
Esculenta*) Y PAPA CHINA (*Colocasia Esculenta*)”

Autora:

Vanessa Natali Zúñiga Bonilla

Director:

Ing. Julio Palmay MsC.

Riobamba – Ecuador

2019

REVISIÓN DEL TRIBUNAL

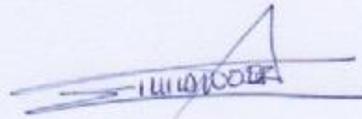
Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título:

“Extracción y Análisis Comparativo de las Características del Almidón de Malanga (*Xanthosoma Saggitifolium*), Yuca (*Manihot Esculenta*) y Papa China (*Colocasia Esculenta*)”, presentado por: Vanessa Natali Zúñiga Bonilla, y dirigida por: Ing. Julio Palmay MsC.

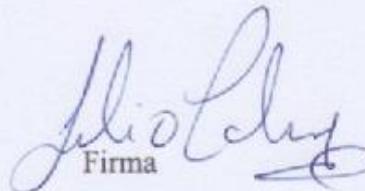
Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha conestado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

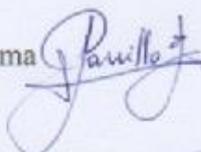
Dra. Silvia Torres. MsC.
Presidenta del Tribunal


Firma

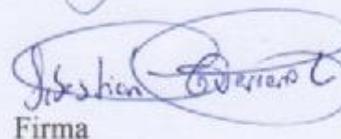
Ing. Julio Palmay. MsC.
Director del Proyecto de Investigación


Firma

Ing. Patricio Carrillo. MsC.
Miembro del Tribunal

Firma 

Ing. Sebastián Guerrero. MsC.
Miembro del Tribunal


Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

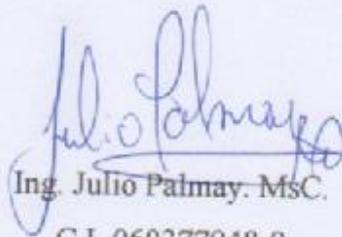
“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Vanessa Natali Zúñiga Bonilla y al director del proyecto: Ing. Julio Palmay, incluyendo todas las tablas y figuras que se encuentran en este trabajo excepto las que contienen su propia fuente y el patrimonio intelectual de la misma Universidad Nacional de Chimborazo.



Vanessa Natali Zúñiga Bonilla

C.I. 060477649-2

Autor del Proyecto



Ing. Julio Palmay. MSc.

C.I. 060377948-9

Director del Proyecto de Investigación

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada en primer lugar a Dios ya que gracias a sus bendiciones he logrado culminar una meta más en mi vida.

A mis padres Mario y Martha que fueron la parte esencial a lo largo de estos años estuvieron apoyándome, gracias a ellos logré salir adelante en mis estudios siempre tratando ser una mejor persona cada día, gracias a ustedes por haber confiado en mí todo este tiempo y gracias por haberme dado la oportunidad de estudiar.

Vanessa Natalí Zúñiga Bonilla.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por haberme dado la vida y las bendiciones para salir adelante día a día gracias a sus bendiciones logré superarme a pesar de las circunstancias presentadas.

Agradezco a mis padres y hermana por estar conmigo en todos mis años de vida universitaria, gracias por todo su apoyo incondicional en este tiempo, por ser mi motivación diaria para la culminación de esta meta en mi vida, y por todo su infinito amor.

A mis docentes que gracias a ellos forjé conocimientos y los aplicaré en mi vida profesional. Al Ing. Julio Palmay por compartirme sus conocimientos en el desarrollo de este tema de investigación y por su colaboración incondicional.

Vanessa Natalí Zúñiga Bonilla.

ÍNDICE

REVISIÓN DEL TRIBUNAL.....	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. OBJETIVO GENERAL:.....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	3
3. MARCO TEÓRICO	4
3.1. Raíces y tubérculos	4
3.2. Malanga.....	4
3.2.1. Clasificación sistemática	4
3.2.2. Antecedentes.....	5
3.2.3. Características para el cultivo.....	6
3.3. Yuca.....	6
3.3.1. Clasificación sistemática	7
3.3.2. Antecedentes.....	7
3.3.3. Características de la planta	8
3.3.4. Características para el cultivo.....	8
3.4. Papa China	8
3.4.1. Clasificación sistemática	9
3.4.2. Antecedentes.....	9
3.4.3. Características de la planta	10
3.4.4. Características para el cultivo.....	10
3.5. Almidón	10
3.5.1. Factores que intervienen en la calidad del almidón.....	11
3.5.2. Aplicaciones del almidón	13
3.5.3. Composición química de los almidones	16

3.5.4. Extracción del almidón.....	16
4. METODOLOGÍA.....	17
4.1. Tipo de Estudio.....	17
4.2. Población y Muestra.....	17
4.3. Variedad de los tubérculos:.....	18
4.4. Método de centrifugación.....	18
4.5. Método de decantación.....	20
4.6. Análisis y procedimientos.....	22
4.6.1. Análisis realizados en la materia prima y en el almidón.....	22
4.6.2. Análisis de calidad del almidón.....	23
4.6.3. Análisis morfológicos del almidón.....	23
4.7. Análisis estadístico.....	24
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
5.1. RESULTADOS.....	25
5.1.1. Análisis proximal de la materia prima.....	25
5.1.2. Rendimiento de almidón obtenido por los métodos de decantación y centrifugación.....	26
5.1.3. Análisis proximal del almidón obtenido por los métodos de decantación y centrifugación.....	27
5.1.4. Análisis de calidad del almidón.....	28
5.1.5. Análisis morfológicos del almidón.....	29
5.2. DISCUSIÓN.....	31
5.2.1. Rendimiento del almidón extraído por dos métodos de extracción decantación y centrifugación.....	31
5.2.2. Composición proximal de la materia prima.....	31
5.2.3. Composición proximal del almidón obtenido por métodos de centrifugación y decantación.....	33
5.2.4. Análisis de calidad del almidón obtenido por métodos de centrifugación y decantación.....	34
5.2.5. Análisis morfológico en el almidón obtenido por dos métodos de decantación y centrifugación.....	35
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
6.1. Conclusiones.....	36
6.2. Recomendaciones.....	37
7. WEBGRAFÍA.....	38
8. ANEXOS.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición química de los almidones	16
Tabla 2 Variedades de tubérculos.....	18
Tabla 3 Valores medios del análisis proximal de la materia prima	25
Tabla 4 Valores medios del rendimiento de almidón obtenido por método de decantación y centrifugación	26
Tabla 5 Composición proximal de los almidones de Yuca, Malanga y Papa china	27
Tabla 6 Análisis de calidad realizados en los almidones de yuca, malanga y papa china	28
Tabla 7 Valores medios del análisis morfológico de los almidones.....	29
Tabla 8 Método de Centrifugación	43
Tabla 9 Método de Decantación	44
Tabla 10 Determinaciones realizadas en los almidones	45

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	Planta y tubérculo de malanga	5
Ilustración 2	Planta y tubérculo de yuca	7
Ilustración 3	Planta y tubérculo de papa china	9
Ilustración 4	Productos en donde se utiliza almidón.....	14
Ilustración 5	Molienda del tubérculo	43
Ilustración 6	Tubos de ensayo en la centrífuga.....	43
Ilustración 7	Almidón de yuca extraído por centrifugación	43
Ilustración 8	Caja Petri con Almidón de yuca	43
Ilustración 9	Muestra triturada del tubérculo y agua destilada	43
Ilustración 10	Almidón seco	43
Ilustración 11	Molienda del tubérculo	44
Ilustración 12	Almidón de malanga	44
Ilustración 13	Muestras decantadas	44
Ilustración 14	Almidón de yuca	44
Ilustración 15	Tubérculos de papa china lavados	44
Ilustración 16	Almidón de yuca	44
Ilustración 17	Humedad	45
Ilustración 18	Cenizas	45
Ilustración 19	Proteína	45
Ilustración 20	Claridad de la pasta.....	45
Ilustración 21	Grasa	45
Ilustración 22	Fibra	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Flujograma del Método de Centrifugación	19
Gráfico 2: Flujograma del Método de Decantación	21
Gráfico 3: Flujograma del (PH), (IAA) y (ISA).....	24

RESUMEN

El almidón o fécula es una proteína que se encuentra principalmente en tubérculos seguido de cereales, también es el encargado de almacenamiento de energía en los vegetales, el objetivo de la presente investigación fue extraer almidón de Yuca, Malanga y Papa China, aplicando dos métodos que fueron: decantación donde las muestras se dejaban decantar por 20 horas, y centrifugación donde las muestras eran sometidas a la centrifuga por 30min a 3000RPM, se realizó el análisis proximal de los tubérculos usados como materia prima en la investigación, de igual forma en el almidón obtenido se realizaron análisis proximales, de calidad y complementarios. Todos los datos fueron analizados por triplicado, donde posteriormente se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) seguido de la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Finalmente el estudio concluyó que el método que mejor rendimiento brinda es el de centrifugación dando valores relativamente bajos en humedad y cantidades de almidón aceptables, para el caso de la materia prima el tubérculo que mejor composición tenía fue la malanga ya que esta contaba con un alto grado de fibra y proteína, características importantes para la extracción de almidón.

ABSTRACT

Starch is a protein that is found mainly in tubers after that cereals. It is also responsible for energy storage in vegetables. The objective of the present research was to extract yucca starch, Malanga and Papa China, applying two methods: settling, where the samples were decanted for 20 hours, and centrifugation where the samples were subjected to the centrifuge for 30min at 3000RPM. The proximal analysis of the tubers used as raw material in the research was carried out, as well as in the starch obtained; proximal, quality and complementary analyses were performed. All the data were analyzed in triplicate, where they subsequently subjected to an analysis of variance (ANOVA) followed by the Tukey test ($p < 0.05$). Finally, the study concluded that the method that provides the best performance is centrifugation giving relatively low values in moisture and acceptable amounts of starch, for the case of the raw material the tuber that had the best composition was the taro as it had a high grade of fiber and protein, essential characteristics for the extraction of starch.


Reviewed by: Romero, Hugo
Language Skills Teacher



1. INTRODUCCIÓN

El almidón es el polisacárido más utilizado en la industria alimentaria como ingrediente esencial, por su gran versatilidad y costo relativamente bajo, debido a sus propiedades fisicoquímicas y funcionales los almidones se utilizan como: agentes espesantes para aumentar la viscosidad de las salsas y potajes para bebé, también se usan como agentes estabilizantes en geles, y como elementos ligantes en funciones de relleno (Hernández, 2017).

El tubérculo de malanga está lleno de beneficios y propiedades (Pérez C. , 2018), ideal dentro de una dieta equilibrada su alto contenido de nutrientes esenciales y gracias a sus propiedades curativas y preventivas. Con el nombre de *Xanthosoma* se conoce alrededor de 50 especies de distintas plantas entre ellas se encuentran las tropicales y subtropicales que pertenecen a la misma familia de las aráceae, esta es nativa de América, donde se encuentra la malanga siendo esta una especie que los europeos encontraron cuando llegaron al sur de continente, posteriormente la llevaron a África y desde ahí se extendió su cultivo.

Según (Espinosa, 2012) indica que el Ecuador cuenta con una gran biodiversidad de tierras que son aptas para todo tipo de cultivo, sin embargo dentro de esta diversidad encontramos productos altamente nutricionales que no son conocidos como es el caso de la malanga y papa china, gracias a investigaciones realizadas se ha comprobado que estos tubérculo poseen mayor cantidad de nutrientes a diferencia de otros cultivos.

En el desarrollo del tema de investigación se muestra claramente cuál es el tubérculo que mayor porcentaje de sus propiedades tiene, empezando desde su extracción hasta su caracterización comparativa pudiendo ser utilizados en la industrialización de productos para el consumo humano y no alimenticios, a su vez para ser usado el almidón como materia prima complementaria en vitaminas, todo esto dependiendo de los resultados obtenidos en la investigación.

Dentro del Ecuador el cultivo de malanga y papa china se presentaron por primera vez de una manera comercial dentro de la zona de Santo Domingo de los Colorados en 1995, en la actualidad las zonas donde más se explota el cultivo de malanga y papa china es en los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas, por lo general las personas que se dedican a la explotación de estos tubérculos son los micro agricultores (Espinosa, 2012).

En la actualidad se desconoce de empresas que se dediquen a la industrialización el almidón en grandes cantidades, esto provoca mayores pérdidas económicas al momento de importar este producto como lo es incremento del precio de los productos que llegan al país, por otro lado cabe recalcar que se ve afectado el campo agrícola puesto a que se les da unos extras a estos tubérculos, ya que en su mayoría son destinados a la alimentación humana, y en el caso de la malanga la mayoría de personas desconoce de su existencia, evitando su explotación en cantidades grandes (Álvarez, 2017).

Tras investigaciones realizadas se ha venido estudiando la incorporación del almidón en productos alimenticios y de materias prima no convencionales como las harinas, mismas que provienen de las raíces y tubérculos de origen local, siendo de importancia comercial y nutricional (Pérez C. , 2018). Debido a esto existe una demanda insatisfecha se puede aprovechar el almidón de malanga para suplir en cierta manera algunos alimentos que en la actualidad se consumen (Andrade, 2009).

La presente investigación pretende analizar las características del almidón obtenido a partir de la malanga en relación con la yuca y papa china, dando así una opción de aprovechamiento de estos tubérculos evitando pérdidas económicas, de igual manera tratando siempre hacer más conocido el tubérculo de la malanga a nivel de agricultores e intermediarios.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL:

- ✓ Comparar las características del almidón de Malanga (*Xanthosoma Saggitifolium*), Yuca (*Manihot Esculenta*) y Papa China (*Colocasia Esculenta*) para el uso agroindustrial.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Realizar el análisis proximal en los tubérculos de malanga, papa china y yuca, para ser comparados posteriormente con los análisis efectuados en el producto final (almidón).
- ✓ Identificar el método idóneo para la extracción de almidón en tubérculos, mediante la aplicación de los métodos de Decantación y Centrifugación
- ✓ Extraer el almidón de la Malanga, para conocer sus características y compararlo con lo obtenido de Yuca y Papa China.
- ✓ Evaluar las características complementarias del almidón: Hinchamiento, Capacidad de absorción de agua y Solubilidad de Malanga (*Xanthosoma Saggitifolium*), Yuca (*Manihot Esculenta*) y Papa China (*Colocasia Esculenta*).

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Raíces y tubérculos

Los cultivos de raíces y tubérculos aportan alimentos energéticos en gran cantidad (Montaldo, 1991), pero contenido de proteínas es comparativamente bajo, en relación con los alimentos de origen animal. Sin embargo su producción es barata y proporciona una fuente de energía bajo precio (Ferreir, 2011).

La materia seca de las raíces y tubérculo está compuesta principalmente de carbohidratos, el principal componente de estos es el almidón, junto con otros azúcares que dependen de la composición del cultivo (Ortega, 1998). Los almidones son una fuente de minerales, vitaminas y aminoácidos como la lisina, estos cultivos se diferencian entre dependiendo del origen, nombre científico, calificación botánica y valor nutricional y otros factores (Montaldo, 2012).

3.2. Malanga

El tubérculo de malanga es altamente perecedero debido a su alto contenido de humedad, estando sujeto a pérdidas poscosecha importantes, por lo que su uso y consumo han sido limitados, en la actualidad este tubérculo ha adquirido una gran importancia, principalmente en los países en desarrollo donde se considera como materia prima esencial en diversos productos alimenticios, debido a su alto contenido de carbohidratos; como el almidón que brinda de 700 a 800g/kg en base seca (Salomón Ferreira , Eisa Ortiz, & Clemencia Pardo, 2017).

3.2.1. Clasificación sistemática

- ✓ Reino: Plantae
- ✓ Clase: Angiosperma
- ✓ Familia: Aráceae
- ✓ Género: Xanthosoma.
- ✓ Especie: Saggitifolium Schott.
- ✓ Nombre científico: *Xanthosoma saggitifolium*.



Ilustración 1 Planta y tubérculo de malanga

3.2.2. Antecedentes

La malanga se encuentra entre los primeros cultivos domesticados por el ser humano, según varios autores su origen puede seguirse hasta las culturas más primitivas en donde ya eran consumidos como alimento, este tubérculo es originario de América tropical y subtropical, fue cultivado por los indios de las Antillas y el en el resto del continente antes de la llegada de los españoles (Benavides Lazo & Godinez Garcia, 2014).

Su nombre es originario de la Isla Trinidad mientras que en el transcurso del tiempo se trasladó a distintos países, este tubérculo crece en lugares con suficiente agua lo cual es fácil para su crecimiento y para el desarrollo del cultivo (Bustamante, 2016). Este tubérculo se encuentra ubicado en el puesto seis de las áreas de producción de plantación mundial, después de la yuca, papa y camote (Vanessa Morales & Stalin Santacruz, 2017).

El ministerio de agricultura y ganadería (MAG, 1995) menciona que el potencia crecimiento, el alto poder de conservación en condiciones naturales, los valores nutricionales, su fácil cocción y las propiedades digestivas son las principales características que han ayudado a la difusión de la malanga, logrando convertir este tubérculo en un cultivo de alta importancia con una demanda en el mercado nacional e internacional (Jorge Vilchez, 2011).

Características de la planta

La malanga (*Xanthosoma Saggitifolium*) es un tubérculo comestible que pertenece a la familia de las Araceae es originaria de Asia, tiene forma ovoide-redonda con una pulpa blanca con pequeños gránulos de color rosado y una cáscara de color marrón (ver ilustración 1), tiene un tamaño aproximadamente de 15cm de largo y 3.5cm de radio (Benzie, 2013).

La malanga es considerada como una de los tubérculo con gran potencial en las zonas tropicales, es una planta herbácea de comportamiento perenne, sin tallos aéreos con hojas grandes en forma de corazón, y con uno largos peciolos (Rosero, 2017). A más de esto sus tallos tienen una cáscara de color marrón oscuro, la malanga se cultiva en terrenos bajos y en las orillas de lagunas y ríos.

3.2.3. Características para el cultivo

El cultivo de malanga requiere de un clima cálido húmedo, es decir climas tropicales o climas meso térmicos, con temperaturas que van de los 20 a 30°C, con una buena luminosidad, la malanga es una planta tropical por lo tanto se cultiva en altitudes bajas y medianas hasta los 1500 metros sobre el nivel del mar, los cultivos deben tener una humedad relativa de 70 a 80%.

Requiere de regímenes de lluvia alta y bien distribuida de 1500 a 2500 mm cuando existe baja humedad en el suelo, las hojas se vuelven amarillentas y se marchitan, estas plantas se adaptan en suelos profundos, fértiles y con suficiente materia orgánica bien drenada, debe evitarse los suelos con alto contenido de arena o arcilla. El pH óptimo debe ser de 5.5 a 6.5 en varias ocasiones el cultivo puede adaptarse a un pH de 4.5 a 7.5 por lo general se dan problemas en el tubérculo cuando estos han sido cultivados en suelos arenosos o pesados en decir suelos pedregosos y rocosos (SAG, 2014).

3.3. Yuca

La yuca (*Manihot Esculenta*) pertenece a la familia Euphorbiaceae, esta familia está compuesta por 7200 especies que se caracterizan por el desarrollo de los vasos laticíferos compuestos por las células secretoras o galactocitos que producen una secreción lechosa, su origen genético se encuentra en la Cuenca Amazónica (FAO, 2015).

Dentro de esta familia se encuentran distintos tipos arbóreos como el caucho, ricino entre diversas plantas ornamentales, medicinales y malezas todo esto dentro del género *Manihot*, el nombre científico de la yuca fue dado en primer lugar por Crantz en 1766, luego fue reclasificada por Pohl en 1872 y posteriormente por Pax en 1910 quien diferenció la yuca en: amarga como (*Manihot Utilissima*) y la dulce como (*Manihot Esculenta*) (Benzie, 2013).

Sin embargo, Ciferri en 1938 dio prioridad al trabajo de Crantz en donde se propone el nombre que se usa actualmente, hasta la fecha se han descubierto al redor de 98 especies del género *Manihot* de las cuales solo la yuca tiene relevancia económica y es cultivada. Su reproducción es alógama mientras que su constitución genética es altamente heterocigótica que constituye la principal razón para cultivarla por medio de estacas y no por reproducción sexual con semillas (FAO, 2015).

3.3.1. Clasificación sistemática

- ✓ Reino: Plantae.
- ✓ Clase: Magnoliopsida.
- ✓ Familia: Euphorbiaceae.
- ✓ Género: *Manihot*.
- ✓ Especie: *Esculenta* Crantz
- ✓ Nombre Científico: *Manihot Esculenta*.



Ilustración 2 Planta y tubérculo de yuca

3.3.2. Antecedentes

La yuca fue cultivada por los indígenas sudamericanos y se ha convertido en un alimento de suma importancia alrededor de todo el mundo, este tubérculo forma parte de la dieta de más de mil millones de personas alrededor de 100 países, siendo esta raíz una fuente del tercio de calorías diarias que el cuerpo necesita, en África la yuca es el alimento básico ya que es consumido por el 80% de la población (Hussein, 2010).

3.3.3. Características de la planta

La yuca posee varias características ya que puede ser policárpica, arborescente arrositada, arbustiva y herbácea, también puede ser terrestre o epífitas, sus hojas se agrupan en las puntas de las ramas, son lanceoladas, rígidas y pueden ser planas o convexas tienen una punta espinosa, con un margen denticulado (Hussein, 2010).

Las flores de la yuca son bisexuales, de color blanco en forma de campana o globosas también tiene pétalos libres y otros que se encuentran ligeramente unidos a la base, su fruto es pulposo, con una cápsula y semillas negras comprimidas (ver ilustración 2), (ISI, 2014) indica que el tubérculo de yuca se reproduce gracias a la mariposa de la yuca, misma que se encarga de la polinización manteniendo una peculiar relación con la planta, esta se encarga de transportar el polen desde la flor masculina hasta el estigma de la flor femenina, a la vez deposita sus huevecillos en la flor, y al nacer la oruga consume las semillas de la planta, pero deja las suficientes para una futura reproducción.

3.3.4. Características para el cultivo

El cultivo de yuca requiere de sol directo y mucha claridad, es una planta que demanda de luz, mientras más luminosidad tenga mejor crecerá el tubérculo y evitará los enflaquecimientos que afectan su porte, cuando la yuca está expuesta a insuficiente luz solar, los tallos crecen largos y caídos en busca de luz. (Bartlett, 2014)

Para el riego del cultivo debe realizarse solo cuando la tierra se encuentre muy seca, necesita de aplicación de abono una vez al mes y nunca en temporada de invierno, se deben evitar los riegos excesivos porque esto puede causar daño en las raíces provocando que las hojas inferiores adquieran un tono amarillento y se marchiten, la temperatura del cultivo debe encontrarse entre los 13 y 18°C (Bartlett, 2014).

3.4. Papa China

La (*Colocasia Esculenta*) conocida como papa china, taro, ocumo chino, dependiendo del lugar en donde se encuentre, pertenece a la familia aráceae, sus tubérculos, hojas y peciolo son usados en la alimentación del hombre y de animales. Sus cormos son registrados como una fuente barata de carbohidratos en relación a los cereales u otros tubérculos, la producción por hectárea de la papa china es más baja en comparación con otros tubérculos, cabe recalcar que su superioridad en términos de digestibilidad del

almidón es del 98.8%, el precio por tonelada le convierte en una alternativa a los cereales y granos como fuente de carbohidratos para alimentación de cerdos. Todas las partes de la planta de papa china van destinadas para el consumo animal, en estado natural tiene factores restrictivos por el almacenamiento y la presencia de factores anti nutricionales como oxalatos, taninos y saponinas, sin embargo algunos de factores pueden servir como mecanismo de defensa contra plagas y enfermedades que afecten a la planta (Miyasaka, 2016).

3.4.1. Clasificación sistemática

- ✓ Reino: Plantae.
- ✓ Clase: Angiosperma.
- ✓ Familia: Aráceae.
- ✓ Género: Colocasia.
- ✓ Especie: Esculenta Schott.
- ✓ Nombre científico: *Colocasia Esculenta*.

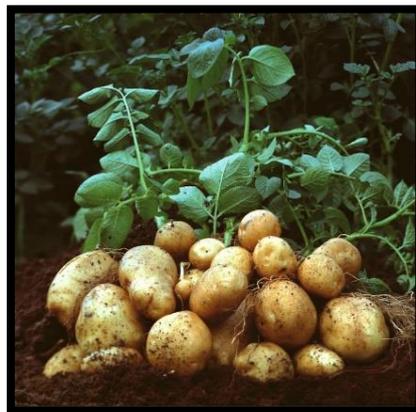


Ilustración 3 Planta y tubérculo de papa china

3.4.2. Antecedentes

La papa china es una planta perenne de los trópicos y de zonas húmedas pertenece a la familia arácea y es consumida por el hombre desde tiempos remotos debido a su alto valor nutritivo en sus cormos (Juan Matehus, Gustavo Romay, & María A. Santana, 2016). A más de la alimentación, este tubérculo es usado en la cura de algunas enfermedades, se dice que es nativa de las zonas boscosas de África Occidental, y que su cultivo se extendió hacia el este por Filipinas, China, Japón y Polinesia.

La papa china se introdujo en América poco después de la llegada de los españoles, entre los informes orgánicos, la papa china o taro se encuentra en el quinto lugar a nivel mundial, mientras que dentro la región amazónica ecuatoriana es uno de los mejores manejados de forma orgánica entre los cultivos de raíces y tubérculos en (Badui, 2011).

3.4.3. Características de la planta

La *Colocasia Esculenta* es una planta herbácea perenne, que se diferencia por su rizoma tuberoso que forma un cormo de apariencia escamosa y de espesor variable, donde nacen rosetas finalizando con largos peciolo (Haro, 2016). Las hojas son peltadas en forma de flecha, el peciolo de una hoja adjunta a varias pulgadas de la hoja (ver ilustración 3), el color de la pulpa del tubérculo es blanco nieve, en algunos tipos de papa china se puede encontrar un color rosado amarillento e incluso anaranjado, su sabor es parecido al de la patata (Kurniasih, 2015).

3.4.4. Características para el cultivo

Es una planta de clima tropical, requiere de lluvias altas que van desde los 1800 a 2500mm, bien distribuidas, con temperaturas de 25 y 35°C con una buena luminosidad, se desarrolla en zonas pantanosas y bajo agua, pueden cultivarse en suelos arcillosos con alta humedad, superficialmente esta planta es capaz de transportar el oxígeno desde las partes aéreas a las raíces, lo cual hace posible que éstas crezcan y se desarrollen con normalidad (Montaldo, 2012).

3.5. Almidón

El almidón es una materia prima con un extenso campo de aplicaciones que van desde la textura hasta la consistencia de alimentos, finalizando con la manufactura del papel, adhesivos y empaques biodegradables (Hernández, 2017). Debido a que el almidón es el polisacárido más utilizado como ingrediente funcional entre ellos espesante, estabilizante y gelificante dentro de la industria alimentaria, es necesario buscar nuevas fuentes de extracción, ya que con una producción mundial de 48.5 millones de toneladas al año, existe demasiada demanda insatisfecha para la adquisición del mismo (Monge, 2015).

A demás de las características funcionales y múltiples aplicaciones, el almidón aporta del 70 al 80% de las calorías consumidas por los seres humanos, aspectos que los convierten en el carbohidrato más importante de la industria alimentaria. A nivel mundial, la industria alimentaria ha utilizado el maíz, trigo, arroz para la extracción de almidón posteriormente aplicándolo en diversos subproductos (Pérez M. , 2016).

El almidón y los productos provenientes del mismo son usados en la industria alimentaria y no alimentaria, (Kurniasih, 2015) menciona que el almidón juega un papel sumamente importante en la industria de alimentos ya que es usado para la formulación de ciertos productos cárnicos, mientras que en la industria no alimentaria el almidón es usado como materia prima básica o producto auxiliar para la elaboración de una amplia gama de productos nos comestibles , entre ellos la producción de papel, el consumo de almidón se destina aproximadamente 75% al sector industrial y el 25% al sector alimenticio.

3.5.1. Factores que intervienen en la calidad del almidón

✓ El tipo de tratamiento técnico y térmico que se le da a los alimentos

La hidratación y el calor tienen como efecto el aumento de un índice glucémico de un alimento, determinados procesados industriales conllevan un aumento de la gelatinización, en el caso de la fabricación de copos para el puré de patatas instantáneo o incluso en cornflakes, pero también de los aglutinantes como los almidones modificados y los almidones dextrinados (Macillo, 2017).

La uniformidad de la temperatura de cocimiento es de especial importancia durante el tratamiento térmico del almidón en condiciones limitadas de agua. Esto se debe a que los gránulos de almidón que se cuecen primero absorben e agua de sus alrededores, limitando a la disponibilidad de agua a los gránulos aún crudos y exacerbando así las diferencias en el grado de cocción (Franco, 2013).

✓ La retrogradación el proceso inverso a la gelatinización

Se conoce como gelatinización al proceso donde los gránulos de almidón que son insolubles en agua fría debido a que su estructura organizada, se calientan a 60 y 70°C y empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas intermicelares amorfas que son menos organizadas y las más accesibles, la retrogradación es un fenómeno que se define como la insolubilización y precipitación espontanea de las moléculas de amilosa,

debido a que sus cadenas lineales se orientan paralelamente por puentes de hidrógeno, cada almidón tiene una tendencia diferente a la retrogradación que está relacionada con su contenido de amilosa (UNAM, 2011).

Una vez que el almidón se ha cocido y gelatinizado, al enfriarse se vuelve a modificar, progresivamente, el gel evoluciona hacia una nueva reorganización de las macromoléculas de amilosa y amilopectina, es el fenómeno de la retrogradación, es decir un retorno en mayor o menor medida a la estructura molecular anterior de hecho, el fenómeno de la retrogradación aumenta con el tiempo y con la disminución de la temperatura la conservación prolongada a baja temperatura de 5°C de alimentos amiláceos como los platos cocinados al vacío, favorece por lo tanto la retrogradación, se consigue lo mismo dejando secar determinados alimentos, también es importante mencionar que el almidón en su estado puro no sólo está en alimentos crudos, en algunos casos se puede mantener bajo esa forma tras la cocción cuando la cantidad de agua del producto ha sido localmente insuficiente para permitir la gelatinización, suele ser el caso de la corteza del pan y las galletas dulces; la estructura granular del almidón se mantiene a pesar de la cocción y por ellos su índice glucémico disminuye con respecto a los almidones que habrán gelatinizado, los de la miga del pan por ejemplo (ISI, 2014).

✓ **El contenido en proteínas y en fibras**

En algunos glúcidos el contenido natural de proteínas puede ser causante de una menor hidrólisis de los almidones por consiguiente da una disminución del índice glucémico, es el caso concretamente de la familia de los cereales el fenómeno es especialmente evidente en el caso de las pastas alimenticias, la presencia de gluten ralentiza la acción de las amilasas digestivas, lo cual limita aún más la absorción de glucosa (Cali, 2011).

También hay que tomar en cuenta que el contenido en fibras alimenticias que hay en un almidón puede suponer una barrera de acción de las amilasas, por consiguiente disminuir aún más la absorción de la glucosa. No obstante, parece ser que principalmente las fibras solubles que se suelen encontrar en las leguminosas pero también en la avena pueden cumplir una función directa o indirecta en la disminución de la absorción intestinal de la glucosa, por lo tanto, hacer que disminuya el índice glucémico del almidón en cuestión (Macillo, 2017).

✓ **El grado de maduración y de envejecimiento**

La frutas amiláceas aumentan su índice glucémico en función de su grado de maduración, es concretamente el caso del plátano, mucho menos en el caso de la manzana, un plátano verde tiene un índice glucémico bastante bajos alrededor del 40%, pero cuando este llega a su grado máximo de maduración su índice glucémico es mucho más elevado con el 65%, porque su almidón se ha transformado a medida que la fruta va madurando y se vuelve menos resistente. Cuando se cuece el plátano verde sucede lo mismo, se toma en cuenta que la conservación de determinados alimentos, sobre todo la patata, también implica un aumento de IG debido que han sido almacenadas varios meses, tiene un índice glucémico más alto que las patatas nuevas (Guerra, 2012).

✓ **El tamaño de las partículas**

Cuando un amiláceo se tritura las partículas de almidón se vuelven más finas por lo que se facilita la digestión de las moléculas de almidón y tiene como consecuencia el aumento de un índice glucémico, es precisamente el caso de los cereales cuando se reducen a harina (Macillo, 2017). La forma general del granulo de almidón de yuca es similar a elipses o esferas, hay casos en los que se encuentran truncadas, como si hubiese recibido cortes direcciones aleatorias, en uno de los extremos, aunque existen formas irregulares, estas son suaves y homogéneas, la malanga se ubica en el medio de los dos tubérculo ya que tiene gránulos pequeños y excéntricos y para gránulos grandes son elípticos. Al igual que en la yuca la geometría preferencialmente puntual, incluso en gránulos grandes, en algunos casos se observan formas de asterisco (Salas & Medina , 2009).

3.5.2. Aplicaciones del almidón

El almidón y los productos del almidón son usados en variedad de formas tanto en la industria alimenticia y no alimenticia, en el caso de la alimentación se usa como ingrediente de diferentes preparados, y en la industria no alimentaria prima auxiliar, existe un 80% que se destina para la fabricación de papel, cartón, textiles (Sucre, 2016).

En la industria farmacéutica el almidón es usado en la formulación de medicamentos ya que proporciona energía a las celular del organismo, la glucosa es el único azúcar que las células pueden utilizar y es un componente esencial de los almidones, en el intestino delgado se transforma en azúcares simples y llegan por la sangre a las celular por medio de la insulina (Matos, 2017).



Ilustración 4 Productos en donde se utiliza almidón

3.5.2.1. Productos alimentarios

✓ Industria alimenticia

Los almidones modificados han sido usados por años para impartir propiedades funcionales a los alimentos, ya que ellos sirven para mejorar la textura, impartir viscosidad, ligar agua, proveer cohesión, y mantener la tolerancia al proceso necesaria y requerida para la manufacturación, los almidones alimenticios modificados son usados para dar la brindar la calidad que el consumidor demanda con la vida útil necesaria para llevar el alimento al mercado (Montero, 2018).

Mediante el moldeo para caramelos de frutas, rodajas de naranja y gomas de mascar, el almidón es el donador de cuerpo, textura y estabilidad a caramelos, agente para espolvorear, combinado con azúcar pulverizada, protector contra humedad de diversos productos en polvo como azúcares pues los almidones absorben húmedas sin apelmazarse. Espesante, cuerpo y textura al alimento preparado; para sopas, alimentos infantiles, salsas, gelatinas sintéticas, agente coloidal, textura, sabor, y apariencia (Cali, 2011).

La cocción del almidón produce una solución coloidal estable, compatible con otros ingredientes en productos alimenticios aglutinantes, para el ligamento de componentes en la preparación de salchichas y embutidos como emulsificante, produce una emulsión estable en la preparación de mayonesas y salsas similares, estabilizador por su elevada capacidad de retención de aguan es usado en productos mantecados helados, en la mezcla

de harinas para bajar el contenido de proteínas y la fuerza del gluten en panaderías, en la fabricación de galletas para aumentar su propiedad de extenderse y crujir, además de ablandar la textura, aumentar el sabor y evitar que se pegue (SAG, 2014).

✓ **Industria de edulcorantes**

Pueden obtenerse maltodextrinas, jarabes de glucosa, dextrosa y fructosa cristalina y jarabes con alta fructosa, cada uno de estos jarabes tiene sus propias características y aplicaciones cuando estos son obtenidos en forma sólida o por digestión del almidón, son ampliamente usados en los alimentos dietéticos debido a su bajo valor calórico (Dilmer, 2013).

3.5.2.2. Productos no alimentarios

✓ **Industria textil**

Se usa en la industria textil como pegamento de la urdimbre, aprestado y estampado de tejidos, en la lavandería para almidonar los tejidos blancos y darles dureza y para restaurar los tejidos brindándoles de cuerpos a las prendas de vestir, también se usa como suavizante en prendas de lana sintética (UMICO, 2013).

✓ **Industria farmacéutica y cosmética**

Agente de dispersión de polvo y como ligante de ingredientes para tabletas de productos medicinales, espolvorearte como polvo fino para la elaboración de cosméticos, también en la fabricación de polvos compactos y polvos nutritivos para piel en donde son adicionados vitaminas y componentes propios de estos (Cali, 2011).

✓ **Industria papelera**

Se usa como adhesivo, para diferentes aplicaciones en la industria de papel y cartón, dentro de la industria de papel su función es servir como aglomerante de los componentes que formal el papel, como la fibra celulósica y rellenos, formando una capa superficial que reduce la pelusa y aumenta ya resistencia mecánica propia del papel dándole su característica áspera y plegada, aumenta la solidez y la durabilidad del mismo, en las empresas fabricantes de pape corrugado se utiliza el almidón como sellado ya que permite unir las láminas planas con las láminas de cartón corrugado (UNAM, 2011).

En varias investigaciones se han realizado la modificación catiónica de almidones, desde el año 1950 este tipo de modificaciones representan un avance en la química del papel,

debido a que posee un alto grado de dispersión con una elevada retención, mejoras en las características mecánicas del papel y disminución en la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno), el almidón de papa brinda una ventaja importante respecto a los otros almidones industrializados como el de yuca y maíz, debido a que el almidón de papa tiene grupos de fosfatos en su estructura molecular, lo cual se refleja en un carácter aniómico del producto en una mayor interacción con las fibras del papel (Velázquez, 2010).

✓ **Industria de adhesivos**

En la elaboración de adhesivos de alta fuerza o para colas de menor precio, para distintas aplicaciones en la fabricación del papel y cartón, los adhesivos de almidón, que son adhesivos a base de agua, son muy útiles para las empacadoras y etiquetas de alta velocidad por el costo relativamente bajo y la gran velocidad de adhesión (Bustamante, 2016).

3.5.3. Composición química de los almidones

Tabla 1 Composición química de los almidones

Almidón	% Humedad (20 °C)	% Lípidos (bs)	% Proteínas (bs)	% Fósforo (bs)	Sabor y Olor
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	0.3	0.02	Alto

b.s.: Base Seca

Fuente: (Sucre, 2016)

3.5.4. Extracción del almidón

El almidón se puede obtener aplicando diversos métodos de extracción, dependiendo de la materia prima de donde se extraiga y según el tipo de compuesto por el que estén formados, la obtención del almidón se realiza a partir de papa, trigo, maíz y mandioca, en algunos casos como el de la papa los gránulos de almidón se encuentran libres en el interior de las células de tal forma que su extracción es sumamente sencilla, en el caso de los cereales el almidón se encuentra en el endospermo contenido en su matriz proteica y por ende su extracción es más complicada, se debe tomar en cuenta que para extraer el almidón se obtiene otros componentes on distintas concentraciones como: proteínas, lípidos y minerales. Estas impurezas pueden alterar el comportamiento y la composición del almidón, por esta razón se cuantifica el contenido de impurezas en el mismo (Bravo 1980).

4. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de Estudio

Cuantitativa, esta metodología se basó principalmente en separar cada uno de los datos del estudio para tomar sus resultados de una forma individual, este método se lleva a cabo al momento de recolectar y evaluar los datos obtenidos en cada uno de los análisis realizados en las muestras mismas que posteriormente serán medidos y utilizados en el análisis estadístico. La **comparativa**, es el proceso por el cual se compara los resultados obtenidos a lo largo de la investigación, dependiendo del método de extracción del almidón y mostrando cada uno de los efectos que se dieron ya sea en centrifugación o decantación, pudiendo ver así el rendimiento y la cantidad obtenida.

4.2. Población y Muestra

Se comenzó con la recepción de la materia prima, los tubérculos de Malanga y Papa China fueron traídos de Santo Domingo en cambio para la yuca fue obtenida de la ciudad de Riobamba, se empezó realizando las determinaciones de análisis proximal en la materia prima, esta a su vez sin ser tratada anteriormente, continuando con la extracción del almidón por método de decantación, y luego centrifugación, el almidón obtenido de los dos métodos fueron secados a 45°C con distintos tiempos, para decantación por 30 horas y centrifugación por 25 horas. Se realizó el análisis composicional (humedad, cenizas, grasa, proteína y fibra) del almidón obtenido en cada tipo de extracción, también se hicieron determinaciones de calidad como acidez, densidad y claridad de la pasta, y como análisis morfológico: índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH), todo esto se aplicó por triplicado bajo las mismas condiciones. Los procesos realizados en la presente investigación se llevaron a cabo en las instalaciones de los laboratorios de control de calidad de Ingeniería Agroindustrial y el laboratorio de ciencias químicas de Ingeniería Ambiental, (Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador).

4.3. Variedad de los tubérculos:

Tabla 2 Variedades de tubérculos

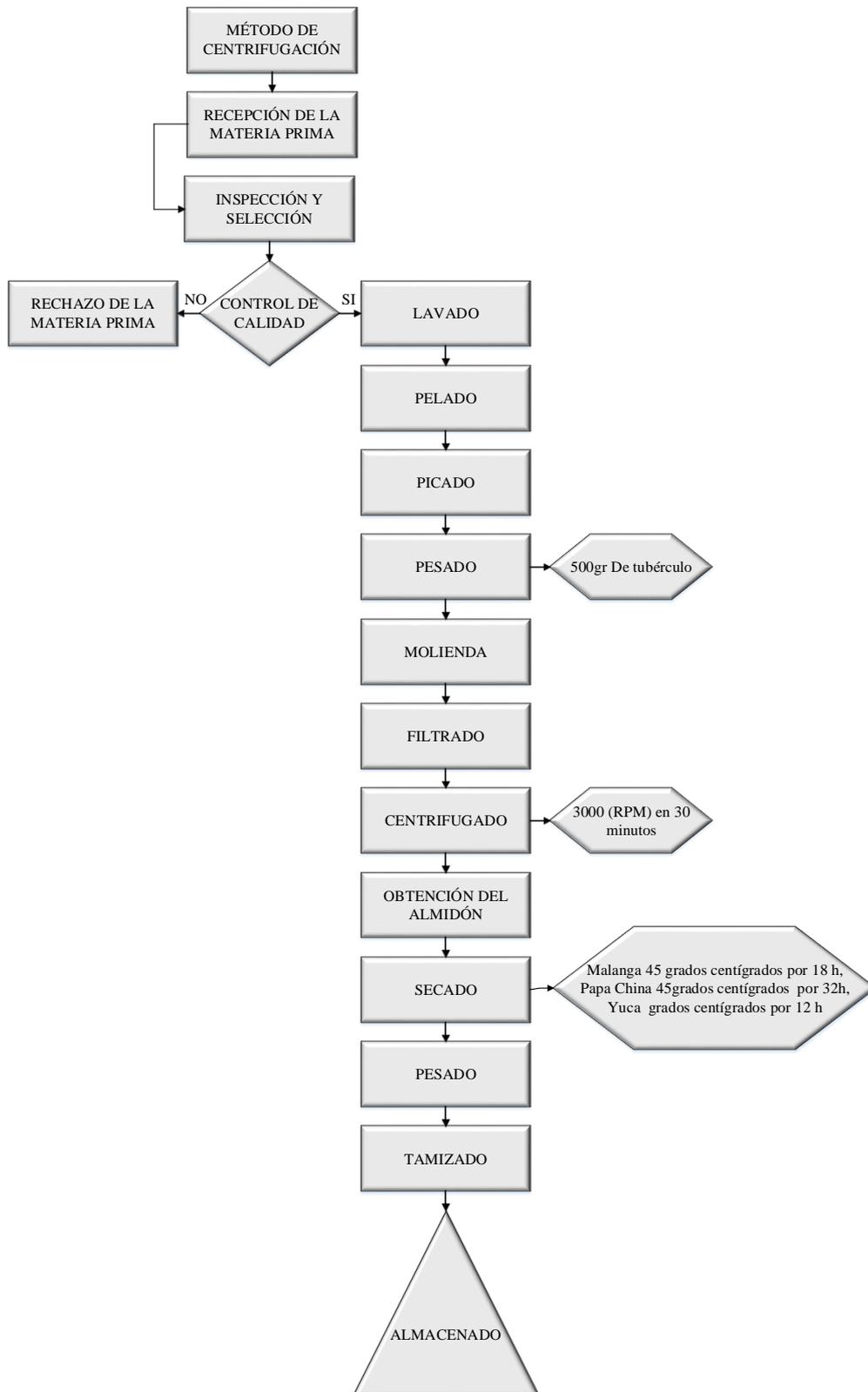
PAPA CHINA	Blanca (<i>Colocasia Esculenta</i>)
YUCA	Dulce (<i>Manihot Esculenta</i>)
MALANGA	Blanca (<i>Xanthosoma Saggitifolium</i>)

Fuente: Vanessa Zúñiga

4.4. Método de centrifugación

Se empieza con la recepción de la materia prima posterior a esto se realiza un control de calidad a los tubérculos, eliminando aquellos que se encuentren con golpes y en condiciones de putrefacción, pasado esto los tubérculos son lavados con hipoclorito, quitando todo el resto de tierra y residuos provenientes del campo. En el pelado se retira la cáscara de cada uno, posteriormente seguimos con el picado en pequeños trozos, de aproximadamente 3cm de diámetro, para facilitar la molienda, se pesan aproximadamente 500gr de cada muestra ya picada y es colocada en la licuadora, se licua con 250ml de agua destilada, por 1 minuto aproximadamente repitiendo este procedimiento hasta que la muestra esté triturada completamente, luego se escurre el líquido, mismo que es colocado en tubos de ensayo 12ml de muestra en cada uno, posteriormente son llevados a la centrifuga, durante 30 minutos a 3000RPM, transcurrido el tiempo de centrifugación se elimina el sobrenadante del tubo de ensayo, y con ayuda de una espátula se extrae el almidón que se encuentra al fondo del mismo, colocándolos en cajas Petri. Finalmente las muestras son secadas a 45°C por 12 horas en el caso de la yuca, en la malanga por 18 horas, y la papa china por 32 horas, debido a su alto contenido de humedad, una vez enfriadas las muestras son pesadas y tamizadas, el almidón obtenido es almacenado en frascos de plástico en un lugar oscuro y libre de humedad.

Gráfico 1: Flujograma del Método de Centrifugación



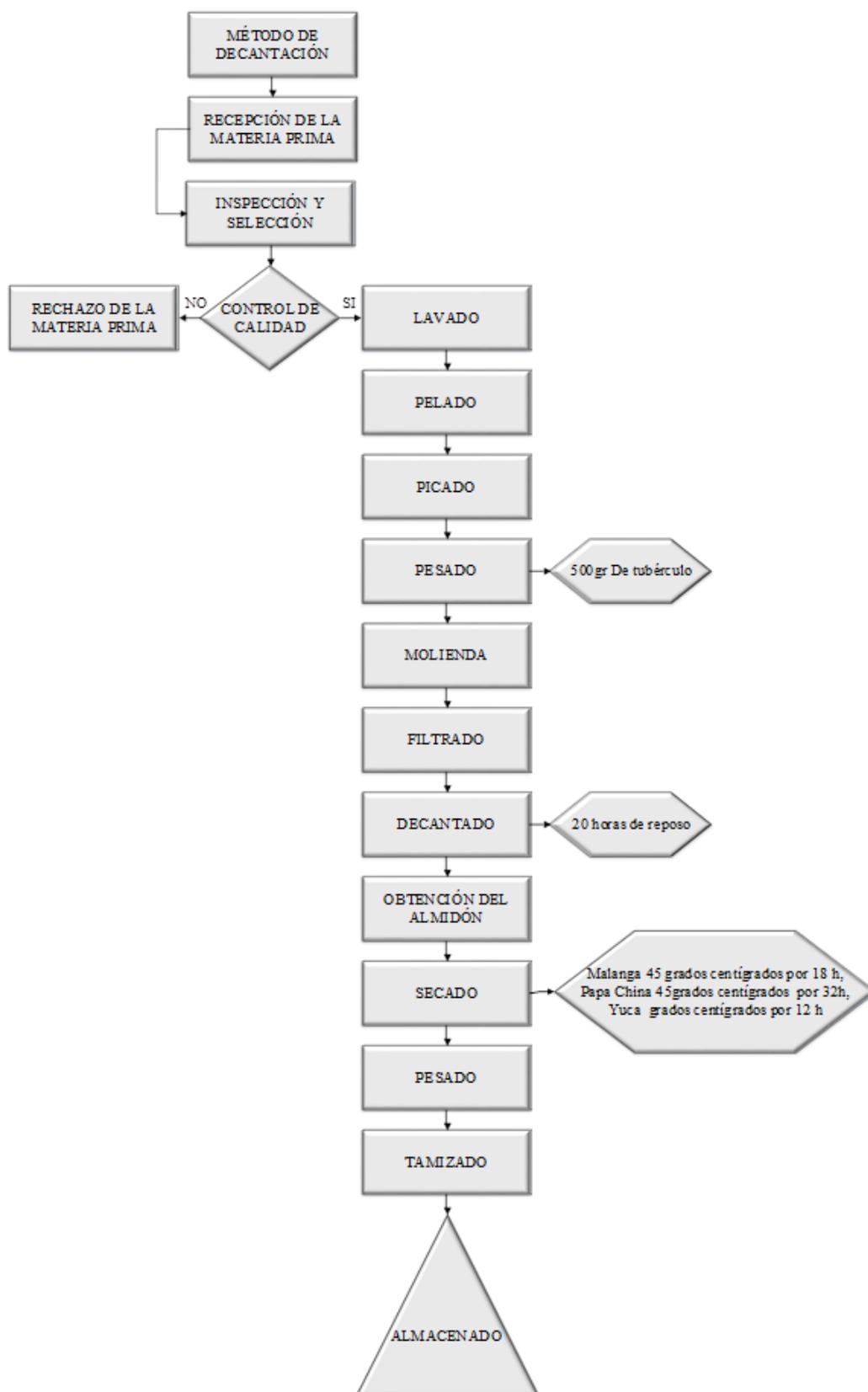
RPM: Revoluciones por Minuto

Fuente: Vanessa Zúñiga.

4.5. Método de decantación

Se empieza con la recepción de la materia prima y a su vez se realiza una inspección para descartar las muestras que se encuentren con golpes o en estado de putrefacción, posteriormente los tubérculos son lavados con hipoclorito, quitando todo el resto de tierra y residuos provenientes del campo, en el pelado se retira la cáscara de cada uno, luego son picados en pequeños trozos, de 3cm de diámetro aproximadamente facilitando de esta manera la molienda, se pesan aproximadamente 500gr de la muestra picada y es colocada en la licuadora, continuamos con la molienda donde todo se licua con 250ml de agua, por 1 minuto aproximadamente de igual forma repitiendo este procedimiento hasta que la muestra esté triturada completamente, posterior a esto escurrimos el líquido sobrante en vasos de precipitación de 1000ml, se deja reposar por 20 horas. Transcurrido el tiempo de decantación se elimina el sobrenadante y con ayuda de una cuchara se extrae el almidón que se encuentra al fondo del vaso, colocando todo el almidón en cajas Petri. Finalmente las muestras son secadas a 45°C por 12 horas en el caso de la yuca, en la malanga por 18 horas, y la papa china por 32 horas, debido a su alto contenido de humedad, una vez enfriadas las muestras son pesadas y tamizadas, almacenándolas en frascos de plástico en lugares oscuros donde se evite el contacto con agua.

Gráfico 2: Flujograma del Método de Decantación



Fuente: Vanessa Zúñiga.

4.6. Análisis y procedimientos

4.6.1. Análisis realizados en la materia prima y en el almidón

Humedad: Se realizó por método gravimétrico por diferencia de masa del compuesto (método AOAC 930.15-2005). Se pesó 5g de muestra en la balanza analítica (Mettler Toledo) después se llevó a calentar en la estufa (Memmert) a 105 °C por 12 horas, luego se transfirió al desecador a atemperar luego se llevó a pesar y nuevamente las muestras fueron llevadas a la estufa para ser calentadas nuevamente, obteniendo así el peso constante, pasada las 12 horas se dejó enfriar en el desecador y se pesaron las cantidades finales.

Cenizas: Se realizó por método de incineración seca, (Método AOAC 942.05-2005). Se introdujo la muestra seca en el interior de la mufla (Thermolyne) a 500°C hasta obtener cenizas blancas, en un tiempo de 2 horas, después se llevó al desecador y se pesó en la balanza analítica (Mettler Toledo).

Grasa: Método Soxhlet (método AOAC 996.06. 2005). La grasa se extrajo de la muestra utilizando hexano como disolvente y fueron determinadas gravimétricamente después de la destilación del hexano, el proceso de desengrasa miento duró 4 horas independiente de la muestra colocada.

Proteína: Método Micro Kjeldahl (método AOAC2001.11-2005). Se utilizó el equipo Digestor (Distecnic) y el Destilador (VELP UDK127). En esta técnica se digieren las proteínas y otros componentes orgánicos de los alimentos en una mezcla con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores, formándose sulfato de amonio, que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, que se destila en una solución de ácido bórico al 5% en presencia del indicador de Tashiro (rojo de metilo + azul de metileno) y se valora la solución con ácido clorhídrico 0,1 N.

Fibra Cruda: Método ácido-base, (método AOAC 985.29, 993.21-2005). Se utilizó el digestor de fibra (Novatech). Este procedimiento se basa en la digestión ácido base utilizando una solución de ácido sulfúrico 1,25% y con una solución de hidróxido de sodio 2,5%. Al residuo se le realizaron unos lavados sucesivos con agua destilada caliente se coloca los crisoles en la estufa (Memmert) para su posterior secado por una hora a 105 °C y luego se pasó al desecador. Finalmente se lleva a la mufla (Thermolyne) para su incineración, y se toma su peso.

4.6.2. Análisis de calidad del almidón

Densidad: Se aplicó la técnica de (Craig, 2010), pesando una probeta vacía de 250ml en la balanza analítica (Mettler Toledo). La muestra se colocó con un embudo en la probeta hasta que el volumen total sea libremente completado.

Claridad de la pasta: La claridad indica el grado de transparencia de las pastas y está directamente relacionada con el estado de dispersión de los solutos y con la tendencia a la retrogradación de los almidones. La capacidad de estas pastas para transmitir la luz cuando son sometidos al paso de un haz radiante mide su claridad. (Craig, 2010). Se preparó una muestra del 1% de concentración en el que se pesó 1.5 gr de muestra en 2.5ml de agua destilada, posteriormente la muestra fue introducida en el espectrofotómetro con una longitud de onda de 650nm, usando como blanco agua destilada.

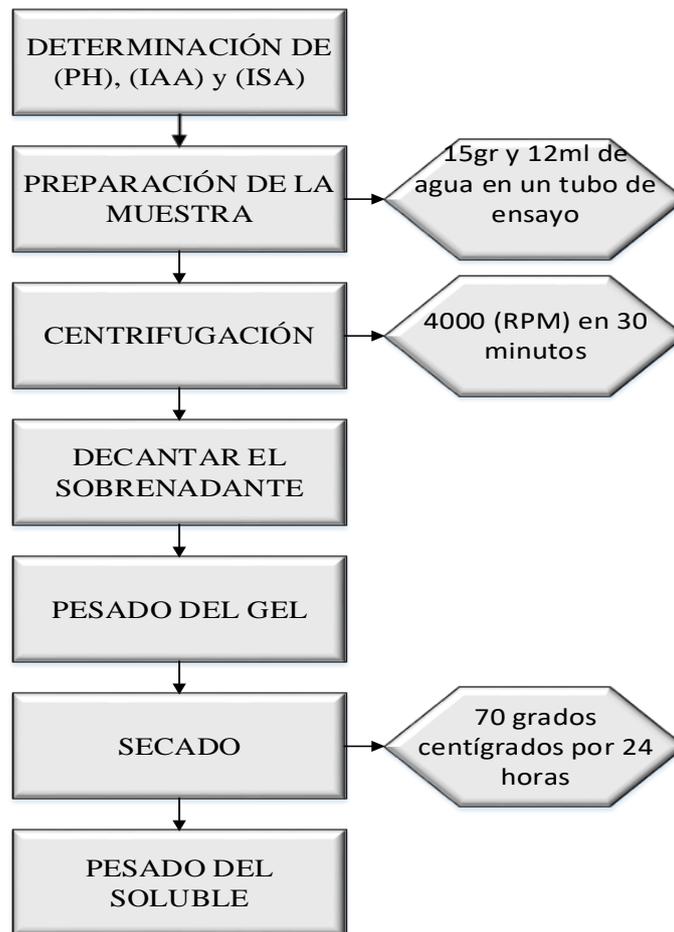
Acidez: Se pesó 5 gramos de muestra colocando con 50 ml de agua en un Erlenmeyer, se tituló con hidróxido de sodio al 0.1N con fenolftaleína como indicador.

4.6.3. Análisis morfológicos del almidón

Índice de Absorción de Agua (IAA), Índice de solubilidad en agua (ISA) y Poder de hinchamiento (PH):

La determinación de estos índices se mide aprovechando la capacidad de absorción del agua del gránulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura de las suspensiones de almidón. (Craig, 2010). Se utilizó centrifuga (ROTOFIX 32A), se pesó alrededor de 15 gr de muestra previamente seca, y se colocó en los tubos de ensayo con 12ml de agua destilada agitando por un minuto aproximadamente luego se puso a centrifugar por 30 minutos a 4000 RPM, se decantó el sobrenadante de todos los tubos de ensayo en un vaso de precipitación y se tomaron muestras de 10 ml de sobrenadante y se puso a secar en vasos de precipitación de 50ml a 70°C por 24 horas, el gel obtenido se colocaba en cajas Petri pesando el gel obtenido finalmente se pesan los vasos de precipitación con las muestras secas.

Gráfico 3: Flujograma del (PH), (IAA) y (ISA)



PH Poder de Hinchamiento; IAA Índice de Absorción de Agua; IS Índice de solubilidad; RPM Revoluciones por Minuto

Fuente: Vanessa Zúñiga.

4.7. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizará un procedimiento de ANOVA de Medidas Repetidas en el programa estadístico SAS versión 9.2 (SAS). Todos los resultados obtenidos fueron evaluados con un análisis de varianza (ANOVA), para poder verificar si existe diferencias significativas entre las muestras analizadas dentro de cada método. Se consideró un nivel de confianza del 95%, con un nivel de significancia del (5%), la hipótesis que difiere “Los tipos de tubérculos y métodos de extracción de almidón influirán significativamente en las características que cada uno posee”. Se realizaron pruebas de comparación múltiple Tukey para determinar diferencias significativas.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS

5.1.1. Análisis proximal de la materia prima

En la tabla 3, se muestran los valores medios obtenidos del análisis proximal de los tubérculos de Malanga (*Xanthosoma Saggitifolium*), Yuca (*Manihot esculenta*) y Papa China (*Colocasia esculenta*) los parámetros evaluados son: humedad, cenizas, grasa, proteína y fibra.

Tabla 3 Valores medios del análisis proximal de la materia prima

DETERMINACIONES	YUCA		MALANGA		PAPA CHINA	
	MEDIA	SEM	MEDIA	SEM	MEDIA	SEM
Humedad	1,65	±0,15 ^c	7,07	±1,27 ^b	8,98	±0,05 ^a
Cenizas	2,56	±0,32	3,02	±1,54	3,38	±0,05
Grasa	0,29	±0,01 ^b	0,25	±0,19 ^b	0,36	±0,24 ^a
Proteína	4,75	±0,26 ^b	8,14	±2,02 ^a	5,71	±0,22 ^b
Fibra	2,86	±0,05 ^b	5,97	±2,57 ^a	3,52	±0,44 ^b

SEM Desviación Estándar.

^{a-c} Medias en la misma fila con diferente superíndice representan sus valores que difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Fuente: Vanessa Zúñiga.

En los parámetros de proteína y fibra la malanga difiere significativamente a diferencia de los otros tubérculos donde obtuvo valores de 8,14 y 5,97 respectivamente. Demostrando que la malanga sin ser industrializada o sometida a algún tratamiento conserva mayores propiedades en estas características, que son esenciales para la obtención de almidón.

El tubérculo que mayor cantidad de humedad tiene en su composición proximal es la papa china con un valor medio de 8,98%, seguida por la malanga y yuca, para el caso de la determinación de cenizas los resultados obtenidos entre la papa china y malanga fueron similares, para la yuca se obtuvo un resultado totalmente diferente respecto a las dos anteriores, con un valor del 2,56%.

Los niveles de grasa encontrados en la materia prima son casi nulos ya que los tubérculos se encuentran formados principalmente por agua y fibra, seguido de varias características que los diferencia, tal es el caso de la papa china que tiene una mayor cantidad de agua respecto a la yuca y malanga.

5.1.2. Rendimiento de almidón obtenido por los métodos de decantación y centrifugación

En la tabla 4, se muestran el rendimiento obtenido de almidón, acorde al método de extracción que fueron sometidas las muestras de yuca, malanga y papa china, haciendo relación con 500gr de muestra que fue usada para cada método independiente del tubérculo con el que se trabajó.

Tabla 4 Valores medios del rendimiento de almidón obtenido por método de decantación y centrifugación

YUCA				MALANGA				PAPA CHINA			
DC		CT		DC		CT		DC		CT	
MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM
20,70	±0,43 ^c	22,64	±2,07 ^a	13,12	±0,79 ^b	16,55	±1,33 ^a	9,64	±0,77 ^a	16,12	±1,35 ^b

DC Decantación; CT Centrifugación; MED Media; SEM Desviación estándar.

^{a-c} Medias en la misma fila con diferente superíndice representan sus valores que difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey (p <0,05).

Fuente: Vanessa Zúñiga

Se observa que la yuca tiene un mayor rendimiento, respecto a los dos tubérculos restantes, ya que en su composición proximal el porcentaje de humedad que posee es relativamente bajo, el almidón de yuca tiene cantidades altas sin importar el método de extracción ya sea en decantación o centrifugación, para la malanga y papa china vemos que el método de extracción que favoreció para su rendimiento fue el de centrifugación.

Los resultados obtenidos están aplicados en una concentración del 75% para materia prima y 25% de solvente, es decir 500gr de tubérculo y 250ml de agua destilada, ya que si las muestras eran sometidas a una mayor concentración de líquido, los tubérculos no podían eliminar por completo el almidón que se necesitaba y por consecuente tener bajos rendimientos en todas las muestras.

5.1.3. Análisis proximal del almidón obtenido por los métodos de decantación y centrifugación

En la tabla 5, se presentan los valores medios del análisis proximal realizado en el almidón obtenido de los tubérculos de yuca, malanga y papa china, por los métodos de decantación y centrifugación.

Tabla 5 Composición proximal de los almidones de Yuca, Malanga y Papa china

	YUCA				MALANGA				PAPA CHINA			
	DC		CT		DC		CT		DC		CT	
	MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM
Humedad	3,91 ±1,32 ^a	3,85 ±0,62 ^a	3,52 ±1,27 ^b	3,09 ±0,59 ^{ab}	4,33 ±2,18 ^b	1,79 ±0,62 ^a						
Cenizas	0,41 ±2,17 ^{ab}	5,93 ±0,44 ^{abc}	7,18 ±1,54 ^a	6,90 ±0,51 ^{bc}	6,11 ±1,47 ^{abc}	4,96 ±0,51 ^a						
Grasa	0,41 ±0,16 ^a	1,48 ±0,29 ^{abc}	1,40 ±0,19 ^{bc}	1,95 ±0,59 ^a	1,82 ±0,42 ^{ab}	1,09 ±0,50 ^b						
Proteína	0,51 ±0,06 ^{ab}	0,51 ±0,06 ^{ab}	1,39 ±2,02 ^a	0,78 ±0,05 ^{ab}	1,01 ±0,93 ^{ab}	0,21 ±0,06 ^b						
Fibra	86,54 ±1,62 ^a	86,8 ±0,50 ^a	84,4 ±2,57 ^{ab}	84,05 ±0,67 ^a	84,74 ±2,21 ^{abc}	86,33 ±1,70 ^{ab}						

DC Decantación; CT Centrifugación; MED Media; SEM Desviación Estándar.

^{a-c} Medias en la misma fila con su respectivo método de extracción, con diferente superíndice representan los grupos para los cuales sus valores difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey (p <0,05).

Fuente: Vanessa Zúñiga

Los resultados obtenidos en fibra, son similares entre sí, ya que se obtuvo cantidades iguales en cada tubérculo sin importar el método de extracción, hubo una sola diferencia en el tubérculo de papa china en donde la cantidad de fibra por centrifugación fue mayor que por decantación.

Al momento de analizar el almidón se observa que existen diferencias significativas que dependen del método de extracción, donde los resultados por el método de centrifugación fueron más favorables para los tres tubérculos, mientras que en decantación ciertas muestras mostraban resultados aceptables dando notar cual es el método más idóneo para la extracción de este.

Como se muestra en la Tabla 5 el almidón extraído por método de centrifugación, de la papa china tiene un porcentaje de humedad bajo con 1,79% respecto al de yuca y malanga, tomando en cuenta que en el método de decantación los resultados fueron significativamente altos, para yuca 3,91, papa china 4,33 y malanga 3,52, cabe recalcar que (AOAC, 2012) menciona que el porcentaje de humedad en almidones debe encontrarse entre 17.5% y 39.4%, este intervalo nos muestra que los resultados obtenidos se encuentran con valores de humedad sumamente bajos, independientemente del método por el que se haya obtenido el almidón.

De esta manera se puede indicar que el método más apropiado para la extracción de almidones es la centrifugación debido a que las muestras finales poseen porcentajes de

humedad bajos, lo cual evita la proliferación de microorganismos que puedan afectar a la calidad de estos, brindándoles así un tiempo de vida más prologado.

En lo que refiere a cenizas, (Craig, 2010) menciona que los almidones deben tener un porcentaje de material inorgánico igual o menor al 10%, mientras que en los resultados se observa que el almidón de yuca obtenido por método de decantación posee una cantidad mínima de este material con 0,41%. Mientras que las demás muestras tiene valores más altos que van del 4% al 7%, pero dentro del rango dado por Craig.

(AOAC, 2012) Recalca que los almidones tienen un porcentaje de grasa casi nulo siendo el 1% la cantidad máxima de lípidos presentes en estos polisacáridos, ya que son materias provenientes de tubérculos, efectivamente cabe mencionar que los almidones analizados no tenían grasa dentro de su composición, sin importar el método por el cual se hayan extraído o la materia prima del cual se obtuvo el almidón, el resultado fue nulo porque no superaban el 1%, todas las muestras se encontraron bajo o igual a este valor.

La cantidad de proteína presente en el almidón de malanga obtenido por método de decantación fue la mayor con 1,39%, superando a las demás cantidades que se encuentran en valores de 0,51% al 1,01%, el almidón que tenía menor cantidad de proteína fue el de papa china por método de centrifugación con 0,21%.

5.1.4. Análisis de calidad del almidón

En la tabla 6, se detallan los valores medios del análisis de calidad del almidón comparando los métodos de decantación y centrifugación, para densidad, claridad de la pasta y acidez.

Tabla 6 Análisis de calidad realizados en los almidones de yuca, malanga y papa china

	YUCA				MALANGA				PAPA CHINA			
	DC		CT		DC		CT		DC		CT	
	MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM
Densidad gr/ml	0,17	±0,03 ^{bc}	0,13	±0,02 ^a	0,15	±0,03 ^{abc}	0,13	±0,02 ^{ab}	0,14	±0,03 ^{abc}	0,17	±0,02 ^c
Claridad %	18,01	±1,40 ^b	28,28	±1,87 ^b	23,21	±3,73 ^c	33,25	±1,69 ^a	11,09	±1,34 ^a	21,88	±1,63 ^c
Acidez %	0,02	±0,07 ^a	0,01	±0,06 ^c	0,01	±0,02 ^{bc}	0,01	±0,06 ^b	0,02	±0,08 ^{ab}	0,01	±0,02 ^b

DC Decantación; CT Centrifugación; MED Media; SEM Desviación Estándar.

Medias en la misma fila con diferente superíndice representan los grupos para los cuales sus valores difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey (p <0,05).

Fuente: Vanessa Zúñiga.

Para esta determinación se tomaron en cuenta las 3 características que tienen mayor importancia dentro de la calidad de almidones, como se observa en la tabla 6, los valores de densidad se mantienen dentro del rango establecido por la (FAO, 2015), en donde nos muestra que no debe sobrepasar los 1.560g/ml, la densidad que tiene el almidón es sumamente baja.

Dentro de la claridad de la pasta, (Craig, 2010) menciona que la claridad indica el grado de transparencia de las pastas y está directamente relacionada con el estado de dispersión de los solutos y con la tendencia a la retrogradación de los almidones. La capacidad de estas pastas para transmitir la luz cuando son sometidos al paso de un haz radiante mide su claridad, su rango permitido es de 12.5 a 95%, sabiendo esto los resultados que se obtuvieron están en el rango, pero el almidón que tiene mayor porcentaje de claridad es de malanga por método de centrifugación con 33,25%, este valor nos muestra que la claridad de esta pasta tiene mejores características debido a que sus partículas son pequeñas y por ende sus transparencia es alta.

Los resultados obtenidos a partir del análisis de acidez (ver tabla 6) son sumamente bajos ninguno de los resultados llegó a marcar 0.1, de esta manera podemos decir que para esta determinación no interfiere ni el método de extracción o del tubérculo del cual se extrajo el almidón, según menciona (ISI, 2014) el porcentaje de acidez debe estar entre 0.0022 a 0.005% valores que no fueron alcanzados en los análisis realizados.

5.1.5. Análisis morfológicos del almidón

En la tabla 7, se detallan los valores medios obtenidos en el análisis morfológico realizado en los almidones de yuca, malanga y papa china, los parámetros tomados en cuenta son de (IH) índice de hinchamiento, (IAA) índice de absorción de agua e (ISA) índice de solubilidad en agua.

Tabla 7 Valores medios del análisis morfológico de los almidones

	YUCA				MALANGA				PAPA CHINA			
	DC		CT		DC		CT		DC		CT	
	MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM	MED	SEM
IH	8,88	±0,67	8,93	±0,63	6,07	±0,60	6,08	±0,40	7,03	±0,51	6,84	±0,57
IAA	6,21	±0,60	6,04	±0,53	2,98	±0,60	3,43	±0,57	4,89	±0,60	5,02	±0,58
ISA	6,21	±0,60	6,04	±0,53	2,98	±0,60	3	±0,57	4,89	±0,60	5,02	±0,58

IH Índice de Hinchamiento; IAA Índice de Absorción de Agua; IS Índice de Solubilidad; DC Decantación; CT Centrifugación; MED Media; SEM Desviación Estándar.

Resultados expresados con medias y desviación estándar \pm , ^{a-c} Medias en la misma fila con mismos superíndice representan los grupos para los cuales sus valores iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Elaborado por: Vanessa Zúñiga.

En la tabla 7 se puede apreciar que dentro de la determinación del índice de hinchamiento los resultados tienen una similitud entre sí, con la única diferencia de la muestra obtenida del tubérculo de papa china ya que en la extracción por decantación tiene valores diferentes de 7,03% en relación al mismo tubérculo con el otro método de extracción el resultado fue de 6,84.

En la determinación de índice de absorción de agua, se obtuvieron datos que se encontraban dentro el rango propuesto por la (FAO, 2015), que establece como valor mínimo 0,82% y máximo 15,52%, observando en la tabla 7 el almidón de malanga es el que menor capacidad de absorción tiene con un resultado de 3,43% para centrifugación y de 2,98% para decantación, la muestra que absorbe más agua es la yuca por lo que sus cantidades son superiores con 6,21% en decantación y 6,04% en centrifugación.

La muestra de almidón con mayor capacidad de solubilidad en agua es la yuca, con 6,21% en decantación y 6,04% en centrifugación, la (FAO, 2015) propone como valor mínimo 0,27% y máximo 12.32%, si observamos los resultados, todas las muestras se encuentran en el rango, de igual forma siendo la papa china la que tiene menor solubilidad e intermedio se encuentra la malanga, independientemente del método por el cual se extrajo el almidón.

De manera general cabe señalar que la muestra de papa china tubo mejores resultados conjuntamente con el método de centrifugación, también hubo excepciones, como es el caso de la yuca que en la determinación índice de absorción de agua y de solubilidad en agua, tenía resultados favorables, tras investigaciones realizadas para la extracción de almidones (Paredes, 2010) indica que existen distintos métodos, con hidróxido de sodio al 0.25N y con agua destilada, en los resultados obtenidos por Paredes se comprobó que el método más idóneo era el de NaOH, obteniendo cantidades de muestra que permitían realizar las determinaciones, pero este método afectaba en la composición proximal del almidón, alterando las características de proteína y fibra, en el método de extracción con agua destilada efectivamente se podían realizar todas las determinaciones pero la cantidad de almidón obtenida era pequeña, por esta razón se debía realizar varias veces para poder contar con la cantidad necesaria para la investigación.

5.2. DISCUSIÓN

5.2.1. Rendimiento del almidón extraído por dos métodos de extracción decantación y centrifugación

El rendimiento por método de decantación obtuvo valores bajos para yuca 20,70%, malanga 13,12% y papa china 9,64%, mientras que el rendimiento por centrifugación fue más favorable para yuca 22,64%, malanga 16,55% y papa china 16,12%. Tomando en cuenta todos estos resultados se observa que el método de centrifugación es el que proporciona mejor rendimiento, debido a que las muestras cuando son sometidas a la centrifuga todo el almidón se ubica al fondo del tubo de ensayo con 3gr aproximadamente de almidón y en la parte de arriba se encuentra la parte líquida con 10ml, estos valores se ven relacionados con la investigación realizada por (Melian, 2010), donde este realizó la extracción de almidón de papa china y yuca, aplicando los dos métodos de decantación y centrifugación, los resultados porcentuales fueron de 28.21% y 29.77% valores promedios tomados en el método de centrifugación y en decantación con valores promedios de 11% y 13,8%, Melian obtuvo resultados en el método de centrifugación ya que el tiempo al que eran sometidas las muestras en la centrifuga era por 45 minutos, mientras que en esta investigación el tiempo de centrifugado fue de 30min, también observamos que Melian obtuvo valores relativamente bajos en el método de decantación, si hacemos referencia con los obtenidos en esta investigación las muestras se dejaban decantar por 20 horas y en el caso de Melian solo dejó las muestras por 12 horas, por esta razón es que las muestras no tenían el tiempo suficiente para poder sedimentarse y por ende se obtiene menor cantidad del almidón.

5.2.2. Composición proximal de la materia prima

Los resultados obtenidos en las determinaciones realizadas a los tubérculos fueron favorables para ciertas muestras, para la determinación de humedad y cenizas la yuca obtuvo valores favorables con 1,65% en contenido de agua y 2,56% en materia inorgánica, en las determinaciones posteriores de grasa, proteína y fibra el tubérculo de malanga tubo mejores resultados con 0,25%, 8,14% y 5,97% respectivamente.

En la investigación realizada por (Barrera, 2013), muestra resultados que son similares con los obtenidos en el presente tema, con la diferencia en la determinación de humedad, ya que sus valores son sumamente altos con un promedio del 88%, realizando una

comparación con los resultados obtenidos en otra investigación realizada por (Álvarez, 2017) donde tiene un promedio del 11,50% para humedad, existe una gran diferencia en cantidades respecto a los datos establecidos por Álvarez ya que nuestros resultados van del 1% al 8%. Tomando en cuenta que los resultados de Álvarez fueron distintos ya que el sometió sus muestras a 50°C por 30 horas, y las muestras de esta investigación fueron sometidas a 105°C por 18 horas para la determinación de humedad.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en cenizas estos se encuentran en los rangos establecidos por (Barrera, 2013) y (Álvarez, 2017) donde sus valores promedios son de 2,62% al 2,94% y 3,73% y 3,39% los obtenidos por Barrera, mientras que los resultados promedios de esta investigación fueron del 2% al 3%, siendo el tubérculo de yuca con el valor más aceptable con 2,56%, esto nos muestra que los datos si concuerdan con otras investigaciones ya que en el estudio de Álvarez, Barrea y el presente tema las muestras eran sometidas a 550°C por 4 horas en la mufla. Comparando los resultados obtenidos en la determinación de proteína se evidencia que estos se encuentran en los establecido por (Barrera, 2013) ya que él tiene valores del 4% al 10%, se observa en la tabla 4 que nuestros datos ser encuentran dentro del rango establecido, en este caso el tubérculo de malanga obtuvo un buen porcentaje respecto a los dos restantes con 8,14%, estas cantidades se vieron afectadas debido a que determinación fue realizada por el método de por micro Kjeldahl en donde se aplican reactivos diferentes a lo que Barrero utilizó.

Para la determinación de grasa (Benzie, 2013) muestra valores altos del 4,67% y 5,31%, tomando en cuenta lo enunciado por la (FAO, 2015) donde indica que el valor de grasa en los tubérculo no procesados debe ser menor o igual al 1%, se evidencia que los resultados de la presente investigación se encuentran en este parámetro, ya que el procedimiento seguido por Benzie se basaba en colocar dentro de cada dedal 3 y 5 gramos de muestra, para luego ser sometidas a Soxhlet, y en esta investigación solo se colocaba 1gr de muestra, cantidad que está establecida por la (FAO, 2015).

(Bartlett, 2014) Muestra que los valores promedios de fibra en los tubérculos deben ser del 3,21% y 3,6%, comparando con los resultados obtenidos en la presente investigación se observa que el tubérculo de malanga tiene el valor más alto con 5,97%, tomando en cuenta la investigación realizada por (Kurniasih, 2015) tiene valores que van desde el 3% al 10,1%, donde la muestra de yuca no se encuentra en estos rangos ya que obtuvo el valor más bajo con 2,86%, esto se dio porque la yuca tenía un bajo porcentaje de humedad

y por ende esta característica influyó para la determinación de fibra, ya que en las investigaciones realizadas por Bartlett y Kurniasih el porcentaje de humedad de sus muestras iban del 3% en adelante.

5.2.3. Composición proximal del almidón obtenido por métodos de centrifugación y decantación

En la investigación realizada por (Quinto, 2015) muestra resultados que dependen de la determinación realizada, tal es el caso del análisis de humedad en las muestras de almidón obtenidas por el método de decantación donde el porcentaje fue alto con 13,12%, en la presente investigación se obtuvo un valor bajo de humedad, en el almidón de malanga con 3,52% y para el método de centrifugación de igual forma Quinto obtuvo un valor del 11%, mientras que el almidón de papa china obtuvo 1,79%, comparando nuestros resultados, se encuentran valores bajos ya que la línea de flujo usada en la investigación de (Quinto, 2015) aplica un procedimiento sumamente diferente a la aplicada en la presente investigación, una de las diferencias de Quinto fue el tiempo de secado y la temperatura a las cuales el almidón extraído era sometido es decir a 30°C por 5 Horas, el tiempo es sumamente bajo al igual que la temperatura, puesto que el tiempo y la temperatura aplicados en esta investigación fueron de 45°C por 18 y 32 horas, se muestra que la temperatura usada en esta investigación es alta pero también se tomó en cuenta que las propiedades del almidón se pierden a partir de una cierta temperatura, como lo menciona (Craig, 2010), en donde un estudio realizado sobre las temperaturas que podían soportar las muestras de almidón, el resultado arrojó que las muestras pierden sus propiedades a partir de los 50°C.

También se puede apreciar que Quinto aplicó 2000 RPM en el método de centrifugación con un tiempo mínimo de 15 minutos todo esto influye en las demás determinaciones, ya que su investigación de igual forma añadía un paso antes de realizar la extracción del almidón puesto que colocaba los tubérculos en remojo por 6 horas en refrigeración antes de seguir con el procedimiento de pelado, molienda, etc.

En la determinación de cenizas los valores de esta investigación se encuentran en el parámetro propuesto por (Craig, 2010) en donde muestra que la cantidad de materia inorgánica debe ser menor o igual al 10%, mientras que los valores obtenidos en esta investigación son sumamente bajos respecto al establecido por Craig, el almidón que tenía menor cantidad de materia inorgánica era el de yuca por decantación con un valor de

0,41%, comparando nuestros datos con los de (Quinto, 2015) que cuenta con valores de 0,27% y 0,30%, en este caso el valor que se aproxima es de yuca por método de decantación, observando la tabla 5, donde muestra que los valores son altos para cenizas que van del 4% a 6% independiente del método de extracción del almidón, tomando en cuenta que para realizar esta determinación se aplicó lo mencionado por Craig, donde indica que las muestras ya secas son trasladadas a la mufla por 4 horas a 550°C.

(AOAC, 2012) Menciona que la presencia de lípidos en el almidón es nula, en la tabla 5 se observa que los resultados son bajos, siendo el almidón de yuca por método de decantación el que menor porcentaje tiene con un 0,41%, ya que el procedimiento usado para esta determinación fue el propuesto por AOAC.

En estudios realizados por (AOAC, 2012) menciona que para la determinación de proteína en almidones no debe exceder el 1.06%, en los resultados obtenidos se pudo verificar que todas las muestras se encontraban en el rango, se mencionó los valores más bajos de proteína se encuentran en el método de centrifugación para yuca con 0,51, malanga 0,78 y papa china 0,21. El valor que más próximo está al mencionado por AOAC es el de malanga mientras que los otros dos tubérculos tienen resultados muy bajos, para el método de decantación los resultados si permanecieron en sus rango a excepción del tubérculo de yuca que su valor fue de 0,51 similar al obtenido por centrifugación.

Para la determinación de fibra se tienen valores bien altos, en donde el almidón de yuca extraído por decantación tiene 86,54%, haciendo referencia con lo planteado por (Quinto, 2015) donde sus resultados son de 1,74% y 1,96%, tomando en cuenta desde el comienzo la línea de flujo de Quinto era distinta a la aplicada en este tema, se evidencia que tanto el tiempo de centrifugado, como el tiempo de secado y el remojo de los tubérculos antes de la extracción del almidón si influyeron en esta determinación así como en humedad.

5.2.4. Análisis de calidad del almidón obtenido por métodos de centrifugación y decantación

Mediante revisión bibliográfica de varios autores, (Benavides Lazo & Godinez Garcia, 2014) para la determinación de acidez, estos muestran valores idénticos a los obtenidos en la presente investigación donde sus resultados son de 0,2 y 0,3 observando la tabla 6 se evidencia que los resultados de esta investigación coinciden con los establecidos por Benavides y Garcia, ya que en la determinación de acidez se aplicó el procedimiento que estos mencionaban.

Para la densidad obtenida se tienen datos dentro del rango establecido por la (FAO, 2015) donde muestra que la densidad de los almidones obtenidos a partir de tubérculos debe ser menor o igual a 1.560g/ml, observando los datos obtenidos van desde 0,13 g/ml al 0,17 g/ml valores que verídicamente si son bajos. (Craig, 2010) Indica que la claridad de la pasta debe tener un rango del 12,5% al 95%, observando la tabla 7, los valores se encuentran dentro de este rango, donde el almidón de malanga de obtenido por centrifugación tiene un resultado alto respecto a los demás con un 33,25% este muestra que la claridad de esta muestra es casi transparente por ende su color es claro, por otro lado la (FAO, 2015) en sus determinaciones realizadas menciona que la claridad de pasta promedio para el almidón obtenido sin importar el método, debe ser del 10% al 95,5%, todos los valores expuestos por otras investigaciones dan a conocer que los almidones que se extrajeron en la investigación si cumplen con estos parámetros obviamente que algunos con datos más altos y otros más bajos pero siempre en el rango.

5.2.5. Análisis morfológico en el almidón obtenido por dos métodos de decantación y centrifugación

En la investigación realizada la (FAO, 2015), dice que el valor mínimo para el índice de hinchamiento es de 0,82% a 15,52%, tomando en cuenta este parámetro se observa en la tabla 7 que los resultados obtenidos en esta investigación se encuentran en el rango, mencionando que el almidón de yuca tiene los valores más altos con 8,88% en decantación y 8,93% en centrifugación. Todos estos resultados fueron obtenidos tras seguir el procedimiento que establece la FAO para la determinación de índice de hinchamiento.

Para la determinación de solubilidad en agua y de la capacidad de absorción de agua los valores obtenidos en el presente tema, se encuentran en los parámetros que establece la (FAO, 2015) con 0,27% y 12,32% para solubilidad, para absorción de agua 0,82% y 15,52%, mientras que (Quinto, 2015), menciona valores para la solubilidad en agua de 5,03% y 4,94%, y en absorción de agua con 4,66% y 4,82%, tomando en cuenta todos estos resultados se evidencia que los resultados obtenidos en la presente investigación se encuentran en buenas condiciones, sin tomar en cuenta el método de extracción los valores siempre están en los parámetros, cabe recalcar que el almidón de yuca es el que posee mayor cantidad de IAA e ISA con un valor idéntico de 6,1% en decantación y 6,04% en centrifugación.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- ✓ El tubérculo de malanga sin ser sometido a tratamientos para su industrialización cuenta con una cantidad de fibra y proteína favorables dentro de su composición proximal, mediante los análisis realizados a la materia prima se pudo comprobar que este tubérculo brinda mejores beneficios respecto a las demás, hay que tomar en cuenta que dentro del contenido de agua este tubérculo no se encuentra en óptimas condiciones ya que la muestra de Yuca analizada fue la que mejores resultados brindó, tomando en cuenta que la malanga es un tubérculo altamente percedero este si puede ser aplicado para la extracción de almidón, ya que sus características son las idóneas para este tratamiento y así evitar la descomposición de la malanga.
- ✓ El uso de almidones en la industria alimentaria cada día va creciendo, especialmente en la industria cárnica donde a más de ser la carne la materia prima el almidón también juega un papel importante gracias a su capacidad de disolverse y de retener el agua, en el Ecuador la existencia de la industria de almidón es casi nula debido al desconocimiento de métodos de extracción al igual de los tubérculos de donde se pueda aprovechar este producto, mediante la investigación realizada se pudo observar que el método de centrifugación fue el que más cantidad de almidón lograba extraer a comparación del de decantación.
- ✓ La materia prima con mayor cantidad de almidón extraído fue la yuca por método de centrifugación todo esto debido a que este método ya dejaba la muestra de cierta manera seca a comparación de método de decantación que las muestras tardaban en secarse debido a que el agua se encontraba en cantidades altas.
- ✓ El almidón obtenido de la papa china fue el que mejores resultados obtuvo a lo largo de todas las determinaciones ya sea en humedad, proteína o fibra entre las más importantes, acompañado siempre del método de centrifugación la cantidad obtenida de esta muestra fue de 193,7994 gr, una cantidad sustentable para la investigación y para cada análisis realizado.
- ✓ En los análisis complementarios se mostraron los resultados que daban a notar que el almidón de yuca era el adecuado en estas determinaciones no hubo gran diferencia ya que los resultados eran siempre similares sin importar el método de extracción aunque en el (IAA) e (IS) el almidón de papa china no tubo buenos resultados ya que no tenía buena absorción de agua y lo mismo de solubilidad en agua, por lo cual el

almidón de papa china no puede ser usado en productos carnicos debido a que no cumple con los establecido para la formulacion de los productos.

- ✓ El almidón de malanga siempre estuvo intermedio respecto a los dos tubérculos analizados sus resultados no eran ni altos ni bajos siempre se mantenian constantes lo cual indica que el almidón de este tubérculo si puede ser usado en ciertos productos ya que su humedad era baja al igual que el de yuca esto se observó en las tablas anteriores, tampoco influyó el método de extracción en esta muestra no todo fue así ya que en ciertos analisis los resultados no eran favorables pero en su mayoría se se encontraba en condiciones de ser utilizado.

6.2. Recomendaciones

- ✓ Para poder ampliar la investigación se puede realizar pruebas en productos cárnicos, con los almidones obtenidos de preferencia por el método de centrifugación ya que con este se lograba tener mayor cantidad de muestra y los análisis proximales realizados daban resultados favorables.
- ✓ Es necesario hacer comparaciones con almidones industrializados para poder observar el comportamiento que estos tienen en cada una de las determinaciones y observar si estos son aptos para la industria alimentaria.
- ✓ Se recomienda que la temperatura de secado del almidón extraído por método de decantación sea de 50°C, en bibliografía revisada se notó que a esta temperatura los almidones no pierden sus características, ya que la investigación solo fue realizada hasta los 40°C y el tiempo de secado era mayor llegando a los 3 días.
- ✓ Debido a los resultados obtenidos en el almidón de malanga se recomienda aplicarlo en productos cárnicos para observar su comportamiento y si en realidad es compatible con estos productos.
- ✓ Tomando como referencia esta investigación se puede tomar en cuenta el incremento y el aprovechamiento agroindustrial dándole mayor valor agregado a estos tubérculos en especial a la malanga y papa china, gracias a las propiedades fisicoquímicas que posee, de esta manera alcanzar una mayor jerarquía en la agricultura de nuestro país.

7. WEBGRAFÍA

- Álvarez, M. (22 de 09 de 2017). *vdocuments.mx*. Obtenido de vdocuments.mx:
<https://vdocuments.mx/practica-n4-ensayo-de-determinacion-de-acidez-en-harinas-y-metodo-volumetrico-y-determinacion-de-ph-en-harinas.html>
- Andrade, M. F. (04 de 11 de 2009). *www.dspace.espol.edu.ec*. Obtenido de www.dspace.espol.edu.ec:
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/8009?show=full>
- AOAC. (17 de 06 de 2012). *catarina.udlap.mx*. Obtenido de [catarina.udlap.mx](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lcn/leyva_rendon_fj/capitulo6.pdf):
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lcn/leyva_rendon_fj/capitulo6.pdf
- Badui, S. (2011). *Química de Alimentos*. México: Alhambra.
- Barrera, V. (29 de 07 de 2013). *www.researchgate.net*. Obtenido de www.researchgate.net:
https://www.researchgate.net/publication/237518645_Caracterizacion_Fisico_-_Quimica_Nutricional_y_Funcional_de_Raices_y_Tuberculos_Andinos
- Bartlett, K. (11 de 06 de 2014). *spoonuniversity.com*. Obtenido de spoonuniversity.com:
<https://spoonuniversity.com/how-to/11-things-didnt-know-taro>
- Benavides Lazo, & Godinez Garcia. (06 de 04 de 2014). *repositorio.una.edu.ni*. Obtenido de repositorio.una.edu.ni: <http://repositorio.una.edu.ni/1959/>
- Benzie. (28 de 05 de 2013). *www.ncbi.nlm.nih.gov*. Obtenido de www.ncbi.nlm.nih.gov:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8735779>
- Bustamante, V. (20 de 11 de 2016). *www.dspace.cordillera.edu.ec*. Obtenido de www.dspace.cordillera.edu.ec:
<http://www.dspace.cordillera.edu.ec/xmlui/handle/123456789/2418>
- Cali, S. (23 de 06 de 2011). *www.almidoneselrendidor.com*. Obtenido de www.almidoneselrendidor.com: <https://www.almidoneselrendidor.com/temas-de-interes/usos-del-almidon/>
- Craig, A. (07 de 10 de 2010). *www.fao.org*. Obtenido de www.fao.org:
<http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/a1028s/a1028s03.pdf>

- Dilmer, J. (18 de 07 de 2013). *www.researchgate.net*. Obtenido de *www.researchgate.net*:
https://www.researchgate.net/publication/228688774_Calidad_de_la_papa_para_usos_industriales
- Espinosa, P. (3 de 11 de 2012). *Diversidad de Tuberculos*. Obtenido de
<http://www.joethejuggler.com/Funbotanica/10tubers.html>
- FAO. (24 de 09 de 2015). *www.fao.org*. Obtenido de *www.fao.org*:
<http://www.fao.org/docrep/pdf/010/a1028s/a1028s01.pdf>
- Ferreir, S. (17 de 03 de 2011). *revistas.unal.edu.co*. Obtenido de *revistas.unal.edu.co*:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/viewFile/56568/55513>
- Franco, M. (07 de 10 de 2013). *gro.cinvestav.mx*. Obtenido de *gro.cinvestav.mx*:
<http://gro.cinvestav.mx/~aherrera/tesisEstudiantes/tesisMarciaCanonico.pdf>
- Guerra, J. (03 de 06 de 2012). *libroelectronico.uaa.mx*. Obtenido de
libroelectronico.uaa.mx: <http://libroelectronico.uaa.mx/capitulo-12-otras-vias/estructura-y-funcion-del.html>
- Haro, I. (17 de 06 de 2016). *www.researchgate.net*. Obtenido de *www.researchgate.net*:
https://www.researchgate.net/publication/315922416_Efecto_de_abono_organico_y_densidad_de_siembra_en_crecimiento_y_produccion_de_papa_china_Colocasia_esculenta_L
- Hernández, M. (28 de 07 de 2017). *www.scielo.br*. Obtenido de *www.scielo.br*:
<http://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a31v28n3.pdf>
- Hussein, S. (14 de 10 de 2010). *www.tandfonline.com*. Obtenido de
www.tandfonline.com:
https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1300/J044v02n01_07
- ISI. (07 de 10 de 2014). *www.starch.dk*. Obtenido de *www.starch.dk*:
<http://www.starch.dk/isi/methods/17brookfield.htm>
- Jerzy Zawistowski, R. M. (2011). Incidence of Colostrum in Raw Milk. *Journal of Food Protection*, 625-626.
- Jorge Vilchez, N. A. (01 de 08 de 2011). *www.redalyc.org*. Obtenido de
www.redalyc.org: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77621348013>

- Juan Matehus, Gustavo Romay, & María A. Santana. (08 de 12 de 2016). *www.researchgate.net*. Obtenido de *www.researchgate.net*: https://www.researchgate.net/publication/262736471_Multiplicacion_in_vitro_de_e_ocumo_y_taro
- Kurniasih, M. (22 de 04 de 2015). *www.yuanfangmagazine.com*. Obtenido de *www.yuanfangmagazine.com*: <http://www.yuanfangmagazine.com/cultura/sabores-de-orientel/las-frutas-exoticas/>
- Macillo, E. (13 de 11 de 2017). *losbolsasgreat.blogspot.com*. Obtenido de *losbolsasgreat.blogspot.com*: http://losbolsasgreat.blogspot.com/2008/11/determinacion-de-fibra-cruda-objetivo_13.html
- Matos, C. (19 de 07 de 2017). *www.tiposde.com*. Obtenido de *www.tiposde.com*: https://www.tiposde.com/funciones_del_almidon.html
- Melian, D. (22 de 05 de 2010). *cybertesis.uach.cl*. Obtenido de *cybertesis.uach.cl*: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fam522e/doc/fam522e.pdf>
- Miyasaka, O. (18 de 06 de 2016). *www.researchgate.net*. Obtenido de *www.researchgate.net*: [https://www.researchgate.net/publication/325995741_TUBERCULOS_DE_PA_PA_CHINA_Colocasia_esculenta_L_Schott_COMO_UNA_FUENTE_ENERG ETICA_TROPICAL_PARA_ALIMENTAR_CERDOS_UNA_RESENA_COR TA_SOBRE_LAS_CHARACTERISTICAS_DE_LA_COMPOSICION_QUIMIC A_Y_DE_LOS_FACTORES_A](https://www.researchgate.net/publication/325995741_TUBERCULOS_DE_PA_PA_CHINA_Colocasia_esculenta_L_Schott_COMO_UNA_FUENTE_ENERG_ETICA_TROPICAL_PARA_ALIMENTAR_CERDOS_UNA_RESENA_COR TA_SOBRE_LAS_CHARACTERISTICAS_DE_LA_COMPOSICION_QUIMIC A_Y_DE_LOS_FACTORES_A)
- Monge, E. (2016 de 04 de 2015). *repositorio.una.edu.ni*. Obtenido de *repositorio.una.edu.ni*: <http://repositorio.una.edu.ni/1959/>
- Montaldo, A. (09 de 11 de 2012). *books.google.com.ec*. Obtenido de *books.google.com.ec*: https://books.google.com.ec/books/about/Cultivo_de_raíces_y_tubérculos_tropi ca.html?id=XCBSQplbTNwC&redir_esc=y
- Montero, M. (08 de 12 de 2018). *www.quiminet.com*. Obtenido de *www.quiminet.com*: <https://www.quiminet.com/articulos/el-uso-alimenticio-del-almidon-33253.htm>

- Paredes, A. (22 de 01 de 2010). *www.ucla.edu.ve*. Obtenido de *www.ucla.edu.ve*:
[http://www.ucla.edu.ve/bioagro/REV22\(1\)/9.%20Evaluaci3n%20de%20dos%20m3todos%20de%20extracci3n.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioagro/REV22(1)/9.%20Evaluaci3n%20de%20dos%20m3todos%20de%20extracci3n.pdf)
- P3rez, C. (15 de 06 de 2018). *www.natursan.net*. Obtenido de *www.natursan.net*:
<https://www.natursan.net/malanga-beneficios-y-propiedades-increibles/>
- P3rez, M. (17 de 03 de 2016). *www.expotechusa.com*. Obtenido de *www.expotechusa.com*:
<http://www.expotechusa.com/catalogs/labconco/pdf/SPFIBCU.D.PDF>
- Polo, M. (01 de 06 de 2012). *mercedes-layuca.blogspot.com*. Obtenido de *mercedes-layuca.blogspot.com*:
<http://mercedes-layuca.blogspot.com/2012/06/el-mejor-tuberculo-de-la-historia-la.html>
- Quinto, D. (26 de 02 de 2015). *www.scielo.org.pe*. Obtenido de *www.scielo.org.pe*:
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v81n1/a06v81n1.pdf>
- Rodriguez, W. (20 de 03 de 2011). *www.dspace.espol.edu.ec*. Obtenido de *www.dspace.espol.edu.ec*:
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/459/1/857.pdf>
- Rosero, V. (06 de 06 de 2017). *repositorio.utn.edu.ec*. Obtenido de *repositorio.utn.edu.ec*:
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6876>
- SAG. (21 de 09 de 2014). *bvirtual.infoagro.hn*. Obtenido de *bvirtual.infoagro.hn*:
<http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/226/PERFIL%20DE%20MERCADO%20DE%20LA%20MALANGA.pdf?sequence=1>
- Salas, J. C., & Medina, J. A. (16 de 08 de 2009). *www.scielo.org.co*. Obtenido de *www.scielo.org.co*:
<http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n27/n27a7.pdf>
- Salom3n Ferreira, Eisa Ortiz, & Clemencia Pardo. (18 de 11 de 2017). *revistas.unal.edu.co*. Obtenido de *revistas.unal.edu.co*:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/viewFile/56568/55513>
- Staughton, J. (24 de 10 de 2018). *www.organicfacts.net*. Obtenido de *www.organicfacts.net*:
<https://www.organicfacts.net/health-benefits/other/taro-root.html>

- Sucre, A. (08 de 11 de 2016). *www.almidonesdesucre.com.co*. Obtenido de *www.almidonesdesucre.com.co*:
<http://www.almidonesdesucre.com.co/es/productos/aplicaciones.html>
- UMICO. (02 de 05 de 2013). *quimicoglobal.mx*. Obtenido de *quimicoglobal.mx*:
<https://quimicoglobal.mx/usos-del-almidon-proveedor-de-materias-primas-para-industria-alimenticia/>
- UNAM. (03 de 11 de 2011). *depa.fquim.unam.mx*. Obtenido de *depa.fquim.unam.mx*:
http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Seminario-Gelatinizacionyretrogradacion_25483.pdf
- Valiere, A. C. (23 de 06 de 2010). *www.ncbi.nlm.nih.gov*. Obtenido de *www.ncbi.nlm.nih.gov*:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1482315/>
- Vanessa Morales, & Stalin Santacruz. (16 de 01 de 2017). *revistapolitecnica.epn.edu.ec/*. Obtenido de *revistapolitecnica.epn.edu.ec/*:
https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/740/0
- Velázquez, J. (02 de 11 de 2010). *www.upb.edu.co*. Obtenido de *www.upb.edu.co*:
<https://www.upb.edu.co/es/documentos/doc-cr010-pulpapapelmedellin-inv-1464105840594.pdf>
- Whelton, P. K. (28 de 05 de 2013). *jamanetwork.com*. Obtenido de *jamanetwork.com*:
<https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/416446>
- White, J. R. (05 de 09 de 2011). *www.agromeat.com*. Obtenido de *www.agromeat.com*:
<http://www.agromeat.com/41485/utilizando-almidones-para-maximizar-rendimientos-de-procesamiento>
- Zapata, V. (24 de 10 de 2011). *www.montignac.com*. Obtenido de *www.montignac.com*:
<http://www.montignac.com/es/factores-que-modifican-el-ig/>
- Zouboulis, C. C. (01 de 07 de 2012). *www.ncbi.nlm.nih.gov*. Obtenido de *www.ncbi.nlm.nih.gov*:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3583891/>

8. ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 8 Método de Centrifugación



Ilustración 5 Molienda del tubérculo



Ilustración 6 Tubos de ensayo en la centrífuga



Ilustración 7 Almidón de yuca extraído por centrifugación



Ilustración 8 Caja Petri con Almidón de yuca



Ilustración 9 Muestra triturada del tubérculo y agua destilada

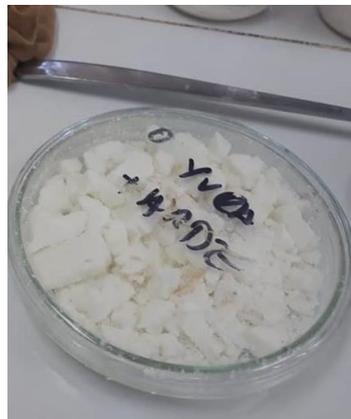


Ilustración 10 Almidón seco

Fuente: Vanessa Zúñiga.

Tabla 9 Método de Decantación



Ilustración 11 Molienda del tubérculo



Ilustración 12 Almidón de malanga



Ilustración 13 Muestras decantadas



Ilustración 14 Almidón de yuca



Ilustración 15 Tubérculos de papa china lavados



Ilustración 16 Almidón de yuca

Fuente: Vanessa Zúñiga.

Tabla 10 Determinaciones realizadas en los almidones



Ilustración 17 Humedad



Ilustración 18 Cenizas



Ilustración 19 Proteína

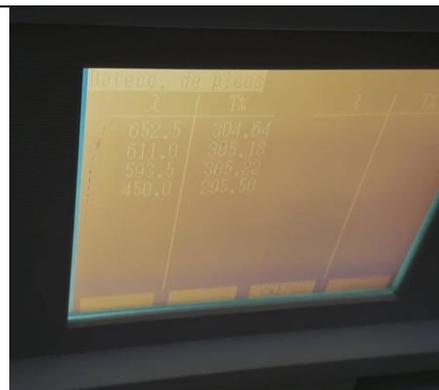


Ilustración 20 Claridad de la pasta



Ilustración 21 Grasa



Ilustración 22 Fibra

Fuente: Vanessa Zúñiga.